

Bekanntlich gibt es eine Reihe sogenannter „hämolytischer Toxine“, welche bei Einführung in den Organismus ein „Latenzstadium“ der Wirkung haben, währenddessen ihre „haptophore Gruppe“ sich am Protoplasma lebenswichtiger Organzellen „verankert“ und diese dadurch schädigt. Wir wissen weiter, dass bei vorsichtig gesteigerter Einspritzung dieser Gifte der Organismus gegen diese unempfindlich, ja geradezu „immun“ wird. Es scheint mir durchaus zeitgemäss, einmal auch nichtpharmakologische Kreise darauf hinzuweisen, dass es eine Reihe glykosidischer Pflanzengifte gibt, deren Kenntnis gerade nach den angeführten Seiten des physiologischen Verhaltens hin für die Toxinforschung interessante Parallelen bietet; ich meine die Gruppe der Saponinsubstanzen. Der Umstand, dass dieselben infolge ihrer ungemein grossen Verbreitung über 46 Pflanzenfamilien auch für die Pflanzenphysiologie von erheblicher Bedeutung sein müssen, dürfte für alle Freunde biologischer Betrachtungen das Interesse an diesen Stoffen noch erhöhen. Da ich bei den Lesern dieser kleinen Schrift Spezialkenntnisse über die Saponinsubstanzen nicht voraussetzen darf, muss ich, um für alle Leser verständlich zu werden, etwas weiter ausholen.

I. Ueber den jetzigen Standpunkt unserer Kenntnisse betr. der Saponinsubstanzen.

Die hierher gehörigen Substanzen zeichnen sich durch eine Reihe physikalischer, chemischer und physiologischer Eigenschaften aus, die zusammen berücksichtigt werden müssen, wenn man einen Stoff als in unsere Gruppe gehörig charakterisieren will.

1. Physikalische Eigenschaften.

Die meisten Saponinsubstanzen kristallisieren nicht, machen vielmehr den Eindruck kolloider Körper von grossem Molekül. Demgemäss dialysieren sie auch nur schwer und unvollkommen. Weiter lassen sie sich, wie ich unten zeigen werde, z. T. wie Eiweisstoffe aussalzen. Weiter reissen sie analog den Eiweisstoffen, wie ich ebenfalls unten zeigen werde, Farbstoffe aus ihren Lösungen an sich. Weiter schäumen sie analog den Eiweis- und Seifenlösungen in wässrigen Lösungen so stark, dass davon das Seifenkraut, *Saponaria*, seit alters seinen Namen hat und dass weiter davon auch für den wirksamen Stoff des Seifenkrautes der Name Saponin vor fast 100 Jahren, kurz nach der Entdeckung dieses Stoffes, von Buchholz¹⁾ abgeleitet worden ist. Selbst die Wilden Südamerikas haben diese auffallende Eigenschaft der Rinde eines dort einheimischen Baumes schon vor Jahrhunderten herausgefunden und sie deshalb, wie der Missionar Juan Ignazio Molina²⁾ berichtet, schon damals als Quillaya, d. h. Waschholz (von quillean = waschen), bezeichnet, ein Wort, welches wir noch bis zum heutigen Tage (*cortex Quillajae*) dafür benutzen. Auch Waschnüsse lernten, wie der Dominikaner Jean Baptiste Labat³⁾ berichtet, die Spanier bei der Entdeckung Amerikas dort kennen, d. h. Früchte, welche durch ihren Saponingehalt wie Seife zum Waschen benutzt wurden und noch heute Seifennüsse (*Fructus saponis indici sive Sapindi*) heissen. Die Meerbohnen (von *Entada scandens*) dienen noch jetzt in drei Erdteilen zum Waschen. Vor der Seife haben die Saponinsubstanzen physikalisch jedoch den grossen Vorteil, dass sie durch ihr Schäumen von schmutzigen Stoffen und Geweben zwar den Schmutz abheben, aber selbst die empfindlichsten Farben nicht alterieren und die feinsten Woll- und Seidenstoffe nicht schädigen⁴⁾. Darum wurde schon im Altertum zum

¹⁾ Taschenbuch für Scheidekünstler, Jahrg. 1811. Jetzt heisst das Saponin dieser Droge Saporubrin; vgl. unten p. 24.

²⁾ Saggio sulla storia naturale de Chile. Bologna 1782 und 1810. Deutsche Ausgabe von Brandeis, Leipzig 1786.

³⁾ Nouveau voyage aux isles de l'Amérique etc. Paris 1722.

⁴⁾ Wenn Labat von den Seifennüssen und andere Autoren von den Kandianüssen eine schädigende Wirkung für die Wäsche berichten, so kommt diese wohl, wie beim Waschholz, auf mechanische Läsion.

Waschen kostbarer wollener Gewänder *Herba Lanariae* (d. h. Wollwaschkraut) verwendet, und die herrlichen türkischen und persischen Shawls sind früher niemals mit etwas anderem als mit der sogen. levantischen oder ägyptischen Seifenwurzel (*Radix Saponariae albae*) gewaschen worden. Die unter dem Namen Tatarenseife bekannte Pflanze (*Herba Lychnidis chalconicae*) dient diesem Zwecke bei den Tataren wie zur Urzeit so noch heute als Seifenersatz. Die in Rede stehende physikalische Wirkung des Schäumens kommt unsern Stoffen noch bei mehr als 10000facher Verdünnung zu. Meine Versuchskästen in Neapel, in welchen Seetiere der Saponinwirkung ausgesetzt waren, und die daher dauernde Luftzufuhr bekommen mussten, waren stets mit wahren Bergen des festesten Schaumes, der von den aus dem Wasser austretenden Luftblasen erregt wurde, bedeckt. Während über Seifenblasen schon viele physikalische Untersuchungen vorliegen, hat noch kein Physiker sich den nicht minder interessanten Saponinschaum zum Studium ausersehen. Alkohol vernichtet, wie alle Schaumblasen, so auch die der Saponine sofort. Alkalische Reaktion ist ihnen am günstigsten. Die Technik benutzt die schaum erzeugende Wirkung der Saponine zur Herstellung von Schaumgetränken; mit welchem Recht, davon wird im Schlusskapitel dieser Schrift die Rede sein.

