

Beiträge zur Kenntnis der Biochemie der Kieselsäure.

Von

Dr. Max Gonnermann.

Mit 4 Tabellen.

(Aus dem Institute für Pharmakologie und physiologische Chemie zu Rostock.)
(Der Redaktion zugegangen am 7. März 1917.)

Inhalt.

	Seite
Methodik	255
1. Über den Kieselsäuregehalt einiger epithelialen Gebilde.	257
Tabelle I	264
2. Über den Kieselsäuregehalt von Abkömmlingen des mittleren Keimblattes	266
Tabelle II	269
3. Über die Ausscheidungsstätten der Kieselsäure aus dem Organismus	271
Tabelle III	277
4. Über die Beziehungen der Kieselsäure zu den Lungen und über den Kieselsäuregehalt einiger Pflanzen	280
Tabelle IV	290—291

Über die biologischen Funktionen der Kieselsäure in den höheren Tieren ist unter Medizinern und physiologischen Chemikern so gut wie nichts bekannt. Und doch kann es nicht dem geringsten Zweifel unterliegen, daß die Kieselsäure ein Baustein des normalen menschlichen und tierischen Organismus ist, gerade so wie z. B. das Eisen. Nach Albu und Neuberg¹⁾ enthalten sogar alle Organe regelmäßig Silikate. Daß es daher wohl auch Krankheiten geben dürfte, die auf Kieselsäuremangel oder Kieselsäureschwund beruhen, und bei denen die Darreichung von Kieselsäure in geeigneter löslicher Form indiziert erscheint und wesentliche Besserung, ja sogar Heilung herbeizuführen imstande ist, ist leicht denkbar. Es

¹⁾ Alb. Albu und Carl Neuberg, Physiologie u. Pathologie des Mineralstoffwechsels (Berlin 1906), S. 186.

dürften hier analoge Verhältnisse vorliegen, wie bei den Pflanzen. Bekanntlich hat Jodin¹⁾ nachgewiesen, daß man Maispflanzen zwar mehrere Generationen hintereinander in kieselsäurefreien Medien züchten kann, daß solche Exemplare aber der normalen Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Schädigungen entbehren und auch viel leichter von Parasiten befallen werden. Ganz analoge Verhältnisse kommen nach R. Kobert bei der karvernösen Tuberkulose der Menschen in Betracht, während bei den Tieren mit kieselsäurereicher Kost sich eben nie Kavernen bilden. Weiter pflegt Kobert bei Besprechung der Berberikrankheit, die ja durch geschälten Reis hervorgerufen, durch Zugabe der Reiskleie aber geheilt wird, zu bemängeln, daß von allen Experimentatoren noch keiner darauf Rücksicht genommen hat, daß der polierte Reis nur sehr wenig Kieselsäure enthält, die Reiskleie aber außerordentlich große Mengen. Es wäre daher nicht undenkbar, daß die Darreichung entsprechend großer Kieselsäuremengen auch ohne das Kleienvitamin sich bei dieser Krankheit nützlich erweist. Das Angeführte dürfte es verständlich machen, daß ich mich längere Zeit auf Veranlassung Koberts hin mit quantitativen Kieselsäurebestimmungen in tierischen und pflanzlichen Gebilden beschäftigt habe.

Über die Methodik der Untersuchung liegen namentlich von Hugo Schulz in Greifswald ausführliche Veröffentlichungen vor. Was meine eigene Methodik anlangt, mögen folgende kurzen Angaben genügen. Alle Organe, welche nicht an sich trocken waren, wie Haare, Horn, Seide, wurden unter Alkohol gehärtet, getrocknet, zerkleinert, endlich zu Pulver zerrieben und im Soxhletschen Extraktionsapparat mittels Äther entfettet. Das entfettete Pulver wurde gewogen. Die so gewonnenen Gewichtsangaben finden sich im vierten Stabe der unten folgenden Tabelle I. Die Veraschung wurde nur in Porzellantiegeln vorgenommen, die vorher mit konzentrierter Salzsäure gehörig ausgekocht waren und dabei erwiesen hatten, daß sie nur Spuren von Kieselsäure in Lösung gehen lassen, also beispielsweise 3 Tiegel von 40 ccm, 25 ccm und 10 ccm

¹⁾ Jodin, zitiert nach Jahresber. f. die Fortschritte der Chemie. Jahrg. 1883, S. 1392.

Inhalt im ganzen nur 1 mg. Aus der Asche wurde nach der bei der Mineral- und Pflanzenanalyse allgemein üblichen Methode die Kieselsäure abgeschieden, der nach dreimaligem Eindampfen mit konzentrierter Salzsäure erhaltene staubartige Trockenrückstand wurde, was ich als sehr wichtig herausgefunden habe, mit Salpetersäure ausgekocht, um das in Salzsäure zum Teil schwer lösliche Eisenphosphat, welches fast in keinem Organ fehlt, in Lösung zu bringen. Dies wurde so lange fortgesetzt, bis durch Schwefelammon im Filtrat keine Grünfärbung mehr hervorgerufen wurde. Wurde die Asche am Ende des Glühprozesses nicht weiß, sondern blieb sie dunkel, d. h. kohlehaltig, trotzdem das Glühen nie bis zum Schmelzen getrieben worden war, so wurde sie mit salzsäurehaltigem Wasser ausgekocht, die Lösung filtriert, in tariierter Schale verdampft und der Filtrerrückstand von neuem geglüht. Dabei schwand dann die dunkle Farbe. Der Schaleninhalt wurde zur gefundenen Asche hinzugerechnet. Die Kieselsäure der Tabelle ist als Anhydrid gerechnet und sowohl für Asche als für entfettete Trockensubstanz angegeben. Der Sicherheit halber wurde die Richtigkeit der Zahlen fast in allen Fällen dadurch kontrolliert, daß die gewonnene reine SiO_2 mit Ammoniumfluorid verrieben und durch Glühen im Platintiegel verflüchtigt wurde. Nur der beim Glühen sich verflüchtigende Teil wurde als SiO_2 gerechnet. Er stimmte aber meist mit dem schon vorher gewonnenen Werte gut überein.

1. Über den Kieselsäuregehalt einiger epithelialen Gebilde.

Daß die Deckschichten der Pflanzen (Diatomeen, Equisetaceen, Gramineen) und der niederen Tiere (Infusorien, Kieselchwämme) von ihrem Kieselreichtum lebenslang großen Vorteil haben, ist leicht einzusehen. Aber auch bei den Wirbeltieren bis zum Menschen hinauf finden wir, wie die Analyse längst erwiesen hat, in den epithelialen Gebilden der äußeren Haut reichlich Kieselsäure als mechanisch schützendes, der Verhornung analog wirkendes Agens. Unter diesem Gesichts-

punkte wird es verständlich, daß diejenigen Teile der Hautgebilde, welche dauernd abgestoßen werden, auch lebenslang immer wieder neuer Zufuhr bedürfen. Kobert beklagt sich in seinen Vorlesungen, daß darüber in keinem einzigen ihm zugängigen dermatologischen Werke auch nur ein Satz zu finden ist. Schloßberger fand vor einem halben Jahrhundert in dem in Wasser unlöslichen Teile der Ichthyosisborken 29,6% Kieselsäure. Auf Asche berechnet, würde diese Zahl natürlich noch viel höher ausfallen. Schmelzer fand unter Gorup-Besanez in der Asche der Borken eines Patienten mit Pellagra erhebliche Mengen von Kieselsäure. Dies sind die einzigen beiden Angaben, die ich in der Literatur finden konnte. Die sämtlichen modernen Dermatologen scheinen für die Nachprüfung dieser Angaben kein Interesse zu haben.

Vom Standpunkt der vergleichenden Biologie aus sind nicht minder interessant die leider ebenfalls aus alter Zeit datierenden und nicht nachgeprüften Angaben über den SiO_2 -Gehalt der Vogelfedern. Gorup-Besanez fand in der Asche der Federn körnerfressender Vögel 40% SiO_2 , in der Asche fleischfressender nur 27% und in der von Fischen lebenden Vögeln sogar nur 10,5% SiO_2 . Ganz mit Recht schließt Gorup-Besanez daraus auf einen Einfluß der Nahrung auf den Kieselsäuregehalt der Federn. Dazu stimmt, daß er die Federn ganz junger Vögel kieselsäureärmer fand als die älterer. Wir dürfen daraus wohl die Vermutung herleiten, daß auch beim Menschen geeignete kieselsäurereiche Kost die Ernährung der Haut mit Kieselsäure zu verbessern imstande ist. Die Angabe der Vegetarier, daß bei ihrer Lebensweise die Psoriasis viel leichter schwinde als bei gemischter Kost, erscheint unter diesem Gesichtspunkt verständlich. Auch für gewisse Formen des chronischen Ekzems hat man dieselbe Behauptung aufgestellt. Die Frage, in welcher Form sich das Silicium in den Federn findet, hat zuerst Drechsel,¹⁾ z. T. mit Frln. Winogradoff, zu beantworten versucht. Nach

¹⁾ E. Drechsel, Zentralbl. f. Physiol., Bd. 11, 1898, S. 361. Dies ist nur eine vorläufige Mitteilung; die ausführliche Arbeit ist aber überhaupt nicht erschienen.

diesen beiden Autoren findet sich unser Element in den Vogelfedern als Orthokieselsäureester $\text{Si}(\text{OC}_{34}\text{H}_{59}\text{O})_4$ eines zweiwertigen Alkohols $\text{C}_{34}\text{H}_{60}\text{O}_2$.

Cerný¹⁾ wiederholte diese Versuche und stellte die fragile Substanz sowohl aus Gänsefedern als aus Hühnerfedern dar. Die Federstämme der Gans lieferten 0,17% und die zugehörigen Fahnen 0,15% dieser Substanz. Hühnerfedern aber lieferten 0,346%, also das Doppelte. Der Gehalt an SiO_2 , der bei dieser Substanz nach Drechsel 2,97% betragen müßte, betrug aber in maximo nur 0,4% und war mehrmals sogar null. Trotzdem Drechsel sogar einen Orthokieselsäurecholesterylester künstlich darstellen konnte, liegen nach Cerný, was die von Drechsel und von ihm selbst isolierten Substanzen der Federn anlangt, Gemische von Fettsäureestern eines oder mehrerer hochmolekularen Alkohole des Bürzeldrüsensekrets mit als Verunreinigung auf die Federn gelangtem Kieselstaub vor. Kobert hat in seinen Vorlesungen diese Auffassung immer bekämpft; er hält das Silicium für einen integrierenden Bestandteil auch der reinsten Vogelfedern, gibt aber zu, daß es darin vielleicht nur als unorganische Substanz sich findet. Gegen die Auffassung von Cerný spricht übrigens, daß dieser Autor aus dem Ätherextrakt des mit Alkohol vorher entwässerten Vogelblutes (von Gänsen, Hühnern, Tauben) sowie aus der Gänseleber eine analoge kiesel-säurehaltige Substanz mit 0,05—0,80% SiO_2 darstellen konnte.

Ein Analogon der Vogelfedern sind die Igelstacheln, die immer kiesel-säurehaltig sind. Ein zweites Analogon der Federn der Vögel sind die Haare der Tiere und der Menschen.

Gorup-Bezanez fand in der Asche

von Rehhaaren	8,1%	Kieselsäure,
» Schafwolle	8,3%	»
» Bockhaaren	9,4%	»
» Meerschweinchenhaaren	11,8%	»
» Hundehaaren	12,5%	»
» Pferdehaaren	14,6%	»

¹⁾ Carl Cerný, Zur Frage des Vorkommens von Kieselsäure im Organismus. Diese Zeitschr., Bd. 62, S. 296, 1909.

Beim Menschen ist Haupt- und Barthaar zu unterscheiden. Die zunächst zu nennenden Analysen beziehen sich auf Haupthaar. Nach Hammarsten¹⁾ kann der Gehalt der Haare an unorganischen Bestandteilen zwischen 0,5 und 7% schwanken. Hier wären vergleichende Analysen des Haupthaars verschiedener Menschenrassen von erheblichem Wert. Baudrimont²⁾ fand in der Asche schwarzen Menschenhaars 6,611%, in der Asche weißen Haars 12,308%, in der von braunem 30,666%, in der von blonden 30,717% und in der von rotem Haupthaar 42,462% Kieselsäure. Gorup-Besanez erhielt aus der Asche weißer Haare 9,52% und aus der brauner 13,89% Kieselsäure. Wie schon das aus dem Ei kriechende Hühnchen in den ersten Federn etwas Kieselsäure enthält, so kommt auch der Mensch bereits mit kieselsäurehaltigem Haupthaar zur Welt; doch nimmt der Kieselsäuregehalt nachher noch zu. Eine darüber orientierende Tabelle hat auf Grund Kunkelscher und eigener Analysen Kall³⁾ aufgestellt. Er fand den Prozentgehalt des unveraschten Haars an SiO_2 beim blonden Neugeborenen zu 0,083, beim dunkelblonden Neugeborenen aber zu 0,103. Beim 2jährigen blonden Kinde fand er bereits 0,115% SiO_2 . Im braunen Haupthaar eines 15jährigen fand er 0,184%, in denen eines 17jährigen 0,151% und in denen eines 18jährigen 0,152%. Das dunkelbraune Haupthaar eines 59jährigen enthielt 0,233%. Das graue Haar eines 63jährigen und eines 65jährigen enthielten 0,100 und 0,098%. Analysen von Barthaaren hat er zwei ausgeführt. Der rote Bart eines 35jährigen enthielt 0,093% und der graue Bart eines 65jährigen 0,142%.

