(Aus der Dermatologischen Abteilung der Allgemeinen Poliklinik in Budapest
[Vorstand Prof. Dr. L. Török].)

Über den Einfluß einiger dermatotherapeutischer Grundsubstanzen auf die insensible Wasserabgabe der Haut.

Von

Dr. Stephan Rothman.

Mit 1 Textabbildung.

Die Sicherheit des Klinikers, mit der er empirisch die günstigste Applikationsform des verordneten Medikamentes in der dermatologischen Therapie wählt, steht im scharfem Gegensatz zu den mangelhaften Kenntnissen, die wir von der Wirkungsweise der sogenannten Vehikel haben. Die oft betonte zweifache Aufgabe dieser chemisch indifferenten Stoffe: Salben, Puder, Pasten, Wasser usw. ist, daß sie infolge ihrer physikalischen Eigenschaften einen Einfluß auf den Krankheitsprozeß ausüben (z. B. schützend, entzündungshemmend, kühlend, antipruriginös usw. wirken); ferner sind sie Träger der chemisch differenten Heilmittel, die in die Haut hineingebracht werden sollen; dabei werden sie entsprechend verschieden gewählt, je nachdem eine oberflächlichere oder tiefere Wirkung erwünscht ist. Die allgemein verbreitete Auffassung von diesen Wirkungen wird kaum von einzelnen experimentellen Tatsachen gestützt.

Daß die gebräuchlichen Vehikel die Wasserdampfabgabe der Haut in verschiedener Weise beeinflussen und daß sich hieraus gewisse Erklärungen für die verschiedenen dermatotherapeutischen Wirkungen ergeben, wurde zuerst von P. G. Unna¹⁾ im Jahre 1890 betont und experimentell untersucht.

Unna wies mit äußerst glücklichem Blick zuerst darauf hin, daß die verschiedenen medikamentösen Grundsubstanzen ihre Wirkung nicht eigentlich in der Haut selbst, sondern an der sie umgebenden „physiologischen Dunsthülle“ entfalten. Um das Verhalten des Wasserdampfgehaltes dieser Dunsthülle zu untersuchen, benutzte er folgendes Modell: enthaarte und entfettete Hühnerhaut wurde über einem Trichter ausgespannt, der Trichter mit einem Rohre U-förmig verbunden, das System mit Wasser gefüllt und unter erhöhten Druck gebracht. Nun wurde untersucht, wie weit die Wassersäule im Rohre sinkt, d. h. wie viel Wasserdampf durch die ausgespannte Haut hindurchzudringen vermag. Die Haut wurde mit verschiedenen Substanzen bedeckt und der Ablauf der Ver-

dunstung in Kurven aufgezeichnet. Nähere Daten über diese Kurven, über ihre Form, über den Grad ihrer Übereinstimmung in Parallelversuchen sind nicht mitgeteilt worden.

Denselben Gegenstand, wie Unnas Vortrag, behandelt vorliegende Arbeit. Sie wurde durchgeführt, um erfahren zu können, wie sich die Verhältnisse am lebenden, menschlichen Körper unter möglichst strengen physiologischen Bedingungen gestalten würden.

Eine erschöpfende Deutung der Versuchsergebnisse wird äußerst erschwert einerseits dadurch, daß die Veränderungen der insensiblen Wasserabgabe unter pathologischen Verhältnissen kaum untersucht worden sind*), andererseits daß wir die Beziehungen der Wasserdampf-abgabe zu anderen Funktionen der Haut nicht kennen. Eine Änderung in der Wasserdampf-abgabe bleibt aber nie ein isoliertes Symptom, sie kann auf andere Hautfunktionen direkt oder indirekt eine Wirkung ausüben und sie selber kann wieder die Folge anderer Funktionsänderungen sein. Es wäre also eine Erklärung, welche die Wirkung einer Substanz an der Haut nur aus dem einen Gesichtspunkte der Wasserdampf-abgabe ableiten wollte, sicher einseitig. Gewisse Aufklärungen können jedoch von der Untersuchung der Perspirations-Veränderung erwartet werden, und die Untersuchung kann für weitere Fragen und Bestimmungen als experimentelle Basis verwertet werden.

Die Arbeit wurde in diesem Sinne auf Veranlassung und Anregung von Herrn Prof. Török begonnen und unter seiner Leitung ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, für seine Ratschläge und anregenden kritischen Bemerkungen, für das Interesse, mit dem er meine Arbeit bis zu Ende verfolgte, meinen respektvollen Dank auch an dieser Stelle auszudrücken.

Versuchs-anordnung.

Zur Untersuchung der Wasserabgabe wählte ich eine Methode, welcher der Haldanesche Respirationsapparat⁴⁾ als Muster diene, die also in ihren Grundzügen mit der seither von Barratt speziell zur Bestimmung der Hautperspiration angewendeten Methode⁵⁾ identisch ist. Der Arm der Versuchsperson wurde, ebenso wie bei Barratt in einem Metallbehälter luftdicht verschlossen; an einem Ende des Behälters strömte trockene Luft ein, umspülte den Arm, trat dann am anderen Ende heraus und gelangte in kleine wägbare, mit konzentrierter

*) Die Literatur über die Wasserdampf- und Kohlensäureabgabe bei den einzelnen Dermatosen ist ärmlich und veraltet, die Arbeiten größtenteils methodisch nicht einwandfrei²⁾. Manche Daten wie die von Barratt³⁾, der die Wasserabgabe an artefiziell (mit Carbolsäure) entzündeter Haut im Vergleich zum Normalen um 43,7% niedriger fand, verdienen in dieser Hinsicht eine besondere Aufmerksamkeit, doch sind alles in allem die brauchbaren Angaben sehr spärlich.

Schwefelsäure gefüllte Absorptionsgefäße; die Gewichtszunahme dieser Gefäße ergab die Menge des perspirierten Wassers.

Der prinzipielle Unterschied zwischen Barratts und meiner Versuchsanordnung war die Art der Ventilation. Barratt benutzte hierzu, wie Haldane, eine Saugpumpe, die am Ende des ganzen Systems angebracht, einen ständigen Luftzug bewirkte. Nun mußte dabei im ganzen System ein verminderter Druck herrschen, und zwar beim Aspirator der niedrigste Druck; von dem Aspirator gegen das andere Ende des Systems schreitend, näherte sich der Druck sprunghaft dem der Atmosphäre. Barratt begnügte sich damit, einen Manometer zwischen dem letzten Absorptionsgefäß und dem Aspirator einzuschalten, der wohl nichts anderes anzeigte als den Druck an eben dieser einen Stelle. Das gestattet aber kaum einen Schluß auf den in dem Armbehälter selbst herrschenden Druck. Denn nicht nur die Zahl der Gefäße, der Grad ihrer Füllung, die Art ihrer Verbindung, sondern auch der kleinste Stellungswechsel des Armes, der sicher nicht vermeidlich ist, verursacht eine bedeutende Veränderung in der Verteilung des Druckgefälles. Welche Bedeutung aber dem Drucke bei Untersuchung der Wasserabgabe zukommt, muß wohl nicht näher erörtert werden.

Barratt gibt an, daß in seinen Versuchen bei einer Stromgeschwindigkeit von 300 l pro Stunde der Manometer einen verminderten Druck von 6 mm Wasser anzeigte. Hieraus kann gefolgert werden, daß auch im Armbehälter noch ein verminderter Druck bestand, was einerseits nicht so unbedeutend war, als daß es gestattet gewesen wäre, die so gewonnenen Versuchsergebnisse ohne weiteres auf physiologische Verhältnisse (auf atmosphärischen Druck) übertragen zu können, andererseits konnte dieser verminderte Druck unmöglich konstant sein, wodurch die Erzielung übereinstimmender Normalwerte sicherlich erschwert wurde.