An die Wirkung des Schäumens schliesst sich die ihr physikalisch wohl nahestehende des Emulgierens an, d. h. unsere Stoffe verhindern Fette in wässrigen Gemischen, falls vorher eine feine Verteilung in minimale Fettkügelchen auf mechanischem Wege vorgenommen ist, am Zusammenfliessen zu einer homogenen Fettschicht. In Frankreich hat man daher vor Jahren *Quillajatinktur* officinell gemacht, um den Apothekern die Herstellung von Emulsionen zu erleichtern. Die fabrikmässig hergestellten, sehr haltbaren Rizinus- und Lebertranemulsionen des amerikanischen und englischen Handels enthalten z. T. ebenfalls derartige Zusätze. Natürlich dürfen, falls nicht etwa ein ärztliches Rezept dies ausdrücklich fordert, die stärker wirkenden Glieder der Saponingruppe hierzu nicht verwendet werden. Bis vor wenigen Jahren waren aber ausschliesslich die keineswegs harmlosen Saponinsubstanzen der *Quillajarinde* dazu in Gebrauch. Erst auf meinen Rat hin ist eine grosse amerikanische Firma dazu übergegangen, das in den Staaten der Union leicht

beschaffbare, von mir und meinem Schüler Kruskal¹⁾ als sehr wenig wirksam erkannte Chamälinin als Lebertranemulgens zu verwenden. Dieses Glykosid gehört ebenfalls zur Saponingruppe. Es findet sich in der Wurzel der in der Union einheimischen *Helonias dioica* s. *Chamaelirium luteum* (Liliac.). Wie Rizinusöl und Lebertran, so lässt sich nach R. Boehm²⁾ auch Teer durch Saponinsubstanzen emulgieren. Endlich sei erwähnt, dass das bekannte Haarmittel Javol nach Alfr. Spintler³⁾ neben Rindstalg, Chinarindenextrakt, Zitronellöl und Bergamottöl Quillajasaponine enthält und diesen das Emulgiertbleiben des Talges beim Verdünnen mit Wasser verdankt.

Mit der emulgierenden Eigenschaft nahe verwandt ist die Fähigkeit unserer Saponinsubstanzen, fein verteilte Pulver in wässerigen Medien suspendiert zu halten. Während dies der Wäscherin beim Auswaschen von korpuskulärem Schmutz und dem Maler bei Verwendung von Deckfarben sehr angenehm ist, bringt es den Chemiker, bei dem aus saponinhaltiger Lösung Niederschläge von Schwefelblei, Bleisulfat, Baryumsulfat etc. sich selbst nach tagelangem Stehen nicht recht absetzen und immer wieder durchs Filter gehen, fast zur Verzweiflung. Arzneilich hat diese Suspensionskraft der Saponine, ohne dass die meisten Aerzte eine Ahnung davon hätten, Verwendung gefunden bei der Herstellung des Digitalisinfuses. Die zwei den Wert der Digitalisblätter und Digitalissamen bedingenden Substanzen, das Digitoxin und das Digitalin, sind in Wasser unlöslich und würden daher bei Verordnung der Digitalisinfuse gar nicht ins Filtrat gelangen, wenn nicht eine Saponinsubstanz, das Digitonin, anwesend wäre, welches dieselben in eine Pseudolösung überführt und so fein im Wasser suspendiert hält, dass sie durch jedes Filter gehen und im Organismus jene bekannte segensreiche Wirkung auf Herzkrankte und Wasserstüchtige entfalten können. Allerdings erhöht das Digitonin auch die brecherregenden Wirkungen der Digitalisinfuse und der Digitalispulver.

¹⁾ Dorpater pharmakol. Inst. Arb. Bd. 6, 1891, p. 53.

²⁾ Lehrbuch der Arzneiverordnungslehre (3. Aufl., Jena 1903), p. 160.

³⁾ Sitz.-Ber. des naturwiss. Vereins zu Halle-S.; Sitzung vom 11. Juni 1903.

2. Chemische Eigenschaften.

Die meisten Stoffe unserer Gruppe sind in Wasser wenigstens bei Anwesenheit schwacher Alkalien löslich, einige sogar sehr hygroskopisch. In Aether, Benzol, Schwefelkohlenstoff, Chloroform löst sich keine unserer Substanzen, und in kaltem, absolutem Alkohol sind zwar nicht alle, aber doch viele unlöslich, während sie sich in warmem, verdünntem Alkohol fast ausnahmslos gut lösen. Das zum Isolieren von Alkaloiden und Glykosiden so häufig benutzte Ausschütteln gelingt daher bei ihnen mit den gewöhnlichen Ausschüttelungsmitteln nicht, sondern nur mit Amyl- und Isobutylalkohol, und auch damit nur unvollkommen, wie ich durch N. Kruskal¹⁾ habe nachweisen lassen. Wie diese Methode sich verbessern lässt, werden wir weiter unten erfahren.

Aus der Tatsache, dass sie in wasserhaltigem Alkohol in der Hitze löslich sind, aber beim starken Abkühlen ausfallen, beruht die alte, sehr oft verwandte Schradersche²⁾ Methode der Darstellung. Das so erhaltene Saponin ist meist noch mit Farbstoffen etc. verunreinigt.

Versetzt man konz. wässrige Lösungen der Saponine mit heissgesättigter Baryumhydroxydlösung, so fällt ein Niederschlag aus, welcher das betreffende Saponin als Barytverbindung enthält. Dieser Niederschlag ist in Barytwasser unlöslich und kann daher mit letzterem ausgewaschen werden. Nach Abscheidung des Baryts aus der Verbindung erhält man das Saponin schneeweiss. Dies ist die von Fr. Rochleder³⁾ und seinen Schülern Schwarz und v. Payr eingeführte zweite Methode der Darstellung. Sie erinnert an die bekannte Zuckereinreinigungsmethode mittelst des Barytverfahrens und dürfte wohl auch auf der „Zuckerseitenkette“ im Saponinmolekül beruhen.

Eine dem Strontianitverfahren der Zuckerfabriken entsprechende Abscheidung der Saponine als Strontianverbindung ist nicht ausgebaut worden, wohl aber hat Greene⁴⁾

¹⁾ Dorpater pharmakol. Instit. Arb. Bd. 6, 1891, p. 18.

²⁾ Gehlens Neues allgem. Journ. der Chemie, Bd. 8, 1808, p. 548.

³⁾ Wiener Akad. Sitz-Ber. Bd. 11, 1854, p. 335 und Bd. 45, 1862, p. 7.

⁴⁾ Americ. Journal of Pharmacy vol. 50 [4. Reihe, vol. 8], 1878, p. 250 und 465.

bei Untersuchung des *Chamaelirium luteum* auf Saponin die dritte der alkalischen Erden, wenn auch anders als im obigen für Baryum angeführt wurde, verwendet. Er versetzte das konz. wässrige Dekokt der Wurzel unserer Pflanze mit Magnesiumhydroxyd, dunstete zur Trockne ein und kochte den zerriebenen Trockenrückstand mit Alkohol aus. Später ist diese Methode nur noch von Kruskal¹⁾ für die weisse Seifenwurzel, die Seifennüsse und für *Chamaelirium luteum* zu vergleichenden Gehaltsbestimmungen angewandt worden. Sie kann sich an Wert mit der Barytmethode nicht messen, weil dabei ja nur die Gerbstoffe unlöslich gemacht und gar keine auswaschbaren Verbindungen von Saponinen mit Magnesia hergestellt werden.

