Gerade umgekehrt sieht man bei den nicht krystallisirten Oxyden mit der Zunahme des Sauerstoffs die Dichte abnehmen (5,091 — 4,718 — 4,325); aber auch bei ihnen sind die Atomvolumen nicht gleich, sondern verhalten sich für MnO , $\text{MnO}^{\frac{4}{3}}$ und $\text{MnO}^{\frac{2}{3}}$ wie 6,9 : 8 : 9, so daß sich das specifische Gewicht keiner dieser Verbindungen durch Rechnung im Voraus bestimmen läßt.

II. *Wald und Witterung; von Dr. Berger.*

I. **D**r. H. Kreutzsch hat ¹⁾ an zwei heiteren, windstillen Tagen Beobachtungen zum Vergleich der Temperatur des Waldes mit der seiner Umgebung angestellt. Ein Thermometer war beidemal in einem 80- bis 100jährigen, nicht vollständig geschlossenen Fichtenwalde im Tharander Revier angebracht; am 25/26 August aber war ein zweites auf einem kahlen Holzschlag, am 23/24 September in einer mehr als mannshohen dichten Pflanzung — in gleicher Höhe 5' über dem Boden — aufgestellt. Das Thermometer des hohen Holzes war von dem andern 400 bis 500 Schritt entfernt und wurde halbstündlich von 12 Uhr Mittags bis zum andern Mittag, jedesmal 4 bis 5 Minuten nach demselben abgelesen. Hier seine Resultate:

	25/26 August		23/24 September	
	Schlag	Hohes Holz	Pflanzung	Hohes Holz
	° R.	° R.	° R.	° R.
Mitteltemperatur der 24 Stunden im Durchschnitt v. 48 Beob.	13,75	13,56	3,52	3,91
Mitteltemperatur des Tages im Durchschnitt v. 24 Beob.	16,80	14,80	6,16	5,53
Mitteltemperatur der Nacht im Durchschnitt v. 24 Beob.	11,20	12,50	0,89	2,30
Maxim. d. Temperatur während d. 24 St.	19,3	16,9	10,0	8,6
Minim. „ „ „ „ „	10,1	11,4	— 1,7	0,2
Temperaturschwankung „ „ „ „	9,2	5,5	11,7	8,4

1) Tharander Jahrbuch, Bd. 13 (neue Folge 6) 1859, S. 257.

Hiernach steht also im Hochwald die Temperatur bei Tage niedriger, bei Nacht höher als auf dem kahlen Felde und in der niedrigen Pflanzung. *Der Wald stumpft die Temperaturextreme ab.*

Diesen Ergebnissen stehen gegenüber die Resultate der mehr als hundert innerhalb eines Jahres (vom 27. August 1860 bis zum 23. August 1861) von Zeit zu Zeit gemachten Beobachtungen Nördlinger's. Seine vier »Thermometer« waren sämmtlich im sogenannten Oberwalde auf dem Plateau zwischen Hohenheim und Stuttgart, dessen höchster Punkt 486^m über der Meeresfläche liegt, angebracht. Das erste, bei 480^m Meereshöhe des Bodens, 1^m,5 über demselben (etwa dieselbe Höhe wie bei Kreutzsch's Beobachtungen), hing an einem Klebast einer vom Westwind bestrichenen, am Waldtrauf stehenden Eiche. Man hätte es, da sein Zweck war, die Lufttemperatur auf freiem Felde anzugeben, gänzlich ausserhalb des Waldes aufgehängt; indessen zeigten wiederholte Beobachtungen auf freiem Felde zwischen Wiese und Acker und an dem von Haidekraut und etwas Buschwerk umgebenen Traufbaum eine solche Uebereinstimmung, daß auf weitere Untersuchungen auf freiem Felde verzichtet wurde.

Der zweite Thermometer, 320^m vom ersten, bei 7^m tieferem Boden, 1^m,5 über diesem, war in einer sich eben schließenden, aus Nadelholz und etwas Laubholz gemischten starken Dichtung von etwa 3^m,5 Höhe aufgehängt.

Die dritte Thermometerstation, in östlicher Richtung, 770^m von der letzteren entfernt, mehr im Innern des Waldes, bei 456^m Bodenhöhe, um etwa 16^m tiefer, auf 1^m,5 über dem Boden an einer Fichte aufgehängt. An demselben Baum, in der Höhe von 4^m über dem Boden befand sich ein viertes Thermometer«.

Die Instrumente waren gegen die Sonne geschützt. Das erste und zweite, ebenso das dritte und vierte konnten fast gleichzeitig miteinander abgelesen werden. Um aber von einer der Stationen 2 und 3 zur andern zu gelangen, brauchte der Beobachter, ein Forstwächter, 10 Minuten.

Wenn man die Beobachtungen so viel als bei dem Mangel näherer Angaben möglich, scheidet in zwei Gruppen, von welchen die eine alle diejenigen enthält, welche nach Sonnenunter- und vor Sonnenaufgang, die andere diejenigen, welche bei Tag gemacht sind, so ergibt sich als Mittel

			Tag	Diff.	Nacht	Diff.
Trauf	1 ^m ,5	Höhe	8,55		7,47	
Dickung	1 ^m ,5	Höhe	7,54	1,01	6,76	0,71
Wald	1 ^m ,5	Höhe	7,08	0,46	6,63	0,13
Wald	4 ^m	Höhe	7,59	— 0,51	6,82	— 0,19

Während bei ruhigem oder von schwachem Winde begleitetem dichten Nebel, trüber, wolkenreicher, regnerischer, windiger Witterung, auch sofern Schnee liegt, die Temperatur in- und aufserhalb des Waldes, am Boden und in der Höhe sich gleichstellt, ist sonst im allgemeinen der Wald nicht nur bei Tag, sondern auch bei Nacht kälter als das niedere Gehölz und das freie Feld. Nur einige Ausnahmen ergeben eine (höchstens 1°,5) höhere Temperatur für den Wald. Diese Ausnahmen fallen alle in die Dämmerung, wo, wie Nördlinger vermuthet, die Bäume des Waldes noch von den Sonnenstrahlen getroffen werden, während das Feld schon im Schatten ruht, oder wo Luftströmungen im Freien stattfinden, welchen der Wald nicht gleich folgt.

Der Gegensatz, in welchem die Resultate beider Beobachter in Bezug auf heitere, ruhige Nächte stehen, veranlaßt zu einer Kritik ihrer Beobachtungsmethoden.

Die Zeit, die beide nothwendig haben, um von einer Station zur andern zu gelangen, muß, zumal in den Dämmerstunden, wo die Temperatur so sehr rasch wechselt, zu Ungenauigkeiten Veranlassung geben. Kreutzsch geht immer in derselben Richtung vom Freien nach dem Wald und dadurch summiren sich die Morgens und Abends gemachten Fehler. Bei Nördlinger ist die Richtung unbestimmt, folglich der Fehler nicht zu beurtheilen.

Doch kann hierdurch ebensowenig, als dadurch, daß, wie Nördlinger vermuthet, sein Wald (etwas) weniger

dicht war als der Kreutzsch's, eine solche Umkehr der Temperaturverhältnisse bewirkt werden. Was aber des ersteren Nachtbeobachtungen alle Beweiskraft nimmt, ist die Lage seiner Stationen gegen einander. Die zweite liegt nämlich 7^m tiefer als die erste, die dritte 16^m tiefer als die zweite. Die während der Nacht an den höheren Punkten erkaltete Luft senkt sich zu den tieferen hinab, welche deshalb eine niedrigere Temperatur haben *müssen*. Die geringe Abnahme der Wärme nach den tiefer gelegenen Stationen berechtigt daher nicht zu dem Schluss, dafs der Wald während der Nacht eine niedrigere Temperatur habe als das Freie, dürfte vielmehr einen erwärmenden Einflufs vermuthen lassen.

Das Thermometer auf der vierten Station steht höher als das der dritten. Nimmt man an, es finde keine kalte Strömung von den höher gelegenen (freien) Punkten der Gegend statt, oder diese Strömung erreiche wohl das erste Thermometer in 1^m,5, nicht aber das zweite in 4^m Höhe, so bleibt in beiden Fällen unerklärt, dafs, wie angenommen wird, von der Laubdecke des Waldes die Erniedrigung der Temperatur unter die im Freien hauptsächlich ausgehen soll und doch das ihr näher befindliche Thermometer höher stehen soll als das untere.

Unter solchen Umständen war es von Interesse, einschlägige Versuche zu machen und diese so viel wie möglich abzuändern, um die Resultate von übersehenen Zufälligkeiten unabhängig zu machen. Es wurden daher keine festen Stationen errichtet. Das 42^{cm} lange Thermometer wurde an seinem obersten Ende so gehalten, dafs die Kugel möglichst weit vom Körper ab und etwas tiefer stand als die Hand, um weder von der Strahlung des Körpers noch von durch letztere veranlafste warme Strömungen beeinflusst zu werden. Indem ich nun bei einer Beobachtung das Instrument in derselben Höhe hielt, ging ich aus dem Wald ins Freie oder umgekehrt; von Zeit zu Zeit wurde still gestanden und gesehen, ob das Quecksilber gestiegen oder gefallen sey; 50 bis 100 Schritte vom oder im Wald

wurde halt gemacht und, wenn dasselbe festen Stand angenommen hatte, abgelesen. Alsdann wurde in der Regel wieder nach dem Ausgangspunkt zurückgegangen und auf dieselbe Weise beobachtet. Wenn sich eine Differenz zwischen der ersten und letzten Beobachtung herausstellte, wurde das Mittel genommen. Einigemal war ich durch die Bereitwilligkeit eines Freundes unterstützt; alsdann hielt sich der eine Beobachter im Wald, der andere etwa 100 Schritte von demselben entfernt. Von Zeit zu Zeit wurde auf ein gegebenes Zeichen von dem Beobachter außerhalb die Temperatur ausgerufen und von mir mit der im Walde verglichen. Auch versammelten wir uns beide hie und da am Saume oder auf dem äußern Standpunkt, um bei der Annäherung den Gang unserer Instrumente zu beobachten und zu vergleichen.

Es wurde in der Regel nur bei heiterem, windstillen Wetter beobachtet. Wo andere Witterung herrschte, wird dieß besonders angegeben werden.

		Wald	Saum	Feld
1864.		° R.		
8. Mai, Ab. 7 ^h	Laubwald (Frankfurter Wald)	9,6	—	8,8
1. Beobachter	Kahles Feld			
21. Juni, Ab. 9 ^h	Laubw. (andere Stelle des Frankfurter Waldes)	10,8		
1 Beob.	Roggen- und Wiesenfeld, mit Obstbäumen		8,8	
	Getreidefeld, ganz frei			8,4
28. Sept., Ab. 6 ^h	Nadelwald (andere Stelle im Frankf. Wald)	9,5	8	7
2. Beobachter	Gepflühtes Feld			
Ab. 7 ^h	Nadelw. - Wiese, 0 ^m ,7 tiefer ¹⁾	7	—	6
Ab. 9 ^h	Laubw. - kahles Feld, 1 ^m tiefer	6	—	5

In der Nähe von Herrnsheim bei Worms befinden sich einige aus verschiedenem Laubholz bestehende Pflanzungen

- 1) Zwischen 6 und 7 wanderte der eine Beobachter abwechselnd durch Laub- und Nadelwald, der andere über bald gleich hoch, bald einige Fuß tiefer gelegenes Wiesen-, kahles oder bebautes Ackerfeld; es wurde etwa 10mal abgelesen; immer und überall trat der Unterschied in derselben Weise hervor.

jede von etwa 100 Schritt Breite und doppelter Länge Die (I) ist sehr dicht, etwa 6^m hoch; sie wurde verglichen mit gleich hoch liegendem vegetationsfreiem Ackerfeld. Die zweite (II), etwas lichter, 8^m hoch, wurde mit etwa 2^m höher liegenden, die dritte (III), noch lichter, 8^m hoch, mit 0^m,8 höher liegendem kahlen Ackerfelde verglichen.