Eine der Berichtigung bedürftige weitere Unvollkommenheit der Barrattschen Einrichtung war seine Temperaturmessung, da nur die Temperatur des den Armbehälter umschließenden Wasserbades und nicht die des Armbehälters selbst gemessen wurde; dies kann eine vorübergehende Differenz von über 8° C verursachen.

Wieweit Barratt die Konstanz der Luftstromgeschwindigkeit kontrollierte, kann aus seinen Mitteilungen nicht entnommen werden.

Um die Nachteile der Barrattschen Einrichtung zu beseitigen, habe ich nach langwierigen Versuchen folgende Anordnung benutzt:

Eine Rotationspumpe nach Atwater und Benedict⁶⁾ besorgt die Ventilation. Sie wird von einem Dynamo in Bewegung gehalten. Die Luft wird von der Pumpe durch das Rohr *A* getrieben und in den mit Schwefelsäure gefüllten Waschflaschen *C*, *D*, *E*, *F* vollkommen getrocknet. Von der Gummiröhrenleitung zwischen *A* und *C* ist bei *B* eine Verzweigung mittelst einer T-Röhre angebracht. Mit Hilfe eines Schraubenquetschhahnes an dieser Abzweigung kann die Luftstromgeschwindigkeit in den Gefäßen *C*, *D*, *E*, *F* beliebig fein reguliert werden, ohne daß man die Drehgeschwindigkeit der Pumpenvorrichtung ändern müßte.

Diese Verzweigung wird auch dafür benutzt, um das Wasser im Wasserbade *L* ständig zu rühren.

Nach dem letzten Waschapparat *F* verzweigt sich die Bahn des Luftstromes Y-artig und tritt an zwei seitlichen unteren Öffnungen in die Manschette *H* ein. Diese beiden Öffnungen sind so angebracht, daß die Luft den Arm in seinem ganzen Umfange umspülen muß, bevor sie am anderen Ende der Manschette bei *M* heraustritt.

Die Manschette hat eine große kreisförmige Öffnung *J*, hier wird der Arm eingeschoben. Die Manschette ist in ein Wasserbad versenkt. Wasserbad und Manschette sind aus Zinkblech gefertigt und an beiden Endöffnungen *J* und *M* zusammengelötet. In ungefähr 60 cm Tiefe von *J* ist im Armbehälter ein Griff aus Holz luftdicht befestigt, den die Versuchsperson mit der Hand faßt, so daß die Haut des Armes nirgends mit dem Blech in Berührung kommt und der Arm von der durchströmenden Luft überall gleichmäßig umspült wird. An der oberen Fläche der Manschette sind noch 3 Öffnungen vorhanden. In *T* und *V* sind Thermometer I und II mit $\frac{1}{10}^{\circ}$ C Einteilung, in *W* eine Verbindung mit einem Manometer luftdicht eingesetzt.

Bei *M* aus der Manschette austretend wird die Luft in 3 kleinen wägbaren Absorptionsgefäßen *N*, *O*, *P* gewaschen bzw. das Wasser mit Hilfe konz. Schwefelsäure zurückgehalten. Nun gelangt die Luft in die Gasuhr *Q* und von hier aus in die Röhre *R* der Pumpe, welche saugend wirkt. Die Ventilation wird also durch gleichzeitiges Drücken und Saugen besorgt.

Bevor aber die Leitung zur Pumpe zurückführt, zweigt sie sich, wie bei *B*, auch bei *S* ab und diese Abzweigung wird zur freien Hand der Versuchsperson geleitet, wo sie offen endet. Die Versuchsperson kann diese Öffnung mit einem Schraubenquetschhahn regulieren. Wenn der Manometer, der den jeweiligen Druck im Inneren der Manschette anzeigt, einen verminderten Druck aufweist, so muß die Saugwirkung im Hauptkreise vermindert werden: der Quetschhahn wird gelockert; dadurch wird die Röhre *R* mehr Luft durch die Verzweigung aus der Außenluft ansaugen und weniger aus dem Hauptkreise. Umgekehrt muß, falls in der Manschette ein höherer Druck herrscht, die Saugwirkung erhöht werden; dies wird erreicht, indem der Quetschhahn fester geschraubt wird: die Pumpe saugt mehr aus dem Hauptkreise und weniger aus der Außenluft. Dadurch, daß der „positive“ Druck bei *B* konstant, der verminderte Druck bei *S* regulierbar ist, kann man den Druck in der Manschette ständig auf dem der Atmosphäre halten. Man erreicht mit diesem Verfahren, daß im Druckgefälle, durch welches im System von *A* bis *P* der Druckwert von einem „positiven“ zu einem „negativen“ abfällt, die Manschette eben die Stelle einnimmt, an welcher der Druck dem der Atmosphäre gleichkommt.

Die so angeordnete Regulierung des Druckes ist einfach und kann ohne irgendwelche Geschicklichkeit leicht erlernt werden. Natürlich beeinflußt diese Regulierung auch die Luftstromgeschwindigkeit; deren Gleichmäßigkeit kann aber durch Regulierung der Pumpen-Drehgeschwindigkeit erreicht werden.

Übrigens kann das Manometer, wenn es einmal auf atmosphärischen Druck eingestellt ist, bei ruhigem Verhalten des Versuchsindividuum auch stundenlang ruhig stehen. Nur eine minimale, ständige Schwankung der Wassersäulen zeigt an, daß der Atmosphärendruck durch richtige Druckverteilung und nicht etwa durch eine gröbere Undichte veranlaßt wird.

Die Verdichtung des Armes bei der Öffnung *J* geschah — in Ermangelung guter Gummisubstanz — mit Glaserkitt. Wachs, Paraffin oder Gyps erwiesen sich als unbrauchbar. Die Dichte dieses Verschlusses wurde vor jedem Versuche manometrisch geprüft.

Von der Dichte des ganzen Systems, ferner auch von der vollkommenen Wasserfreiheit der Röhre und der Manschette muß man sich aber zeitweise auch unbedingt mit Blindversuchen überzeugen, wobei man die Öffnung *J* mit einem großen Uhrglas zukittet. Die Absorptionsgefäße dürfen in diesen Blindversuchen keine resp. nicht mehr als 0,2—0,3 mg betragende Gewichtszunahmen erleiden.

Die Wägungen wurden mittels einer größeren analytischen Wage vorgenommen, an welcher 100 g Gewicht mit 0,2 mg Genauigkeit meßbar war.

Jeden Versuch mußte eine Vorperiode einleiten. Diese ist notwendig erstens, damit der Arm die Versuchstemperatur annimmt, ferner damit diejenige Wasserdampfkonzentration erreicht wird, welche eben von der gegebenen Luftstromgeschwindigkeit, Temperatur usw. bedingt wird und dann während des Versuches herrscht. Bei unseren Versuchen genügte eine 15 Minuten lange Vorperiode.

Ein Versuch wurde also in folgender Weise ausgeführt: Der Arm wurde in den Armbehälter eingeschoben und eingekittet, die Dichtung manometrisch geprüft. Hierauf begann die Ventilation, jedoch wurden die kleinen Gefäße ein-
weilen noch nicht in den Kreis des Luftstromes eingeschaltet. Diese Gefäße — drei an der Zahl — wurden während der Vorperiode verschlossen abgewogen und dann miteinander in Verbindung an ihre Stelle gebracht. Wenn die Vorperiode zu Ende war, wurden sie in den Luftstromkreis eingeschaltet und hiermit begann der Versuch. Die Versuchszeit betrug 30 Minuten. Alle 10 Minuten wurden beide

Thermometer, sowie Stand der Gasuhr abgelesen und notiert. Wenn sich in der Luftstromgeschwindigkeit irgendeine Ungleichförmigkeit einstellte, so wurde dies (auch während des Versuches) mit Hilfe eines Widerstandes ausgeglichen. Sowie der Versuch beendet war, wurde die Ventilation eingestellt, die Gefäße verschlossen, ins Wägezimmer gestellt und dann abgewogen.