Denselben Einwand muss ich gegen die von L. Weil in Strassburg eingeführte und für das Rosskastaniensaponin patentierte²⁾ Verfahren erheben. Dieser Autor behandelt die entfetteten Kastanien nach dem Schraderschen Verfahren, löst das dabei gewonnene Rohsaponin nochmals in heissem Alkohol und digeriert die Lösung mit frisch gefälltem Bleihydroxyd. Wie er ganz richtig angibt, werden dabei Säuren (natürlich auch Saponinsäuren, falls welche vorhanden sind) entfernt, aber keine chemische Verbindung des zu reinigenden neutralen Saponins erzielt. Insofern ist auch diese Methode wie die von Greene der Barytmethode nicht gleichwertig, die ein höchstens mit Barytspuren verunreinigtes Saponin liefert und an Eleganz nichts zu wünschen übrig lässt.

Leider ergab sich bei einer Prüfung solcher von mir und von andern Autoren nach der Barytmethode abgeschiedenen Saponine aus verschiedenen Pflanzen, die ich³⁾ ausführte, dass diese Reinigung auf Kosten der Wirksamkeit geschieht, was übrigens auch schon R. Böhm für die von G. Dragendorff⁴⁾ abgeschiedenen Barytsaponine gefunden, aber nicht weiter verfolgt hatte.

Eine weitere Eigenschaft der Saponine, welche zur Reindarstellung derselben von Ed. Stütz⁵⁾ zuerst und fast ausschliesslich

¹⁾ Dorpater Pharmakol. Inst. Arb. Bd. 6, 1891, p. 46.

²⁾ Deutsches Reichspatent No. 144760.

³⁾ Tagebl. der Strassburger Nat.-Forsch.-Vers.; Sitz.-Ber. d. pharmakol. Sektion v. 19 Sept 1885, p. 230. — Arch. f. exp. Path. u. Pharm. Bd 23, 1887, p. 239.

⁴⁾ Beiträge zur gerichtl. Chemie einzelner organischer Gifte 1872, p. 48.

⁵⁾ Liebigs Annalen der Chemie Bd. 218, 1883, p. 231.

benutzt worden ist, besteht darin, dass man die nach der Schraderschen Methode vorgereinigten Stoffe acetyliert und aus der Acetylverbindung regeneriert. Ich¹⁾ konnte zeigen, dass das dabei von Stütz gewonnene „ganz reine Saponin“ der Quillajarinde wirkungslos ist, während das unreine vom Blute aus etwa so giftig wie Strychnin ist. Ob dieses unwirksame, ganz reine Saponin in der Quillajarinde präformiert ist, lässt Stütz unentschieden; falls dies der Fall wäre, müssten wir also in der Rinde neben wirksamem Saponin unwirksames annehmen.

Die Saponinsubstanzen haben weiter sämtlichst die Eigenschaft, mit Bleisalzen Verbindungen einzugehen. Darauf beruht die von mir eingeführte und seitdem von recht verschiedenen Autoren mit Erfolg angewandte Abscheidungsmethode mittelst Bleiacetat²⁾, welche gleichzeitig die grosse Annehmlichkeit bietet, bei denjenigen Pflanzen, wo zwei Saponine vorhanden sind, diese zu trennen, indem das eine mit neutralem Bleiacetat ausgefällt wird, während das zweite aus dem Filtrate der ersten Fällung mittelst basischem Bleiacetat abgeschieden wird. Beide Bleiverbindungen werden mit Schwefelwasserstoff zerlegt und die entstehende schwarze Schüttelmixtur mit soviel Alkohol versetzt, bis sie filtrierbar wird. Die Filterrückstände werden mit Alkohol mehrmals energisch ausgekocht und diese Dekokte mit den ursprünglichen, inzwischen zum Sirup eingedunsteten Filtraten vereinigt. Aus den beiden Gemischen fällt nach dem Abkühlen Aether die Saponinsubstanzen aus. Erst seit dieser Zeit existiert die von mir eingeführte Bezeichnung „Gruppe der Saponinsubstanzen“, während noch kurz vorher Männer wie Dragendorff³⁾ dafür eintraten, dass es nur ein einziges einheitliches Saponin gäbe, und dass dieses aus verschiedenen Pflanzen identisch sei. Meine Methode hat Vorzüge, aber auch Schattenseiten. Der erste Vorzug derselben besteht darin, dass sie auch ohne Elementaranalyse die sämtlichen Saponine in zwei Untergruppen, d. h. in saure und in neutrale

¹⁾ Arch. exp. Path. u. Pharm. Bd. 23, 1887, p. 240.

²⁾ Kobert, l. c. p. 241.

³⁾ Christophsohn, Vergl. Untersuchungen über das Saponin der Wurzel von *Gypsophila Struthium*, der Wurzel von *Saponaria officinalis*, der Quillajarinde und der reifen Samen von *Agrostemma Githago*. Dissert. Dorpat 1874 (unter G. Dragendorff).

Saponine teilt und, falls Gemische dieser Untergruppen vorliegen, diese zu trennen verstattet. Der zweite Vorzug meiner Methode, den sie namentlich vor der Schraderschen hat, besteht darin, dass man bei fraktionierter Fällung mittels neutralem Bleiacetat in der ersten Fraktion die Hauptmenge der etwa anwesenden Gerb- und Farbstoffe hat, so dass die folgenden Fraktionen fast aus reinem saponinsaurem Blei bestehen. Ebenso besteht die basische Bleiacetatfällung fast ausschliesslich aus Bleisaponin. Ein dritter Vorzug meiner Methode, welchen sie namentlich den Methoden von Rochleder und von Stütz gegenüber hat, besteht darin, dass sie die Intensität der Giftwirkung der Saponine nicht im mindesten abschwächt. Die in die erste Untergruppe gehörigen Saponinsubstanzen sind, wie schon gesagt wurde, saurer Natur und können daher auch als Saponinsäuren bezeichnet werden. Freilich ist die Acidität derselben keine grosse. Immerhin genügt sie, um auf Lakmus rötend einzuwirken und Kongorot zu bläuen. Mit Ausnahme zweier werden diese Säuren in Wasser erst gut löslich, wenn man die Acidität derselben durch ein Alkali neutralisiert, während die neutralen Saponine meist auch in angesäuertem Wasser gut löslich sind. In diese Gruppe der sauren Saponinsubstanzen gehören die von mir gefundene Quillajasäure¹⁾ der Quillajarinde, die von meinen Schülern Jos. Atlass²⁾ und F. Kestner³⁾ aus der nördlichen und südlichen⁴⁾ Senegawurzel abgeschiedene, chemisch noch nicht weiter untersuchte Polygalasäure, die von Boorsma nach meiner Methode aus dem Samen des chinesischen Tees abgeschiedene Teesaponinsäure⁵⁾ und die von demselben Autor aus dem Assamtee gewonnene Assamsäure⁶⁾, sowie die von meinem Schüler

¹⁾ Kobert l. c. p. 240.