Auf Asche sind diese Zahlen leider nicht umgerechnet. Nimmt man an, daß die Barthaare der beiden oben erwähnten Personen auch nur 1,0% Asche enthielten, was nach meinen eigenen Analysen noch zu niedrig ist, und daß diese im wesentlichen aus Kieselsäure bestand, so ergibt sich für die

¹⁾ O. Hammarsten, Lehrbuch der physiologischen Chemie, 6. Aufl. (Wiesbaden 1907), S. 684.

²⁾ Zitiert nach H. Schulz, Pflügers Arch., Bd. 84, 1901, S. 67—69.

³⁾ Friedrich Kall, Die Kieselsäure in tierischen und menschlichen Organismen. Diss. Würzburg 1898.

Asche des roten Bartes 9,3% SiO_2 und für den Bart des Greises 14,2% SiO_2 . Für die Haupthaarasche des oben genannten 15jährigen berechnet sich 18,4% SiO_2 . Hugo Schulz hält alle quantitativen Kieselsäurebestimmungen des Haares für ungenau, da es nicht gelinge, den an Haaren festhaftenden Kieselstaub zu entfernen. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, möchte auch ich wenigstens die eine oben angeführte Angabe, daß die Haarasche bis 42% SiO_2 enthalten könne, als zu hoch ansprechen.

Daß die Krystalllinse des Auges als epitheliales Organ kieselensäurehaltig ist, ist leicht verständlich. Schulz¹⁾ fand in der Asche von Rinderlinsen 0,20% und in der von Rindern und Schweinen 0,28% SiO_2 . Was Menschenlinsen anlangt, liegen nur Beobachtungen an Starkkranken vor. Wir haben aber keine Sicherheit, daß der Kieselsäuregehalt der Linse bei Gesunden derselbe ist wie bei Starkkranken.

Von drüsigen Organen hat Oidtmann schon 1858 die Leber untersucht. Die Asche der Leber eines 56jährigen Mannes ergab 0,27% SiO_2 , entsprechend 0,01% der Lebertrockensubstanz. Die Asche der Leber eines an Marasmus senilis zugrunde gegangenen Mannes lieferte 0,12% SiO_2 , entsprechend 0,003% der Trockensubstanz. Die Asche der Leber eines syphilitischen Neugeborenen ergab 0,18% SiO_2 , entsprechend 0,009% der Trockensubstanz. Die Asche der Leber zweier Krähen enthielt 3,93% SiO_2 , entsprechend 0,10% der Trockensubstanz.

Auch in dem Sekrete der Leber, der Galle, ist stets Kieselsäure, wenn auch nur in Spuren nachweisbar.

Das Gleiche gilt von der Milchdrüse und ihrem Sekret, der Milch, auf die ich unten noch näher eingehen werde.

Nach Kunkel²⁾ und seinen Schülern Faulhaber, Lüring und Kall ist auch das Pankreas stets kieselensäurehaltig. Noch Faulhaber kann es bis 0,1234% seiner Asche aus Kieselsäure bestehen. In neun Analysen des Kunkelschen

¹⁾ H. Schulz, Pflügers Arch., Bd. 84, 1901, S. 78.

²⁾ A. J. Kunkel, Sitzungsber. der physikal.-med. Gesellsch. zu Würzburg, Jahrg. 1898, S. 78. Vgl. Malys Jahresber., Jahrg. 29, S. 438 und Jahrg. 30, S. 512. Hier irrtümlich 12,339% SiO_2 .

Instituts fehlte die Kieselsäure in diesem Organ nie. Kunkel und seine Schüler kommen zu dem Ergebnis, daß in diesem Organ die Vorratskieselsäure des Organismus so aufgestapelt wird, wie das Jod in der Schilddrüse und das Eisen in der Leber. Kahle¹⁾ hat dann weiter geglaubt eine innige Beziehung des Kieselsäuregehaltes des Pankreas zu Tuberkulose und Carcinom feststellen zu können. Bei Tuberkulose sollte das Pankreas an Kieselsäure verarmen und bei Carcinom sich mit Kieselsäure, die aus dem carcinomatösen Organ auswandert, anreichern. Kahles Untersuchungsmaterial war aber nur spärlich. Darum hat Schulz²⁾ diese Frage kürzlich von neuem geprüft. Er untersuchte 73 menschliche Bauchspeicheldrüsen und fand als Mittel sämtlicher Analysen in 100 g Trockensubstanz 12,05 mg SiO_2 . Falls die Fälle von Tuberkulose und Krebs ausgeschlossen wurden, ergab sich als Mittel 13,07 mg. Das Mittel aus 11 Pankreasdrüsen sicher Tuberkulöser ergab 13,59 mg, also eine Steigerung des Kieselsäuregehaltes, und das Mittel von 9 Krebskranken 15,92 mg, also ganz im Sinne von Kahle eine gewisse Steigerung. Es darf nicht verschwiegen werden, daß bei beiden Krankheiten auch Einzelwerte weit unter dem Mittel gefunden wurden, sowie daß Schulz über die etwaige Behandlung der Tuberkulösen, aus deren Leichen diese Drüsen stammten, mit kieselsäurereicher Kost oder Arznei, wodurch diese mit Kieselsäure wieder angereichert sein könnten, keine Angaben macht. Das mittlere Gewicht der frischen Drüse betrug durchschnittlich 56,82 g (59,88 beim Mann, 51,90 bei der Frau), die Trockensubstanz 18,7472 g, die Asche 6,3144 g mit 0,2071 % SiO_2 . Bei Leuten von 60—80 Jahren war der SiO_2 -Gehalt des Pankreas besonders hoch; das Maximum war 1,3831 %.

Von andern hierhergehörigen Organen bzw. Bestandteilen der Warmblüter, in denen Kieselsäure gefunden wurde, nenne ich das Gehirn, in dem sie beim Kalbe nach Gorup-Besanez³⁾ als Kieselfluornatrium enthalten ist,

¹⁾ Hanns Kahle, Münch. med. Wochenschr., Jahrg. 1914, S. 752.

²⁾ Hugo Schulz, Biochem. Zeitschr., Bd. 70, 1915, S. 464.

³⁾ Gorup-Besanez, Lehrb. d. physiol. Chem., 4. Aufl.

das Eidotter, in dem sie nach Poleck¹⁾ 0,55—1,40% der Asche ausmacht, und das Eiweiß der Eier, dessen Asche nach Poleck und Weber²⁾ 0,28—2,04% Kieselsäure enthält.

Dies ist der wesentliche Inhalt der Weltliteratur über den Kieselsäuregehalt epithelialer Gebilde.

Ich selbst habe sieben Analysen von rotem Haupthaar und zum Vergleich drei von nichtrotem angestellt. Die Analysen von Baudrimont und von Gorup für nicht rotes Haar schwanken in ihrem Kieselsäuregehalt zwischen 6,61 und 30,67%; meine eigenen ergaben 7,4—22,8% für Asche. Der sehr hohe Kieselsäuregehalt der Asche roten Haares, den Beau-drimont fand, steht vereinzelt. Bei meinen Analysen schwankt der Kieselsäuregehalt der Asche von rotem Haar zwischen 2,61 und 29,30%. Als Durchschnitt ergibt sich bei mir 14,04%. Irgend welche Sonderstellung in bezug auf den Kieselsäuregehalt nimmt das rote Haar also nicht ein. Wie die außerordentlich großen Schwankungen des Siliciumgehaltes der Asche zu erklären sind, ist unbekannt; mir genügt, sie zweifellos festgestellt zu haben. Recht auffallend war mir, daß die Asche einzelner roter Haararten einen rotbraunen Farbenton hatte und reichlichen Eisengehalt ergab. In dem unter Nr. 6 in die Tabelle aufgenommenen Falle wurde das Eisen titrimetrisch mittels Permanganat bestimmt; es betrug auf Fe_2O_3 bezogen 14,81% der Asche. Ob dieser Eisengehalt zu der roten Farbe des Haares mit beigetragen hat, weiß ich nicht.

Auch in der Schafwolle scheint, wie im menschlichen Haar, der Kieselsäuregehalt beträchtlich schwanken zu können. Während Gorup-Besanez in der Asche 8,3% SiO_2 angibt, fand ich 31,1%. Es liegt nach Kobert nahe, anzunehmen, daß Wolle sonst gleicher Art um so haltbarer ist, je höher ihr Kieselsäuregehalt ist.

Auch bei ein und derselben Seidenart dürfte nach Kobert mit dem Gehalt an Kieselsäure die Haltbarkeit steigen. Ich fand für ein mindestens 100 Jahr altes Seidengewebe, das als ostindisches galt, einen Kieselsäuregehalt der Asche von

¹⁾ Ebenda, S. 740.

²⁾ Poleck und Weber, Hoppe-Seylers Physiol. Chemie, S. 778.

Tabelle I. Epitheliale Organe bezw. Produkte solcher.

Lfd. Nr.	Untersuchte Substanz	Stammt woher?	Menge der fettfreien Trockensubstanz g	Asche in Prozenten der Trockensubstanz %	SiO ₂ -Gehalt	
					Asche %	Trock.-Subst. %
1	Menschenhaar graubraun	Männer	10,0	1,87	21,92	0,51
2	Menschenhaar weiß	ältere Dame	12,0	0,29	22,85	0,07
3	Menschenhaar kastanienbraun	weibl. Person	25,0	0,48	7,44	0,04
4	Menschenhaar braunrot	Mann	20,0	1,53	20,80	0,40
5	Menschenhaar goldblond	weibl. Person	22,0	1,40	2,61	0,04
6	Menschenhaar hellrot	Mädchen	20,0	1,07	14,02	0,15
7	Menschenhaar hochrot	Knabe	6,5	1,20	23,08	0,28
8	Menschenhaar hellrot	„	10,0	1,16	29,30	0,34
9	Menschenhaar rotblond	Mädchen	30,0	0,90	4,44	0,04
10	„	„	18,0	2,83	3,90	0,09
11	Wolle vom Schaf	neues weißes Flanellgewebe	10,0	3,54	31,10	1,17
12	Seide aus Ostindien	uraltes schwach gefärbtes Gewebe	10,0	3,98	1,26	0,05
13	Mailänder gelbe Seide	Crefelder Fabrik	10,0	0,58	0,86	0,05
14	„	„	10,0	0,42	1,90	0,08
15	Cornu Cervi Hirschhorn	altes Sammlungspräparat	14,0	57,95	0,86	0,50
16	Hatmakers Trockenmilch	deutsches Handelspräparat	10,0	8,14	0,37	0,03
17	Marine-Trockenmilch	englisches Marindepot	10,0	5,88	0,34	0,02
18	Nebennieren	Mensch	4,8	3,90	7,44	0,29
19	„	„	4,0	3,30	16,10	0,54
20	Thymusdrüse	Kind	5,8	4,36	8,04	0,38
21	5 Amnioshäute	Mensch	18,2	1,34	20,22	0,30
22	6 „	„	21,0	0,64	20,00	0,13
23	Hausenblase	beste Sorte	10,0	1,06	2,83	0,03

1,26% und für zwei von einer Crefelder Firma bezogene Muster Mailänder hellgelbe Seide 0,86 und 1,90%. Der höhere Preis entsprach dem höheren Kieselsäuregehalt.

Von dem früher offizinellen *Cornu Cervi tornatum* lag ein mindestens 30 Jahre altes Sammlungspräparat von ausgezeichneter Güte vor. Seine Asche enthielt, da es ja ein epitheliales Gebilde ist, Kieselsäure, aber nur 0,86%, also gerade so viel wie eine Mailändische Seide.

Über den Kieselsäuregehalt der Milch liegen nur spärliche Angaben vor. Oidtmann¹⁾ fand in der Asche der Frauenmilch 0,72% SiO_2 , entsprechend 0,03% der Trockensubstanz. Die nicht getrocknete Kuhmilch enthält nach Pfyl²⁾ im Liter 1,9 mg SiO_2 , d. h. also doppelt soviel als Eisen. Sterilisieren der Kuhmilch in Glasflaschen, namentlich in noch ungebrauchten, kann nach Pfyl diesen Kieselsäuregehalt nicht unwesentlich steigern. Ich glaube nicht, daß dadurch Gefahren bedingt werden; im Gegenteil wird dadurch die Kuhmilch der Menschenmilch ähnlicher, denn nach meinen Analysen enthält ja die Muttermilchasche doppelt soviel Kieselsäure als die Kuhmilchasche; ich fand nämlich in der Asche von zwei Trockenmilchpräparaten nur 0,34—0,37% SiO_2 . Kobert hält die Zufuhr von Kieselsäure beim Säugling für ebenso wichtig als die von Kalk und Magnesia, und wichtiger als die von Eisen, denn der Embryo legt vor der Geburt ein Vorratsdepot von Eisen an, das neun Monate nach der Geburt vorhält, während sein Kieselerdepot (Thymus?) nicht sicher bekannt ist.