Gewöhnlich wurde der überwiegende Teil des Wassers vom ersten Gefäß absorbiert. Das zweite nahm nicht mehr als um einige Milligramm zu, das Gewicht des dritten blieb meistens unverändert. Hieraus erhellt es, daß die Strömung nicht so rasch erfolgte, um befürchten zu müssen, daß die Gefäße nicht imstande wären, die gesamte Wassermenge aufzunehmen. Sobald das zweite Gefäß eine mehr als 0,01 g betragende Zunahme erfuhr, wurde die Schwefelsäure erneuert.

Versuche an der normalen Haut.

Um erfahren zu können, welchen Einfluß irgend ein beliebiger Faktor auf die Wasserabgabe der Haut auszuüben vermag, muß man eine Menge von Bedingungen, welche die Perspiration beeinflussen, konstant setzen. Die Bedingungen können in zwei Gruppen geteilt werden (cf. Barratt l. c.): in physiologische und experimentelle.

Der enorme Einfluß physiologischer Bedingungen: Verdauung, aufgenommene Wassermengen, Temperatur der Umgebung vor dem Versuche, klimatische Verhältnisse, Feuchtigkeitsgrad der Luft, Kleidung, Alter, Geschlecht, Tageszeit, Licht, körperliche, sogar auch seelische Anstrengung wurde von den meisten Autoren betont, die sich mit der Perspiration (Wasser- und Kohlensäureabgabe der Haut) befaßten ⁷⁾). Ich habe einen großen Teil meiner Versuche in den frühen Nachmittagsstunden an einem Individuum ausgeführt, welches vier Stunden vor Beginn des Versuches seine letzte Mahlzeit genommen hatte, kein Wasser trank, am Vormittage eine gleichförmige Arbeit (Laboratoriumsgehilfenarbeit) zu besorgen hatte, ständig dieselbe Art Kleidung trug und sich täglich einmal — des Morgens — die Arme mit kaltem Wasser und Seife wusch. Wann irgend welche Abweichung von dieser Regelmäßigkeit stattfand, wurde es im Versuchsprotokoll vermerkt, bzw. (besonders nach anstrengender Arbeit) wurde an diesem Tage kein Versuch angestellt. Bei den anderen Versuchspersonen wurde auf diese Umstände auch ständig geachtet und Versuche nur möglichst lange nach einer Mahlzeit und am ausgeruhten Körper vorgenommen.

Bei diesen Maßnahmen konnte ich an ein- und derselben Person 2—3 Tage hindurch Normalwerte der Wasserabgabe gewinnen, welche innerhalb einiger Prozente einander gleich waren ⁸⁾). Doch konnte ich mich nicht darauf stützen, sondern ich habe immer Normalkontrolle vorgenommen, so oft ein Medikament zur Untersuchung kam.

Experimentelle Bedingungen, die bei Parallelversuchen unerlässlich konstant gesetzt werden müssen, sind Temperatur, Druck und Luftstromgeschwindigkeit.

Die peinlichste Konstanz der Temperatur ist aber nur in gewissen Grenzen und zwar in der Nähe des sog. kritischen Punktes notwendig, bei welchem die sichtbare Schweißabsonderung beginnt. Obwohl die Nachahmung physiologischer Verhältnisse eine Temperatur über 25° C erfordert hätte, habe ich doch Temperaturen unter 25° C gewählt. Es bereitet erhebliche Schwierigkeiten, die nötige Temperatur in der Manschette mit der erwünschten Genauigkeit aufrecht zu halten.

*) Diese Einflüsse lassen sich zwanglos aus der wechselnden Blutfülle der Haut erklären. Daß bei niederen Temperaturen aktiv sekretorische Einflüsse an der Wasserdampfabgabe nicht mitwirken, bewiesen die Untersuchungen von Loewy und Wechselmann an Menschen mit angeborenem Fehlen der Schweißdrüsen ⁹⁾.

**) Wie aus Tabelle II ersichtlich, sind die Mittelwerte von den Versuchen vom 19. II., 20. II. und 21. II. bis auf 0,5%, — vom 18. III. und 19. III. bis auf 1,5% — vom 7. IV. und 8. IV. bis auf 0,1% übereinstimmend. Doch in diesem Maße konnte eine Übereinstimmung nicht ständig erreicht werden; dazu wäre eine viel strengere, persönliche Kontrolle der Versuchsperson, wie es bei Stoffwechselversuchen gefordert wird, notwendig gewesen. So sind z. B. in den Versuchen mit K.A. die niederen Werte vom 18. II. aller Wahrscheinlichkeit nach die Folge einer verhältnismäßig kalten Witterung an jenem Tage, — die hohen Werte vom 24. II., wie im Protokoll vermerkt, während der Verdauung gewonnen.

Sie wird hauptsächlich von vier Faktoren bedingt: Temperatur des Wasserbades, Geschwindigkeit und Temperatur der durchströmenden Luft, Temperatur der Haut. Nun ist letztere sicher nicht konstant und ihre Schwankungen durch Regulation der ersteren ständig auszugleichen, wäre äußerst schwierig. Im Gegenteil: es schien viel vernünftiger, eine Temperatur unter 25° C zu wählen, welche ohne jede besondere Regulierung innerhalb 0,5—0,6 konstant haltbar ist. So kann man aus größeren spontanen Schwankungen der Temperatur gewisse vorsichtige Schlüsse auf den Zustand der Haut bzw. ihre Temperatur, ihre Blutfülle ziehen. Bei höheren Temperaturen (z. B. 28° C) ist eine Thermoregulation mit 0,1° C Genauigkeit erforderlich.

In meinen Versuchen konnte eine sichere Abhängigkeit der Wasserabgabe von der Temperatur zwischen 13° C und 18° C, bei welcher ich meine Versuche ausführte, nicht festgestellt werden. Alle Parallelversuche zwischen normaler und bedeckter Haut sind bei derselben Temperatur (mit Abweichung von 0,2 bis 0,8° C) ausgeführt.

Wie der Druck genau auf dem der Atmosphäre konstant gehalten wurde, habe ich bereits bei Beschreibung der Versuchsanordnung erörtert.

Der Einfluß des Druckes auf die Wasserabgabe wurde nicht untersucht. Doch lassen meine ersten, fehlerhaften Versuche, bei welchen der Druck nicht unter manometrischer Kontrolle stand, vermuten, daß schon geringe Abweichungen vom atmosphärischen Druck eine beträchtliche Veränderung der Wasserabgabe nach sich ziehen.

Die Luftstromgeschwindigkeit muß ständig kontrolliert werden. Sie wurde mit Regulation der treibenden elektrischen Stromintensität möglichst konstant gehalten. Man darf die Geschwindigkeit nicht zu klein wählen, um die Bildung von Kondenswasser jedenfalls zu verhüten. Sie darf aber auch nicht zu groß sein, wir würden uns damit zu sehr von den physiologischen Verhältnissen entfernen. Es wurde im Mittel eine Geschwindigkeit von 60 l pro Stunde gewählt.

Den Einfluß der Luftstromgeschwindigkeit mag folgende Versuchsreihe illustrieren:

Tabelle I.

1920 II. II. A. K. Vorperiode 30 Min., Versuchszeit 30 Min. in jedem Versuche.

Versuch	Mittlere Temperatur	Luftmenge (Liter)	Persp. Wassermenge (Gramm)
I. Versuch	15,5°	30,0	0,2023
II. Versuch	15,3°	15,5	0,1142
III. Versuch	15,2°	60,0	0,4062

Die Wasserabgabe wächst also nahezu proportional der Luftstromgeschwindigkeit, und da diese vollkommen konstant nicht gehalten werden kann, soll sie ständig registriert werden.