²⁾ Dorpater Pharmakol. Inst. Arb. Bd. 1, 1888, p. 62.

³⁾ Ueber die Isolierung der Saponinsubstanzen in Polygala Senega var. latifolia. Sitz-Ber der Dorpater Naturforschergesellschaft Bd. 11—13, p. 298.

⁴⁾ Th. Greenish, Pharmac. Journal and Trans. vol. 9, 1878, 7 sept, p. 193. — Geo Goebel, Americ. Journ. of Pharm. 1881, july, p. 321. — J. Maish, ibid. p. 387. — J. U. Lloyd, Pharm. Rundschau 1889, April, p. 86 und Aug. p. 191. — J. Maish, Americ. Journ. of Pharm. 1889, p. 449.

⁵⁾ Dissert. Utrecht 1891.

⁶⁾ Pharmaz.-Ztg. 1891 No. 14; van Rijn, Glykoside (Berlin 1900), p. 316.

W. Frieboes¹⁾ aus der Guajakrinde und den Guajakblättern dargestellten zwei Guajaksaponinsäuren. Das weiter unten noch zu besprechende Melanthin des Schwarzkümmels möchte ich in Melanthinsäure umbenennen, da es saure Eigenschaften hat. Auch das Saponin der Achrasamen²⁾ hat saure Eigenschaften. Die sämtlichen in diese erste Untergruppe gehörigen Substanzen fallen, wie gesagt, aus der wässrigen Drogenabkochung schon mit neutralem Bleiacetat aus.

Ihnen gegenüber steht die zweite Untergruppe, deren Glieder neutral reagieren und sich nicht mit Bleizucker, sondern erst mit Bleiessig, d. h. mit basischem Bleiacetat fällen lassen und daher aus dem Filtrate der ersten Fällung mit Vorteil gewonnen werden können. Hierher gehört die Mehrzahl der Saponinsubstanzen. Ich begnüge mich die den oben genannten Säuren entsprechenden zu nennen. Neben der Quillajasäure enthält die Quillajarinde das neutrale, von mir entdeckte und von meinem Schüler Dm. Pachorukow³⁾ untersuchte Quillajasapotoxin, welches mit dem von Kruskal dargestellten Saponin der levantischen Seifenwurzel⁴⁾, mit dem Sapindussapotoxin⁵⁾ Kruskals und dem Agrostemmasapotoxin desselben Autors⁶⁾ nicht verwechselt werden darf. Neben der Polygala-säure enthält die Senegawurzel das neutrale Senegin. Die Teesamen enthalten neben der Teesaponinsäure ein neutrales Teesaponin und der Assamtee neben Assaminsäure das neutrale Assamin. Neben Guajaksaponinsäuren fand Frieboes in Guajakrinde und -blättern neutrale Guajaksaponine. Von Saponindrogen, welche mehrere neutrale Saponinsubstanzen neben einander enthalten, kenne ich nur eine, die Sarsaparillwurzel. Mein Schüler W. v. Schulz⁷⁾ hat drei daraus gewonnene neutrale Substanzen einer chemischen und pharmakologischen Vorprüfung unterzogen, die er als Parillin, Sarsasaponin und

¹⁾ Beiträge zur Kenntnis der Guajakpräparate. Rostocker Preisschrift (Stuttgart 1903), p. 35.

²⁾ Maish, American Journal of Pharm. 1891, p. 67. — Michaud, ebenda p. 572; Americ. Chem. Journ. 13, 1892, p. 572.

³⁾ Dorpater Pharmakol. Inst. Arb. Bd. 1, 1888, p. 7.

⁴⁾ Dorpater Pharmakol. Inst. Arb. Bd. 6, 1891, p. 22.

⁵⁾ Dorpater Pharmakol. Inst. Arb. Bd. 6, 1891, p. 23.

⁶⁾ Dorpater Pharmakol. Inst. Arb. Bd. 6, 1891, p. 106.

⁷⁾ Dorpater Pharmakol. Inst. Arb. Bd. 14, 1896, p. 1.

Smilasaponin bezeichnet. Das Parillin weicht insofern vom typischen Verhalten der Saponinstoffe ab, als es erstens gut kristallisiert und als es zweitens in kaltem Wasser fast unlöslich, dafür aber in starkem Alkohol besser löslich ist als in verdünntem. Auch das Sarsasaponin ist kristallinisch. Da es in Wasser löslich ist, liess sich sein Verhalten im Dialysator studieren. Wie bei seiner kristallinischen Natur nicht anders zu erwarten ist, dialysiert es relativ leicht im Gegensatz zu den meisten andern Saponinsubstanzen.

Von Farbreaktionen, welche vielen Saponinsubstanzen eigen sind, nenne ich zwei. Beim längeren Stehen an der Luft (oder vorsichtigem Erwärmen) mit konz. oder fast konz. Schwefelsäure erfolgt, wie Rosoll fand, eine charakteristische Rotfärbung.

Mit alkoholischer Schwefelsäure und einem Tropfen verd. Eisenchlorid, erfolgt, wie ich¹⁾ fand, eine Grünblaufärbung. Beide Reaktionen sind zum mikroskopischen Nachweis unserer Substanzen in Pflanzenschnitten brauchbar.

Ein drittes Reagens, welches von Mecke²⁾ für Morphin, Kodein, Narkotin und Narcein angegeben ist, passt sehr gut auch für eine Reihe von Saponinsubstanzen, z. B. für Cereinsäure, welche, wie ich fand, damit kirschrot wird, und für Guajaksaponinsäure, welche damit nach Frieboes prachtvoll violett wird. Das Reagens besteht aus einer Lösung von seleniger Säure in konz. Schwefelsäure. Es ist auch zu pharmakognostischen Schnittreaktionen brauchbar.