		Pflan-	Saum	Feld
		zung		
1864.		° R.	° R.	° R.
1. Oct. Ab. 5 ^h 15'	Pflanzung I	10		9,5
2 Beobachter	5 ^h 30' " II	8,5		9
	5 ^h 50' " III	8		7
	5 ^h 55' " "	7		6,2
	6 ^h " " "	6,8		6
	6 ^h 5' " "	6,8		5,8
	6 ^h 10' " "	6,5		5,2
	6 ^h 25' " " (Saum, in 2 Schritt Entfernung) . . .	6,5	5,8	5
	7 ^h 15' " "	5,2	4,6	4
2. Oct. Mrg. 6 ^h	Pflanzung I (vor Sonnenaufgang) — et-			
1 Beob.	was windig; der nicht voll-			
	ständig überzogene Himmel			
	hatte sich wieder aufgeklärt	6,1	5,9	5,9
6 ^h 5'	" III	6		6
3. Oct. Mitt. 4 ^h	" I (Sonnenschein, starker Ost-			
1 Beob.	wind)	7,8		9
	Bei einzelnen VVindstößen	7,8		8
4 ^h 30'	" " (wolkig)	7		7
5 ^h 15'	" " "	6,8		6,8
6. Oct. Mrg. 6 ^h	" " (schwache VVindstöße aus			
1. Beob.	NO)	0		-0,8
	benachbarte Laubdickung, 1 ^m ,5 hoch .		-0,8	
6 ^h 30'	Pflanzung III (Sonnenaufgang) . . .	-0,1		-1,2
	an dichteren Stellen	+0,1		—
7 ^h 30'	Pflanzung I	1,2		1,2
7 ^h 45'	die benachbarte Dickung (unten u. oben)	2		1,8
7 ^h 50'	Pflanzung I	2,1		2,5
7 ^h 55'	" "	3		3,5
Lorscher Eichwald bei Bürstadt			Wald	Feld

6. Oct. Ab. 6 ^h	Niederwald, wohlbelaubt, in gleicher Höhe mit dem gepflügten Ackerfeld	7°	6°
6 ^h 30'	Hochwald, Bäume sehr weit auseinander, bis zur Tiefe den Himmel offen	6	6,5
7 ^h 1)	Niederwald	6,5	6

1) Später erhob sich der VVind, in Folge dessen die Temperatur außerhalb und bald auch im Hochwald auf 7° stieg, die im Niederwald auf 6°,5 blieb. Die Beobachtung konnte nicht fortgesetzt werden.

Diesen Beobachtungen reihe ich diejenigen an, welche ein Forstschütze in derselben Weise an verschiedenen Stellen des Frankfurter Waldes machte:

	Wald	Feld	
29. Sept. Mg. 4 ^h 30'	0	0	—
7 ^h	12,5	12	—
Ab. 7 ^h 30'	10	9,5	—
30. Sept. Mg. 7 ^h	8	8	windig
Ab. 7 ^h	9,5	9,5	»
1. Oct. Mg. 4 ^h 45'	—0,2	—2	—
13. Oct. Mg. 5 ^h 30'	9	8	—
Ab. 6 ^h	9	8,8	—
Ab. 11 ^h	8	8	—
14. Oct. Mg. 5 ^h	8	7,5	—
Mg. 7 ^h	7,5	6,5	—
Ab. 11 ^h	7	7	—
15. Oct. Mg. 5 ^h	5	4,8	—
Ab. 7 ^h	3	3	windig
16. Oct. Mg. 7 ^h	1	1	windig

Hr. Lehrer Ebeling, der mich bei dem Versuch am 28. September begleitet hatte, hat die Freundlichkeit gehabt, einige Versuche bei Lich anzustellen:

		VWald	Feld
10. Nov. Ab. 5 ^h	Fichtendickicht etwa 3 ^m ,5 hoch, Boden mit Gras bewachsen	—0,5	—0,5
» 6 ^h	do. do.	—1,5	—3
» 6 ^h 30'	Fichtenhochwald; Umgebung: Wiesen	—2	—4
11. Nov. Ab. 5 ^h 10'	Das erste Dickicht	—1	—0,5
» 5 ^h 30'	Der Hochwald	—2,5	—4
» 5 ^h 45'	Laubwald (ohne Laub) in der Nähe des Fichtenwalds	—3	—4
12. Nov. $\frac{1}{2}$ St. vor Sonnenaufgang	Die beiden erstgenannten Stellen . .	—5,5	—7

Im Allgemeinen ist zu bemerken, daß in der Abenddämmerung die Temperatur vom Saum nach dem Freien hier nur sehr allmählich abnahm, während des Morgens die niedrige Temperatur des Freien sich bis zum Wald erstreckte; man brauchte aber nicht weit in den Wald hinein zu gehen, um seine höhere Temperatur vollständig zu erreichen. In der Herrnsheimer Pflanzung I genügten einige Schritte.

Wenn Nördlinger bei seinen Vorversuchen auf dem freiem Feld denselben Thermometerstand fand, wie an dem Klebast der Eiche am Waldsaum, so ist sehr zu bezweifeln, daß er diese Vorversuche auch während der Abenddämmerung ausgeführt habe:

Bei stärkerem Wind zeigen die angeführten Beobachtungen, wie die Nördlinger's, für Wald und Feld dieselbe Temperatur, dies versteht sich übrigens von selbst.

Ebenso selbstverständlich ist, daß (am 6. Oct.) der Bürstädter Hochwald eine niedrigere Temperatur hat als das Freie, indem alle Theile der bis unten belaubten Eichen ihre Wärme frei ausstrahlen können. Die Beobachtung vom 6. Oct. Morgens in der »benachbarten Dichtung« zeigt, daß das der Sonnenstrahlung zugängliche Blätterwerk einer ebenso raschen Erwärmung als Abkühlung fähig ist.

Die Beobachtung vom 1. Oct. in der Pflanzung II stimmt mit denen Nördlinger's überein: die Pflanzung liegt ebenso wie seine kälteren Stationen, tiefer als das Freie. Gleichzeitig aber sind die mit Freien gleich hoch oder nur wenig tiefer gelegenen Stationen wärmer; und es bestätigt sich allgemein der Satz: bei Nacht ist der geschlossene Wald wärmer als das Freie und dieser Satz gilt für Hoch- und Niederwald, für geringere Ausdehnungen ebensowohl als für größere. Da der Wald außerdem bei Tag kühler ist als das Freie, so stumpft er die Temperaturextreme ab.

Wie erklären sich nun diese Erscheinungen?

Krutzsch: Die Blätter absorbiren die Wärmestrahlen bei Tag sehr stark, ohne sich aber in demselben Verhältniß zu erwärmen, indem die aufgenommene Wärme zur Verdunstung verbraucht wird. Wie Versuche ergeben, ist die Temperatur der Blätter stets um 1 bis 1,5° niedriger als die der umgebenden Luft. Der kahle Boden wird durch die Sonnenstrahlen viel stärker erwärmt. Da nun diese den Waldboden nicht treffen, sondern nur die kühler bleibenden Blätter, so muß die Waldluft bei Tag kühler seyn.

Bei Nacht strahlen die Blätter, welche nach Melloni

das größte Ausstrahlungsvermögen haben, die Wärme stärker aus als der kahle Boden. Die mit ihnen in Berührung stehende Luft erkaltet demnach rascher, als die diesem berührende. Die auf den Blättern erkaltende Luftmasse ist nun aus zwei Gründen größer als die auf dem Freien erkaltende: 1) bieten die Blätter eine größere Oberfläche dar; 2) sinkt die erkaltete Luft herab, andere sinkt nach, erkaltet ebenfalls, sinkt wieder in den Wald herab, u. s. f. Nun geht aus seiner frühern Untersuchung über die Temperatur der Bäume ¹⁾ hervor, daß in dem täglichen Temperaturgange das Maximum der Wärme in dem obern Theile des Stammes und in dessen stärkeren Aesten nicht nur bedeutend später als das Maximum der Lufttemperatur eintritt, sondern daß es auch wenigstens ebenso hoch, oder, wie im Kiefernstamme, noch höher als dieses ist. Es ist nun anzunehmen, daß in einem Walde, wo die obern Theile des Stammes und die in gleicher Höhe befindlichen Aeste nicht so beschattet sind, daß sie am Tage nicht wenigstens eine Zeit lang von den Sonnenstrahlen getroffen würden, es sich ebenso verhalte und daß, wenn bereits die Blätter durch Wärmestrahlung sich abkühlen, und die mit ihnen in unmittelbarer Berührung befindliche Luft erkaltet, diejenige dagegen, welche die stärkeren Aeste und den Stamm umgiebt, noch erwärmt wird. Es wird also die Abkühlung der zwischen den Gipfeln befindlichen Luft nicht so schnell und in dem Maasse vor sich gehen, als es ohne diesen wärmenden Einfluß der Fall seyn würde.

Die abgekühlte Luft wird ferner nicht nach der Art, eines kalten Luftstroms zum Boden herabfallen, sondern sie wird sich mit der untern wärmern Luft mischen und in Bezug auf die Temperatur ausgleichen. Es wird also sehr lange dauern, ehe die gesammte Luftmasse, welche von den Kronen der Bäume eingeschlossen ist, durch die kältere Luft, welche von den durch Strahlung abgekühlten Blättern herabsinkt, nur ein wenig erkaltet ist. Dann ist noch zu bedenken, daß die tieferen Aeste, welche in einem

1) Tharand. Jahrb. X. N. F. Bd. III S. 214 u. s. f.

Walde ineinander greifen und sich gegenseitig decken, dem Herabfallen ein großes Hinderniß entgegensetzen.

Das von Krutzsch in dieser Darlegung betonte größere Ausstrahlungsvermögen der Blätter in Verbindung mit der größeren Masse der erkaltenden Luft ist — neben der Verdunstung — allgemein als Grund einer vermeintlich niedrigeren Temperatur des Waldes angenommen. Allein man vergißt dabei meines Erachtens immer eins: in der Regel sind die dem freien Himmelsraum ihre Wärme unmittelbar und vollständig zustrahlenden Blätter die wenigsten. Vielmehr wird bei weitem die größere Zahl derselben diese Wärme nach den über, neben und unter ihnen befindlichen Blättern, Zweigen, Aesten und nach dem Erdboden ausstrahlen, von wo sie in beständiger Wechselwirkung wieder zerstreut werden, sofern sie nicht durch Leitung an die erkaltende Luft abgegeben werden. Dieser Strahlung ist es ohne Zweifel größtentheils zuzuschreiben, daß das Thermometer schon beträchtlich steigt, wenn man die ersten Schritte in einen dichten Wald thut, und daß es am Saume in der Abenddämmerung höher steht als im Freien, von welchem eine kalte Luftströmung zum Walde geht, wie sich später zeigen wird.

Um nun nach oben, der Stelle der größten Abkühlung zu gelangen, muß der Wärmestrahle, welcher ein oberhalb befindliches Blatt, einen Zweig oder Ast von unten trifft, langsam nach der entgegengesetzten Stelle geleitet werden, von wo er dann erst wieder einen Schritt weiter gelangen kann, um wieder auf ein ähnliches Hinderniß zu stoßen und so fort. Nur die äußersten Blätter sind daher unter den Thaupunkt abgekühlt, während man im Innern keinen Thau findet.