Leider konnte ich dies in einem Teil der Normalversuche und in denen mit Vaseline wegen eines Defektes meiner Gasuhr nicht durchführen. Doch zeigen hier die übereinstimmenden Versuchsergebnisse, daß in diesen Fällen die Konstanz der elektrischen Stromintensität für die Konstanzhaltung der Luftstromgeschwindigkeit genügt. In den übrigen Fällen, bei denen die Versuchssubjekte sich nicht so ruhig verhalten konnten und der Druck reguliert werden mußte, war das nicht der Fall.

Bei Untersuchung der in Frage kommenden Substanzen wurden vorausgehend oder anschließend zwei Normalversuche vorgenommen. Nur ausnahmsweise begnügte ich mich mit einem Kontrollversuche.

Tabelle II.

Versuchszeit in jedem Versuche 30 Min. — Vorperiode in den Versuchen der ersten Kolonne 30 Min., in denen der zweiten 15 Min. — T = Mittelwert der abgelesenen Temperaturen. — L = durchströmende Luftmenge in Litern. — Normale Haut.

Versuchsperson	Datum	T.	L.	Perspirierte Wassermenge (g)	Differenz der Parallelversuche	Versuchsperson	Datum	T.	L.	Perspirierte Wassermenge (g)	Differenz der Parallelversuche
K. A.	17. II.	16,4°		0,2206	1,3% 5,5%	T. F.	17. III.	15,6°	33,5	0,3112	2,3%
	17. II.	15,7°		0,2234			17. III.	15,6°	33,0	0,3181	
	17. II.	15,7°		0,2114			(Vorm.)				
K. A.	18. II.	14,3°		0,1687	1,6%	T. F.	17. III.	16,9°	29,8	0,2936	4,5%
	18. II.	—		0,1661			17. III.	16,7°	30,0	0,3076	
K. A.	19. II.	15,6°		0,2426	6,6%		(Nachm.)				
	19. II.	15,1°		0,2266		T. F.	18. III.	16,3°	20,8	0,2034	10,5%
K. A.	20. II.	14,6°		0,2357	1,1%		18. III.	15,9°	22,0	0,2279	
	20. II.	14,2°		0,2331		T. F.	19. III.	16,9°	22,8	0,2276	8,7%
K. A.	21. II.	14,1°		0,2297	3,2%		19. III.	16,7°	22,2	0,2094	
	21. II.	13,7°		0,2374		M. J.	3. IV.	17,0°	30,2	0,2810	2,4%
K. A.	24. II.	14,8°		0,3599	1,4%		3. IV.	17,0°	30,8	0,2878	
	24. II.	14,5°		0,3549		M. J.	4. IV.	17,6°	29,1	0,2760	
K. A.	10. III.	17,0°	36,2	0,2393	2,4% 3,3% 0,8%	H. S.	5. IV.	17,5°	18,5	0,1639	4,9%
	10. III.	16,8°	33,6	0,2334			5. IV.	17,5°	19,9	0,1735	
	10. III.	17,0°	33,0	0,2411		H. S.	7. IV.	17,0°	19,7	0,2212	
						H. S.	8. IV.	17,1°	17,7	0,2210	
						H. S.	13. IV.	18,9°	30,4	0,3260	3,8%
							13. IV.	19,2°	28,4	0,3139	
						H. S.	14. IV.	18,5°	30,7	0,3218	6,8%
							14. IV.	18,8°	29,3	0,2989	

Eine Beziehung zwischen der Wasserabgabe der ganzen Hautoberfläche und der von mir am Arm gemessenen Menge festzusetzen, soll hier nicht versucht werden. Die groben Fehler einer solchen Umrechnung hat man oft genug betont⁹⁾. Es war ja nicht Zweck dieser Arbeit, die Wasserabgabe der gesamten Körperoberfläche zu bestimmen und die Methode wurde auch nicht demgemäß gewählt.

Nur den großen Unterschied möchte ich hier erwähnen, der in der absoluten Größe der von Barratt und von mir an demselben Körperteil gewonnenen Wassermengen besteht. (Barratt benutzte ja ebenso wie ich den rechten Oberarm, in beiden Behältern war dieser bis ungefähr zur Deltoideus-Insertion eingeschlossen). Den Grund hierfür suche ich in den verschiedenen Luftstromgeschwindigkeiten, verschiedenen Druckverhältnissen und Temperaturen.

Versuche mit dermato-therapeutischen Vehikeln.

Die zur Untersuchung bestimmte Substanz wurde, gewöhnlich nach vorausgegangenen Normalversuchen, am Oberarm, Unterarm und Handrücken aufgetragen. Finger und Handteller ließ ich frei, um den schwer zu reinigenden Holzgriff nicht zu beschmutzen. Der Armbehälter war genug breit und der vorsichtig eingeschobene Arm berührte nirgends die Wand, die Bestreichung oder Bestreuung war intakt auch nach Beendigung des Versuches.

In welcher Menge und Dicke die Substanz aufgetragen wurde, schien keinen bedeutenden Einfluß auszuüben. Im allgemeinen habe ich alles dick und gleichmäßig appliziert.

Vaselinum album.

Die Bestimmung der Wasserabgabe an der mit Vaseline bedeckten Haut bereitet keine besonderen Schwierigkeiten. Nur auf das eine ist strengstens zu achten, daß die benutzte Vaseline keine flüchtigen Bestandteile enthalte. Denn diese werden von den Schwefelsäuregefäßen absorbiert und können so eine erhöhte Wasseraufnahme vortäuschen. Zu Beginn hatte ich große Schwierigkeiten mit einer petroleumhaltigen Vaseline, die ganz unregelmäßig erhöhte Werte gab, bis sich herausstellte, daß der Fehler in der Unreinheit der Substanz zu suchen war. Es wurde dann nur solche Vaseline verwendet, welche bei der gegebenen Temperatur an der freien Luft keinen Gewichtsverlust erlitt. Hier folgen die Versuchsergebnisse.

Tabelle III (Versuchsperson A. K.).

Datum	Normale Haut		Mit Vasin bedeckte Haut		Abweichung vom Mittel der Normalwerte
	Temp.	Wasserabgabe	Temp.	Wasserabgabe	
20. II.	14,6°	0,2357	14,3°	0,0999	—57%
	14,2°	0,2331	14,4°	0,1407	—40%
21. II.	14,1°	0,2299	14,2°	0,1307	—45%
	13,7°	0,2374	14,2°	0,1199	—50%
24. II.	14,8°	0,3599	14,6°	0,1813	—49%
	14,5°	0,3549	14,8°	0,1523	—57%

Die Versuche zeigen ganz entschieden, daß die Vaseline die Wasserabgabe beträchtlich herabdrückt, und zwar im Mittel um ihre Hälfte.

Am Ende der Versuche nach Entfernung der Vaseline war bei der Betrachtung mit bloßem Auge nicht eine Spur von kondensiertem Wasser zwischen Hautoberfläche und Vaseline zu finden, was auch nicht zu erwarten war.

Die experimentell gewonnene Verminderung des Wasserdampfes ist also eine tatsächliche Herabdrückung der Wasserabgabe im strengsten Sinne des Wortes: ein Teil des Wasserdampfes, der unter normalen Verhältnissen die Haut verlassen würde, bleibt in den Hautschichten zurück. Keineswegs kann davon die Rede sein,

daß die gesamte Wassermenge die Haut durchdringen würde, daß ein Teil dieser Menge aber an der Oberfläche haften und der Methode, die nur die zirkulierende Luft untersucht, entgehen würde.

Pasten.

Als Prototyp der Pasten wurde die bei uns officinelle Pasta zinci c. amylo benutzt.