Eine vierte Reaktion, welche ich schon 1885 fand und die fast alle damals käuflichen Saponine, sowie die von mir dargestellte Quillajasäure gab, ist auf meine Veranlassung von P. Hoffmann³⁾ aufs genaueste weiter untersucht worden. Sie besteht in einer intensiven Rotfärbung bei Zusatz und eventuellem Erwärmen mit Millons Reagens oder noch besser mit der Nasseschen⁴⁾ Modifikation dieses Reagens, d. h. einer Lösung von essigsaurem Quecksilberoxyd, der vor dem Gebrauche ein Tropfen Kaliumnitritlösung zugesetzt wird. Sie ist für die polizeiliche Chemie zum Nachweis von Quillajaprapa-

¹⁾ Pharm. Ztg. 1885; Realenc. der Pharmacie Bd. 9, 1890, p. 58.

²⁾ Nat. Edm. Springer, Der Alkaloidnachweis (Breslau 1902) p. 47.

³⁾ Chem. Ber., Jg. 36, 1903, p. 2734.

⁴⁾ Pflügers Arch. der ges. Phys., Bd. 83, 1901, p. 361.

raten in Genussmitteln und Fettemulsionen von grossem Wert, da sie ungemein empfindlich ist, kommt aber der intakten, ganz reinen Quillajasäure nach Hoffmann nicht zu, sondern einer Substanz, welche einerseits in der Quillajarinde präformiert enthalten ist und daher auch in unreinen Quillajapräparaten nie fehlt, und welche andererseits bei der Spaltung der Quillajasaponine durch trockne Hitze entsteht und dem Reaktionsprodukt durch Ausäthern entzogen werden kann. Ebenso kann man sie der unreinen Quillajasäure durch Auskochen mit Aether entziehen.

Die Zusammensetzung der meisten Saponinsubstanzen zeigt, dass sie annähernd zu Reihen gehören, welche durch die von A. Flückiger¹⁾ aufgestellte Formel $C_{10}H_{2n-10}O_{18}$ oder durch die von mir²⁾ aufgestellte Formel $C_nH_{2n-8}O_{10}$ ausgedrückt werden. Wenn die Werte zu diesen Formeln nicht genau stimmen, so kann dies bei nicht kristallisierenden Substanzen nicht wundernehmen. In die Flückigersche Reihe passen die von diesem Autor gewonnenen Zahlen für 2 Parilline $C_{40}H_{70}O_{18}$ und $C_{48}H_{86}O_{18}$, sowie die in meinem Institute von Kruskal³⁾ gefundenen Werte für Chamaelirin $C_{36}H_{62}O_{18}$ und die von P. Hoffmann⁴⁾ für Quillajasäure $C_{33}H_{56}O_{18}$. In meine Reihe passen mehr Glieder als in die Flückigersche, und zwar sind es von den verschiedensten Autoren analysierte Saponine. Sie finden sich bei Friboes⁵⁾ zusammengestellt, der der Reihe selbst zwei neue Glieder hinzugefügt hat, so dass jetzt die Formeln $C_{16}H_{24}O_{10}$, $C_{17}H_{26}O_{10}$, $C_{18}H_{28}O_{10}$, $C_{19}H_{30}O_{10}$, $C_{20}H_{32}O_{10}$, $C_{21}H_{34}O_{10}$, $C_{22}H_{36}O_{10}$, $C_{24}H_{40}O_{10}$, $C_{26}H_{44}O_{10}$ und $C_{29}H_{50}O_{10}$ durch Annäherungsanalysen von z. T. recht verschiedenen Pflanzen entstammenden Saponinsubstanzen wenn nicht erhärtet, so doch wahrscheinlich gemacht wird. Als Vorstehendes schon im Druck war, wurde von L. Rosenthaler⁶⁾ auch noch ein Saponin von der Formel $C_{15}H_{22}O_{10}$ gefunden.

Die Stoffe von der Formel $C_{17}H_{26}O_{10}$ habe ich als Sapotoxine bezeichnet. Selbst diese sind trotz gleicher pro-

¹⁾ Arch. der Pharmacie, Bd. 210 (3. Reihe Bd. 10), 1877, p. 532.

²⁾ Dorpater pharmakol. Inst. Arb. Bd. 6, 1891, p. 29.

³⁾ Ebenda, p. 25.

⁴⁾ Chem. Ber., Jg. 36, 1903, p. 2722.

⁵⁾ Beiträge zur Kenntnis der Guajakpräparate (Stuttgart 1903), p. 63.

⁶⁾ Arch. der Pharmacie, Bd. 241, 1903, p. 614.

zentischer Zusammensetzung wohl schwerlich identisch, wenigstens nicht die von mir selbst geprüften. Ich unterscheide sie daher durch die unterscheidenden Bezeichnungen Quillaja-Sapotoxin, Sapindus-Sapotoxin und Saponalbin-Sapotoxin (d. h. Sapotoxin der *Saponaria alba* s. *levantica*). Auch die von meinem Schüler Kimura¹⁾ analysierte Ipecacuanhasäure passt zu dieser Formel, unterscheidet sich aber in ihren Eigenschaften von den Saponinsubstanzen wesentlich.

Alle Saponinsubstanzen erleiden beim Erhitzen ihrer Lösungen mit verdünnten Mineralsäuren eine Spaltung in eine oder mehrere Zuckerarten, sowie in einen ungiftigen, in kaltem Wasser unlöslichen Stoff, Sapogenin genannt. P. Hoffmann (l. c.) hat sich mit dieser Spaltung kürzlich eingehend beschäftigt. Die Sapogenine sind ebenfalls nicht durchweg identisch. Sie sind als Säuren anzusehen, färben Kongorot blau und bilden wasserlösliche Alkalisalze, die z. T. kristallisieren. Für das Sapogenin der Quillajasäure stellt Hoffmann die Formel $C_{12}H_{18}O_4$ oder $C_{18}H_{27}O_6$ auf. L. Rosenthaler (l. c.) kommt für das Sapogenin des Entadasaponins zu der Formel $C_{30}H_{50}O_6$. Auf die Saponin-formeln älterer Autoren will ich hier nicht eingehen.

Der erste, welcher ein Alkalisalz eines Sapogenins in Kristallen erhielt, war Rochleder²⁾. Er nannte den aus der Saponinsäure der Caincawurzel dargestellten Stoff Caincetinkalium. Nach seiner Methode arbeitend, erhielt Hoffmann auch das Quillajasäure-Sapogeninkalium in Kristallen.

Unter den neben Sapogenin bei der Quillajasäurespaltung entstehenden Zuckerarten konnte Hoffmann Galaktose sowie einen rechtsdrehenden, nicht vergärbaren Zucker nachweisen. Auch Rosenthaler fand bei der Spaltung des Entadasaponins Galaktose.