Von bisher anscheinend ununtersuchten Organen epithelialer Natur habe ich mehrere untersucht. Der Kieselsäuregehalt der Asche der Nebennieren schwankte zwischen 7,44—16,10%; der der Thymusdrüse betrug 8,04%. In der Asche der Amnioshaut fand ich 20,00—20,22%, in der als beste Sorte Hausenblase in den Handel kommenden Fischblase des Stör 2,83%. Beide Gebilde haben nur einen sehr dünnen epithe-

¹⁾ H. Oidtmann, Über die anorganischen Bestandteile der Leber usw, Würzburger Preisschrift 1858.

²⁾ B. Pfyl, Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte, Bd. 48. 1915, S. 321.

lialen Überzug und darunter Bindegewebe, welches die Hauptmenge der Amnioshaut und der Fischblase ausmacht. Der Kieselsäuregehalt kommt hier wohl hauptsächlich dem Bindegewebe zu. Ich hätte daher beide Organe auch im folgenden Kapitel mit abhandeln können. Daß der Kieselsäuregehalt des Amnios so hoch ist, erklärt sich wohl ungezwungen daraus, daß diese Haut den Stößen des sich oft lebhaft bewegenden Kindes einen kräftigen Widerstand leisten muß. Den Kieselsäuregehalt der Hausenblase hat übrigens schon H. Schulz gefunden.

2. Über den Kieselsäuregehalt von Abkömmlingen des mittleren Keimblattes.

Die Untersuchung der hierher gehörigen Gebilde des Menschen und der Tiere ist die Domäne von H. Schulz.¹⁾ Das Ergebnis seiner sehr zahlreichen überaus mühsamen Untersuchungen ist, daß, wo Bindegewebe im Tierkörper sich findet, da auch Kieselsäure angetroffen wird, ferner, daß der Kieselsäuregehalt bei dem gleichen Gewebe in der Jugend des Individuums höher als im Alter ist und seinen höchsten Wert im embryonalen Bindegewebe und in der Glaskörpersubstanz erreicht. In 100 g Trockensubstanz des Rinderglaskörpers fand Schulz 58,24 mg SiO_2 und in der menschlichen Whartonschen Sulze 24,36 mg SiO_2 . Auf Asche umgerechnet ergeben sich für die Sulze 0,5985%. Frauenberger,²⁾ der diese Untersuchung wiederholte, fand in der Asche der Sulze allerdings nur 0,0284% SiO_2 . Wie dieser Widerspruch zu erklären ist, weiß ich nicht. Die Glaskörperasche von Rindern und Schweinen vermischt ergab 0,1762% SiO_2 und die von Rindern allein 0,1428%. Über den SiO_2 -Gehalt der Krystallinse ist bei den epithelialen Organen gesprochen worden. Die Bulbuskapsel ergab Schulz in 100 g Trockensubstanz bei Rindern und Schweinen 8,7 bis

¹⁾ Hugo Schulz, Pflügers Arch., Bd. 84, 1901, S. 67 und Bd. 89, 1902, S. 112.

²⁾ F. Frauenberger, Über den Kieselsäuregehalt der Whartonschen Sulze. Diese Zeitschrift, Bd. 57, 1908, S. 17.

14,1 mg SiO_2 . Auf Asche berechnet sich 0,21—0,26%. In 100 g Trockensubstanz der Milzkapsel fand Schulz 17,2 bis 20,4 mg SiO_2 ; auf Asche berechnet sich 0,42—0,49%. Für 100 g Trockensubstanz der Milzpulpa fand er 13,6 bis 16,3 mg SiO_2 , entsprechend 0,14—0,18% der Asche. Der S. 261 u. 265 schon erwähnte Oidtmann fand in der Asche der menschlichen Milz 0,17% SiO_2 . Die Dura mater des menschlichen Gehirns ergab Schulz in 100 g Trockensubstanz 8,7 mg SiO_2 , entsprechend 0,33% der Asche. In 100 g Trockensubstanz der Fascien fand er 10,6 mg SiO_2 , entsprechend 0,24% der Asche; in 100 g Trockensubstanz menschlicher Sehnen 4,1—8,6 mg SiO_2 , entsprechend 0,10—0,42% der Asche. Ja in einem weiteren Falle fand er sogar 0,49% der Sehnenasche aus Kieselsäure bestehend. Hier ist die Schwankungsbreite also eine sehr große. In 100 g Trockensubstanz von Rindersehnen fand unser Autor 7,3—13,7 mg SiO_2 , entsprechend 0,23—0,66% der Asche. Beim Pflanzenfresser scheinen danach die Werte viel höher zu liegen als beim Menschen. 100 g Trockensubstanz von Rinderaorta ergaben 9,87 mg SiO_2 , entsprechend 0,28% der Asche. Die Trockensubstanz käuflicher Gelatine ergab in 100 g 28,3—29,7 mg SiO_2 , entsprechend 1,72—1,78% der Asche. Für selbst dargestelltes Glutin lauten die entsprechenden Werte 22,7 mg und 1,53% der Asche. Für Rindfleisch fanden sich in 100 g Trockensubstanz 18,2—88,5 mg SiO_2 ; der Durchschnitt aller 5 Analysen ergibt 42,3 mg. Auf Asche berechnen sich 0,03—0,17%. Wie in den Rindersehnen, so ist also auch im Rindfleisch der Kieselsäuregehalt ein schwankender. Für 100 g Trockensubstanz der Wadenmuskulatur des Menschen fand Schulz 19,1—27,0 mg SiO_2 , entsprechend 0,04 bis 0,06% der Asche. Der Kieselsäuregehalt des Rindfleisches übertrifft also infolge der rein pflanzlichen Nahrung dieses Tieres den des Menschenfleisches. In 100 g Trockensubstanz des Ovarialcysteninhaltes einer Frau fanden sich 3,81 mg SiO_2 , in einem andern Falle aber 9,06 mg. Auf Asche berechnet ergeben beide Fälle 0,03%. Eiterasche ergab 0,05% SiO_2 . 100 g Trockensubstanz entfetteter Hautstücke

vom Menschen ergaben 3,8—5,1 mg SiO_2 , entsprechend 0,11 bis 0,19% der Asche. Soweit folge ich den Angaben von Schulz.

Von andern hierher gehörigen Gebilden ist namentlich noch das Blut zu nennen, in dessen Asche sie bei Vögeln¹⁾ und Rindern²⁾ nachgewiesen worden ist. In der Blutasche einer an Gelenkrheumatismus gestorbenen Frau fand Witting³⁾ 0,53% SiO_2 .

Ich lasse nun meine eigenen Analysen folgen und zwar genau nach demselben Schema wie in der ersten Tabelle (s. Tabelle II).

Die ersten 13 Nummern der Tabelle beziehen sich auf Blut und daraus gewonnene Stoffe. Wir sehen, daß in der Asche die Kieselsäure nie fehlt; sie muß daher als ein normaler Blutbestandteil des Menschen, des Rindes, Hammels und Pferdes und daher wohl aller Säugetiere angesehen werden. Wie wir oben erfuhren, hat sie Dammer auch im Vogelblut nachgewiesen. Sie findet sich nach meinen Analysen sowohl in den Blutkörperchen als im Blutserum. Ganz besonders reichlich aber wird sie vom Fibrin an sich gerissen, in dessen Asche sie 15,9—30,0% ausmachen kann. Dies ist eine ganz neue, bisher übersehene Tatsache, die auf die von Bergel eingeführte therapeutische Benutzung des Fibrins bei Wunden und Knochendefekten Licht wirft. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß gerade die Kieselsäure dabei wesentlich mitwirkt, denn wo Bindegewebe sich bilden soll, muß Kieselsäure vorhanden sein. Daß das aus Rinderfibrin dargestellte Pepton der Firma Dr. Friedrich Witte in Rostock ebenfalls Kieselsäure enthält, ist leichtverständlich.

Für Muskulatur des Rindes und des Menschen habe ich S. 267 die von Schulz gefundenen Werte mitgeteilt. Das Herz hat von allen Muskeln die größte Arbeit zu leisten. Es schien mir daher nicht ohne Wert, es auf seinen Kieselsäuregehalt

¹⁾ Dammer, Anorgan. Chemie, Bd. 2, 1894, S. 485.

²⁾ G. Tammann, Diese Zeitschrift, Bd. 12, 1888, S. 325.

³⁾ Witting, Archiv der Pharmazie, Jg. 1857, Bd. 140.

Tabelle II. Abkömmlinge des mittleren Keimblattes.

Lfd. Nr.	Untersuchte Substanz	Stammt wo- her?	Menge der fett- freien	Asche in Prozen- ten der	SiO ₂ -Gehalt der		
			Trocken- substanz	Trocken- substanz	Asche	Trock- Subst.	
			g	%	%	%	
1	Getrockn. Blut	Rind	2,0	4,61	1,11	0,05	
2	„ „	„	5,0	5,20	1,15	0,06	
3	„ „	Mensch	15,0	4,70	2,35	0,04	
4	„ „	Hammel	10,0	4,84	0,42	0,02	
5	Blutkörperchen	Rind	11,5	2,26	3,45	0,08	
6	Blutserum	Pferd	10,0	11,27	2,93	0,33	
7	„ „	„	7,0	10,50	3,48	0,36	
8	„ „	Mensch	4,0	8,89	1,69	0,15	
9	Fibrin	Rinderblut	11,0	0,45	15,91	0,64	
10	„ „	Menschenblut	10,0	0,86	16,28	0,14	
11	„ „	„	12,7	0,39	30,00	0,12	
12	Substitol Bergel	E. Merck	10,0	0,70	31,43	0,22	
13	Pepton Witte	Witte-Rostock	10,0	1,58	4,43	0,07	
14	Herzmuskel	Hund	26,0	3,06	2,17	0,004	
15	„ „	Mensch	25,0	1,92	3,69	0,072	
16	„ „	„	19,0	2,06	3,85	0,08	
17	„ „	Mensch, gesunder	25,0	2,39	4,71	0,11	
18	Von Mucosa u. Submucosa befreite Darmwandung	Dünndarm oberes Stück	Mädchen	16,5	1,58	8,46	0,13
19		Dünndarm unteres Stück	„	9,5	1,05	10,01	0,10
20		Dünndarm oberes Stück	46 jähr. Frau	16,0	2,90	9,65	0,29
21		Dünndarm unteres Stück	46 „ „	13,4	2,50	2,08	0,06
22		Dickdarm	46 „ „	20,5	2,40	3,04	0,07
23	Catgut	chirurg. Klinik Rostock	8,0	3,85	9,71	0,37	
24	„ „	med. Warenhaus Rostock	6,0	1,28	10,39	0,13	
25	Gelatina alba	Apoth. Rostock	2,0	2,80	2,68	0,07	
26	Epithelfreie Cutis vom Rind (?)	E. Merck	10,0	3,22	0,46	0,01	

zu prüfen. Die von mir gefundenen Werte liegen auffallend höher als die von Schulz. Während Schulz für die Asche des Menschenmuskels 0,06% und für die des Rindes 0,17% als Maximum fand, fand ich für die Asche des Herzmuskels vom Hund 2,17% und für die des Menschen sogar 3,69—4,71%.

Aus den bindegewebigen Teilen der Dünndarmwandungen von Schafen wird das Catgut bereitet. Ich konnte in der Literatur keine Angabe über die Aschenbestandteile dieses wichtigen Nahtmaterials finden. Entsprechend meinen S. 263 wiedergegebenen Anschauungen über Seide und Wolle erwartete ich, daß auch die Catgutäsche merkliche Mengen von Kieselsäure enthalten werde. In der Tat fand ich 9,71 bis 10,39% SiO_2 darin. Dies gab mir Veranlassung, auch die von Mucosa und Submucosa befreite Darmwandung auf Kieselsäure zu prüfen. Ich fand bei einem Mädchen in der Asche des Dünndarmteiles 8,46—10,01% SiO_2 und bei einer Frau 2,08—9,65% und in der Asche des Dickdarmteiles 3,04%. Es ist anzunehmen, daß die entsprechenden Darmabschnitte von Pflanzenfressern noch höhere Werte liefern werden. Der hohe Kieselsäuregehalt des Catgut wird dadurch verständlich. An der Haltbarkeit der Catgutfäden dürfte der Kieselsäuregehalt wesentlichen Anteil haben.

Meine Kieselsäurewerte für Gelatine liegen etwas höher als die von Schulz. Er fand in der Asche höchstens 1,78% SiO_2 , ich fand 2,68%.

Was die Haut anlangt, so enthält die Oberhaut selbstverständlich Kieselsäure. Für die Lederhaut liegen keine Zahlen vor. Schulz analysierte ein Gemisch von Epidermis und Cutis. Ich fand für die Asche des zu Gerbsäurebestimmungen in den Handel kommenden schneeweißen flockigen Handelspräparates von wohl dem Rind entstammender Lederhaut 0,46% SiO_2 . Wie weit für die technische Brauchbarkeit von Lederwaren deren Kieselsäuregehalt Bedeutung hat, kann nur auf Grund zahlreicher Analysen festgestellt werden.

Fassen wir die Ergebnisse beider Kapitel zusammen, so können wir sagen, daß die Produkte beider Keimblätter Kieselsäure enthalten.

3. Über die Ausscheidungsstätten der Kieselsäure aus dem Organismus.

Daß die Galle¹⁾ und die Milch regelmäßig Kieselsäure enthalten, wurde schon S. 261 und 265 besprochen. Beim Vogel verläßt auch im Eidotter und Eiweiß ein Teil dieser Substanz den mütterlichen Organismus. Ebenso wird mittels Hautschuppen, Nägeln und Haaren Kieselsäure vom Organismus abgestoßen.