Während so die äußersten Blätter vermöge ihrer großen Strahlungsfähigkeit rasch erkalten, werden sie vermöge ihrer schlechten Leitungsfähigkeit die Luft nur langsam abkühlen. Die innern Blätter aber geben ihre Wärme an besser leitende Körper ab, an welchen sich die Luft rascher erwärmt.

Je dichter und voller also das Laubwerk ist, desto geringer ist die Wärmemenge, welche auf diese Weise für die Waldluft verloren geht. Je mehr Laubwerk dem freien Himmelsraum offen liegt, desto größer ist sie.

Umgekehrt wird die Sonnenwärme bei Tag auf dieselbe Weise nur langsam in ein Laubdickicht eindringen, während sie rascher da erwärmt, wo alles Laub ihr zugänglich ist, wie in der Herrnsheimer 1^m,5 hohen Dickung. Da jedoch die Erwärmung bei Tag durch die Verdunstung beeinträchtigt wird, die Erkaltung bei Nacht in einer nicht geschlossenen Bepflanzung größer ist als in einer geschlossenen, so wird sich das Resultat allgemein bestätigen müssen, welches Krutzsch erhalten hat: Während die Mitteltemperatur aller 24 Stunden im Wald niedriger ist als im Freien, ist sie höher als in der oben nicht geschlossenen Fichtpflanzung.

Was nun die Verdunstung anbelangt, so wird diese bei Tag eine bedeutende Wärmemenge in Anspruch nehmen. Bei Nacht aber wird in der Regel umgekehrt durch Condensation eine große Wärmemenge frei, die der Luft wieder zu Gute kommt. Doch wird diese, wie die Erfahrung an niedrigen Pflanzen lehrt, nicht hinreichen, um die Abkühlung derselben zu verhindern.

Es ist nicht allein in Betracht zu ziehen, daß das tägliche Maximum des Stammes und der Aeste der Bäume später eintritt und eben so hoch, ja sogar höher ist als das der Luft, sondern auch, daß das Minimum nicht bis auf das Minimum der Lufttemperatur herabsinkt und von demselben um so weiter entfernt bleibt, je dicker der betreffende Theil ist, so daß der Stamm am weitesten davon entfernt bleibt. Ebenso wird der Waldboden, der sich bei Tage weniger erwärmt als das frei liegende Feld, sich bei Nacht aber auch weniger abkühlen. Am 5. Oct., wo die Temperatur der Luft um 3 Uhr Abends 9° R. war, betrug die eines gepflügten Ackerfeldes bei der Herrnsheimer Pflanzung I, 1 Zoll unter der Oberfläche, 11° die eines daneben liegenden festeren Dickrübenfeldes 10°; der Boden der

Pflanzung hatte in derselben Tiefe $6,8^{\circ}$; den folgenden Morgen um 7 Uhr, wo die Lufttemperatur im Freien und in der Pflanzung $1,2^{\circ}$ betrug, war die Bodentemperatur in derselben Folge 1° , $0,2^{\circ}$, $3,5^{\circ}$.

Wenn also die kalte Luft wirklich herabfiele, so würde sie sich am Boden und an den Stämmen wieder erwärmen.

Bevor ich übrigens zur eigentlichen Ursache übergehe, warum gar keine kalte Luft herabfällt, erlaube ich mir eine Bemerkung über das Eindringen des horizontalen Luftstromes in den Wald. Hagen¹⁾ hat eine kammartig durchbrochene Wand vor einen horizontalen Luftstrom gestellt in welchen er von oben feinen Sand fallen liefs. Dieser anfänglich von dem Strome mitgeführt, lagerte sich dicht vor und hinter der Wand an. Die Ursache ist leicht zu ersehen. Die Luft wird in ihrer Strömung von den festen Theilen des Kammes gehemmt, und lagert sich keilförmig vor denselben an. Je nach der Entfernung, in welcher die durch die Oeffnung gehende Luft abgelenkt, tritt sie auf der andern Seite unter einem gröfsern oder kleinern Winkel unter vielfachen Durchkreuzungen und Wirbeln aus. Dafs aber hierdurch die Intensität in der ursprünglichen Richtung bedeutend vermindert wird, ist klar, ebenso, dafs diese Verminderung um so bedeutender, je stärker die Strömung ist. Der stärkste Wind wird daher 50 Schritt innerhalb eines Waldes, in welchem dieser Vorgang sich oft wiederholt, nicht mehr empfunden, ebensowenig die Temperaturschwankungen, die durch denselben veranlafst werden können. Am 18. August 1863 z. B., Morgens zwischen 9 und 11 Uhr schwankte die Temperatur ausserhalb des sogenannten Röder-Wäldchens (Laub- und Nadelholz) bei starken Windstößen zwischen 16 und 18° R.; 40 bis 50 Schritte innerhalb desselben betrug sie constant 15° .

Bei der Beobachtung vom 3. und der vom 6. October 1864 verhielt sich's ähnlich. — Der Gang der Temperatur ist also im Wald viel gleichmäfsiger als im Freien:

Eine sanfte Strömung dagegen wird bei weitem weni-

1) Sitzungsberichte der Berliner Akademie 1863, S. 271.

ger gehemmt werden, besonders wenn sie im Walde selbst ihre Ursache findet, wird also verhältnißmäßig weiter in denselben eindringen.

Denkt man sich nun die Seiten des Waldes und die oberste Laubdecke für die Luft undurchdringlich, aber mit demselben Ausstrahlungsvermögen, so wird die über letzterer erkaltete Luft um so leichter nach den Seiten abfließen, als die Luft in der entsprechenden Höhe über dem wärmeren Felde eine noch höhere Temperatur besitzt als am Boden (Pictet). Sie wird dort herabsinken, die wärmere Luft dafür aufsteigen, um sich auf der Laubdecke abzukühlen und den Kreislauf von neuem zu veranlassen. Im Innern des Waldes wird sich eine Luftmasse mit einer höheren Temperatur als die der Umgebung befinden.

Nehmen wir nun Seiten und Laubdecke, wie sie sind, so wird die kältere, dichtere Luft des Freien in der Tiefe sich schon von der Zeit an, wo die Sonne ihren erwärmenden Einfluß von den Spitzen der Bäume kaum zurückgezogen hat, in den Wald drängen, also nicht mehr der von der Decke herabfallenden entgegenströmen. Die obere Waldluft wird also um so mehr nach den Seiten abziehen veranlaßt werden. Da sie aber schwerer ist, als die senkrecht unter ihr befindliche Luft, so werden die einzelnen Theilchen zugleich herabsinken, sich aber bald wieder erwärmen und in Folge dessen wieder emporsteigen. Sie werden sich also in einer wellenförmigen Bahn nach den Seiten bewegen. Diese wellenförmige Bewegung würde sich bis zum Boden fortpflanzen, also eine Abkühlung bis zu diesem bewirken, wenn ihr nicht der aufsteigende Strom entgegen träte. Indem nämlich die Luft vom Freien in den Wald eindringt, steigt die warme Waldluft empor; die eingeströmte Luft erwärmt sich und steigt ebenfalls empor. Die Kraft, mit welcher dieses Emporströmen stattfindet, wird zunächst von der Temperaturdifferenz der Luft des Freien und der des Waldinnern abhängen. Indem nun aber die aufsteigende Luft sich an den Stämmen, Aesten und Blättern erwärmt, wird ihr specifisches Gewicht gerin-

ger, die Geschwindigkeit aber in demselben Maasse gröfser; und da die lebendige Kraft dem Quadrate der letztern und der ersten Potenz der erstern entspricht, so wächst dieselbe beim Aufsteigen. Die lebendige Kraft eines von oben herabfallenden Theilchens aber nimmt rasch ab, indem die Geschwindigkeit nach unten sich ebenso wie das specifische Gewicht verringert. Es wird also die Amplitude der Wellenbewegung von der Laubdecke nach unten rasch abnehmen; die Stelle, wo die beiden lebendigen Kräfte sich gegenseitig aufheben und nur noch ein Zug in horizontaler Richtung nach den Seiten hin stattfindet, welchem die aufgestiegenen und die herabgesunkenen Theilchen folgen, wird nicht weit unter der Laubdecke sich befinden. Die Grenzen jener Wellenbewegung oberhalb des aufsteigenden Stromes dürften etwa die beiden Temperaturextreme, das Minimum in der Laubdecke und das Maximum im Gezweige seyn. Es wird demnach während der Nacht der Kreislauf von dem Freien nach dem Wald, von dessen Boden zu den Wipfeln, von da nach dem Freien und dort wieder zur Tiefe sich vollenden.

Bei Tage wird umgekehrt die kühlere Waldluft sich über das Freie ergiefsen, dort sich erwärmen ebenfalls — nur viel höher — emporsteigen, sich über den Wald herabsenken, um sich abzukühlen und den Kreislauf aufs neue zu beginnen.

Hier der directe Nachweis dieser für mein Thema wichtigen Strömungen.

An einer Stelle des Frankfurter Waldes zieht der Saum des Hochlaubholzes in der Richtung SSO — NNW mehrere hundert Meter lang; an beiden Enden desselben setzt sich der Wald nahezu rechtwinklig auf diese Richtung noch einige hundert Schritte fort, so dafs der Saum nach NO frei liegt. An dem sehr heifsen, vollständig heiteren 24. Juni wehte der allgemeine Wind während des Versuches, wie sich aus zeitlich wiederholten Beobachtungen ergab, beständig schwach aus SO also schräg gegen den betreffenden Saum. Unmittelbar an demselben zog ein breiter Gras-

weg hin, dann folgte ein Roggen-, weiter ab ein Kartoffelfeld. Der Rauch von glimmendem Feuerschwamm wurde um 7 Uhr und später von dem Waldstrom senkrecht auf den Saum nach dem Freien hin getrieben. Auf der Chaussée, die dem südlichen Vorsprung entlang in den Wald zieht, ging die Strömung innerhalb des Waldes schräge nach dem freien Felde hin. Nach 8 Uhr ging die Sonne unter. Gegen 9 begann der Rauch seine Richtung nicht mehr so entschieden zu verfolgen, mehr in der Richtung des allgemeinen Windes zu ziehen und senkrecht aufzusteigen, was vorhin nicht der Fall war. Nach 9 Uhr strömte er an einzelnen dicht belaubten Stellen entschieden *in* den Wald, fast senkrecht auf den Saum. An Stellen, welche des hohen Buschwerks entbehrten, wo das Laubwerk der hohen Bäume überhaupt lichter war, wehte der Wind noch schwach aus dem Wald heraus. Um 9 $\frac{3}{4}$ Uhr war der Zug allgemein und ebenso entschieden in den Wald hinein gerichtet, als er um 7 Uhr von ihm abgegangen war. An der bezeichneten Stelle der Chaussée durchkreuzte die jetzige Richtung die vorherige. Auch da, wo der südliche Vorsprung vom freien Felde begränzt war, lenkte der Wind von Zeit zu Zeit von der ursprünglichen Richtung gegen den Saum hin ab.

Die von dem Wald veranlafte Strömung war jedoch nicht so stark, dafs sie fähig gewesen wäre, etwa eine Umkehr des allgemeinen Windes zu veranlassen; denn um 11 Uhr stellten sich an dem Vorsprung wohl zeitlich Rückschwankungen des Rauches ein, die aber alsbald wieder dem allgemeinen Strome wichen, ohne jedoch jene Ablenkung zu verleugnen. Und als ich zu dieser Zeit den nördlichen Saum des Waldes, der an eine grofse Wiese gränzt, besuchte, traten auch nur diese alsbald wieder unterbrochenen Rückschwankungen hervor.