Uebrigens sind, wie ich hier nachträglich bemerken möchte, die meisten Saponinsubstanzen an sich optisch aktiv, so dass sich in Lösungen derselben kleine Zuckermengen nicht ohne weiteres polariskopisch nachweisen lassen.

Neben Sapogenin und einem Zucker bzw. mehreren Zuckerarten entstehen bei der Spaltung mehrerer Saponine, wie zuerst

¹⁾ Archives internat. de Pharmacodyn. et de Ther., vol. 11, 1903, p. 421.

²⁾ Journ. f. prakt. Chem., Bd. 85, 1862, p. 284.

meinem Schüler Kruskal aufgefallen ist und wie durch Hoffmanns Untersuchungen bestätigt wird, noch je ein anderer, zur Zeit noch ungenügend erforschter Stoff. Bei der Zerlegung des einzigen zur Saponinreihe gehörigen Alkaloides, des Solanins, ist dieser dritte Stoff von A. Hilger und W. Merkens¹⁾ soeben als Crotonaldehyd erkannt worden.

3. Ort des Vorkommens; Mengenverhältnis.

Es ist eine der grössten botanischen Merkwürdigkeiten, dass unsere Substanzen, über deren pflanzenphysiologische Bedeutung die Wissenschaft bisher gar nichts auszusagen weiss, so ungemein verbreitet sind, dass mein Schüler Frieboes²⁾ ohne grosse Mühe 46 Familien aufzählen konnte, in welchen Saponine vorkommen. Die Zahl der saponinhaltigen Pflanzenarten beträgt mehrere Hunderte. Ich begnüge mich hier auf die Frieboessche Zusammenstellung zu verweisen. Sie betrifft sowohl monokotyle als dikotyle Pflanzen aller Erdzonen.

Was die Pflanzenteile anlangt, welche Saponine enthalten, so nenne ich Wurzel (Senega, Saponaria, Chamaelirium), Knolle (Cyclamen), Rinde (Quillaja, Guajacum), Frucht (Sapindus), Samen (Aesculus, Thea, Entada, Agrostemma), Stengel (Dulcamara), Blätter (Guajacum). Es scheint also kaum einen Teil des Pflanzenorganismus zu geben, in welchem unsere Glykoside nicht vorkommen könnten. Damit ist aber natürlich nicht etwa gesagt, dass die Saponine auch in allen Teilen gebildet werden könnten. Es scheint am wahrscheinlichsten, dass sie in den Blättern gebildet und in andern Organen nur abgelagert werden.

Die Mengen, in welchen unsere Stoffe in Rinden, Wurzeln etc. abgelagert werden können, sind recht bedeutend. So fand beispielsweise E. Laves³⁾ in den Samen der Rosskastanie bis 13% des zu den Saponinen gehörigen Aphrodäscins. Einige quantitative Bestimmungen, welche ich für mehrere Saponindrogen ausführen liess, möge man bei Kruskal⁴⁾ einsehen.

¹⁾ Chem. Ber., Jg. 36, 1903, p. 3204.

²⁾ Beitr. z. Kenntn. d. Guajakpräparate (Stuttgart 1903), p. 38.

³⁾ Verhandl. d. Vers. deutsch. Nat. u. Aerzte, 1902, Bd. II.

⁴⁾ Dorpater pharmakol. Inst. Arb. Bd. 6, 1891, p. 43 u. 113.

4. Physiologische Eigenschaften.

Fast alle Saponinsubstanzen sind bei direktem Eintritt ins Blut giftig, einige sogar in erheblichem Grade. Bei innerlicher Darreichung in verdünnter Form können sie von ganz normalen Menschen und Tieren zeitweise zum Teil in grösseren Mengen vertragen werden. Eine einfache Beziehung der Giftigkeit zu der Stellung in den oben besprochenen Reihen existiert nicht, indem beispielsweise das unterste und das oberste Glied meiner Reihe, d. h. das vorher erwähnte Rosskastaniensaponin ($C_{16}H_{24}O_{10}$) und die Melanthinsäure des Schwarzkümmels ($C_{29}H_{50}O_{10}$) sich mir beide bei geeigneter Applikation als giftig erwiesen, während die Guajaksaponinsäure $C_{21}H_{34}O_{10}$ und das neutrale Guajaksaponin $C_{22}H_{36}O_{10}$ von Frieboes bei jeder Art der Beibringung als fast ungiftig erkannt wurden.

Das den giftigen Saponinsubstanzen Gemeinsame ist eine protoplasmareizende und in grösseren Dosen protoplasmaabtötende Wirkung. Als solche Protoplasmagifte erweisen sie sich nach verschiedener Richtung hin.

In die Nase in Staubform gebracht, erregen sie Niesen und profuse Absonderung, so dass wir z. B. die billige Quillajarinde bei stockender Nasensekretion und als Schnupftabakzusatz bei Stirnkopfschmerz und Schnupfen ohne Sekretion mit Erfolg verwenden konnten¹⁾. Aufs Auge gebracht, machen sie Tränenfluss, Rötung, Schmerzhaftigkeit und Schwellung der Bindehaut; bei noch grösseren Dosen entsteht Konjunktivitis, Keratitis, Ulceration der Hornhaut und Leukombildung. Dieses Wirkungsbild deckt sich mit dem des Jequirityinfuses, und es ist daher eine fachmännische Prüfung auf augenärztliche Anwendbarkeit unsrer Mittel von mir²⁾ schon längst in Vorschlag gebracht. Im Rachen machen sie beim Trinken, ja selbst schon beim Gurgeln Kratzen, Räuspern und in der Mundhöhle, namentlich falls diese trocken und anämisch ist, Hyperämie des Zahnfleisches und Speichelfluss. Nach der Resorption reizen sie auch andere Drüsen, teils

¹⁾ Gretsinsky, Esenedielnaja klinitscheskaja Gazetta 1887; Therapeutic Gazette 1888, p. 720. — Valentin, Korresp. f. Schweizer Aerzte, 1887, Nr. 2.