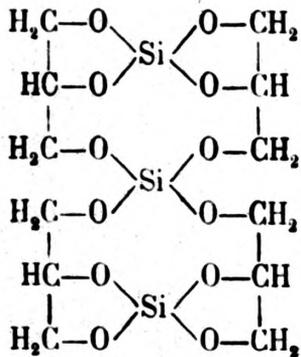
Es bleiben jetzt noch die zwei Hauptabzugswege des Organismus zu besprechen, nämlich die Ausscheidung durch die Niere und die durch die Darmdrüsen.

Nach Hammarsten²⁾ enthält der Menschenharn «nach den gewöhnlichen Angaben etwa 0,3 ‰ SiO_2 ». Daraus würde sich bei einer durchschnittlichen Tagesmenge von 2,5 Liter als tägliche Ausscheidung eines Erwachsenen die beträchtliche Menge von 750 mg SiO_2 ergeben. Neuberg³⁾ freilich steht der Annahme, daß der Harn des Menschen kiesel-säurehaltig sei, auf Grund eigener Analysen skeptisch gegenüber. Er sagt: «Fast nie findet man wägbare Mengen von Kieselsäure, wenn man ganz reine Gefäße, und zwar Platinschalen oder Porzellanschalen mit sehr harter Glasur benutzt oder die Kieselsäure nicht etwa mit Reagenzien einschleppt». Vor kurzem haben Ludwig Knorr in Jena und Hermann Weyland in Berlin das Patent Nr. 285 285 (vom 22. März 1914) auf Darstellung von Estern der Orthokieselsäure erhalten. Diese sollen kurzen Zeitungsnotizen nach, gleichgiltig, ob sie wasserlöslich oder unlöslich sind, bei innerlicher Darreichung im Magendarmkanal gespalten werden, und die Kieselsäure soll durch den Harn bei Menschen und Tieren zur Ausscheidung gelangen. Selbst das ganz unlösliche tertiäre Glycerin-orthosilicat

¹⁾ Vgl. Mercks Jahresbericht, Bd. 18, 1914, S. 2.

²⁾ Olof Hammarsten, Lehrbuch der physiol. Chem., 6. Aufl. (Wiesbaden 1907), S. 624.

³⁾ Carl Neuberg, Der Harn, Teil I (Berlin 1911), S. 74.



gelangt nach diesen Autoren bei innerlicher Darreichung zu 30% in den Harn, muß also vorher gespalten und resorbiert worden sein.

In den Konkrementen der menschlichen Harnwege wollen Fourquoy und Vauquelin¹⁾ Kieselsäure gefunden haben; seit mehr als 100 Jahren ist diese Angabe aber unbestätigt geblieben.

In den Harnwegen der pflanzenfressenden Tiere sind dagegen kieselsäurehaltige Konkreme schon sehr lange bekannt. So beschrieben Koningk und Wurzer²⁾ solche. Liebner³⁾ beschrieb Harnröhrensteine der Schafe, in denen sich neben 11,03% organischer Substanz und 11,62% Kalk 6,24% Schwefelsäure und 71,05% Kieselsäure befanden. Einige seitdem über tierische Kieselsteine erschienene Arbeiten gebe ich nach der neuesten Zusammenstellung von Klimmer⁴⁾ wieder. Nach diesem Autor kommen Blasensteine bei wilden und zahmen Tieren, mögen sie nun Pflanzen- oder Fleischfresser sein, vor, und zwar in allen Ländern. Natürlich fehlt es aber noch sehr an Analysen dieser Steine. Unter Ochsen und Schafen kommt die Steinkrankheit, und zwar auch die mit Kieselsäure, endemisch vor, während unsere Säure in den Pferdesteinen bisher nur selten gefunden wurde. Die Rindersteine enthalten dagegen meist Kieselsäure.

¹⁾ Fourquoy und Vauquelin, Mém. de l'Institut national, Bd. 4, Paris 1803, S. 162 und 395.

²⁾ Koningk u. Wurzer, Schweiggers Journal, Bd. 36, 1822, S. 321.

³⁾ Liebner, Chemische Untersuchung von Harnröhrensteinen der Schafe. Buchners Repert., Bd. 15, 1866, S. 32.

⁴⁾ M. Klimmer, Über Harnsteine unserer Haussäugetiere. Arch. d. wissensch. und prakt. Tierheilkunde, Bd. 25, 1916, S. 336.

Dammann¹⁾ fand in einem Falle neben 1,1% Magnesia, 0,7% Phosphorsäure und 0,3% organischer Substanz nicht weniger als 97,9% Kieselsäure.

Die Harnsteine der Schafe und Ziegen stimmen in ihrem chemischen und physikalischen Verhalten im allgemeinen mit jenen der Rinder überein. Lintner²⁾ in Weyhenstephan gibt als Zusammensetzung in einem Falle an: Kieselsäure 71,05% + Schwefelsäure 6,24% + Kalk 11,62% + Eisen und Magnesia in Spuren + 11,03% organische Substanz. Dammann³⁾ beschrieb bei diesen Tieren massive gelbbraune Steine aus Kieselsäure (30%), umgeben von Magnesium und Calciumcarbonat (60%) und durchsetzt von 7% organischer Binde-substanz. In den Blasensteinen der Hunde, Katzen und Schweine ist SiO_2 bisher nicht gefunden.

Als Ursache der Steinbildung wird von Dammann 1897 für die Kieselsäuresteine der Zugochsen übermäßige Kartoffel- und Schlempefütterung angesprochen, da nach deren Sistierung weitere Erkrankungen nicht vorkamen. Pflug⁴⁾ führt die Bildung von Steinen, die außer SiO_2 auch Calciumcarbonat, Calcium- und Magnesiumphosphat und Tripelphosphat enthielten, auf knappe Darreichung von Wasser (mineralreichem) und von Futter, das an erdigen und salzigen Bestandteilen reich war, zurück. Dammann glaubt, daß die reichlichen sauren Phosphate des Harns, die durch die Kartoffelnahrung bedingt waren, den Harn sauer machten und die Kieselsäure ausfällten.

Mir selbst standen durch gütige Vermittlung von Prof. Brandl in München vier beliebige Rinderharnsteine aus dem Institute von Prof. Kitt in München zur Verfügung, über die ich kurz folgendes mitteile.

Stein I von Erbsengröße, 0,5 g schwer, war in verdünnter Salzsäure unter Aufbrausen völlig löslich. Kieselsäure war nicht nachweisbar.

Stein II von Bohnengröße, 1,4 g wiegend, von grauer Farbe, leicht zerreiblich, war in verdünnter Salzsäure ohne Gasentwicklung zum größten

¹⁾ Dammann, Deutsche tierärztl. Wochenschr., Bd. 5, 1897, S. 435.

²⁾ Lintner, siehe bei May, Wiener Vjschr. f. Vet., Bd. 27, S. 158.

³⁾ Dammann, Magaz. f. d. ges. Tierheilkunde, Bd. 36, 1870, S. 450.

⁴⁾ Pflug, Adams Wochenschrift, Bd. 3, S. 17.

Teil löslich. Er enthielt im wesentlichen Kieselsäure, deren Menge 0,071% des Steines ausmachte.

Stein III, offenbar von demselben Tier stammend, bohngroß, grauweiß, leicht zerreiblich, in verdünnter Salzsäure ohne Gasentwicklung zum größten Teil löslich. Der unlösliche Teil enthielt im wesentlichen Kieselsäure, deren Menge ebenfalls 0,071% des Steines ausmachte.

Stein IV, 1,74 g schwer, besteht aus einer Anzahl kleiner erbsenförmigen Partikel, die sehr hart sind. Salzsäure entwickelt daraus sehr reichlich Kohlensäure, löste aber keineswegs alles. Mit Hilfe der Fluor-ammonmethode wurden 8 mg SiO_2 nachgewiesen, d. h. 0,46% des Steines.

Also waren von vier beliebig herausgegriffenen noch nicht analysierten Rinderharnsteinen drei in geringem Grade kiesel-säurehaltig. Dies stimmt zu der Ansicht, daß in den Steinen der Rinder sehr oft Kieselsäure enthalten ist. Allerdings scheint ihre Menge sehr beträchtlich schwanken zu können.

Auch über flüssige Kieselsäureausscheidung durch den Harn von Rindern bei normaler Fütterung bin ich dank dem Entgegenkommen von Geh. Rat N. Zuntz in Berlin in der Lage, einige Mitteilungen machen zu können, die er unserm Institute zur Veröffentlichung überlassen hat.

Es handelt sich um Stoffwechselversuche, die zu einer noch nicht gedruckten Versuchsreihe über die sogenannte Lecksucht gehören. Diese Versuche wurden von Dr. Strigel, jetzt Abteilungsvorsteher in Pommritz, ausgeführt. Uns interessiert daran das Folgende.

Die Versuchstiere wurden sämtlich nur mit Heu, zum Teil unverändertem, zum Teil chemisch präpariertem gefüttert. Das Protokoll der ersten vier Versuchsreihen befindet sich in den Händen des Landwirtschaftlichen Ministeriums in Berlin; von den übrigen gebe ich folgende Daten:

Versuch 5 A: Kalb von durchschnittlich 72,5 kg Gewicht. Das täglich verfütterte Heu im Gewicht von 1,328 kg Trockensubstanz enthielt 84,45 g Asche, darin 9,91 g SiO_2 ; im Tagesharn fanden sich 0,366 g SiO_2 .

Versuch 5 B: Dasselbe Heu wird mit Alkali gekocht und ausgewaschen. Kalb 7, im Gewicht von 87 kg. Täglich verzehrt 1425 g Heutrockensubstanz mit 61,07 g Asche, darin 12,05 g SiO_2 . Im Harn 0,24 g SiO_2 .

Versuch 6 A: Dasselbe Heu gedämpft. Kochsalzzugabe zum Futter. Gewicht des Tieres 75,6 kg. Verzehr täglich 1,180 kg Heutrockensubstanz mit 40,6 g Mineralstoffe, darin 7,39 g SiO_2 , im Tagesharn 0,236 g SiO_2 .

Versuch 6 B: Dasselbe Heu mit verdünnter Salzsäure ausgelaugt. Dem Futter werden zugegeben 10 g Calciumphosphat, 30 g Calciumcarbonat, 3 g Natriumcarbonat bis zur Herstellung alkalischer Reaktion. Gewicht

des Tieres 97 kg. Verzehr täglich 1,863 kg Heutrockensubstanz mit 78,9 g Asche, darin 13,74 g SiO_2 , im Harn 0,29 g SiO_2 .

Versuch 7 A: Braunheu vom Jahre 1903. Gewicht des Tieres 160,9 kg. Tageseinnahme 3,616 kg, Heutrockensubstanz mit 217,7 g Mineralstoffen, darin 21,45 g SiO_2 , im Harn 0,63 g SiO_2 .

Versuch 7 B: Kalb von 137,2 kg. Tageseinnahme 2,692 kg mit 172 g Asche, darin 15,3 g SiO_2 , im Harn 0,526 g.

Versuch 8 A: Heu einer meliorierten Wiese, erster Schnitt vom Jahre 1904, keine Salzbeigabe. Gewicht des Tieres 158 kg. Tageseinnahme 3,485 kg Trockenheu mit 192 g Asche, darin 24,58 g SiO_2 , im Tagesharn 0,5 g SiO_2 .

Versuch 8 B: Das Heu des vorigen Versuchs mit Zugabe von täglich 20 g Calciumphosphat, 4 g Natriumbicarbonat, 3,5 g Chlornatrium. Verzehr täglich 3,698 kg Heutrockensubstanz mit 199,1 g Mineralstoffe, darin 26,1 g SiO_2 , im Tagesharn 0,33 g.

Versuch 9 A: Heu einer meliorierten Wiese aus dem Jahre 1904, erster Schnitt ohne Salzbeigabe. Tiergewicht 177,6 kg. Im Tagesheu 2,778 kg Trockensubstanz, 181,6 g Asche, darin 16,23 g SiO_2 , im Tagesharn 0,731 g.

Versuch 9 B: Heu einer mit Natriumsalpeter gedüngten meliorierten Wiese. Tiergewicht 171 kg. Tagesverzehr 3,324 kg Heu mit 157,0 g Mineralstoffe, darin 16,51 g SiO_2 , im Tagesharn 0,435 g SiO_2 .

Versuch 10 A: Fütterung mit Grummet von einer meliorierten Wiese, Tiergewicht 127,2 kg. Tagesverzehr 2,032 kg Heutrockensubstanz mit 136 g Mineralstoffe, darin 22,7 g SiO_2 , im Tagesharn 0,540 g SiO_2 .

Versuch 10 B: Braunheu der Ernte 1904, mittleres Tiergewicht 85,7 kg. Verzehr täglich 1,311 kg Heutrockensubstanz mit 79,3 g Asche, darin 89,67 g SiO_2 , im Harn 0,240 g SiO_2 .

Vielleicht interessiert die Leser noch folgende Zusammenstellung über den wechselnden Kieselsäuregehalt des in Rede stehenden Heues verschiedener Ernte:

Von demselben fand sich im Heu des Jahres 1902:	0,58% SiO_2 ,
	1903: 0,72% SiO_2 ,
	1904: 0,69% SiO_2 .