Der vom Walde bei Tage abgehende Rauch wurde am Saum in der Regel schräg nach dem Boden, der bei Nacht in denselben hineingehende aufwärts getrieben. Noch in einer Entfernung von 30 bis 40 Schritten war die nächt-

liche Strömung deutlich zu erkennen. Der von dem Wald herabdringende kalte Strom muß sich demnach sehr langsam herabsenken, wie denn auch die von kalten Fenstern in ein geheiztes Zimmer herabfallende abgekühlte Luft nicht unmittelbar an dem Fenstergesimse, sondern in einem weiten Bogen herabsinkt¹⁾. Die der nächsten Umgebung durch beschränkte Aus- und durch Zustrahlung von dem Laubwerk erhaltene Wärme wird daher durch diesen kalten Strom nicht aufgehoben.

Ich habe diese Versuche an einem kleinen schmalen, aus hohem Laubholz und Buschwerk bestehenden Gehölz in der Nähe von Frankfurt öfter wiederholt. Wenn schwacher Wind schräg auf die Längsaxe desselben (eine mit ihr parallele Strömung habe ich nie antreffen können) wehte, zeigte sich die Strömung nach dem Freien hin beiderseits entschieden; die nach dem Innern trat jedoch nur auf dem dem Winde zugekehrten Saum entschieden hervor; auf der andern Seite zeigte sich in der Regel nur eine Ablenkung der allgemeinen Richtung nach dem Saume hin, wobei ebenfalls Schwankungen nach dem Innern des Gehölzes zeitlich vorkamen. Sogar an einzelnen bei einander stehenden Bäumen läßt sich der richtende Einfluß noch erkennen, der nächtliche jedoch nur in der Abenddämmerung.

Hinter dem Forsthouse im Frankfurter Wald befindet sich eine mehre Meter im Durchmesser haltende freie Stelle die rings umgeben ist von hohen Eichen und dichtem Buschwerk. Diese Stelle wurde am 31. Mai 1863 Nachmittags stark von den Sonnenstrahlen erhitzt, welche in das Laubwerk nicht eindringen konnten. Der Rauch einer Cigarre wurde auf dem ganzen Umfang von dem Laubwerk nach dem Mittelpunkt der freien Stelle hingetrieben. Sobald jedoch die Wipfel der Bäume durch einen Windstoß bewegt wurden, trat eine Störung ein.

In einem Durchweg zwischen einer dichten Fichtenpflan-

1) Vergl. die von meinen Schülern angestellten Versuche in »Naturwissenschaft, Glaube, Schule.« Frankfurt a. M., Hamacher, 1864.

zung nach zwei freien Stellen zog der Cigarrenrauch unbestimmt bald nach dem einen, bald nach dem andern Ausgange. Sobald aber die eine Wand von der Sonne beschienen wurde, zog er entschieden nach demselben empor. Diese Beispiele lassen leicht erkennen, wie Abwechslung in der Belaubung zu den mannigfachsten Strömungen Veranlassung geben kann.

Trotzdem, daß die Strömungen in der Tiefe die entsprechenden in der Höhe nothwendig voraussetzen, wäre es doch von Interesse gewesen, letztere ebenfalls durch den Versuch nachzuweisen; aber die Schwierigkeiten sind zu bedeutend. Indefs scheinen dieselben sich doch auch in der Tiefe zu erkennen zu geben. Der Zunderrauch, der in ruhiger Luft senkrecht in die Höhe steigt, ist im Innern des Waldes, wie ich öfter beobachtet habe, bei Tag beständigen Schwankungen unterworfen, schlängelt sich fortwährend hin und her, wird häufig nach unten zurückgetrieben und arbeitet sich dann wieder mühsam empor — dießes alles jedenfalls in Folge des herabsinkenden Stromes. Dieselben Schwankungen bemerkte ich nun bei Nacht in einer Entfernung vom Saum, wo die Strömung nach dem Walde nicht mehr entschieden hervortrat. In dieser Entfernung wurde er sogar öfter nach der entgegengesetzten Richtung — vom Walde — abgetrieben. Es scheint sich hier der von den Wipfeln herabsinkende Strom einzustellen.

Im Allgemeinen wirkt nach dem Gesagten der Wald wie ein Gebirge oder eine Wasserfläche und veranlaßt so die »Luftströmungen« und den »Zug«, welchen Forstleute und Waldbewohner, besonders Morgens und Abends, wo die Temperaturerniedrigung am empfindlichsten wird, am Waldsaume verspüren. Je höher er ist und je dichter seine Belaubung, desto größer sind die Masse und der Temperaturunterschied der eingeschlossenen Luft im Vergleich zu der äußern, desto bedeutsamer die durch ihn veranlaßten Strömungen.

II. Welchen Einfluß hat nun der Wald auf die *Feuchtigkeit*?

Ich kann und werde bei Erörterung dieser Frage nicht näher darauf eingehen, ob, wie sich aus den Untersuchungen von Hartig und Schübler ergibt, die Verdunstung des Waldes wirklich $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{12}$ von der der Wiese beträgt, ob mehr oder weniger, inwiefern das Hängenbleiben des Regens und Schnee's auf Blättern und Aesten, das langsamere Herabfallen und das Zerstäuben des erstern, das längere Liegenbleiben des letzteren im Frühjahr, das Eindringen der Feuchtigkeit in den Boden usw. dabei wirkt; sondern mich auf Schlüsse aus den obigen Betrachtungen beschränken. Da zunächst die Sonne nicht unmittelbar auf das Innere des Waldes einwirkt, da ferner die allgemeinen Luftströmungen in diesem wenig wirken, so wird ihm im allgemeinen verhältnißmäßig weniger Feuchtigkeit entzogen als dem Freien. Wenn ferner bei Tage die kältere Luft beim Beginn ihres Kreislaufs Feuchtigkeit aus dem Walde mit in's Freie bringt, so vermehrt sich mit deren Erwärmung die Capacität, und der relative Feuchtigkeitsgehalt wird geringer. Das dampfförmige Wasser steigt mit in die Höhe und wird von oben demselben wieder zurückgegeben. Bei Nacht wird die Luft die im Freien niedergeschlagene Feuchtigkeit theilweise aufsaugen und mit in den Wald führen. Von diesem wird sie nicht wieder zurückgegeben; denn beim Aufsteigen wird sie an den obern Blättern condensirt, und der hierdurch und durch die Abkühlung der von oben herabsinkenden Luft gebildete Thau fällt zum Boden herab¹⁾. Es muß folglich das Freie in der Nähe von Wäldern — und da die Dampfatmosphären benachbarter Schichten sich beständig auszugleichen streben,

1) Nach Boussingault (die Landwirthschaft, übersetzt von Gräger 1844, S. 456) ist in den südamerikanischen Steppen diese Thaubildung trotz der Regenlosigkeit so stark, daß man den Niederschlag in hellen Nächten als Regen beständig von den Blättern der Bäume herabfallen und bei guter Beleuchtung das Wasser von den obern Zweigen herabrieseln sieht. Auch in unsern Wäldern findet der Thauregen, wenn gleich weniger stark, statt.

auch in deren weiterer Umgebung — austrocknen, der Wald selbst feuchter werden. So erklärt sich die allgemein anerkannte große Feuchtigkeit des letzteren und sein günstiger Einfluss auf den Wasserreichthum der Bäche, Flüsse und Seen; so wird sich ferner erklären, warum die Vegetation unmittelbar am Waldsaum an Dürre leidet und warum nach Dove und Desor die in Nordamerika sich ansiedelnden deutschen Frauen, trotz der großen Regenmenge, über das schnelle Trocknen der Wäsche in angenehmes Erstaunen und über das schnelle Austrocknen des Brodes in Verzweiflung gerathen, warum dort die Eisblumen an den Fenstern fehlen, die Wiener Flügel bald durch Austrocknung verlieren, usw.

Es dürfte hier der Ort seyn, von einigen Erscheinungen in Bezug auf die Nebelbildung zu sprechen. Man versucht hie und da, alle Vorgänge der Art auf einerlei Ursache zurück zu führen, während man jeden einzelnen Fall für sich betrachten und zergliedern sollte.

Wenn die Sonne des Morgens die feuchten Spitzen der Bäume erwärmt, während die Umgebung noch im Schatten ruht, steigt die nahezu gesättigte Luft von ihnen empor in noch kältere Schichten; es beginnt in einiger Entfernung die Condensation; durch die hierdurch frei gewordene Wärme wird die Steigkraft und dadurch wieder die Nebelbildung vermehrt. Weiter oben, wo die Luft durch den nächtlichen Kreislauf ausgetrocknet ist, löst sich die Wolke allmählich wieder auf. Wenn die Sonne die Tiefe bescheint, so ist die Nebelbildung, auch wenn hinlänglich Feuchtigkeit vorhanden, doch nicht mehr leicht möglich, weil die Luft schon zu sehr erwärmt, außerdem durch den beginnenden täglichen Kreislauf dem Wald alsbald wieder zugeführt wird.

Nach Regen bilden sich über dem Wald häufig Nebel, über die man verschiedene — nicht befriedigende — Erklärungen gegeben hat. Ich erlaube mir folgende Betrachtung. Als ich im Juli dieses Jahres den Staubbach besuchte und mit einem Schirm mich demselben näherte,

wurde dieser mächtig herabgedrückt, ohne stark benetzt zu werden. Der Druck wurde offenbar durch die mit dem Wasser herabgeführte kalte und durch die Verdunstung weiter erkältete Luft bewirkt. Die Kühle war empfindlich und selbst in gröfserer Entfernung wurde der Schirm noch stark nach den verschiedensten Richtungen bewegt, während die Atmosphäre sonst ruhig war.

Als ich einige Tage später von Wäggis aus den Rigi bestieg, fiel ein kühler, dichter Regen mit mehreren Unterbrechungen. Bei jeder Unterbrechung stieg von der Zeit an, wo der Regen spärlicher fiel, ein dichter Nebel aus dem Vierwaldstädter See empor. Später hellte sich der Himmel auf, die Nebel stellten sich ein; nur aus einer Einbuchtung des See's stiegen sie noch massenhaft empor und zogen bis zu einer Höhe von mehreren Metern über dem Wasser hin. In diese Einbuchtung ergiessen sich einige Bergbäche. Die Temperatur eines derselben betrug 10,2° R. Am folgenden Tage hatte der See 14° R., war also auch ohne allen Zweifel zur Zeit der ersten Messung wärmer als der Bach. Ich denke nun, die kälteren Bäche (da sie nicht weit von einander entspringen, hatten sie wohl alle die Temperatur des einen) haben die kalte Luft mit herabgeführt. Diese hat die warme, gesättigte Luft auf dem Seespiegel emporgedrängt und die Condensation ihrer Feuchtigkeit bewirkt. Durch diese Condensation wurde die Steigkraft vermehrt und so die Bedingung zu weiterer Nebelbildung gegeben.

Die Nebel bei den Unterbrechungen des Regens auf dem ganzen See werden sich auf ähnliche Art gebildet haben. Der Regen führt die kältere Luft mit in die unteren Schichten herab; sobald er nun in weniger grofsen Mengen fällt, wird die auf dem unbedeutend abgekühlten Seespiegel aufliegende gesättigte Schicht emporsteigen, ohne dafs ihre Feuchtigkeit durch die herabfallenden Tropfen condensirt würde, wie dies während des Regens geschah; es entstehen Nebel in den kälteren Luftschichten.

Da der Regen zunächst auf die Blätter und Aeste der

Waldbäume auffällt und von da erst nach öfterem Aufenthalt zum Boden kommt, so wird er die Waldluft weniger durch mitgeführte kalte Luft abkühlen. Dieselbe wird weiter beim Aufsteigen an den Stämmen, Aesten und Blättern Wärme und Feuchtigkeit bis zur Sättigung aufnehmen und über dem Laubwerk Nebel ausscheiden.