Hier gewann ich folgende Resultate:

Tabelle IV (Versuchsperson M. J.).

Datum	Normale Haut			Mit Paste bedeckte Haut			Abweichung von den Normalzahlen
	T.	L.	Wasserabgabe	T.	L.	Wasserabgabe	
3. IV.	17,0°	30,2	0,2878	17,3°	29,2	0,2224	—22%
	17,0°	30,8	0,2810	17,6°	27,7	0,1901	—33%
4. IV.	17,6°	29,1	0,2760	18,0°	30,2	0,2174	—21%
				17,9°	28,1	0,1839	—33%

Wie ersichtlich, drückt auch die Zinkamylumpaste die Wasserperspiration herab, doch in beträchtlich geringerem Grade als Vaseline. Die Verringerung schwankt zwischen 1/5 und 1/3 des gesamten Wasserdampfes.

Wieweit es berechtigt ist, den Wassergehalt der Paste selbst als konstant anzusehen und infolgedessen die experimentell gewonnene Verminderung als eine tatsächlich erfolgte Herabdrückung der Wasserdampfabgabe zu betrachten, soll bei Besprechung der Streupulversuche erörtert werden. Es muß dabei der Fehler vermieden werden, das perspirierte Wasser mit der von der Hautoberfläche schlechtweg verdunstenden Wassermenge zu verwechseln.

Streupulver.

Die Untersuchungen mit Streupulver bereiteten ernstere Schwierigkeiten, als die vorher besprochenen. Erstens mußte untersucht werden, ob nicht der Luftstrom feine Partikelchen des Puders mit sich riß, welche sich dann in der Schwefelsäure lösen und eine erhöhte Wasserabgabe vortäuschen. Um diesem Einwand vorzubeugen, habe ich in mehreren Versuchen, die mit Amylum angestellt wurden, in der Vorperiode ein mit Jodjodkali gefülltes Absorptionsgefäß eingeschaltet. Das kleinste Stärkekörnchen hätte eine sofortige Blaufärbung im Gefäß verursacht. Dies blieb aber in meinen Versuchen ständig aus, so daß also dieser Versuchsfehler als nicht vorhanden betrachtet werden konnte.

Zweitens durfte man es nicht außer acht lassen, daß der Wassergehalt des Streupulvers während des Versuches sich verändern kann. Wenn der Puder Wasser in sich aufnimmt, ist die in die zirkulierende Luft gelangende Wassermenge geringer als das tatsächlich perspirierte Quantum. Umgekehrt, wenn der Puder von seinem eigenen Wassergehalt an die umgebende Luft etwas abgibt, weisen die Absorptionsgefäße eine höhere Perspiration auf, als es der Wirklichkeit entspricht.

Um also auch den Wassergehalt des Puders ständig in Rechnung zu ziehen, bin ich längere Zeit hindurch folgenderweise verfahren: Der Arm wurde mit einer abgewogenen Menge Puder bestreut, d. h. der Puder wurde aus einem

abgewogenen Wägeschälchen mit einem abgewogenen Wattebausch aufgetragen, dann Schälchen und Wattebausch zurückgewogen. — Unmittelbar vor dem Versuche wurde vom Arme eine kleine Probe Streupulver abgenommen und sein Wassergehalt (durch Trocknen bei 100° C bis Gewichtskonstanz) festgestellt. Desgleichen wurde am Ende des Versuches eine zweite Probe genommen und deren Wassergehalt auch bestimmt. Man konnte auf diese Art feststellen, um wieviel reicher oder ärmer an Wasser das Streupulver, dessen Menge am Arm bekannt war, geworden ist.

Dieses Verfahren ist aber im Versuche mit groben, äußerst schwer zu vermeidenden Fehlern behaftet. Einen feinen Puder quantitativ auf den Arm aufzutragen, ist schier unmöglich, selbst wenn man dabei Glanzpapier als Unterlage benutzt, den abgefallenen Puder von diesen wieder sammelt und wiegt und der Arm geschützt und sehr vorsichtig in die Manschette geschoben wird. Etwas von der fein verteilten Substanz geht immer verloren, zerstäubt in die Luft und auch die abgefallenen Teilchen können nicht wieder vollständig gesammelt werden. Wie groß der Fehler ist, wäre äußerst schwer festzustellen.

Außerdem kann zu Beginn nur eine kleine Probe vom Arm genommen werden, weil die bepuderte Haut nicht in größerer Ausdehnung entblößt werden darf. Wenn aber die Probe z. B. nicht mehr, als 0,01—0,02 g beträgt, so verursacht ein Fehler von 1 mg bei der Umrechnung auf eine Gesamtmenge von 1—2 g einen Fehler von 0,1 g, was 50% des Normalwertes ausmacht.

Schließlich hat das Verfahren noch die Schwierigkeit, daß dem Versuche unbedingt eine Vorperiode vorgehen muß. Wenn man sich überlegt, wie viel von dem vom Puder aufgenommenen oder abgegebenen Wasser auf die Vorperiode, wie viel auf die Versuchszeit fällt, so muß man annehmen, daß die Veränderung des Wassergehalts eine gleichmäßige ist. Diese Annahme ist aber durchaus nicht erwiesen. Im Gegenteil, es ist wahrscheinlich, daß noch während der Vorperiode ein Gleichgewichtszustand eintritt, daß also der größte Teil der Veränderungen während der Vorperiode vor sich geht.

Um diese Schwierigkeiten auf einen Schlag zu beheben, prüfte ich in mehreren Versuchen, wie groß unter den gegebenen Bedingungen die Wassergehaltsveränderung des Puders ist, wenn dieser vorher nicht ausgetrocknet worden ist, sondern soviel Wasser enthält, wie bei gewöhnlicher Aufbewahrung. Diese Versuche wurden nicht im Rahmen der Perspirationsversuche, sondern ohne jede Absorption der austretenden Luft, nur für sich angestellt. So stellte es sich heraus, daß bei den gegebenen Versuchsbedingungen die Schwankungen im Wassergehalte des Amylum 1% nicht übersteigen. Z. B.:

Tabelle V (Versuchsperson T. F.).

Der Arm ist mit Amylum bestreut. Nach der Manschette keine Absorptionsgefäße. Keine Gasuhr. 15 Min. Vorperiode.

Zeit	Gewicht der entnommenen Probe	Wassergehalt der Probe	Wassergehalt in %
22. III.			
Vor dem Versuche	0,1183	0,0107	9,1%
Nach 30 Minuten	0,1991	0,0163	8,2%
Nach 60 Minuten	0,2224	0,0196	8,8%
Nach 90 Minuten	0,3574	0,0316	8,8%
16. III.			
Vor dem Versuche	0,3528	0,0416	11,7%
Nach 60 Minuten	0,4936	0,0537	10,9%

Es wird demnach ein viel kleinerer Fehler begangen, wenn die Schwankung im Wassergehalte des Puders vernachlässigt wird, als wenn wir die fehlerhafte Korrektur mit in Rechnung ziehen würden. Bei durchschnittlich 1—1,5 g aufgestreuten Puder beträgt diese 1proz. Schwankung 0,010—0,015 g: 5% meiner Normalwerte. Es war um so leichter, sich mit dieser Ungenauigkeit abzufinden, als die Normalwerte im Mittel auch nur innerhalb 5% übereinstimmten. Man darf aber dabei — wie gesagt — keine vorher getrocknete Stärke, sondern nur solche mit ungefähr 10% Wassergehalt benützen. So viel Wasser enthält die Stärke bei gewöhnlicher Aufbewahrung.

Die mit *Amylum oryzae* und *Amylum maidis* gewonnenen Werte sind folgende:

Tabelle VI (Versuchsperson T. F.).