Es wurden ferner verschiedene Schnitte desselben Jahrgangs 1904 in bezug auf ihre Zusammensetzung verglichen. Da ergab sich in einem ungewöhnlich früh geschnittenen Heu 0,66% SiO_2 , im normalen ersten Schnitt 0,69%, im Grummet 1,03% und im dritten Schnitt der zu früh geschnittenen Wiese 0,89%.

Diese Versuche beweisen, daß die Kieselsäure, in Form von Heu gefressen, beim Kalb resorbierbar ist und zum Teil durch den Harn wieder ausgeschieden wird. Offenbar enthält der Harn aller Pflanzenfresser regel-

mäßig Kieselsäure, falls das Futter nicht zu arm daran ist. Im Harn der Kaninchen hat sie schon Siegfried¹⁾ nachgewiesen.

Daß im Kot des normalen und kranken Menschen dauernd reichlich Kieselsäure enthalten ist, beweist natürlich für ihre Ausscheidung als Endprodukt des Stoffwechsels gar nichts. Wie beim Eisen müssen wir im Kot den unresorbiert gebliebenen Teil des Nahrungseisens und der Nahrungskieselsäure von dem durch die Galle und durch die Darmschleimhaut ausgeschiedenen Teile unterscheiden; dies ist zur Zeit aber für die Kieselsäure noch nie versucht. Ob die resorbiert gewesene und vom Körper als überschüssig oder als abgenutzt ausgestoßene Kieselsäure zum Teil durch die Darmdrüsen ausgeschieden wird und mit dem Kot weggeht, ist mithin eine noch nie studierte Frage.

Ich habe S. 269—270 besprochen, daß der schleimhautfreie Teil des Dünndarms kieselsäurehaltig ist. Es schien Kobert wünschenswert, die Mucosa und Submucosa ebenfalls auf ihren SiO_2 -Gehalt zu prüfen. Falls eine Aufnahme oder Ausscheidung durch diese stattfindet, muß in ihr eine gewisse Menge von Kieselsäure anzutreffen sein. Falls diese von der Nahrung herrührt und also lediglich resorbierte ist, muß bei einer Dreiteilung des Darmes (oberer Dünndarm, unterer Dünndarm, Dickdarm) das oberste Drittel am reichsten und das unterste am ärmsten daran sein. Handelt es sich dagegen um Ausscheidung von Kieselsäure durch die Darmschleimhaut, dann werden alle drei Teile gleich viel enthalten, ja vielleicht sogar der Dickdarm durchschnittlich mehr als der mittlere Teil. Die nachstehenden Versuche sollten diese Frage klären (Tab. III).

Die Technik dabei war folgende. Der möglichst gut ausgeblutete Darm wurde der Länge nach geöffnet und aufs sorgfältigste von Speiseresten bzw. Kot befreit, indem er wiederholt mechanisch gereinigt und dann mit Wasser abgespült wurde. Alsdann wurde der Dünndarm in eine obere und eine untere Hälfte, einmal auch in Drittel zerlegt. Der Dickdarm bildete einen Abschnitt für sich. Alle Abschnitte wurden nun auf Glasplatten mittels eines stumpfen Messers

¹⁾ Alfr. Siegfried, Ein Beitrag zur Kenntnis des physiol.-chem. und pharmak. Verhaltens des kieselsauren Natrons usw. Diss. Rostock 1900.

Tabelle III.

Mucosa und Submucosa des Darmes.

Lfd. Nr.	Welcher Darmabschnitt?	stammt woher?	Menge der fettfreien Trocken- substanz	Asche in Prozen- ten der Trocken- substanz	SiO ₂ -Gehalt der		Durchschnitt d. SiO ₂ -Gehalt. der Asche
			g	%	Asche	Trock. Subst.	
			g	%	%	%	%
1	Dünndarm oberes Stück	verbluteter Mann	4,2	3,34	13,26	3,09	} 6,31
2	„	verblutete Frau	2,0	8,95	4,47	0,40	
3	„	50 jähriger Mann	11,1	3,24	2,57	0,58	
4	Dünndarm oberstes Stück	27 jähr. Mädchen	9,0	3,06	5,86	1,28	
5	Dünndarm mittl. Stück	„	5,0	2,83	5,40	1,60	
6	Dünndarm unteres Stück	verbluteter Mann	10,42	4,89	3,92	0,19	} 4,35
7	„	verblutete Frau	2,0	8,95	4,47	0,40	
8	„	50 jähr. Mann	3,2	3,00	3,62	0,68	
9	Dünndarm unterstes Stück	27 jähr. Mädchen	5,0	2,83	5,40	1,60	
10	Dickdarm	verblutete Frau	2,7	6,00	5,55	0,33	} 5,44
11	„	normaler Mann	5,5	5,42	5,26	0,29	
12	„	27 jähr. Mädchen	1,0	4,80	5,71	1,92	
13	„	50 jähr. Mann	1,75	1,43	5,29	0,42	
14	Dünndarm obere Hälfte	} kräftiger, gesunder mittelgroßer Hund, entblutet	10,5	1,03	6,09	0,41	—
15	Dünndarm untere Hälfte u. Dickdarm		14,0	0,73	8,28	0,49	—
16	Ausscheidungen eines ausgeschalteten Dickdarms	kräftiger Landarbeiter	15,2	0,77	3,15	0,03	—

oder Messerrückens mechanisch abgeschabt, wobei Mucosa und Submucosa sich ablösen und zwar in Form eines feuchten weißgrauen Breies. Dieser wurde sofort unter Alkohol gebracht und der Alkohol nach dem Hartwerden gewechselt. Zuletzt wurde mittels Äther im Soxhletschen Apparate das Fett quantitativ entfernt. Mit dem Fett gehen natürlich auch die Lipoide zum größten Teil mit fort. Die Menge dieser entfetteten und getrockneten Mucosa findet sich in Tabelle III in Grammen, dann weiter die daraus gewonnene Asche in Prozenten, ferner die SiO_2 -Menge in Prozenten der Asche und in Prozenten der Trockensubstanz. Der letzte Stab der Tabelle enthält die Durchschnitte der Prozente für die drei Darmabschnitte. Diese Zahlen sind die für uns hier maßgebenden. Wie wir erwarten mußten, ist der Kieselsäuregehalt der der Kieselsäureresorption entsprechenden Schleimhaut der oberen Dünndarmhälfte relativ groß, nämlich im Durchschnitt 6,31% der Asche. Die 5 Bestimmungen, aus denen sich diese Zahl zusammensetzt, zeigen jedoch selbstverständlich beträchtliche Unterschiede, indem wahrscheinlich der verblutete Mann auf der Höhe der Verdauung war und daher 13,2% SiO_2 lieferte, während der unter Nr. 3 aufgeführte 50jährige Mann wahrscheinlich nüchtern war und nur 2,57% SiO_2 lieferte. Bei dem unteren Dünndarm und bei dem Dickdarm ist die Schwankungsbreite erheblich geringer, weil hier nicht Resorption, sondern Ausscheidung vorwiegt oder sogar einzig und allein in Frage kommt. Namentlich für den Dickdarm möchte Kobert dies durchaus behaupten. Sämtliche vier Analysen für den Dickdarm ergeben über 5,2% der Asche an SiO_2 ; der Durchschnitt ist 5,44%. Da auch bei dem 50jährigen Manne, dessen Kieselsäureresorption so gering war, sich 5,29% ergeben haben, kann dies eben nicht Aufnahme, sondern nur Ausscheidung sein. Die Zahlen für den unteren Dünndarm liegen bei drei Personen unter 5%; der Durchschnitt für alle vier beträgt 4,35%. Zur Prüfung der Richtigkeit der hier entwickelten Anschauungen entblutete Kobert einen gesunden kräftigen Mittelhund nach 6stündigem Hungern, und ich teilte seinen vom Magen abgeschnittenen ganzen Darmkanal

in zwei gleiche Hälften. Die obere, lediglich aus Dünndarm bestehende Hälfte lieferte 6,09% seiner Mucosaasche an SiO_2 , die andere aus unterem Dünndarm und Dickdarm bestehende Hälfte dagegen lieferte 8,28%. Also auch am nüchternen Hunde überwog die Kieselsäuremenge des unteren Darmabschnittes die des oberen. Damit ist die Richtigkeit der Anschauung, daß der untere Darmabschnitt, wie er Kalk, Magnesia und Phosphorsäure abgibt, so auch Kieselsäure ausscheidet, äußerst wahrscheinlich gemacht und zwar sowohl für den Menschen als für den Hund.

Zur Gewißheit konnte diese Anschauung nur erhoben werden, wenn es gelang, mit Hilfe eines im untersten Dünndarmabschnitt anzulegenden Anus praeternaturalis den Dickdarm für mehrere Wochen von der Beförderung des Dünndarminhaltes an den Anus ganz auszuschalten. Kobert¹⁾ war in der Lage, einen kräftigen Landarbeiter, dem wegen einer brandigen Hernie im untersten Dünndarmabschnitt ein solcher widernatürlicher After angelegt worden war, mehrere Monate lang beobachten zu können. Er hatte vortrefflichen Appetit und entleerte seinen gesamten Kot regelmäßig durch die Fistel. Der Dickdarm wurde nach der Operation wiederholt von der Fistel her ausgespült und war bald ganz leer, so daß das in ihn eingefüllte Spülwasser völlig frei von Galle und Kot wieder zutage kam. Nach einiger Zeit stellte sich jedoch etwa 2mal wöchentlich Stuhldrang ein und es kam jedesmal zur Entleerung von 1—3 grauweißlichen Klumpen, die nach der Analyse Dickdarmausscheidungen waren. Sie hatten Talgkonsistenz und enthielten Mucin, Epithelien, Eiweiß, Fettsäuren, Seifen, Neutralfette. In der Asche fanden sich Alkalien, Calcium, Magnesium, Eisen, Phosphorsäure. Ob auch Kieselsäure vorhanden war, wurde früher nicht untersucht. Ich erhielt jetzt die letzten im Besitze von Kobert befindlichen Reste solcher unter Alkohol aufbewahrten Klumpen. Sie waren drei Monate nach Anlegung der Fistel entleert, konnten also un-

¹⁾ R. Kobert und W. Koch, Einiges über die Funktion des menschlichen Dickdarms. Deutsche med. Wochenschr., Jahrg. 1894, Nr. 47.

möglich noch Reste von Kot enthalten. Während die aus den ersten zwei Monaten einen mittleren Aschengehalt von 27,88%, berechnet auf Trockensubstanz, ergeben hatten, ergaben diese die unter Nr. 16 in der Tabelle aufgeführten Werte. Der Dickdarm hatte eben offenbar wegen langen Nichtgebrauches seine ausscheidenden Funktionen für unorganische Stoffe vermindert. Trotzdem ergab sich 3,15% der Asche an Kieselsäure. Damit ist die Ausscheidung von Kieselsäure durch die Dickdarmschleimhaut des Menschen exakt erwiesen.

4. Über die Beziehungen der Kieselsäure zu den Lungen und über den Kieselsäuregehalt einiger Pflanzen.

Mit der Frage, ob die Lungen Kieselsäure enthalten, hat sich zuerst Kußmaul¹⁾ beschäftigt. Da er in der Asche der Lunge eines 14tägigen Kindes gar keine Kieselsäure und in der eines $\frac{3}{4}$ Jahre alten nur Spuren davon fand, in der von Erwachsenen aber ausnahmslos, so folgert er, daß die Lunge an sich kieselsäurefrei ist und nur durch Einatmen von Kieselstaub, dem sich niemand auf die Dauer entziehen kann, allmählich kieselhaltig wird. Diese Kieselsäure ist also nach ihm nur ein Fremdkörper, der mit den normalen Funktionen des Organes gar nichts zu tun hat.

Zu den an Bindegeweben reichen Organen des Menschen müssen die Lymphknoten gerechnet werden. Es ist daher nach dem S. 266 Gesagten zu vermuten, daß sie durchweg kieselhaltig sind. Bisher wurden leider nur die an den Bronchien sitzenden sogenannten Bronchialdrüsen darauf untersucht. Wrokressenski²⁾ analysierte diese Gebilde von sechs Personen und fand in deren Asche im Durchschnitt 29,2% Kieselsäure. Die Schwankungen waren allerdings groß. Den höchsten Gehalt lieferte ein an Pyelonephritis gestorbener Müller, nämlich 55,6%, den niedrigsten ein an Abdominal-

¹⁾ Kußmaul, Deutsches Archiv f. klin. Med., Bd. 2, S. 89.