Häufig sieht man an heiteren Tagen Waldwege und freie Stellen voller Nebel, während im Dickicht die Luft klar ist. Da diese Stellen dem Sonnenlicht und der Erwärmung mehr zugänglich sind, steigt die aus der Umgebung in der Tiefe hereindringende feuchte, kältere Luft über ihnen empor; indem sie am Boden erwärmt und in gleichem Maasse mit Feuchtigkeit weiter geschwängert wird, die oben eindringende aber kühl bleibt, bilden sich die zur Nebelbildung nöthigen Strömungen¹⁾.

III. Wenn die *Abhänge und Höhen eines Thales* bewaldet sind, so werden Thal- und Waldwinde in einander entgegengesetzter Richtung wehen. Bei Tage geht der Thalwind bergauf, der Waldwind *aus* dem Wald, thalab; Nachts umgekehrt. In einem Aufsatz »über den Wisper- und den Bodenthalwind«²⁾ habe ich erwähnt, dafs mir selbst beim höchsten Sonnenstande, auch wenn der allgemeine Wind direct entgegen wehte, ein kalter Strom aus mehreren dunkelbelaubten Schluchten des Wisperthals entgegen kam, der den Rauch von Feuerschwamm heftig in das Thalbecken hinein jagte. Dagegen strömte der Rauch von der Fabrik, zwei Stunden oberhalb Lorch empor, dem waldigen Abhang zu und versank im Laubholz.

Wenn die kältere Luft bei Tage aus dem Wald von dem Abhang zur unbewaldeten Tiefe strömt, so wird sie dort erwärmt und steigt wieder empor, um sich nach dem Laubwerk zu begeben und dort noch weiter, als es durch das Aufsteigen an und für sich geschehen, abzukühlen und den Kreislauf von Neuem zu beginnen. Bei Tage ist also

1) Pogg. Ann. Bd. 118, S. 456.

2) Petermann's Mittheilungen, 1864, S. 204.

der Vorgang im Wesentlichen derselbe, wie bei dem Wald in der Ebene.

Bei Nacht aber, wo der Wald zunächst auch am Abhange wärmer seyn wird, wird sich die Luft in der Tiefe abkühlen, aber nicht nach dem höher aufsteigenden Waldinnern strömen können, sondern in der Ebene liegen bleiben. Die abgekühlte Luft des Laubwerks wird also bald nicht mehr, wie auf ebenem Boden, nach dem Freien ziehen können; sie wird in das Innere des Waldes und zugleich am Abhange hinabsinken, dort sich erwärmen und in Folge dessen bald wieder vom Boden auf und am Abhange emporsteigen, bis sie, am obersten Laub abgekühlt, mit der von oben hereingesunkenen kalten Luft den Rückweg zum Boden und weiter in die Tiefe von Neuem beginnt und bis sie endlich, nach wiederholtem Kreislauf unter die Temperatur der Ebene abgekühlt, in dieser zur Ruhe gelangt.

Je weiter unten am Bergabhange, desto kühler wird also die Luft im Allgemeinen seyn. In einiger Höhe über dem Boden, wo die herabgesunkene Luft sich im Gezweige schon erwärmt, die aufsteigende sich noch nicht abgekühlt hat, im Gegentheile fortwährend noch Wärme aufnimmt, kann die Temperatur höher seyn als am Boden, wo die Luft, nachdem sie an den kalten Blättern ausgetrocknet worden, wieder Feuchtigkeit aufnimmt und somit Wärme bindet. In Nördlinger's Beobachtungen beträgt der Ueberschuß der Temperatur in 4^{mm} über die in 1^{mm},5 Höhe im Mittel jedoch nur 0°,13 C., und unter den 53 Beobachtungen, die man ungefähr hieher zählen darf, ergeben 27 eine für beide Stationen gleiche, 21 eine oben, 5 eine unten höhere Temperatur.

In dem auf der Ebene befindlichen Wald wird sich das Verhältniß für die höhere Station wahrscheinlich günstiger ergeben.

Da die Abkühlung an dem Walddach bedeutender ist, als die auf dem Freien, da ferner die Wiedererwärmung an dem Waldboden, der bei Tag weniger erwärmt worden ist, jedenfalls die grössere Abkühlung nicht compensirt, so

mufs bei Nacht die Temperatur am waldigen Thalhange, ebenso wie bei Tag, niedriger seyn als auf der daranstofsenden freien Hochebene; und man sollte denken, der Unterschied zwischen der dritten Station Nördlinger's und der 23^{mm} höher gelegenen ersten im Freien müfste gröfser seyn, als er sich herausstellt; zwischen den beiden Mitteln beträgt er nur 0°,84 C. Allein die erkaltete Luft der Hochebene sinkt rascher an dem Waldabhange hinab, als sie in den Wald auf gleicher Ebene eindringen würde, und wird ersetzt durch die von den Wipfeln niederfallende kältere Luft, wodurch die Temperatur der Hochebene weiter herabgedrückt wird.

Der Wald wird also die Hoch- und Tiefebene bei Nacht bedeutender abkühlen als es eine kahle Bergwand thun würde.

An den bisherigen Ueberlegungen wird nichts geändert, wenn, wie es in Thälern geschieht, die Luft in der Sohle nach der Thalmündung abfließt; denn dieses Abfließen ist ja eben hauptsächlich nur die Wirkung eines Druckes der abgekühlten Luft in den oberen Theilen des Thalbettes.

Bei Tage wo die im Thale mit waldigen Abhängen aufsteigende Luft und Feuchtigkeit demselben grösstentheils wieder zurückgebracht wird, also nicht zu den benachbarten Höhen steigt, wird die Hochebene durch sie nicht erwärmt und wird ihr die Feuchtigkeit des Thales und Hanges bei Tage vorenthalten, bei Nacht entzogen.

Der Gesamteinfluß des waldigen Thales auf die Hochebene wird also, mehr noch als der des Waldes auf gleicher Ebene, ein abkühlender und austrocknender seyn. Diefs bestätigt sich an den Hochflächen am Wisperthal; und vom Harze her wird vielfach geklagt über die Trockenheit, welche die Wiederaufforstung bloßgelegter Stellen bewirkt.

Der Thalsohle wird dagegen die Waldluft, deren relative Feuchtigkeit grofs ist, bei Tag und bei Nacht zugeführt; in letzterer wird dieser Wassergehalt daselbst niedergeschlagen und dem Boden gegeben, der sich also durch

größere Feuchtigkeit auszeichnet. Bei Tage wird die durch das Einströmen der kälteren Waldluft bewirkte Abkühlung zwar von der nach der Thalsohle reflectirten Sonnenwärme aufgehoben oder gar übertroffen werden; da aber diese einströmende Luft zugleich feucht ist, so wird die Verdunstung nicht gleichen Schritt halten mit der Temperaturzunahme, woher es kommen mag, daß die Hitze in Thälern so unerträglich erscheint.

Wird eine *beschränkte* Stelle am Thalgebänge bloßgelegt, so wird sie während der Nacht durch Strahlung stärker erkalten als der Waldboden ober- und unterhalb. Die von oben kommende feuchte Luft wird da ihr Wasser absetzen und in den untern Wald um so rascher einströmen, je kühler sie geworden ist. Dadurch wird der Stelle eine größere Feuchtigkeitsmenge zugeführt, die von dem aufgelockerten, humusreichen Boden aufgesogen, bei Tage aber weniger verdampft wird, weil zu dieser Zeit die kühlere feuchte Luft ebenfalls, von oben herab darüber hinliefst und außerdem die Erwärmung durch die Sonne nicht so stark ist als in der Thalsohle, ganz abgesehen davon, daß ein verhältnißmäßig großer Theil der Stelle im Schatten liegt. Daher mag es kommen, daß der Waldboden, wie Nördlinger¹⁾ bemerkt, nicht bloß auf Bergeshöhen von 1000 bis 2000^{mm} über der Meeresfläche, wie auf dem Schwarzwald, sondern auch in Schönbuch bei 500^{mm} und in der Gegend von Hohenheim bei 400^{mm} nach *beschränkter* Bloßlegung leicht versauert, wogegen der nachwachsende junge Bestand Nässe und Binsen wieder vollständig beseitigt. Die Erklärung von Nördlinger, daß nämlich die Kronen und Wurzeln der Bäume die Feuchtigkeit aufsaugen, ist, wie mir scheint, nicht zulässig; denn nach dieser müßte die Versauerung bei Bloßlegung weit ausgedehnter Strecken, wobei alsdann die saugende Kraft der Bäume wegen der größeren Entfernung gar nicht mehr wirken kann, in viel größerem Maasse stattfinden, was doch nicht der Fall seyn dürfte.

1) Kritische Blätter, Bd. 24, S. 172.

IV. In verschiedenen Schriften ist schon oft geschildert worden, wie die warmen Länder — Griechenland, Persien, Aegypten etc. — verödeten in Folge der Ausrodung ihrer Wälder oder der Vernachlässigung ihrer künstlichen Bewässerung. Während der Napoleonischen Expedition hat es in Aegypten von November 1798 bis Ende August 1799 nur ein einziges Mal eine halbe Stunde geregnet. Dagegen regnet es nach Marmont¹⁾ seit Mehmed Ali's großartigen Baumwollenpflanzungen bei Alexandrien an 30 bis 40 Tagen im Jahre, im Winter oft 5—6 Tage hinter einander. Seitdem die Bäume an den Gränzen des Nilthales in Ober-Egypten umgehauen sind, haben die vor 80 Jahren noch ziemlich häufigen Regen aufgehört und die Wiesen sind verdorrt. Nach Dove²⁾ sind die Azoren, die kanarischen Inseln und die des grünen Vorgebirgs verödet, nachdem man die Wälder vertilgte. Nach Boussingault³⁾ sank der Wasserspiegel eines Sees im Thale Aragua (Südamerika) in Folge ausgedehnter Urbarmachung 30 Jahre lang und stieg wieder, als in Folge von Kriegen die Felder vernachlässigt wurden und sich wieder mit Wald überzogen. Es scheint also der Wald in den heißen Ländern einen entschiedenen Einfluss auf die Regen auszuüben.

Für unsere Klimate wird dieser Einfluss nicht so allgemein anerkannt. Der Graf Gasparin⁴⁾ z. B. leugnet ihn. Indem er auf das Sinken der Wasserspiegel der Oder, Elbe usw. hinweist, erinnert er daran, daß auch der des Rheins oberhalb Basel sinke, obgleich dieser Theil des Stromes seine Wasser hauptsächlich Gletschern verdanke und einen Waldstrich durchlaufe, der von Waldrodungen wenig heimgesucht worden; sodann an die Wolga, deren Stromgebiet so ungeheuer groß sey, daß die Rodungen am Ural, verschwindend klein, unmöglich Veranlassung zu den Klagen über die zunehmende Wasserarmuth dieses

1) Pogg. Ann. Bd. 38, S. 623.

2) Klimatologische Beiträge I. Berlin 1857, S. 94.

3) Die Landwirthschaft . . . deutsch von Gräger, 1845, S. 469.

4) *Cours d'agriculture*, vol. II, 1845, p. 145.

Stromes geben können. Untersuchungen über die seit 39 bis 145 Jahren zu Paris, Laroche, Viviers und Mailand gefallenen Regenmengen ergaben ihm, daß an diesen Orten trotz der Rodungen eine kleine Zunahme stattgefunden habe. — Auch die Untersuchungen über die Zahl der Regentage ergeben bald keine, bald ungenügende Unterschiede. Der Grund der Wasserabnahme sey in allgemeinen meteorologischen Umständen zu suchen. Bemerken wir jedoch, daß der französische Staatswald bei Paris noch 20556 Hektare beträgt¹⁾ und es sich ähnlich an den andern Orten verhalten mag, so daß es also bei Weitem nicht zur gänzlichen Ausrodung der Wälder gekommen ist, daß vielmehr die Abwechselung zwischen Wald und Feld, auf welche es eigentlich ankommt (s. weiter unten), größer geworden seyn wird.