Datum	Normale Haut			Bepuderte Haut			Differenz
	T.	L.	Wasserabgabe	T.	L.	Wasserabgabe	
13. III.	16,3°	26,3	0,2018	16,3°	26,1	0,1992	— 4,0%
16. III.	16,9°	18,8	0,1532	16,4°	17,8	0,1352	— 11,4%
17. III.	15,7°	33,5	0,3112	16,3°	31,3	0,2868	— 7,9%
Vormittag	15,5°	33,0	0,3181				— 7,7%
17. III.	16,9°	29,8	0,2936	16,4°	28,2	0,2978	+ 1,4%
Nachmittag	16,7°	30,0	0,3076				— 3,2%
18. III.	—	—	0,2254	—	—	0,2357	+ 4,6%
Nachmittag	—	—	—	—	—	—	—
19. III.	16,9°	22,8	0,2276	17,0°	23,0	0,2368	+ 4,0%
	16,7°	22,2	0,2094				+ 11,6%
24. III.	—	—	—	—	29,7	0,2132	+ 5,4%
	—	28,5	0,2022	—	27,8	0,2166	+ 7,1%
24. III.	—	—	—	—	30,2	0,2514	— 0,3%
	—	29,7	0,2522	—	30,1	0,2610	+ 3,4%

Die Tabelle läßt keinen bestimmbareren Einfluß des untersuchten Streupulvers: *Amylum* auf die Perspiration der normalen Haut erkennen. Es bedingt keine Verminderung, was ja auch nicht erwartet wird, aber auch keine, außerhalb physiologischer Grenzen liegende Steigerung, welche des öfteren vermutet und als bestehend angesehen worden ist. Bei der relativen Ungenauigkeit der Bestimmungen mit Puder, sind in der Tabelle ersichtlichen Schwankungen ohne weiteres verständlich und weder die positive noch die negative Ausschläge können auf den Einfluß des Streupulvers zurückgeführt werden.

Kollodium.

Kollodium wurde in Äther gelöst aufgetragen. Bis der Äther verdunstet ist und die Kollodiumschicht vollkommen trocken an der Haut haftet, verstreicht eine geraume Zeit. Diese Zeit ist zur Untersuchung nicht geeignet, denn, wie ich bei Besprechung der Vaseline ausgeführt habe, können flüchtige Substanzen (hier der Äther) zu falschen Wasserwerten führen. Es ist auch prinzipiell wichtig, die Verdunstung des Äthers und die mit ihr verbundene Abkühlung der Haut nicht etwa mit einer erhöhten Perspiration in Zusammenhang zu bringen.

Es ist jedenfalls ein Mangel der Methode, daß, währenddem der Äther verdunstet, die Wasserdampfabgabe an und für sich nicht zu bestimmen war. Für die Therapie kommt es aber auch nicht auf die ersten 2—3 Stunden an, da ja das Kollodium für gewöhnlich mehr als 24 Stunden liegen bleibt.

Nach Bestimmung der Normalwerte und nach Auftragen der ätherischen Lösung habe ich also 2—3 Stunden gewartet und erst dann zwei nacheinander folgende Bestimmungen ausgeführt.

Tabelle VII (Versuchsperson H. S.).

Datum	Normale Haut			Mit Kollodium bedeckte Haut			Differenz
	T.	L.	Wasserabgabe	T.	L.	Wasserabgabe	
7. IV.	17°	19,7	0,2212	16,8°	18,4	0,1898	—14%
				17,0°	18,4	0,1829	—17%
8. IV.	17,1°	17,7	0,2210	17,2°	17,5	0,1812	—18%
				17,3°	17,4	0,1829	—17%

Kollodium verursacht also ein geringgradiges Sinken der Wasserdampfabgabe. Es wurde auch untersucht, ob diese Wirkung später nicht ausgesprochener zur Geltung kommt. Aber auch nach 6 resp. 7 Stunden habe ich die Werte 0,1692 g resp. 0,1884 g gefunden, im Verhältnis zum Normalwert ein Sinken im Mittel von 19,5%, also keine bedeutende Abweichung von in der Tabelle enthaltenen Resultaten.

Gelatine.

Käufliche Gelatine wurde in 15 proz. wässriger Lösung aufgetragen. Aus denselben Gründen wie bei Kollodium wurden Versuche nicht gleich nach der Applikation ausgeführt. Ich bepinselte die Haut in den frühen Vormittagsstunden, der Versuch folgte dann am Nachmittag, nachdem die Gelatine so weit es bei gegebener Temperatur usw. möglich ist, eingetrocknet war. Nach dem Versuche wurde der Arm mit möglichst wenigem warmen Seifenwasser abgewaschen, peinlichst getrocknet, möglichst ohne ihn zu reiben, sodann die normalen Parallelversuche ausgeführt.

Ich möchte bemerken, daß die Versuchsperson eine kühlende Wirkung nur in den ersten zwei Stunden verspürte, ebenso wie bei Kollodium. Während dieser Zeit konnte ich die Wasser- und Ätherverdunstung auch am Thermometer in der Manschette verfolgen: so lange die Verdampfung andauerte, war die Temperatur erniedrigt und wurde nur der Norm entsprechend, wenn der Verdunstungsvorgang zu Ende war.

Die Versuchsergebnisse sind aus folgender Tabelle ersichtlich.

Tabelle VIII (Versuchsperson H. S.).

Datum	Normale Haut			Mit Gelatine bedeckte Haut			Differenz
	T.	L.	Wasserabgabe	T.	L.	Wasserabgabe	
13. IV.	18,9°	30,4	0,3260	18,7°	31,2	0,3143	—1,8%
	19,2°	28,4	0,3139	18,9°	27,6	0,2965	—8,7%
14. IV.	18,5°	30,7	0,3218	18,2°	30,4	0,3015	—2,9%
	18,8°	29,3	0,2989	18,5°	31,2	0,3214	+6,4%

Einen eindeutig zu verwertenden Einfluß der Gelatine auf die Wasserabgabe kann man aus diesen Versuchen nicht erkennen.

Daß nicht alle therapeutisch wichtigen Stoffe untersucht wurden, findet seinen Hauptgrund darin, daß die gegebene Methode eine strenge Auswahl erforderte. Auf die Untersuchung von alkoholischen und ätherischen Lösungen, von Salben-Wassermischungen, von Glycerin, und von Stoffen mit flüchtigen Bestandteilen mußte ich aus methodischen Gründen verzichten. Wie bereits ausgeführt, legte ich großes Gewicht darauf, daß das Wasserperspirat nicht mit der von der Hautoberfläche schlechtweg verdunstenden Flüssigkeitsmenge verwechselt würde. Unter perspiriertem Wasser dürfen wir nur diejenige Wassermenge verstehen, welche, aus dem Inneren des Körpers stammend, die Haut durchdringt und in Form von Wasserdampf die Körperoberfläche verläßt. Wenn wir z. B. eine wässrige Gelatinelösung auftragen, so ist es selbstverständlich, daß das Wasser der Gelatine selbst verdunstet. Es darf aber nicht behauptet werden, Gelatine wirke kühlend, weil sie die Perspiration erhöhe. Sie erhöht nicht unbedingt die Perspiration, sicher erhöht sie nur die Menge des von der Oberfläche verdunstenden Wassers, indem sie das in ihr enthaltene Wasser abgibt.

Der Ausweg, der bei Gelatine und Kollodium befolgt wurde, nämlich die Verdunstung des flüchtigen bzw. verdunstenden Anteiles abzuwarten und die Untersuchung nachher auszuführen, hätte bei spirituellen Tinkturen, Kühlalben usw. nicht zum Ziele geführt. Denn, wenngleich das Wasser z. B. aus Salben-Wassermischungen auch verdunstet, so bleibt eben wieder nur die Salbe zurück, und von der Wirkung der Mischung würden wir bei einer nachfolgenden Untersuchung nichts erfahren. Eine spirituöse Tinktur ist, wenn sie keine flüchtigen Bestandteile mehr enthält, eo ipso keine Tinktur. Mit Wasser aber (mit wässrigen Umschlägen) läßt sich der Versuch bezüglich der Nachwirkung ausüben; die Haut muß dabei vollkommen getrocknet sein. Solche Versuche sind im Gange*).