²⁾ Die med. Woche, 1902, Nr. 19—22, S. 10 des Separatabdruckes.

reflektorisch, teils direkt. Darauf stützen sich vier verschiedene Indikationen der therapeutischen Anwendung unserer Mittel, nämlich als reizender Zahnpulverzusatz, als antisyphilitischer Tee, als Diuretikum und als Expektorans. Als Zahnpulverzusatz (1 : 30) habe ich, englischen Praktikern folgend, die Quillajarinde seit 15 Jahren geprüft und empfohlen, und durch meine Bücher¹⁾ und meine Schüler ist diese Anwendungsweise namentlich in Russland weit verbreitet worden. Von antisyphilitischen Teearten, welche relativ leicht resorbierbare Saponin-substanzen neben viel warmem Wasser enthalten, nenne ich solche aus *Radix Sassaparillae*, *Cortex Guajaci*, *Radix Saponariae albae* und *rubrae*. Diese Teearten, welche zwar der Volksmedizin entnommen sind, sich aber auch für die rationelle Medizin als nicht unpraktisch erwiesen haben, sollen die Absonderung der Speicheldrüsen, Schweißdrüsen und der Niere anregen. Die Anregung der Schweißdrüsentätigkeit, welche übrigens für unsere Mittel noch nicht exakt nachgewiesen ist, unterstützt die Aufnahme des Quecksilbers bei der Schmierkur und die Abgabe des in zu grossen Dosen in den Körper auf irgend welchem Wege gelangten Quecksilbers. Die Anregung der Speicheldrüsentätigkeit wirkt mundspülend. Die Anregung der Nierentätigkeit hilft Quecksilber und Syphilitoxine aus dem Körper fortschaffen. Einzelne saponinhaltige Teearten haben nur die Spezialindikation, diuretisch zu wirken und werden daher bei Wassersucht, Blasenkatarrh und Steinleiden gebraucht. Hierher gehört die *Spergularia media* Presl., welche Gimeno gegen Blasenkatarrh von neuem empfohlen hat, hierher die von den Malthesern gegen Harngries eingeführte *Spergularia rubra* Presl., hierher auch *Herniaria glabra* L. und *hirsuta* L., deren deutscher Name Harnkraut lautet und dadurch die Wirkung andeutet. Eine weitere Sekretion, welche man durch Saponinstoffe, aber wohl nur reflektorisch, anregen kann, ist die der Respirationswege. Hierher gehört das in England beliebte Volksmittel *Flores Verbasci*, hierher die bei uns seit Jahrzehnten offizielle unbequeme und teure *Radix Senegae* und die von mir²⁾

¹⁾ Arzneiverordnungslehre, 3. Aufl., Stuttgart 1900, p. 148. — Lehrbuch der Pharmakotherapie. Stuttgart 1897, p. 241.

²⁾ Ueber ein Ersatzmittel der Senega. *Klin. Zentralbl.*, Jg. 1885, Nr. 30, p. 505. Vergl. auch *Dorpater pharmakol. Inst. Arb.*, Bd. 1, 1888, p. 51. —

als deren billiges Ersatzmittel eingeführte Quillajarinde. Ich halte auf Grund meiner Erfahrungen das Infus der letzteren für eins der besten Hustenlösungsmittel, welches noch dazu nicht getrunken, sondern nur gegurgelt zu werden braucht.

Im Darmkanal wirken die Saponinsubstanzen anregend auf die Peristaltik und die Sekretion. So sind Erbrechen und Durchfall zwei unbequeme, aber keineswegs seltene Nebenwirkungen der Senega. Auf Darmparasiten und namentlich auf die durch keine undurchdringliche Membran geschützten Cestoden wirken die Saponinsubstanzen als Protoplasmagifte krankmachend und abtreibend und werden dadurch zu Bandwurmmitteln. Die *Albizzia anthelminthica* hat davon ihren Speziesnamen erhalten.

Unter die Haut gespritzt machen unsere Stoffe bei Warmblütern sog. sterile Eiterung, werden aber von hier aus nur unvollkommen und sehr langsam resorbiert. Beim Menschen veranlassen solche Einspritzungen, wie Fr. Keppler¹⁾ an sich selbst ausprobiert hat, furchtbare Schmerzen und schweren Kollaps. An Fröschen sieht man nach Einspritzen grosser Dosen in ein Hinterbein Anästhesie und motorische Paralyse eintreten. Beides beruht auf direkter lokaler Abtötung der peripheren sensiblen und motorischen Nerven sowie auch der Muskeln, falls in diese direkt eingespritzt worden ist. Daraufhin die Saponine als lokale Anaesthetica für Menschen zu empfehlen, wie man leider getan hat, ist natürlich ganz unzulässig. Die Frösche hüpfen nach einer solchen Einspritzung noch stundenlang umher, schleppen dabei das vergiftete Bein wie tot nach sich. Dies war die einzige früher zum Nachweis von Saponinsubstanzen vorhandene Methode. Ich habe sie durch eine andere Nachweismethode ersetzt, welche viel weniger Substanz erfordert. Wir werden dieselbe gleich kennen lernen. Wie aus dem Vorigen schon vorausgesagt werden kann, starben isolierte, einem eben getöteten Tiere entnommene Stückchen von Nerven und Muskeln, in saponinhaltige physiologische Kochsalzlösung eingelegt, rasch

Bielkin, Materialien zum Studium der Quillajarinde in pharmakognostischer und physiologischer Hinsicht. Dissert. Moskau 1888. Russisch. — Goldschmidt, Münch. med. Wechschr. 1885, Nr. 48. — Maslowsky, Russkaja Medicina, 1886, Nr. 36. Russisch. — Power, Pharmac. Rundschau, 1886, Sept., p. 195.

¹⁾ Berl. Klin. Wechschr. Jg. 1878, No. 82—34.

ab und verändern dabei ihre mikroskopische Struktur. Danach ist es selbstverständlich, dass auch das überlebende Kaltblüterherz bei Speisung mit einer saponinhaltigen Nährlösung rasch abstirbt. Ich werde genauere Angaben darüber im speziellen Teile dieser Arbeit bringen. Flimmerzellen stellen in Saponinlösungen ihre Tätigkeit ein. Isolierte Zellen der Leber, der Nieren, des Gehirns und Rückenmarkes werden rasch bis zur Unkenntlichkeit umgewandelt. Alle diese Tatsachen beweisen, dass die aktiveren unter den Saponinen Protoplasmagifte sind. Ist dies aber der Fall, so müssen sie natürlich auch auf die am bequemsten isolierbare Zellart des Wirbeltierkörpers, auf Blutkörperchen, einwirken. Tatsächlich erwies sich mir mit physiol. Kochsalzlösung 100fach verdünntes defibriertes Blut als das bequemste und feinste Reagens auf Saponinsubstanzen, indem dieses unter Einwirkung unserer Substanzen ohne Agglutination und ohne Methämoglobinbildung durch Hämolyse lackfarben wird. Je mehr wir das Blut von Serum befreien¹⁾, desto ausgesprochener wurde die hämolytische Wirkung der Saponinsubstanzen. Später haben E. Hédon²⁾ und andere nachgewiesen, dass die Glieder der Gruppe der Saponinsubstanzen nur deshalb auf die isolierten Blutkörperchen stärker lösend wirken, weil das Serum einen oder mehrere Schutzkörper enthält. Diese Tatsache bietet den Schlüssel für das Verständnis der von Pohl und von mir gefundenen andern Tatsache, dass bis zum gewissen Grade eine Immunisierung gegen Saponinsubstanzen möglich ist.