Nachdem Dove nachgewiesen, daß das in Europa niederfallende Wasser dem südlichen Meere entstieg ist, erklärt er das Dunsterzeugniß auf dem Festlande für wenig erheblich und glaubt an einen großen Einfluß der Kulturveränderungen auf den Regenfall nicht, giebt jedoch zu, daß Waldungen ebenso wie andere Terrainabwechselungen das Regenfallgesetz modificiren können. Fehlen diese Abwechselungen, so wird möglicherweise der Niederschlag noch mehr als sonst sich nach dem allgemeinen Gesetze richten und die regenreiche Sommer- sowie die regenarme Winterperiode Deutschlands noch entschiedener hervortreten. Die Ueberschwemmungen in dem entwaldeten Rhonegebiet und die Regenverhältnisse Nordamerikas, wo eine längere Reihe von Beobachtungen nothwendig, um das Gesetz zu erkennen, nach welchem die Regenmenge sich vertheilt, während in Europa einige Jahre hinreichend sind, bieten ihm Belege für diese Ansicht.

Nach Krutzsch²⁾ hat dagegen das Strömen der Luft über Wald in der Görlitzer Haide einen Mehrfall an Regen von nahe zu $\frac{1}{4}$ herbeigeführt.

1) Kritische Blätter, Bd. 24, S. 150.

2) Stöckhardt's chemischer Ackersmann 1861, No. 3, S. 135.

Wie Rivière¹⁾ erzählt, litten die Felder in dem Districte le Bocage in der Vendée an Wasserüberflufs. Seit den im Jahre 1808 begonnenen vielen Urbarmachungen fehlt der Regen oft. Zu Bourbon-Vendée geben Springbrunnen und Pumpen zuweilen nur sparsam Wasser. Im Jahre 1821 besafs nach ihm die Provence einen Reichtum an Bächen und Quellen. In diesem Jahre erfroren die Oelbäume, die fast Wälder bildeten, und wurden umgehauen. Von da an versiegten die Quellen und der Ackerbau wurde schwierig.

In der Provinz Rheinhessen hat man seit Beginn des Jahrhunderts alles Land urbar gemacht. Müller wollen seit dem Jahre 1811 eine Abnahme des Wassers in den Bächen bemerkt haben. Jetzt ist der Mangel so grofs, dafs viele Quellen versiegen, dafs manche Orte Tausende auf Brunnenbauten verwenden und dennoch nicht hinreichend Wasser haben. Manche Bauern müssen den Bedarf für ihr Vieh mehre Stunden Wegs weit holen.

Es ist bekannt, dafs die Regenmenge überall mit der Annäherung an die Gebirge zunimmt, über weiten einförmigen Länderstrecken dagegen fehlt. Dove hat in seinen neuesten Arbeiten nachgewiesen, dafs die dem herandringenden Strom zugewendete Seite den Niederschlag vermehrt, wodurch dieser für denselben Strom natürlich auf der andern Seite kleiner ausfällt.

Es ist aber auch ferner anerkannt, dafs die Wolken- und Regenbildung durch den im Gebirge aufsteigenden Luftstrom schon vermehrt und gefördert wird, während in einförmigen Gegenden auch eine solche Wolken- und Regenbildung zurücktritt, trotzdem dafs der aufsteigende Strom nicht fehlt.

Nach Dampier²⁾ und Maury³⁾ regnet es auf offenem Meere selten; dagegen ist der Niederschlag an den Küsten

1) Pogg. Ann. Bd. 38, S. 622.

2) *Traité des vents*, p. 81.

3) *Explanations and sailing directions*. Philadelphia 1854, S. 354.

bedeutend und nimmt nach dem Innern des Continents hin wieder ab.

Wenn man einen hohlen Glascylinder auf erhitztes Wasser stellt, so steigt der auf der Oberfläche des letzteren sich bildende Dampf in demselben in die Höhe und wird von der von oben eindringenden kalten Luft condensirt. Der eindringende kalte Strom macht sich durch die dunstfreien Stellen bemerklich, die sich, namentlich in den obern Theilen des Cylinders bilden. Bringt man zwei Thermometer in denselben, das eine etwa bis 1 Zoll, das andere bis mehre (etwa 3") über die Wasserfläche, so steht ersteres bedeutend höher als letzteres. Das Quecksilber in diesem schwankt in weiten Oscillationen auf und ab; das des unteren bewegt sich in viel kleineren und seltenern Schwankungen. Hebt man aber den Cylinder ein wenig aus dem Wasser hervor, so daß die Luft von unten einströmen kann, so dringt sie nicht mehr von oben ein und der Dunst entweicht ununterbrochen aus der ganzen Weite desselben. Beide Thermometer stehen jetzt viel niedriger als vorhin, das obere aber im Gegensatz, jedoch nur etwas höher als das untere; und letzteres zeigt größere und häufigere Temperaturschwankungen als ersteres.

Wendet man diels auf die Vorgänge der Atmosphäre an, so wird man statt des Cylinders über der Wasserfläche eine von der Sonne erwärmte Landstrecke, rings umgeben von einer kühlern Stelle, statt des in das Wasser eintauchenden Cylinders eine weite, gleichförmig erwärmte Ebene einsetzen können, um dieselben Modificationen zu erhalten. Der Wasserdampf wird ersetzt durch die warme aufsteigende Luft; die Vorgänge werden ganz in derselben Weise, nur mit viel geringerer Intensität und gleichmäßiger stattfinden.

Zwischen dem aufsteigenden Strom und der kältern umlagernden Luft ist ferner keine feste Scheidewand vorhanden; und es bleibt zunächst zu erwägen, wie die Luftschichten sich ohne diese gegen einander verhalten.

Wenn man in einem geheizten Zimmer glimmenden

Feuerschwamm an ein die Luft abkühlendes Fenster bringt, so wird der Rauch desselben nicht gleichmäfsig, sondern stofsweise durch die herabfallende Luft nach unten geführt. Diese fällt wellenförmig herab, was sich ebenso einfach versteht, wie die Wellenbildung in einer Pfeife.

Bringt man den Zunder nach und nach in gröfsere Entfernung von dem Fenster, so sieht man den Rauch bogenförmig aus dem Innern des Zimmers nach dem Fenster aufwärts ziehen und dort in mannichfachen Wirbeln mit dem absteigenden Strom sich mischen. Die aufsteigende Luft steigt also nicht immer ganz zur Höhe, um dann herabzufallen; sie dringt beim Aufsteigen schon in den kalten Strom ein, während dieser, auf dem Fenstergesimse angelangt, in jenen eindringt. So wird bei Tage die wärmere Luft des Freien, welche, von der kühlen Waldluft verdrängt, emporsteigt, in die Luftsäule oberhalb des Waldes, welche mindestens um soviel gegen die über dem Freien verkürzt ist, als die Zusammenziehung in dem kühlen Wald beträgt, welche also einen in gleichem Maafse geringeren Druck ausübt, *nach und nach* eindringen. Ist also die erwärmte Luftsäule von geringem Umfang, so wird sie sich bald verloren haben, und die Oberfläche der Atmosphäre wird an der betreffenden Stelle nur eine Hebung erfahren, von welcher die Luft seitlich abfließt. Im Maafse aber als der Umfang jener Säule zunimmt, wird sie weiter steigen, und wird eine immer gröfsere Luftmasse von oben abfließen, der Druck auf ihr sich immer mehr vermindern.

Einer — schon hohen — Temperaturdifferenz zwischen Wald und Feld von 3° entspricht eine Höhe von etwa 300 Toisen. Da aber ein in dem benachbarten herabsinkenden, nicht mehr aufgehenden steigenden Strom durch immer nachfolgende Luft — welche mit um so gröfserem Druck über die erwärmende Fläche hereindrang, je mehr die herabsinkende Luftsäule durch seitlich eindringende und durch oben zufließende Luft vergrößert wurde — fortwährend in die Höhe getrieben wird, während der Widerstand oben immer mehr schwindet, so wird derselbe nicht

bis zu der angegebenen Höhe, sondern bis zur Oberfläche der Atmosphäre steigen.

Ist nun die erwärmte Stelle von sehr großem Umfang, so wird der kalte Strom nicht bis zu ihrem Innern vordringen, sondern, an den Grenzen, bald erwärmt, in die Höhe steigen, so daß der oben beschriebene Vorgang nur hier stattfindet. Im Innern der Fläche wird eine gleichmäßige Auflockerung stattfinden. Die obere kalte Luft wird nur theilweise abfließen und nicht eher zur Tiefe gelangen können, als bis sie über die Grenzen hinaus in das Gebiet des absteigenden Stromes gekommen ist. Zum großen Theil aber wird diese obere kalte Luft, wie es bei dem auf dem Wasser *aufstehenden* Cylinder geschah, in die untere hereinsinken und sich da erwärmen, nach der Erwärmung wieder empor steigen.

So wird also hier ein gleichmäßiges Auf- und Abströmen und Auflockern, kein eigentlicher aufsteigender Strom, dort aber ein gesonderter aufsteigender und ein nebendaran herabsinkender Strom entstehen. Hier wird jedes Lufttheilchen herabsinken, sich am Boden oder an der wärmeren Luft erwärmen, wieder emporsteigen, durch Leitung und Ausdehnung erkalten, um wieder auf's Neue zu sinken oder endlich oben abzufließen. Dort strömt dieselbe Luftmasse von unten bis oben und von da wieder zurück auf dem Wege des sinkenden Stromes. Auf der weiten Ebene wird, wie in dem *aufstehenden* Cylinder, die Erwärmung, folglich die Auflockerung eine *größere* seyn, als da, wo durch die einströmende kalte Luft eine Abkühlung bewirkt wird; ebenso wird die Temperatur- und Druck-*Erniedrigung* im ersten Falle größer seyn als im letzten; daher beträgt der Unterschied zwischen dem Minimum und Maximum des Drucks der trockenen Luft in Centralasien bis 15'', während er in Süd- und West-Europa, durchschnittlich viel kleiner, nur bis 5'' steigt¹⁾.

Die Auflockerung wird da, wo die Wärme an dem Ort ihrer Entstehung verbleibt, *rascher* stattfinden, als da, wo

1) Schmid, Meteorologic, S. 891.

letztere durch die Strömung vertragen wird; umgekehrt wird an ersterer Stelle die Abkühlung der unteren Luft sich langsam nach oben verbreiten und der Zufluß über der zusammengesunkenen Luft aus der Ferne langsamer von Statten gehen; über letzteren wird bei Umkehr der Strömungen die Luft nach einander herabsinken, sich abkühlen und seitlich abströmen, um der nachfolgenden Platz zu machen, so daß also die Abkühlung rasch vor sich geht, ebenso wie der Zufluß von oben. Das Maximum des Luftdrucks wird über letzterer früher, über ersterer später, das Minimum dort später, hier früher eintreten. Das Minimum des Druckes der trocknen Luft fällt in dem continentalen Centralasien auf Juni und Juli, in Süd-West-Europa auf Juli, August und sogar auf den September; das Maximum tritt in Asien im Januar, hie und da im Februar, in Europa im December und Januar ein. Aehnlich verhält sich's mit der täglichen Periode.

Die Temperatur wird sich, wie in den Cylindern, über der gleichförmigen Ebene bei Tage rasch steigern und von unten nach oben rasch abnehmen, zur Nachtzeit wird die Abkühlung unten rasch, oben langsam vor sich gehen, es werden sich die Beobachtungen von Pictet bestätigen. An der abwechselnden Stelle dagegen werden die Differenzen durch die Strömungen sich ausgleichen und es wäre, wenn auch nicht leicht, eine Umkehr der Verhältnisse denkbar.