²⁾ Wrokressenski, Untersuchungen der Lunge und der Bronchialdrüsen auf Kieselsäure. Wratsch, Jahrg. 19, 1899, S. 405. Ref. in Malys Jahresber., Jahrg. 29, 1899, P. 496.

typhus gestorbenes 18jähriges Mädchen mit 6,03% der Asche an SiO_2 . Wie bei den Steinhauern durch fortwährendes Einatmen von feinem Kieselstaub eine krankhafte, besonders reichliche Einlagerung unlöslicher Kieselstaubteilchen in die Lunge und in deren Lymphknoten, d. h. sogenannte Chalkosis pulmonum, entsteht, so dürfte auch bei Müllern durch Einatmen des Staubes von Mehl und Kleie, die ja kieselsäure-reich ist, eine analoge Anreicherung der Lunge und der Bronchiallymphknoten entstehen und daher der Gehalt von 55,6% SiO_2 in der Asche dieser Knoten bei dem Müller als krankhaft erhöht angesehen werden müssen. Irgend welche resorptive Wirkungen können die Silikatmengen des Kieselstaubes bei Steinhauern und Müllern natürlich nicht ausüben, da sie über die regionären Bronchiallymphknoten nicht hinausgelangen. Sie sind eben unlösliche Massen, die mit der Kieselsäure des normalen Organismus auf keinen Fall in einen Topf geworfen werden dürfen. Dieselbe Überlegung muß angestellt werden mit Bezug auf die von Wrokressenski gefundenen Werte für die Lunge. Die Asche der Lunge von sechs Personen enthielt im Durchschnitt 10,88% SiO_2 . Das sicher als pathologisch zu erklärende Maximum ergab die des genannten Müllers mit 33,7% und das Minimum die einer 19jährigen Wirtschafterin mit 3,5%. Ob man den oben genannten Befund von 6,03% SiO_2 in den Bronchiallymphknoten eines jungen Mädchens und den von 3,5% in der Lunge der Wirtschafterin als normal bezeichnen darf, möchte ich offen lassen, da immerhin auch hier Kieselstaub der Einatemungs-luft mit in Frage kommen kann. Ich will mich vorsichtig lieber dahin aussprechen, daß die Mengen des physiologischen Gehaltes an SiO_2 für Lunge und bronchiale Lymphknoten wohl noch niedriger liegen.

Auf Koberts Veranlassung hat sein ehemaliger Schüler, der Lungenspezialist Goswin Zickgraf,¹⁾ einige Lungensteine von Tuberkulösen chemisch untersucht und als erster

¹⁾ Gosw. Zickgraf, Über die Beteiligung der Kieselsäure an der Bildung von Lungensteinen. Brauers Beiträge zur Klinik der Tuberkulose, Bd. 5, 1906, S. 399.

darin neben dem in allen Lehrbüchern angeführten Kalk auch Kieselsäure nachgewiesen, und zwar natürlich nicht eingeatmeten Silikatstaub, sondern vom Organismus zu Heilzwecken abgelagerte Kieselsäure. Mit demselben Thema haben sich dann Gerhartz und Strigel¹⁾ beschäftigt, nach denen ich zunächst einen mir weder im Original noch in einem guten Referat zugängigen französischen Autor zu Wort kommen lasse. Gerhartz und Strigel zitieren als Beweis, daß verarbeitetes tuberkulöses Lungengewebe nicht besonders kieselsäurereich ist, Robin,²⁾ bei dem es heißt: La silice s'élevait en moyenne à 0,0185 % de matière fraîche et à 1,481 % de résidu minéral. Dans les poumons de notre cinquième tuberculeux elle atteignait 0 g. 0,012 % de matière humide et 1,158 % de résidu minéral, soit une diminution dans tous les sens, ce qui indique que le poumon tuberculeux n'a pas le pouvoir de retenir sa silice de constitution. Einige Zeilen weiter heißt es: Le poumon tuberculeux perd une notable proportion de sa silice sans possibilité de la retenir. Gegen diese Ausführungen läßt sich einwenden, daß in den untersuchten Lungen die Abheilungsprozesse nicht genügend im Vordergrund standen. Gerhartz und Strigel analysierten einen Lungenstein, der gar keine Kieselsäure enthielt, sondern nur Calciumphosphat (61,29 %), Calciumcarbonat (23,42 %) und Magnesiumcarbonat (5,96 %). Sie schließen daraus, daß der Befund Zickgrafs gar keine Bedeutung habe und nicht im entferntesten als Beleg für die Selbstheilung der Lungenschwindsucht durch Kieselsäureeinlagerung angezogen werden könne. Nach Kobert und nach meiner eigenen Ansicht ist diese Behauptung viel zu weitgehend. Bei allen Krankheiten gibt es eine Grenze, wo die Heilkraft des Organismus aufhört. So sagen z. B. Arno

¹⁾ H. Gerhartz und A. Strigel, Über Lungensteine und Kieselsäurebehandlung. Brauers Beiträge zur Kenntnis der Tuberkulose, Bd. 10, Heft 1.

²⁾ A. Robin, Composition chimique et minéralisation de poumon chez l'individu sain et chez le phtisique. Application à la physiol. pathol. et à la thérap. de la phtisie pulmonaire. Bull. mens. de la Soc. d'Études scientif. sur la Tuberc. Févr. 1907, S. 24 des Sep.-Abdr.

Ed. Lampé und Lavinia A. Lampé,¹⁾ daß sie wiederholt darauf aufmerksam gemacht haben, daß folgendes biologisches Gesetz existiert: «Mit zunehmender Erkrankung nehmen z. B. bei Lungentuberkulose und bei Carcinom die Abwehrkräfte des Organismus oder seine Reaktionsfähigkeit immer mehr ab und versagen schließlich». Für jeden Arzt, der wie Kobert längere Zeit hindurch schwerkranke Tuberkulöse scharf beobachtet hat, ist dies eine altbekannte Tatsache. Es versteht sich von selbst, daß bei der Frage der Ausheilung nicht zu schwerer Phthise von derartigen Fällen ganz abgesehen werden muß. Bei sehr vielen Phthisikern finden wir bei der Sektion gar keine Heilbestrebungen der Natur; bei einigen finden wir ungenügende; bei einzelnen aber erstaunlich vollkommene, dank deren die betreffenden die schwere Erkrankung jahrzehntelang überstehen konnten. Schulz²⁾ und Kobert³⁾ haben nun von der Tatsache ausgehend, daß das Lungenbindegewebe kieselsäurereich ist, und daß bei der fibrösen Form der Phthise dieses Bindegewebe enorm zunimmt und im Kampf mit der Krankheit häufig den Sieg davon trägt, den Gedanken ausgesprochen, daß die wesentlichste unorganische Substanz des Lungenbindegewebes, das Silicium, daran mitbeteiligt ist, und daß die Zufuhr gelöster Kieselsäure in möglichst harmloser Form diesem Heilbestreben zu Hilfe kommt. Da Koberts Anschauungen von einigen Widersachern nicht ganz im richtigen Licht wiedergegeben sind, und da bei diesen Gegnern der Verdacht vorhanden zu sein scheint, als ob Kobert für irgend ein gewinnbringendes Mittel Reklame zu machen beabsichtige,

¹⁾ A. Ed. Lampé u. L. A. Lampé, Vergleichende Untersuchungen über die im Serum von Basedowkranken auftretenden komplementbildenden Antikörper und Abwehrfermente. Deutsches Archiv f. klin. Med., Bd. 120, 1916, S. 424.

²⁾ Außer den in vorstehender Arbeit schon angeführten zwei Archivarbeiten von K. Schulz vgl. auch Münchn. med. Wochenschr. 1902, S. 440.

³⁾ R. Kobert, Schlußbemerkungen zu der Arbeit seines Schülers Alfr. Siegfried, Ein Beitrag zur Kenntnis des physiologischen und pharmakologischen Verhaltens des kieselsauren Natriums etc. Archives internationales de Pharmacodyn. et de Thér., Bd. 9, 1901, S. 285.

erscheint es mir notwendig, seine Ausführungen wörtlich wiederzugeben. Er sagt an der angeführten Stelle:

«Die Frage, ob kieselsaures Natrium pharmakotherapeutisch verwendbar ist, durfte bisher eigentlich überhaupt nicht am Menschen geprüft werden, weil immer noch einzelne hochangesehene Gelehrte, wie A. v. Vogl in Wien, für die Giftigkeit dieses Präparates eintraten. Erst durch die vorstehende Arbeit von Siegfried ist die relative Ungiftigkeit des Mittels bei innerlicher Eingabe erwiesen und damit die Vorbedingung für Versuche am kranken Menschen erfüllt. Es ist daher an der Zeit, zu überlegen, welche Krankheiten zur Behandlung mit Natrium silicicum purissimum sich etwa eignen könnten. Mir scheinen die folgenden vielleicht Berücksichtigung zu verdienen. (Ich übergehe Nr. 1—4.)

5. Wir haben erfahren, daß die Schuppen der Haut bei Ichthyose relativ reich an Kieselsäure sind. Wir dürfen wohl daraus schließen, daß diese Säure bei Hyperkeratosen mit im Spiele ist, und werden sie daher bei dieser Krankheitsgruppe als kontraindiziert betrachten, aber umgekehrt in Fällen mangelhafter Hornhautbildung unser Mittel empfehlen, um entweder die reichliche Bildung verhornender Epidermis anzuregen oder um die Resistenzfähigkeit der Hornschicht zu erhöhen. Ich möchte die Herrn Dermatologen auf diesen Punkt besonders hinweisen.

6. Noch wichtiger scheint mir die Beziehung der Kieselsäure zum Bindegewebe und zwar speziell der Lunge zu sein. Der pathologische Anatom und der Lungenanatomist unterscheiden bekanntlich zwei Formen der Phthisis pulmonum, die Zerfallsphthise und die fibröse Phthise. Erstere gibt eine schlechte Prognose, letztere eine bessere. Als Direktor der Brehmerschen Lungenheilstätte zu Görbersdorf habe ich nun unablässig nachgedacht, welches unschädliche Arznei- oder Nahrungsmittel man wohl den Kranken lange Zeit hindurch bequem reichen könne, um dem Zerfalle vorhandener tuberkulöser Lungeninfiltrate vorzubeugen und die Bildung haltbarer fibröser Narben herbeizuführen. Bei Durchsicht aller überhaupt vorhandenen Stoffe blieben meine Gedanken nur bei zweien haften, nämlich bei Kalk und bei den Kieselsäurepräparaten. Unter dem Einfluß der Vorstellung, daß kranke Lungenstellen durch Verkalkung ausheilen können, ist bekanntlich Lippspringe ein sehr berühmter Lungenkurort geworden. Wir sind von der Vorstellung, daß Trinken kalkreicher Quellwässer den tuberkulösen Lungenprozeß günstig beeinflusse, auf Grund vieljähriger Prüfung durch die hervorragendsten Kliniker allerdings zurückgekommen. Die Verkieselungstheorie ist aber noch nie genauer geprüft worden, obwohl sie eines eben so sorgfältigen Studiums durch die Lungenspezialisten wert ist als die Verkalkungstheorie. Es ist nicht undenkbar, daß kieselsäurereiches Bindegewebe haltbarer ist als kieselsäurearmes. Durch die erst nach meiner Görbersdorfer Zeit erschienene, oben erwähnte Arbeit von H. Schulz, wonach gerade das Bindegewebe zur Kieselsäure in der Tat die längst

vermutete intime Beziehung hat, ist mir die Berechtigung meiner damaligen Überlegungen von Neuem klar geworden. Da ich durch meine Wegberufung von Görbersdorf an der Ausführung von Vorversuchen an vielen geeigneten Patienten verhindert worden bin, habe ich gleich nach Abschluß unserer Tierversuche meinen Görbersdorfer Kollegen, Herrn Direktor Dr. Weicker, ersucht, die Vorversuche an Menschen in die Hand zu nehmen. Ich habe ferner die Veröffentlichung dieser Zeilen ein ganzes Jahr hinausgeschoben, um ihm Zeit für solche Vorversuche zu lassen. Ich möchte auch jetzt nur so viel sagen, daß die Unschädlichkeit der Darreichung mäßiger Dosen dieses Salzes in viel Flüssigkeit gelöst zur Genüge klargelegt ist. Ob therapeutische Resultate bei der Behandlung Schwindsüchtiger mit Natrium silicicum purissimum erzielbar sind, darüber kann zur Zeit noch nichts ausgesagt werden; es soll aber später darüber berichtet werden.»

Außer Weicker haben auch Weißmayr, Rohden und namentlich Koberts Schüler Zickgraf die von Kobert angeschnittene Frage weiter verfolgt. Weißmayr und Rohden äußerten sich brieflich sehr befriedigt über diese Behandlungsmethode. Zickgraf¹⁾ wies zunächst nach, daß nach Trinken von Lösungen des Natrium silicicum purissimum dies z. T. im Harn des Patienten wiedererscheint, mithin resorbierbar ist und in allen Organen des Körpers kreist. Weiter hat er, veranlaßt durch Siegfrieds Versuche über die Einwirkung des kieselsauren Natrons aufs Blut, das Blutbild seiner Patienten studiert und gefunden, daß durch das Mittel eine Vermehrung der mehrkernigen Leukocyten, also eine Verbesserung des Blutbildes im Sinne Arnehts auftritt. Dieselbe Wirkung trat ein, wenn er²⁾ das kieselsäurehaltige Wasser der Glashäger Mineralquelle trinken ließ. Unter Beachtung der normalerweise im Laufe des Tages vorkommenden Schwankungen der Leukocytenzahl hat auf Koberts Veranlassung, aber unabhängig von ihm, unter Kontrolle der Rostocker medizinischen Klinik Simi Schwarz³⁾ die Versuche über den Einfluß des Glashäger Wassers auf das Blutbild als

¹⁾ Siehe das Zitat oben auf S. 281.

²⁾ Gosw. Zickgraf, Über die Darreichung von kieselsäurehaltigem Mineralwasser in Lungenheilstätten. Zentralbl. f. innere Med. 1908, Nr. 20.

³⁾ Simi Schwarz, Die Einwirkung eines kieselsäurehaltigen Mineralwassers usw. auf die Zahl der Leukocyten im menschlichen Blute. Dissert. Rostock 1911.

erster nachgeprüft. Nachdem er 174 Tage lang Vorversuche ohne Kieselsäure gemacht hatte, ging er zur Darreichung des Glashäger Wassers über, das damals im Liter 42,7 mg Metakieselsäure enthielt.