*) Versuche mit Emplastra konnten bis jetzt aus äußeren Gründen nicht durchgeführt werden.

Bezüglich der Salben bestätigen meine Versuchsergebnisse nur eine altbekannte Tatsache, doch sie bestätigen sie zahlenmäßig und im physiologischen Experimente.

Auf das Sinken der Wasserabgabe bei Bedeckung mit Fetten hat man sich seit Unnas Versuchen oft berufen. Die Ursache dieses Sinkens ist wohl in der Undurchgängigkeit der Salbensubstanzen für Wasser zu suchen. Es scheint, daß die Fettschicht sich fast luftdicht an die Hautoberfläche anschmiegt, und das Wasser die oberen Hautschichten kaum verlassen kann. Die Wasserabgabe seitens der Blut- und Lymphgefäße schreitet aber immer weiter und führt dann zu einer wässerigen Imbibition der Hautzellen. Die wichtigste praktische Folge dieser Imbibition ist eine Permeabilitätserhöhung der Hautschichten: in Salben eingekörperte Substanzen werden, wenn sie überhaupt resorptionsfähig sind, von der Haut eher resorbiert, als dieselben Substanzen ohne Salbengrundlage. Auch Flüssigkeiten, Salzlösungen usw., welche im Hautfett sich gar nicht lösen und daher in die trockene Epidermis nicht eindringen können werden von den durchfeuchteten Zellen eher resorbiert.

Dieser Zusammenhang zwischen Wassergehalt und Permeabilität, dessen Erkennung wir auch Unna zu verdanken haben, wurde seither u. a. auch in rein chemischem Experimente für Lecithin bestätigt¹⁰⁾. Das vollkommen wasserfreie (in Benzol gelöste) Lecithin ist nur für lipoidlösliche Stoffe durchgängig. In Wasser quillt aber Lecithin auf und wird dadurch auch für lipoidunlösliche Stoffe permeabel. Die „Tiefenwirkung“ der in Salbenform angewendeten Medikamente ist also mit dem Sinken der Perspiration genügend erklärt.

Unna schreibt der physiologischen Talgsekretion dieselbe verdunstungsvermindernde Wirkung zu. Diese naheliegende Annahme konnte experimentell bisher nicht bestätigt werden. Ein Versuch, worin die Wasserabgabe der mit Seife und Wasser oder mit Äther entfetteten Haut mit dem normalen Zustande verglichen wird, schien mir nicht ganz einwandfrei. Denn eine Abwaschung verändert sicher den Flüssigkeitsgehalt der Haut und hiermit die Perspiration; deswegen kann man schwerlich auf diese Weise die Wirkung der physiologischen Fetthülle erkennen. Aber in dieser Hinsicht können uns vielleicht Untersuchungen mit Lanolin gewisse (qualitative) Aufklärung geben. Unna fand an seinem Modell nach Bedeckung mit Lanolin ein viel beträchtlicheres Sinken der Wasserabgabe als bei den Fetten; das entspricht vollkommen seiner Auffassung. Doch sprechen z. B. Versuche von Sauerland¹¹⁾ nicht dafür, daß die Wasserretention in der Haut unter Lanolinbedeckung größer wäre als unter Fettbedeckung. Sauerland untersuchte die Resorption einiger Substanzen durch die Haut bei verschiedenen Salbengrundlagen und fand eine höhere Resorption mit Vaseline und Schweinefett als mit Lanolin. — Mir stand kein reines, wasserfreies Lanolin zur Verfügung und ich konnte deshalb diese Verhältnisse am physiologischen Objekte nicht prüfen.

Den Streupulvern wird im allgemeinen eine Perspiration erhöhende Wirkung zugeschrieben. Diese Auffassung wird von den meisten dermatologischen Hand- und Lehrbüchern vertreten und die Erklärung hierfür wird teils in den hygroskopischen Eigenschaften der

gebräuchlichen Puder, teils in dem Umstande gesucht, daß mit dem Einpudern die Hautoberfläche vergrößert wird. Die kühlende Wirkung wird dann in diesem Sinne gedeutet. Doch konnte ich Experimente, die diese vorausgesetzte Wirkung der Streupulver bestätigten, in der Literatur nirgends finden; auch Unna untersuchte nicht die Streupulver an seinem Modell.

In meinen Experimenten ließ sich eine Perspiration erhöhende Wirkung der Streupulver nicht feststellen. Und obzwar es sehr betont werden soll, daß meine Versuche nichts über pathologische Verhältnisse aussagen können, muß ich daran festhalten, daß die Wasserdampfabgabe im physiologischen Zustande der Haut von Streupulver (bzw. speziell von Amylum) nicht in bestimmbarem Grade beeinflußt wird. Denn die Umstände, welche in meiner Versuchseinrichtung nicht vollkommen denen des praktischen Falles gleich waren, (der mäßig trockene Luftstrom, die etwas niedrige Temperatur) können unmöglich eine so ausgesprochene Wirkung, wie es im allgemeinen erwartet wurde, verdecken. Dies um so weniger, als unter denselben Versuchsbedingungen die Wirkung der übrigen untersuchten Substanzen ausgesprochen und gleichmäßig zutage trat.

Dieses Ergebnis bereitet scheinbar Schwierigkeiten für die Erklärung gewisser Erfahrungen. Für die kühlende Wirkung der Streupulver war es eine recht einfache und plausible Deutung eine erhöhte Wasserverdunstung von der vergrößerten Oberfläche vorauszusetzen. Aber, gestaltet sich denn der Vorgang so einfach, wenn wir eine Oberflächenvergrößerung annehmen, die aber auch ja nicht bewiesen ist?

Nicht nur die Wasserverdunstung, auch die Wärmestrahlung muß sich mit der Oberfläche vergrößern, und sobald der Wärmeverlust infolge der Strahlung die Norm übersteigt, sinkt die Temperatur der Haut, diese wird blutärmer, und die Perspiration daher geringer, trotz der vergrößerten Oberfläche und trotz der subjektiven Abkühlung. Daß zwischen Wärmestrahlung und Wasserverdunstung solche kompensatorische Einrichtungen bestehen können, hat Rubner¹²⁾ nachgewiesen. Es könnte also leicht verstanden werden, daß auch bei einer Oberflächenvergrößerung die Wasserverdunstung dieselbe bleibt.

Daß die Pulver infolge ihrer Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, die Perspiration erhöhen, ist auch keine einwandfreie Voraussetzung.