Enthält nun die erwärmte Luft Feuchtigkeit, so wird sie über der einförmigen Fläche nicht leicht, über dem wechselnden Terrain, indem sie in die kälteren Schichten rasch und hoch in die Höhe geführt wird, sehr leicht condensirt; indem durch die Condensation Wärme frei wird, wird die Steigkraft vermehrt, so daß in diesem Fall auch eine kleinere erwärmte Fläche wirksam werden kann. Ist die angrenzende kühlere Stelle derart, daß sie zugleich Feuchtigkeit abgibt, so werden Condensation und in Folge davon Niederschläge um so leichter möglich seyn.

Eine ähnliche Betrachtungsweise führt zu dem Schluß,

daß eine sehr kleine, noch mehr aber eine sehr ausgedehnte *abkühlende* Stelle von keiner, eine mäfsig ausgedehnte dagegen von bedeutender Wirkung auf die Condensation im aufsteigenden Strome seyn kann.

Wenden wir dieß mit Berücksichtigung des weiter oben Gesagten auf unsere Frage an, so ergibt sich: Nicht der Wald an und für sich vermehrt die Niederschläge des aufsteigenden Luftstroms, *sondern der Wechsel zwischen Wald und Feld, zwischen seinem Laubdach und den Waldblößen.* Wie Wolken auf dem sonst wolkenlosen stillen Ocean bei Tag dem Schiffer eine wichtige Marke sind, indem sie ihm das Land früher als Loth und Fernrohr verkünden und wie beispielsweise nach Chamisso's Bericht¹⁾ die Höhen von O-Wahi meist klar und rein während der Nacht und am Morgen erscheinen, am Mittag sich aber Wolken über ihnen bilden, die am Abend in dichtem Lager verhüllend über der Insel ruhen und sich gegen Mitternacht wieder auflösen, wie ferner das Thalgehänge die Feuchtigkeit zur Zeit des aufsteigenden Stromes in Wolken empor, bei Nacht in die Tiefe herabführt, ebenso wird sich die Feuchtigkeit über der zwischen Wald und freiem Felde abwechselnden Fläche, durch den von letzterer emporsteigenden Strom in die Höhe geführt, condensiren, bei Nacht wieder, wenn sie nicht als Regen herabgeführt worden, herabsinken und sich theilweise unmittelbar auf dem Laubdache absetzen, theilweise von dem Feld durch den in den Wald eindringenden Strom dieser Aufbewahrungs- und Vorrathskammer der als Thau oder Regen abgesetzten Feuchtigkeit wieder zugeführt.

Es wird an dieser Stelle der oft gehörte Satz: »der Wald hält das Gewitter auf« sich leicht erklären und deuten lassen. Ich habe in einem Aufsatze »Ueber Nebel«²⁾ und in einem andern »Ueber das Gefrieren des Wassers und über Hagelbildung«³⁾ die Principien der Wolken-

1) Reise um die Welt, 2. Thl., Leipzig 1852, S. 239.

2) Pogg. Ann. Bd. 118, S. 456.

3) Ebendasselbst Bd. 124, S. 415.

bildung entwickelt und gezeigt, daß dabei immer zwei Luftströme, ein warmer feuchter und ein kalter in verticaler Richtung einander begegnen, wobei ersterer erkaltet und seine Feuchtigkeit condensirt wird, letzterer sich erwärmt und die condensirte Feuchtigkeit wieder auflöst (der Fall mit einbegriffen, wo bloß ein warmer Strom emporsteigt, indem mit dem Aufsteigen und der damit verbundenen Condensation, auch ein Herabsinken der kälteren Luft eintritt). Ist nun in einiger Entfernung von dem Wald durch den aufsteigenden Strom ein Gewitter, die mächtigste Ausbildung dieses Vorgangs entstanden — was in der Nähe desselben wegen der größern Intensität dieses Stromes leichter möglich ist, als auf einer einförmigen Fläche — so wird dasselbe, wenn nicht eine allgemeine Ursache überwiegend entgegen wirkt, mit dem obern Strome nach dem Walde huziehen. Bis in seine Nähe wird nun der aufsteigende warme Strom von unten lebhaft einwirken. Sobald das Gewitter aber über dem Walde angekommen ist, findet diese lebhafte Einwirkung nicht mehr statt, sondern vielmehr das Gegentheil, und letzteres um so mehr, als durch die Condensation über dem Freien der aufsteigende Strom, somit der herabsinkende über dem Wald an Intensität zugenommen haben wird. Während die Wolke herabsinkt, gleichen sich die Temperaturen der beiden Ströme in ihr, von deren Differenz (neben dem Grade der Sättigung) der Vorgang und der Grad seiner Heftigkeit abhängig ist, aus, und die Erscheinung verschwindet.

Aehnlich kann es mit nichtregnenden und regnenden Wolken gehen, in welchen die elektrischen Erscheinungen nicht so lebhaft hervortreten.

Durch die Begegnung von Aequatorial- und Polarströmen entstandene Gewitter werden diesem Einfluß des Waldes wohl weniger oder gar nicht unterliegen.

Ebenso wie der Wald, können Gebirge und größere Flüsse wirken. In den Rheingegenden hört man öfter sagen: »das Gewitter kann nicht über den Fluß.«

V. Bisher habe ich nur von der Wirkung der durch

die Temperaturdifferenz zweier benachbarten Orte entstehenden Strömungen auf den aufsteigenden Luftstrom und dessen Niederschlägen gesprochen. Werden sie auch auf die allgemeinen Strömungen und deren Niederschläge einen Einfluss ausüben und welchen?

Wenn der Aequatorialstrom über dem eine weite eiförmige Ebene überlagernden Polarstrom hergeht, so ist keine locale Ursache denkbar, die ihn zur Tiefe herabführen würde. Wenn er dagegen zu einer Stelle mit den bezeichneten Verticalströmungen kommt, so wird er von dem niedersteigenden Strom selbstverständlich herabgeführt. Umgekehrt wird der in der Tiefe befindliche Polarstrom durch den aufsteigenden Strom empor geführt. Es muß bei hinreichendem Feuchtigkeitsgehalt Condensation stattfinden, und werden also die Niederschläge »des Stromes« sowohl als die »des Ueberganges« gefördert.

Solche Förderung tritt sehr deutlich an den Erhebungen des Landes hervor.

Nach Kämtz' Messungen beträgt die Höhe der Wolken auf dem flachen Lande 3000, 10,000, 24,000, nach Pouillet (bei Paris) sogar 38,000 Fufs. Dagegen giebt A. v. Humboldt die mittlere Höhe der Wolken an den Abhängen der Andes-Cordillern zu 6000' an. Nach Schübler findet man sich in den Alpen bei einer Höhe von 5000' oft in dichtes Gewölk eingehüllt. In der schwäbischen rauhen Alp sinkt das Gewölk an rauhen Regentagen bis 1500', in den Gebirgen des nördlichen England nach Chrosthwaite bis 1200' herab. Erhebungen von wenig über 1000' sind schon von erheblichem Einfluss auf die Wolkenbildung und es gilt als ein sicheres Vorzeichen von Regen, wenn ihre Spitzen in Wolken eingehüllt sind. Ebenso tritt mit der Annäherung an solche niedrige Erhebungen schon eine Vermehrung des Regens hervor.

Dieses Herabziehen der Wolken selbst durch niedrige Erhebungen, das in so bestimmter Weise auftritt, kann nicht wohl durch die Erhebungen selbst unmittelbar veranlaßt werden. Wenn der von oben eindringende Aequa-

torialstrom sich wirklich an den Wänden *hoher* Gebirge bricht und so herabzudringen gezwungen wird, so nöthigen die Erscheinungen an den niedrigen Landeserhebungen, das Herabziehen desselben von einer die Spitzen übersteigenden Höhe auf die genannten verticalen Strömungen zurück zu führen. Ebenso wird man das Emporsteigen des Polarstromes über die höchsten Punkte des Gebirgs hinaus diesen Strömungen zuschreiben müssen.

Die mittlere Windrichtung in Europa ist SW. Zieht ein Gebirge in der Richtung SO—NW., so wird der Aequatorialstrom, der von SW. herandringt, seiner ganzen Breite nach herabgezogen; das Gebirge äußert einen großen Einfluss auf die Regenmenge. Zieht es aber in der Richtung SW-NO., also in der des Aequatorialstromes, so wird nur der Theil des Stromes herabgezogen, der über das verticale Stromsystem hinstreicht, während die zu den Seiten parallel vorbeifließende Luft in der Höhe bleibt, ihren Wassergehalt abzugeben also nicht veranlaßt wird. Das Gebirge wird daher immer seinen Einfluss auf die Vermehrung der Regenmenge geltend machen, aber nicht in dem Grade wie in dem vorigen Falle.

Ganz ähnlich wird es sich mit dem aus NW. von unten eindringenden Polarstrom verhalten.

In derselben Weise werden alle Temperaturabwechselungen zwischen Wasser und Land, Wald und Feld, Stadt und Land usw., mehr oder weniger wirken (s. unten).

Es ergibt sich also hieraus, daß auf diese Weise durch die Abwechselung zwischen Wald und Feld ein für eine nördlichere oder südlichere Gegend bestimmter Niederschlag früher ausgeschieden werden muß. Da nun ferner die durch den Regen gebrachte Feuchtigkeit theilweise in den Wald eingeführt, dort aufbewahrt wird, um wieder in Cirkulation zu treten und unter geeigneten Umständen wieder Regen zu bilden, so muß allerdings durch jene Abwechselung der periodische Charakter verwischt und eine gleichmäßigere Vertheilung auf die einzelnen Jahreszeiten bewirkt werden. Es werden aber auch die allgemeinen

Niederschläge ebensowohl als die des aufsteigenden Stromes in einer Gegend sich mehren müssen, sobald die Einförmigkeit eines ausgedehnten Waldes oder die eines ausgedehnten von dieser Vegetation freien Landstrichs ersetzt wird durch die Abwechselung zwischen beiden. Man wird sich daher nicht wundern, wenn durch Waldrodungen der Niederschlag vermehrt, weil eben die Einförmigkeit unterbrochen wird; wenn aber dann bei fortgesetzten Rodungen, durch welche die Einförmigkeit in entgegengesetztem Sinne immer mehr hervortritt, wieder eine Verminderung eintritt.

Diese Abwechselung herzustellen durch Rodungen in den ausgedehnten Wäldern ebensowohl, als durch theilweise Bewaldung gänzlich bloßliegender ausgedehnter Strecken wird daher das Streben der Landwirthschaft seyn müssen.

Wie im großen Ganzen durch den Kreislauf zwischen dem Aequator und den Polen, zwischen Wasser und Land, Berg und Thal die Niederschläge bedingt sind, so wird auch die Cultur diesen Kreislauf herstellen müssen, um der Vegetation den Niederschlag zuzuführen, der zu ihrem Gedeihen nothwendig ist.

Das Gesagte ist auf *Sommer*beobachtungen gestützt. Wie die Verhältnisse sich im Winter gestalten, muß durch weitere Beobachtungen ermittelt werden. So viel sich bis jetzt nach einzelnen Versuchen beurtheilen läßt, wird der *Laubwald* im Winter auch während der Nacht kälter seyn als das Freie.

VI. Welchen Einfluß werden nun niedrigere Vegetationsüberzüge, Wiesen usw. auf den aufsteigenden Strom und somit auf die mit demselben zusammenhängenden Witterungserscheinungen haben?