Die Versuche zerfallen in vier Gruppen. Die erste besteht aus 20 Fällen, in denen drei Tage hintereinander je eine $\frac{3}{4}$ Literflasche Glashäger Wassers verabreicht wurde. Dieser Gruppe schließen sich 3 Fälle an, wo das doppelte Quantum, 3 mal 2 Flaschen gegeben wurde. Als dritte Gruppe dienen zum Vergleich 3 weitere Fälle, bei denen reines Brunnenwasser gegeben wurde. Und den Schluß bilden wiederum 4 Vergleichsfälle, an denen nur die physiologischen Leukocytenchwankungen ohne besondere Medikation beobachtet wurden.

Eine deutliche Einwirkung des Mineralwassers auf die Leukocytenzahl war in der Mehrzahl der Fälle vorhanden, und zwar betrug die Steigerung in

3 Fällen		0% des ursprünglichen Maximums (keine Wirkung),
10	› bis	40% des ursprünglichen Maximums (Minimum der positiven Wirkung),
10	› ›	fast 200% des ursprünglichen Maximums (Maximum der positiven Wirkung).

Die höchste absolute Steigerung war etwa 216% des Maximums.

Eine Hyperleukocytose durch das Kieselwasser war damit also von neuem erwiesen.

Kobert hat sich aber auch damit nicht begnügt, sondern hat noch einen dritten und vierten Forscher, nämlich den Heilstättenarzt Ladendorf¹⁾ und den bekannten Blutspezialisten Helwig²⁾ zur Nachprüfung der Frage nach verschiedenen Richtungen hin angeregt. Ladendorf bestätigte die günstige Wirkung auf Grund von Versuchen an seinen Patienten. Helwig prüfte an Tieren und Menschen unter peinlichster Ausschaltung aller Selbsttäuschung und Zufälligkeiten.

¹⁾ Ladendorf, Über die therapeutische Wirksamkeit der Kieselsäure. Zeitschr. f. Balneologie, Jahrg. 5, Nummer vom 15. Juni 1912.

²⁾ Helwig, Die Bedeutung der Kieselsäure für Phagocytose und Wundheilung. Zeitschr. f. Balneologie, Jahrg. 7, Nummer vom 1. Dez. 1914. — Derselbe, Der Einfluß mineralischer Lösungen auf das Blutbild und die Phagocytose. Ebenda, Jahrg. 8, Nummer vom 1. Juni 1915 und Veröffentl. der Zentralstelle f. Balneologie, Bd. 2, Heft 12 vom 5. Mai 1915.

Er hat darüber teils bereits im Druck berichtet, teils wenigstens eine kurze Zusammenfassung mündlich auf der Tagung in Rostock im Herbst 1916 gegeben. Nach diesen seinen mehrjährigen umfassenden Untersuchungen kann es nicht dem geringsten Zweifel mehr unterliegen, daß die oben besprochenen Wirkungen der Kieselsäure, in welcher Form sie auch dargereicht werden mag, sich erzielen lassen. Von der Glashäger Quelle kann dabei völlig abgesehen werden. Auf die Einzelheiten einzugehen, erscheint, bevor nicht der abschließende Bericht Helwigs gedruckt vorliegt, verfrüht.

Ganz unabhängig von Kobert und seiner Schule haben Prof. Rößle und Dr. Kahle im pathologischen Institut zu Jena die Abhängigkeit des Vernarbungsprozesses von einem gewissen Kieselsäuregehalt des Gewebes und der Gewebsflüssigkeiten dargetan. Nach Kahle¹⁾ ersieht man bei der Sektion von Phthisikern aus dem Gehalt des Pankreas an Kieselsäure, welche Form der Lungentuberkulose der betreffende Patient gehabt hat. Fehlt die nur mit Hilfe der Kieselsäure zu ermöglichende Induration der erkrankten Lungenpartien, so ist auch das Pankreas kieselsäureverarmt. Der betreffende Mensch hat dann entweder eine zu geringe Kieselsäurezufuhr gehabt, oder er hat die Fähigkeit, dies wichtige Element zu speichern, gänzlich verloren gehabt. An Tieren konnte Kahle ebenfalls zeigen, daß Kieselsäuregaben die Neigung tuberkulöser Prozesse zur fibrösen Induration und Abkapselung unterstützten. Nach Rößle²⁾ verändert Siliciumbehandlung tuberkulös infizierter Tiere das anatomische Bild der Tuberkulose so sehr, daß aus den Veränderungen mit Sicherheit zwischen behandelten und unbehandelten Tieren differenziert werden kann. Auch bei Porzellanarbeitern, die feinen Silikatstaub einatmen, der zum Teil löslich ist, sieht man nach Rößle, falls sie tuberkulös werden, hauptsächlich

¹⁾ Hanns Kahle, Einiges über den Kieselsäurestoffwechsel bei Krebs und Tuberkulose und seine Bedeutung für die Therapie der Tuberkulose. Münchn. med. Wochenschr. 1914, Nr. 14, S. 753.

²⁾ R. Rößle, Zur Siliciumbehandlung der Tuberkulose. Münchn. med. Wochenschr., 1914, Nr. 14, S. 756.

die fibröse Form der Erkrankung auftreten. Mit Tuberkulose schwer infizierte, scheinbar rettungslos verlorene Tiere zeigten schon am fünften Tage nach Einverleibung von Kieselsäurepräparaten im Gegensatz zu den Kontrolltieren deutliche Bindegewebsneubildung in den erkrankten Partien und vernarbende Vorgänge, welche an die Vernarbungsvorgänge beim Menschen erinnern. Dazu kommt, daß, wie Kobert feststellen konnte, ein Patient, der wegen unheilbarer Phthise von der Versicherungsanstalt als zur Aufnahme in eine Lungenheilstätte abgelehnt wurde und sich daraufhin von einem Kurpfuscher mit einem Tee lange Zeit hindurch behandeln ließ, in erfreulichster Weise sich besserte. Dieser Tee erwies sich als kieselsäurereich. Es erschien daher sowohl Kobert als anderen Autoren zeitgemäß, diese bisher von der Schulmedizin verachteten kieselsäurehaltigen Teearten des Volkes namentlich auf den wasserlöslichen und daher resorbierbaren Teil ihres Kieselsäuregehaltes hin wissenschaftlich zu prüfen. Diese Teesorten könnten ja eine doppelte Wirkung haben, d. h. die Bildung eines die fibröse Phthise bedingenden kieselsäurereichen Bindegewebes bzw. kieselsäurereicher Lungensteine einleiten sowie durch ihre Wirkung auf das Blut eine heilsame Leukocytose und damit einen Schutzwall von Leukocyten um die erkrankten Lungenstellen ermöglichen. Schulz¹⁾ hat als erster einen solchen Tee analysiert und in dem sogenannten Zinnkraut des Pfarrers Kneipp, d. h. in *Equisetum arvense*, 0,6% des Krautes an löslicher Kieselsäure gefunden. Gerhartz und Strigel²⁾ haben diese Untersuchungen fortgesetzt. Sie behandelten je 50 g der betreffenden Droge mit 750 ccm Wasser und ließen nach 30 Minuten Kochdauer die Substanz noch etwa 48 Stunden mit dem Wasser stehen. Dabei erhielten sie in den Auszügen folgende Werte an wasserlöslicher Kieselsäure:

¹⁾ H. Schulz, Einige Bemerkungen über Kieselsäure. Münchn. med. Wochenschr., Jahrg. 1902, S. 440.

²⁾ H. Gerhartz und A. Strigel, Über Kieselsäurebehandlung. Brauers Beiträge z. Klinik der Tuberkulose, Bd. 10, Heft 1.

für <i>Equisetum arvense</i>	0,49 g	entspr.	0,98 ⁰ / ₀
> <i>Urtica dioica</i>	0,09 g	>	0,18 ⁰ / ₀
> <i>Achillea millefolium</i>	0,08 g	>	0,16 ⁰ / ₀
> <i>Plantago spec.</i>	0,035 g	>	0,07 ⁰ / ₀
> <i>Veronica</i>	0,065 g	>	0,13 ⁰ / ₀

Sie schließen merkwürdigerweise, daß sie trotz der hohen Zahl (0,98⁰/₀) für *Equisetum* sich nicht für die Anerkennung eines Kausalzusammenhanges zwischen Kieselsäure-Aufnahme und Heilwirkung, falls eine solche überhaupt objektiver Kritik standhält, bekennen. Ich selbst ging von der Tatsache aus, daß die Patienten von Zickgraf und Schwarz schon nach dreitägigem Trinken von je einer Flasche, d. h. von $\frac{3}{4}$ Liter Glashäger Wassers eine wesentliche Leukocytensteigerung bekommen hatten. In diesen 750 ccm Brunnen sind nach der neuesten Analyse von Dr. Karl Kobert 40 mg SiO₂ enthalten. Ich verglich damit den SiO₂-Gehalt von 3 Tassen Tee. Dieser wurde in Anlehnung an die auf der Etiketle einer dieser Kräuterarten gegebenen Vorschrift folgendermaßen hergestellt. Je 50 g trockner Species, entsprechend der für 10 Tassen nötigen Kräutermenge, wurden mit einem Liter destilliertem Wasser ausgekocht, das Dekokt zwölf Stunden zum Abkühlen beiseite gestellt, von den hierbei sich absetzenden feinen Pflanzenteilen vorsichtig getrennt, zur Trockne verdampft, der gewogene Trockenrückstand verbrannt und in der trocknen Asche die vorher löslich gewesene Kieselsäure analytisch bestimmt, d. h. nach unlöslicher Abscheidung durch 3maliges heißes Behandeln mit konzentrierter Salzsäure zum staubtrocknen Pulver eingedampft und gewogen. Es wurde dann berechnet, wie viel SiO₂ auf drei Tassen, jede zu 5 g Kraut gerechnet, kommt. Da die meisten Volksvorschriften sogar 4 Tassen trinken lassen, ist die von mir berechnete Tagesmenge also eher kleiner, als sie bei den Volkskuren zu sein pflegt. Das Ergebnis des Vergleichs dieser 3 Tassen mit dem gleichen Volumen Glashäger Wasser zeigt die Übersicht auf S. 293, während aus Tabelle IV (S. 290—291) der Prozentgehalt dieser Drogen an Gesamtkieselsäure wie an wasserlöslicher, analog berechnet wie bei Gerhartz und Striegel (siehe oben),

Tabelle IV.

Lfd. Nr.	Deutscher Name, Volksbezeich- nungen der Droge	Wissen- schaftliche Benennung	Bezugs- quelle	Menge des ge- won- nenen Trock- Ex- traktes %	Wasserlös- liche Kieselsäure		Gesamt- Kieselsäure		Ge- samt- menge der Asche in der Droge %
					be- rechn. auf Asche %	be- rechn. auf Droge %	be- rechn. auf Asche %	be- rechn. auf Droge %	
1	Echter Puhlmann- Tee, Gesund- heitstee	Herba Galeopsis von Galeopsis ochroleuca Lam. s. G.	Puhlmann & Comp., Berlin	16,2	10,14	0,288	—	5,0	2,84
2	Blanken- heimer-Tee, Liebersche Kräuter	grandiflora Rth.	Caesar & Loretz, Halle-S.	16,6	26,87	0,892	—	3,4	3,32
3	Scheuertee, Pfarrer Kneipps Zinn- kraut	Herba Equiseti mi- noris d. h. die sterilen	Rats- apotheke in Ro- stock-M.	17,8	29,17	1,815	—	—	6,31
4	Tannenkraut, Feldschack- telhalm	Stengel und Wedel von Equisetum arvense L.	Caesar & Loretz, Halle-S.	11,5	18,87	0,732	80	9,4	3,88
5	Homerokraut, Weidemanns russischer Schwind- suchtstee	Herba Polygoni s. Centumno- dii s. sangui- nalis von	Caesar & Loretz, Halle-S.	15,6	64,10	0,350	—	1,8	2,72
6	Vogel- knöterich- kraut, Polypec	Polygonum aviculare L.	Vögen- teichplatz i. Rostock	13,0	59,40	1,407	15	1,4	2,44
7	Hirsetee	Semen Panici milia- cei	Samen- handlung Lebedé Rostock-M.	24,0	4,51	0,49	59	—	10,86
8	Roggenstroh- mehl	Stengel von Secale cereale	Rostock	4,0	13,04	0,30	49,27	12,3	2,30
9	Roggenkleie	Außenschicht des Samens Secale cereale	,	19,0	mini- mal	mini- mal	57,5	2,3	1,82
10	Meerkohl	Herba Crambes ma- ritimae	Heiligen- damm	35,3	22,90	1,65	—	2,6	14,32

Tabelle IV (Fortsetzung).