Jedem wasserhaltigen Körper kann man eine Dampftension zuordnen, derart, daß der Körper in einem Raume, in dem die genannte Dampftension herrscht, sein Wassergehalt beibehält. Diese „Gleichgewichtstension“ ist vom jeweiligen Wassergehalt des Körpers abhängig. Wenn die herrschende Dampftension geringer als die eben definierte Gleichgewichtstension ist, gibt der Körper Wasser an die Umgebung ab solange, bis die seinem Wassergehalt entsprechende Gleichgewichtstension erreicht wird. Im entgegengesetzten Falle nimmt er Wasser von der Umgebung auf. Werden zwei Körper mit bestimmtem Wassergehalt (in unserem

Falle Haut und Streupulver) so in Berührung gebracht, daß ein gegenseitiger Wasseraustausch stattfinden kann, so wird die Richtung des Wasserstromes durch die beiden Gleichgewichtstensionen gegeben, und zwar gibt der Körper mit höherer Gleichgewichtstension Wasser an den anderen ab solange, bis die Tensionen gleich werden. Wenn nun der Wassergehalt des einen Körpers (der Haut) im Vergleich zum anderen so groß ist, daß man ihn praktisch unveränderlich annehmen kann, so verändert die Berührung mit dem anderen Körper (Puder) — ob er hygroskopisch ist oder nicht — nicht merklich die Wasserdampftension, unmöglich kann er sie aber erhöhen. Leiten wir jetzt einen trockenen Luftstrom durch unser System, dann wird die sonst unter gleichen Umständen erfolgte Wasserabgabe nur von der Dampftension (erreichten Gleichgewichtstension) abhängen. — Diese Tension hängt jedoch nicht von den hygroskopischen Eigenschaften des zweiten Körpers ab, sobald ein Gleichgewichtszustand eingetreten ist. Die Gleichgewichtstension wird durch den praktisch unveränderlichen Wassergehalt der Haut bestimmt.

Es kann also die Frage, ob die Wasserabgabe durch den Puder vergrößert oder verkleinert wird von theoretisch-physikalischem Standpunkte nicht beantwortet werden.

Die Tatsache, daß die entzündungswidrige Wirkung der Puder nicht auf einer Erhöhung der Verdunstung beruht, scheint einen indirekten Beweis auch in der heute sehr beliebten Applikationsform der Schüttelmixturen zu haben. Dabei wird die antiphlogistische Wirkung der Puder eben durch Erhöhung der Verdunstung sehr gesteigert. Die Anwendung von Schüttelmixturen läßt auch vermuten, daß die therapeutisch erwünschte antiphlogistische Wirkung nicht so sehr vom Perspirat, als von der gesamten Verdunstung an der Oberfläche abhängt. Doch beruht die entzündungswidrige Wirkung der einzelnen Grundsubstanzen sicher nicht allein auf diesem einen physikalischen Faktor. So beruht die Wirkungsweise der Schüttelmixturen unter anderem sicherlich auch darauf, daß sie die Haut schützen und sie ruhig stellen — eine allgemeine Regel für die Behandlung der Entzündung.

Die Auffassung Unnas, daß der Puder die Wasserabgabe indirekt durch Aufsaugen des Talgsekretes erhöht, kann aus meinen Versuchen auch nicht bestätigt werden. Es darf aber die Möglichkeit durchaus nicht in Abrede gestellt werden, daß die Wirkungsweise des Puders mit einer Beeinflussung der Talghülle in Zusammenhange stehen kann.

Zum Schluß dieser Bemerkungen über die Streupulver-Wirkungen möchte ich noch hinzusetzen, daß meine Versuchsindividuen nie eine kühlende Wirkung verspürten. Es scheint, daß zwischen normaler und pathologisch veränderter (speziell hyperämischer) Haut in dieser Hinsicht Unterschiede bestehen.

Kollodium drückt die Wasserabgabe in mäßiger Weise (um 14—20%) herab. Dieser Befund steht im Gegensatze zu den Unnaschen Resultaten, die erhöhte Perspiration ergaben. Er stimmt dagegen mit den Angaben von Barratt¹³⁾ gut überein. Barratt fand eine Herabsetzung von im Mittel 22%.

Kollodium ist mit Wasser nicht mischbar und kann in dieser Beziehung mit den Salbengrundlagen in Vergleich gesetzt werden. Es ist also nicht verwunderlich, daß es ähnlich den Salben, die Perspiration herabsetzt. Es ist möglich, daß nach der Eintrocknung eine gewisse Porosität, welche von Unna als ein Verdunstung erhöhendes Moment betont wird, der abschließenden (salbenähnlichen) Wirkung entgegenarbeitet, so daß vielleicht deshalb eine vergleichsweise geringere Herabdrückung der Perspiration zustande kommt.

Bei der für Wasser permeablen Gelatine ist es dann leicht verständlich, daß sie noch ein kleineres, resp. kein Hindernis für die Wasserabgabe bedeutet. Dies entspricht vollkommen der praktischen Erfahrung und mein Versuchsergebnis kann mit denselben Worten ausgedrückt werden, wie es im Lehrbuch von Darier¹⁴) auf Grund klinischer Beobachtungen ausgesprochen wird: „Die Zinkkleimverbände (mit Gelatine) lassen die Perspiration durch.“ Hingegen kann weder der Gelatine noch dem Kollodium eine Verdunstung vergrößernde Wirkung im Sinne Unnas zugeschrieben werden.

Die Pasten bilden, wie es aus ihrer Zusammensetzung folgt, einen Übergang zwischen Salben und Streupulver und werden demgemäß dort verwendet, wo eine Resultante dieser beiden Wirkungen erwünscht ist. Dieser Übergang ist aus meinen Versuchen klar ersichtlich. Salben verringern die Wasserabgabe um ihre Hälfte, Pasten um $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{5}$, Puder verringern sie überhaupt nicht. Diese Reihenfolge ist bereits bekannt als die Skala der Applikationsformen, geordnet nach ihrer „Tiefenwirkung“, d. h. nach dem Grade, wie sie die Resorption befördern. Es ist demnach auch experimentell der Zusammenhang zwischen Perspiration verringern und Resorption erhöhende Wirkung erwiesen.

Nur darf die Skala nicht so gedeutet werden, als wirkten die Substanzen von einem Skalen-Ende erniedrigend, die vom anderen Ende erhöhend auf die Perspiration. Sie soll nur sagen, daß sicher gewisse Substanzen die Perspiration erniedrigen, während andere — am anderen Skalenende — einen Einfluß auf die Perspiration nicht ausüben. In meinen Versuchen konnte ich eine Perspiration erhöhende Wirkung weder mit Streupulver (Amylum), noch mit Gelatine oder Kollodium beobachten.

Zusammenfassung.

Unter Salbenbedeckung (Vaselinum album) sinkt die insensible Wasserabgabe auf die Hälfte des Normalen (40—60%), unter Pasten (Pasta zinci c. amylo) um $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$ (22—33%); Kollodium in ätherischer Lösung aufgetragen drückt in eingetrocknetem Zustande die Verdunstung um 14—20% herab. Bei Streupulver (Amylum) und Gelatine konnte kein Einfluß beobachtet werden.

Literatur.

- ¹⁾ Unna, Kongr. f. inn. Med. 1890. — ²⁾ Zusammengestellt bei Noorden, Handb. d. Stoffwechselkrankheiten. — ³⁾ Barratt, Journ. of physiol. **22**, 206. 1897. — ⁴⁾ Haldane, zit. nach Abderhalden, Biochem. Arbeitsmeth. **3**, 1150. — ⁵⁾ Barratt, Journ. of physiol. **21**, 192. 1897. — ⁶⁾ Atwater und Benedict, zit. nach Abderhalden, Biochem. Arbeitsmeth. **3**, 1145. — ⁷⁾ Zusammengestellt z. B. bei Barratt l. c. und Willebrandt, Skand. Archiv f. Physiol. **13**, 137. 1902. — ⁸⁾ Loewy und Wechselmann, Virchows Archiv **206**, H. 1. 1911. Ferner Loewy, Biochem. Zeitschr. **67**, 243. — ⁹⁾ Barratt, l. c. — ¹⁰⁾ Nathanson, zit. nach Höber, Physik. Chem. d. Zellen u. Gewebe. — ¹¹⁾ Sauerland, Biochem. Zeitschr. **40**, 56. 1912. — ¹²⁾ Rubner, Arch. f. Hyg. **11**, 137. 1890. — ¹³⁾ Barratt, Journ. of physiol. **24**, 11. 1899. — ¹⁴⁾ Darier, Grundriß der Dermatologie, S. 507. Verlag Springer, Berlin. 1913.
-