Die niedrigere Tagestemperatur des Waldes wird, wie sich aus dem Obigen ergibt, dadurch bedingt, daß 1) die Sonnenstrahlen den Waldboden nicht direct erreichen, und dem Innern die Wärme erst mittelbar durch die Strahlung der Blätter usw., ferner durch den von oben herabsinkenden Strom zugeführt wird; daß 2) die durch die Sonnen-

strahlung auf dem Laubdach entwickelte Wärme grossentheils zur Verdunstung verbraucht wird. Die höhere Nachttemperatur wird bedingt dadurch, dafs 1) der Boden, die Stämme, Aeste und nicht freiliegenden Blätter ihre Wärme nicht durch directe Ausstrahlung nach dem freien Himmelsraume verlieren, dafs also dieselbe mehr oder weniger der berührenden Luft durch Leitung mitgetheilt wird; dafs 2) die an dem obern Laubdach abgekühlte Luft, welche der aufsteigende Strom, die erwärmenden Aeste und Blätter an dem Herabdringen in den Wald verhindern, welche ausserdem durch die Condensation ihres Wasserdampfes wieder viel Wärme erhält, dem durch das Einströmen der kältern Luft des freien Feldes veranlafsten Zug in mehr waagrechter Richtung folgt. Je höher der Wald, je dichter sein Laub- und Astwerk ist, desto mehr wirken diese Bedingungen bei Tag und bei Nacht zusammen, desto gröfser ist der Unterschied der Tages- und Nachttemperatur im Vergleich zu der des Freien.

Eine Wiese verhält sich anders. Bei Nacht wird die oberste Decke zwar in derselben Weise und vielleicht, wegen der zugespitzten Form der Blätter, noch mehr Wärme ausstrahlen als die des Waldes. Die von dem Wiesenboden und den Pflanzenstengeln ausgehenden Wärmestrahlen haben aber einen weniger grossen und schwierigen Weg nach der Oberfläche, werden rascher zu dieser und in's Freie gelangen, die Erkaltung durch Strahlung wird rascher vor sich gehen, die berührende Luft wird also weniger erwärmt, der aufsteigende Strom wird deswegen schon schwächer seyn. Der Weg dieser Luft ist aber ausserdem ebenfalls sehr klein, die Zahl der Berührungspunkte mit wärmeren Pflanzentheilen verhältnismäfsig sehr gering. Die von den Spitzen herabsinkende Luft wird also einen sehr geringen Widerstand von dem von dem Wiesenboden aufsteigenden Strom, einen eben so geringen aber auch an dem Zweig- und Blätterwerk finden. An den Gränzen aber ist die Niveaudifferenz zwischen dem freien Boden und der Wiesendecke eine sehr geringe; der

Ab- und Zufluß der kalten Luft findet sehr langsam statt. Diese wird also bei Nacht auf den Wiesenboden herabsinken; die Temperatur der Wiese wird im Gegensatz zu der des Waldes bei Nacht niedriger seyn müssen als die des Freien, wie diess denn auch durch zahlreiche Versuche so sehr bestätigt ist, daß man sich, wie es scheint, durch das Verhalten der niedrigen Pflanzen veranlaßt, bisher ohne Weiteres zu einem falschen Schluß auf das Verhalten des Waldes berechtigt glaubte.

Zieht man obige Punkte mit Rücksicht auf die bei Tage stattfindenden Verhältnisse in Betracht, so wird sich zu dieser Zeit die Temperatur in der Wiese zwar niedriger als die des Freien, die Differenz der beiden Thermometerstände aber kleiner herausstellen, als die zwischen dem Wald und dem Freien.

In Bezug auf die Luftströmungen an den Grenzen der Wiese nach dem Freien dürfte noch zu bemerken seyn, daß sich hier die Adhäsion und Reibung am Boden als dieselbe beeinträchtigend geltend macht. Es mag hier zur Erläuterung der Apparat anwendbar seyn, den Müller ¹⁾ zur Erklärung der Barometerschwankungen anführt. Die Erscheinungen im Großen aber durch diesen Apparat veranschaulichen wollen, scheint mir nicht gerechtfertigt; denn man wird den Raum von ungemessener Höhe, in welcher sich ein kalter Luftstrom bewegt, um sich in eine weite erwärmte Gegend zu ergießen, schlechterdings nicht mit einer Capillarröhre vergleichen können; es dürfte vielmehr die oben S. 555 u. f. angeführte Erklärung die richtige und befriedigende seyn.

Es ist mir nicht gelungen, an dem Wiesenrande einen Zug, der nach dem Gesagten äußerst gering seyn muß, nachzuweisen, auch bei den günstigsten Verhältnissen nicht.

Zieht man nun die Temperaturverhältnisse oberhalb der ihre Veränderung hauptsächlich bewirkenden Flächen in Betracht, so ist klar, daß die Luft, welche über der heißen

1) Müller, Physik und Meteorologie, 4. Aufl., Bd. II, S. 679.

Fläche aufgestiegen ist und sich durch Ausdehnung abgekühlt hat, umgekehrt beim Herabsinken über der kalten Fläche sich in Folge der Verdichtung wieder erwärmen wird, daß sie also, nachdem sie den Kreislauf nahezu vollendet und durch wenig erhebliche Ursachen etwas Wärme verloren hat, mit nicht viel geringerer Temperatur über der abkühlenden Stelle ankommen wird, als die war, mit welcher sie die gleichhohe Stelle über der warmen Fläche verlassen hat. Wenn sie nun in den erkaltenden Raum — in den Wald, in die im Schatten liegenden Strafsen einer Stadt etc. — sogleich herabfällt, so wird sie oberhalb desselben sich nicht, sehr langsam aber durch Leitung abkühlen, wenn sie längere Zeit über dieser Stelle verweilt. Letzteres wird über Wiesen, besonders über ausgedehnten, zumal bei Nacht fühlbar werden. »In den Grasebenen von Venezuela«, so erzählt A. v. Humboldt, »und am niedern Orenoco empfanden wir, Bonpland und ich, oft da eine feuchte Frische, wo die Luft in 5 bis 6' Höhe 26 bis 27° C. hatte.«¹⁾ Daß diese Abkühlung aber sich nicht weit zur Höhe erstreckt, geht aus dieser Bemerkung v. Humboldt's ebenfalls hervor.

Die kalte Luftschicht der Wiese wird hierdurch also nicht viel bedeutender werden, und da diese bei Tag wie bei Nacht kühler ist als das Freie, also eine Ausgleichung zwischen den beiden Luftschichten leichter möglich ist, als da, wo Abwechselung zwischen Tag und Nacht stattfindet, da hierdurch die Niveaudifferenz zwischen der kalten Luftschicht und dem Boden also wieder geringer wird und der Abfluß in der Tiefe immer sehr langsam vor sich geht, so wird auch der in der Höhe zurück nach der Wiese sehr gering, der aufsteigende Strom und seine Abkühlung also ähnlich, wie über einer weiten einförmigen Fläche gehemmt, die Condensation also weniger leicht möglich seyn.

Freilich wird die über der Wiese durch Leitung erkaltete Luft den Wechsel immerhin beschleunigen. Man wird deshalb den Einfluß selbst einer Wiese auf die

1) *Fragments de géologie et de climatologie asiatiques; Paris 1831 T. II, p. 503.*

Witterung nicht in Abrede stellen können; allein er wird hinter dem eines Waldes weit zurück stehen.

Man könnte sich zu dem Einwurfe veranlaßt fühlen, daß die aus dem Wald strömende *größere* kalte Luftmasse auch eine bedeutende Abkühlung des Bodens, über den sie sich ergießt, bewirke und somit die Intensität des aufsteigenden Stromes verringere. Dieß wird allerdings der Fall seyn; aber an der Hauptsache wird hierdurch nichts geändert, indem die Erkaltung durch die Luft eben nicht anders wirkt, als die Erweiterung des Waldes bis zu der Stelle, wo der Strom nicht mehr abkühlt.

Von dem niedrigsten Vegetationsüberzug bis zum höchsten und dichtest belaubten Wald wird der oben beschriebene Einfluß auf den aufsteigenden Luftstrom und die ihm angehörigen Witterungserscheinungen je nach der günstigen Gestaltung der betrachteten Bedingungen sich steigern. Nach Arago ¹⁾ will man in Italien bemerkt haben, daß nach Maafsgabe der Vermehrung der Reisfelder die jährliche Regenmenge allmählich zugenommen und die Zahl der Regentage einen entsprechenden Zuwachs erfahren habe.

Flüsse, Sümpfe, Seen usw. werden, da sie bei einiger Tiefe viel größere Temperaturdifferenzen mit dem Lande und in der Regel eine Umkehr des Verhältnisses zwischen Tag und Nacht veranlassen, einen viel größeren Einfluß in fraglicher Beziehung ausüben als Wiesen.

VII. Aehnlich wie der Wald müssen sich auch die Städte verhalten. Nach Howard ²⁾ übersteigt die mittlere Temperatur Londons die des benachbarten Landes um ungefähr 1° C. Häufig kommt es vor, daß das Thermometer innerhalb der Stadt des Morgens um 1 bis 1,5 Grad höher steht als außerhalb derselben. Dagegen muß an Sommertagen, wo die Sonne das freie Feld direct erwärmt, die Straßsen der Stadt aber mehr oder weniger im Schatten liegen, die Temperatur außerhalb derselben die innere übertreffen. In Wintertagen, wo allenthalben in der Stadt geheizt wird, wird sie bei Tage ebenso wie bei Nacht, wo

1) Arago's sämtliche Werke v. Hankel, Bd. 8, S. 19.

2) Arago, a. a. O.

die Ausstrahlung des Bodens durch die Häuser gehindert ist, höher seyn als aufserhalb. Aehnliche Unterschiede treten innerhalb der Stadt selbst auf. Sehr häufig sieht man freie Plätze bethaut oder bereift, während die Strafsen nach Verhältnifs ihrer Breite wenig oder gar keinen Niederschlag haben. Man sieht ferner die durch Regen gebrachte Feuchtigkeit umgekehrt von ersteren rasch verschwinden, in letzteren länger verweilen, wogegen wiederum der Schnee rascher in den Strafsen als auf den freien Plätzen und in dem Felde schmilzt.

Die entsprechenden Luftbewegungen sind ebenfalls zu bemerken. An klaren Morgen bemerkt man z. B. einen Zug vom Freien durch die Thore von Mainz in das Innere der Stadt, an heifsen Nachmittagen einen solchen aus den engeren Strafsen nach den weitem und den freien Plätzen, bei Nacht und an Wintertagen von diesen nach den engeren Strafsen usw.

Letzteren geht der Strom also in drei Theilen des Jahres zu und setzt seine Feuchtigkeit in ihnen, die von der Sonne selten direct beschienen werden, ab. Je länger sie sind, desto weniger leicht erreicht derselbe die ganze Ausdehnung, desto mehr stagnirt in ihnen die moderige von den krankhaft aussehenden Bewohnern verbrauchte Luft.

Diese Strömungen müssen ähnlich wirken wie die durch den Wald veranlafsten. Besonders stark müssen solche Wirkungen hervorgebracht werden durch Städte, welche viele Fabriken haben, über welchen der aufsteigende Strom noch besonders verstärkt wird durch die aus den Essen hervorströmende heifse Luft, wie denn Feuersbrünste überhaupt in derselben Weise wirken müssen. Espy sagt, dafs, seitdem Manchester so zu sagen ein grofser Brennofen geworden, es daselbst mehr oder weniger alle Tage regne. »Diejenigen, welche eine so beträchtliche Verschlechterung des Klima's nicht zugeben wollen, versichern, dafs es in Manchester blofs an sechs Tagen unter sieben regnet«¹⁾

Frankfurt a. M., November 1864.

1) Arago, a. a. O. S. 20.