Lfd. Nr.	Deutscher Name, Volksbezeichnungen der Droge	Wissenschaftliche Benennung	Bezugsquelle	Menge des gewonnenen Trock-Extraktes %	Wasserlösliche Kieselsäure		Gesamt-Kieselsäure		Gesamtmenge der Asche in der Droge %
					be-rechn. auf Asche %	be-rechn. auf Droge %	be-rechn. auf Asche %	be-rechn. auf Droge %	
11	Blätter des Adlerfarns	<i>Pteris aquilina</i>	Rostocker Heide	3,7	8,73	0,16	61,86	3,46	0,55
12	Wedelstiele des Adlerfarns	„	„	1,7	5,79	0,20	10,28	0,54	0,35
13	Nadeln der Lärche	<i>Larix decidua</i>	Rostock	—	4,84	0,29	—	—	25,36
14	Wiesenheu	hauptsächlich <i>Poa pratensis</i>	Rostock	11,7	11,58	0,467	—	—	—
15	Salzblume (ganz. Pflanze)	<i>Honkenya peploides</i> Ehrh.	Warnemünde	—	—	—	4,90	1,86	17,84
16	Seegrass	<i>Zostera marina</i>	„	13,0	4,72	0,52	9,18	1,69	4,47
17	Zuckeralgae	<i>Laminaria saccharina</i>	Müritz	—	—	—	20,26	4,00	1,98
18	Dauerhefe	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	München	—	—	—	1,20	0,18	15,30
19	Nährhefe	„	Berlin	—	—	—	1,96	0,16	9,16
20	„	„	Brunnen-gräber Rostock	—	—	—	4,94	0,46	9,30
21	Nucleol aus Hefe	<i>Natrium nucleinicum</i>	Parke Davis & Co. Detroit	—	—	—	12,59	0,87	6,91
22	„	„	„	—	—	—	14,34	1,18	8,23
23	Eichenrinde	<i>Cortex Quercus</i>	Caesar & Loretz Halle-S.	—	0	0	16,73	9,70	5,5

zu ersehen ist. Ich habe in dieser Tabelle gleichzeitig auch noch einige andere Drogen aufgenommen, deren Gesamtgehalt an Kieselsäure mir der Untersuchung wert schien.

Betrachten wir jetzt diese Tabelle IV. Sie beginnt mit den drei populärsten Teearten gegen Schwindsucht. Unter Nr. 1—2 ist *Herba Galeopsidis* aufgeführt, für die ich vier volkstümliche Bezeichnungen beigefügt habe; es gibt aber auch noch andere Namen dafür. Die Zusammensetzung der Droge schwankt, wie man längst weiß, nach dem Standort. Ich habe daher zwei verschiedene Muster analysiert. Das aus Berlin von der Puhlmangesellschaft bezogene ergab 0,288% wasserlösliche Kieselsäure, das von Caesar & Loretz in Halle bezogene aber 0,892%, also das Dreifache. Unter Nr. 3—4 ist *Herba Equiseti minoris* aufgeführt. Auch bei dieser habe ich zwei Muster verschiedener Herkunft analysiert, eins aus Halle und eins aus Rostock. Während Schulz 0,6% lösliche Kieselsäure in dieser Droge fand, fanden Gerhartz und Strigel 0,98% und ich selbst im Hallischen Muster 0,73%, im Rostocker aber 1,81%, also das Dreifache von Schulz. Letzteres Muster war wohl auf sehr sandigem Boden gewachsen; jedenfalls gedeiht dieser Schachtelhalm hier auf solchem überall. Man sieht, wie bei dem Kraut von *Galeopsis*, die große Verschiedenheit im Kieselsäuregehalt. Unter Nr. 5 und 6 ist das alte, über ganz Rußland verbreitete Volksschwindsuchtmittel, der Vogelknöterich, aufgeführt. Eine mythische Persönlichkeit Homero, der von andern als raffinierter Schwindler bezeichnet wird, soll der Volksüberlieferung nach ganz Rußland durchzogen und den Gebrauch dieses Mittels eingeführt haben. Im ganzen benutzt das russische Volk fünf Polygonumarten, über die Kobert durch v. Henrici¹⁾ das Wichtigste hat zusammenstellen lassen. Auch bei dieser Droge ist die Menge der löslichen Kieselsäure nach dem Standort verschieden. Ein Rostocker Muster ergab 1,41%, ein

¹⁾ A. A. v. Henrici, Weitere Studien über Volksheilmittel verschiedener in Rußland lebender Völkerschaften. Historische Studien aus dem pharmakol. Institute zu Dorpat, herausgegeben von R. Kobert, Bd. 4 (Halle a. S. 1894), S. 52.

Hallisches nur 0,35%, während der Gesamtkieselsäuregehalt in dem letzteren größer war als im ersteren. Als letztes Volksmittel ist unter Nr. 7 der Hirsetee angeführt, der 0,49% lösliche Kieselsäure enthält. Ordnet man die genannten Mittel nach der in 750 g Flüssigkeit enthaltenen Kieselsäuremenge, so erhält man folgende Reihenfolge:

1.	Trinken von 1 Flasche	Glashäger Wassers	führt zu	40 mg	Kieselsäure
2.	›	› 3 Tassen	Puhlmanntee	›	43
3.	›	› 3	› Knöterichtee aus Halle	›	52
4.	›	› 3	› Hirsetee	›	73
5.	›	› 3	› Schachtelhalmtee aus Halle	›	110
6.	›	› 3	› Galeopsistee	›	134
7.	›	› 3	› Knöterichtee aus Rostock	›	211
8.	›	› 3	› Schachtelhalmtee	›	272

Die Quantität von 750 ccm ist nur deshalb von mir gewählt, weil soviel gerade in einer Flasche Glashäger Wasser enthalten ist, und weil schon dieses Quantum unzweifelhaft Wirkungen hervorbrachte. Die Teearten werden vom Volke in Mengen von 3—4 Tassen getrunken. Wir ersehen aus der Zusammenstellung, daß schon bei 3 Tassen 43—272 mg Kieselsäure dem Organismus täglich einverleibt werden, also weit mehr als durch das Kieselwasser. Angesichts dieser Tatsache haben wir kein Recht mehr, über die Volksbehandlungsmethode der Schwindsucht mittels dieser vom Volke in verschiedenen Ländern Europas instinktiv herausgefundenen Teearten zu spotten. Wie der Krieg uns überhaupt der Beachtung der einheimischen Volksmittel wieder mehr zugeführt hat, so empfiehlt es sich, der von Kobert schon lange vor Ausbruch des Krieges ausgesprochenen Aufforderung, in recht vielen Lungenheilstätten und Lungenpolikliniken eingehend jahrelang die Schwindsuchtsbehandlung mit Kieselpräparaten und speziell auch mit Kieselteearten zu studieren, endlich nachzukommen. Bis jetzt hat Kobert durch seine Freunde und Schüler zum mindesten schon soviel feststellen lassen, daß diese Teesorten ungefährlich sind und in einzelnen Fällen erheblichen Nutzen zu stiften schienen.

Natürlich kann man die lösliche Kieselsäure außer durch

Getränke nach Kobert¹⁾ auch in Formen von Speisen zu führen. Unsere Tabelle IV enthält auch nach dieser Hinsicht einige orientierende Angaben. Die Hirse, die ja sehr häufig auch als Speise, z. B. in Breiform genossen wird, bildet dazu den Übergang. Weiter hat Kobert schon immer in seinen Vorlesungen Stimmung zu machen gesucht für die Einführung des Meerkohls als Gemüse in den Speisezettel von reich und arm. In England ist diese Kohlart ganz allgemein bekannt und wird auf dem Wochenmarkt verkauft. In der Nähe von Rostock, wo sie früher so gut wie ganz ausgerottet war, wächst sie am Strande auf reinem Kieselsande jetzt wieder in üppiger Fülle. Eine einzige der üppig wuchernden Stauden genügt, um eine ganze Familie satt zu machen. Der Wassergehalt ist, wie bei allen Kohlarten, hoch; er beträgt bei den frisch abgeschnittenen Blättern 88,23%. Der wässrige Auszug liefert größere Mengen Trockenextrakt als alle anderen untersuchten Pflanzen, nämlich 35,3%. Die wasserlösliche Kieselsäure der Abkochung beträgt 1,65% der Droge. Ißt man den Kohl als Gemüse, so nimmt man noch viel reichlichere Mengen auf. Die Einführung des Meerkohles und des Hirsebreies in den Speisezettel aller Lungenheilstätten ist dringend zu empfehlen, namentlich da beide Gerichte billig zu beschaffen sind. Ein Aufguß des als Nahrung wertlosen Roggenstrohmehls enthält mehr von der löslichen Kieselsäure als der Puhلمانntee; man könnte diesen billigen Aufguß als Wasser für die Herrichtung beliebiger Suppen in Lungenheilstätten fast alltäglich mühelos verwenden.

In der Roggenkleie fand ich dagegen die Menge der löslichen Kieselsäure minimal. Für die Kieselsäurezufuhr bei Haustieren ist von Wichtigkeit zu erfahren, daß die lösliche Kieselsäuremenge hiesigen Wiesenheus 0,47% ausmacht,

¹⁾ Es darf wohl hier daran erinnert werden, daß Kobert auch die Veranlassung dazu gegeben hat, eine Gruppe von Pflanzen mit sogen. Nahrungsmittelsaponinen in die Lungenheilstätten einzuführen. Man vergleiche R. Kobert (Brauers Beiträge zur Klinik der Tuberkulose, Bd. 31, 1914, S. 481) und O. Blanchard in Koberts neuen Beiträgen zur Kenntnis der Saponinsubstanzen, Bd. 1, 1916, S. 126.

also sehr hoch ist! Auch in den Blättern und Stielen der Wedel des Adlerfarns¹⁾ konnte ich 0,16% bzw. 0,20% lösliche Kieselsäure nachweisen. Da der Adlerfarn jetzt nicht nur als Viehfutter, sondern auch als Menschennahrung herangezogen wird, scheint mir dieser Hinweis nicht ganz überflüssig. Unter den jetzt zur Ernährung der Menschen und der Haustiere vielfach herangezogenen Stoffen nimmt die Hefe fast die erste Stelle ein. Ich habe die bekannte Münchner Dauerhefe sowie Berliner und Rostocker Nährhefe auf ihren Kieselsäuregehalt untersucht. Allerdings konnte ich nicht feststellen, daß die SiO_2 völlig löslich ist; die Hauptmenge fand ich aber wohl löslich, wofern das betreffende Präparat nicht bei zu hoher Temperatur getrocknet worden war. Ich fand auf trockne Droge berechnet 0,16—0,46% SiO_2 , also Werte, die bei täglichem Zusatz von etwa 3 Teelöffel Nährhefe zur Kost 30 mg ausmachen, falls wir 0,2% SiO_2 als Durchschnitt rechnen. Auch dieser Speisenzusatz dürfte für Lungenheilstätten wesentlich mit in Betracht kommen. Ein aus Hefe hergestelltes Handelspräparat von nucleinsaurem Natrium, das mir in Form des Nucleol von Schwickerath in zwei Mustern zur Verfügung stand, enthält 0,87—1,18% SiO_2 . Dieser Umstand beweist, daß bei der Ausfällung der Nucleinsäure aus Hefeauszügen diese Säure die Hauptmenge der Kieselsäure mit niederreißt und bei allen Reinigungsversuchen festhält. Ich stellte fest, daß auch diese Kieselsäure in ihrer Gesamtheit wasserlöslich ist.

Zum Schluß habe ich noch drei hiesige Strandpflanzen auf ihren Gesamt-Kieselsäuregehalt untersucht, weil dies bisher noch nie geschehen ist, nämlich das Seegras, die Zuckeralge und die Salzblume. Das Seegras ergab, berechnet auf Droge, 0,52% lösliche Kieselsäure. Das Seegras wird jetzt im Kriege vielfach als Futter mit benutzt; ohne Zweifel gelangt der größte Teil der löslichen Kieselsäure zur Resorption. Bei der mannithaltigen *Laminaria saccharina* beträgt der Kiesel-

¹⁾ C. Griebel, Über die Verwendung der Wurzelstöcke (und Wedel) des Adlerfarns. Zeitschr. f. Untersuch. der Nahrungs- und Genußmittel, Bd. 32, 1916, S. 447.

säuregehalt der Asche 20,26%; sie wird jetzt ebenfalls als Viehfutter benutzt und dürfte merkliche Mengen resorbierbarer Kieselsäure zuführen. Die Salzblume, *Honkenya peploides* Ehrh. sive *Halianthus peploides* Fries (Caryophyllaceae, Alsineae), ist eine ausdauernde, außerordentlich häufige Pflanze aller feuchten sandigen Stellen des Strandes der Ostsee, der Nordsee und der Adria. Ihrer Häufigkeit wegen könnte sie billig in den Handel kommen, falls von ihrem 1,86% der Droge und 4,90% der Asche betragenden Kieselsäuregehalt, wie zu erwarten ist, ein wesentlicher Teil resorbierbar ist, was ich erst im kommenden Sommer werde feststellen können. Wie weit sie als Salat oder Gemüse verwertbar ist, werde ich dann gleichfalls mitteilen. Für den Strand bildet sie eins der wichtigsten Mittel, den lockern Kieselsand zu befestigen und in eine schützende Pflanzendecke umzuwandeln. Da sie ausdauernde Rhizome nach allen Seiten hin reichlich aussendet, ist die Gefahr, durch Abschneiden ihrer jungen Triebe den Strand zu schädigen, nicht sehr groß. Umgekehrt würde ihre Einführung in die Reihe der Nahrungs- und Genußmittel die nützliche Folge haben, sie wie den Meerkohl an zahlreichen jetzt noch ganz pflanzenfreien Sandstellen des Strandes anzusäen und diese Stellen an Unbemittelte zu verpachten.

Weitere Mitteilungen über unorganische Stoffe in Pflanzen und Tieren behalte ich mir vor.