Da alle sonst bekannten Haemolytica entweder animalischer Natur sind (Schlangengifte, Arachnolysin) oder von Pilzen und Bakterien stammen (Agaricin, Tetanolysin) oder flüchtige Stoffe (Aether, ätherische Oele, Arsenwasserstoff) oder endlich unorganische Substanzen (Natriumkarbonat) sind, lässt sich für phanerogame Pflanzenstoffe aus der hämolytischen Wirkung im Reagensglas mit grosser Wahrscheinlichkeit auf Zugehörigkeit zur Saponingruppe schliessen. Das einzige Alkaloid, welches sich analog verhält, ist das Solanin. Dieses ist ja aber auch gleichzeitig Glykosid und

¹⁾ Dorpater Pharmakol. Inst.-Arb. Bd. 6, 1891, p. 126.

²⁾ Sur l'action globulicide des glycosides et les conditions de milieu qui la favorisent ou l'empêchent. Compt. rend. de la soc. de biol. 1900, p. 771.

Kobert, Saponinsubstanzen.

Tabelle der auf Hämolyse bis jetzt geprüften Saponinsubstanzen.

No.	Bezeichnung der Substanz	Wirkungsgrenze	Wer stellte die Prüfung an?
1	Sarasaponin der Sarsaparille . . .	1 : 125 000	v. Schulz unter Kobert.
2	Parillin der Sarsaparille . . .	1 : 100 100	v. Schulz unter Kobert.
3	Cyklamin des Alpenveilchens . . .	1 : 100 000	Tufanow unter Kobert.
4	Digitonin des Fingerhuts . . .	1 : 80 000	Kruskal unter Kobert.
5	Yuccasaponin der Palmenlilie . . .	1 : 75 000	Kruskal unter Kobert.
6	Melanthin des Schwarzkümmels	1 : 75 000	Kobert.
7	Palaquiumsaponin	1 : 75 000	Greshoff.
8	Smilasaponin, amorphes	1 : 50 000	v. Schulz unter Kobert.
9	Herniariasaponin	1 : 40 000	Kobert.
10	Payenasaponin	1 : 40 000	Greshoff
11	Mimusopsaponin	1 : 40 000	Greshoff.
12	Dolichosaponin	1 : 40 000	Greshoff.
13	Barringtoniasaponin	1 : 35 000	Weil.
14	Smilacin, kristallinisches	1 : 30 000	Kruskal unter Kobert.
15	Levant. Seifenwurzelsapotoxin . . .	1 : 20 000	Kruskal unter Kobert.
16	Acaciasaponin	1 : 20 000	Weil.
17	Balanitessaponin	1 : 18 000	Weil.
18	Illipesaponin	1 : 18 000	Weil.
19	Agrostemmasapotoxin	1 : 15 000	Kruskal unter Kobert.
20	Colubriasaponin	1 : 15 000	Weil.
21	Sapindussapotoxin (S. Saponaria)	1 : 14 000	Kruskal unter Kobert.
22	Sapindussaponin (S. Mukorossi)	1 : 13 000	Weil.
23	Senegin	1 : 12 000	Atlas unter Kobert.
24	Roskastaniensaponin	1 : 12 000	Weil.
25	Quillajasapotoxin	1 : 10 000	Kobert.
26	Quillajasäure (als Na-Salz)	1 : 10 000	Hoffmann unter Kobert.
27	Durantasaponin	1 : 10 000	Greshoff.
28	Entadasaponin	1 : 10 000	Greshoff.
29	Araliasaponin	1 : 10 000	Greshoff.
30	Teesamensaponin	1 : 10 000	Weil.
31	Solanin	1 : 8 300	Kobert.
32	Paphiopedilunsaponin	1 : 5 000	Greshoff.
33	Cosciniamsaponin(C.Blumeinum)	1 : 5 000	Greshoff.
34	Polysciassaponin	1 : 5 000	Greshoff.
35	Saporubrin	1 : 4 000	v. Schulz unter Kobert.
36	Mezoneurumsaponin	1 : 1 000	Greshoff.
37	Tiliacorasaponin	1 : 1 000	Greshoff.
38	Diplochisiasaponin	1 : 1 000	Greshoff.
39	Chamaclirin	1 : 700	Kruskal unter Kobert.
40	Heptapleurum ellipticum	1 : 200	Greshoff.
41	Guajaksaponinsäure (als Na-Salz)	1 : 10	Frieboes unter Kobert.
42	Guajaksaponin	löst kaum	Frieboes unter Kobert.
43	Trevesiasaponin	löst kaum	Greshoff.
44	Cosciniamsaponin(C.fenestratum)	löst kaum	Greshoff.
45	Eriasaponin	löst kaum	Greshoff.

ist dem Sapotoxin der Quillajarinde in seinen Wirkungen so ähnlich, dass es pharmakologisch unbedingt zur Saponin-Gruppe gerechnet werden muss. Eine Tabelle, welche den Grad der Verdünnung angibt, in welchem die von mir, meinen Schülern und anderen in analoger Weise geprüften Saponinsubstanzen in 1%iger Rinderblutkochsalzmischung noch eben völlige Hämolyse erzeugten, möge das Gesagte illustrieren.

Die Intensität der Giftwirkung aufs ganze Tier ist jedoch der Intensität der Wirkung auf rote Blutkörperchen nicht direkt proportional, weil die Intensität der Giftwirkung ja auch noch durch die Einwirkung auf viele andere Zellenarten, namentlich auf die des Herzens und Gehirns bedingt wird. So erklärt es sich auch, dass bei eben gerade noch tödlichen Dosen Blutveränderungen bei der Sektion nicht wahrgenommen zu werden brauchen, sowie dass der Tod wie bei den bakteriellen Toxinen erst nach einer Inkubation von 4 bis 6 Tagen eintritt. Offenbar erfolgt die vernichtende Einwirkung unserer Substanzen auf die Ganglienzellen des Gehirns viel langsamer als die auf die Blutkörperchen, aber auch noch bei viel grösserer Verdünnung. So beträgt beispielsweise die tödliche Dose bei Einspritzung ins Blut für Quillajasapotoxin und Quillajasäure zwischen 0,5 und 1,0 mg pro kg Versuchstier, während die dieser Gewichtsmenge Körper entsprechende Blutkörperchenmenge durch 1,0 mg Sapotoxin oder Quillajasäure nur zum kleinen Teile zerstört wird. Wenn ich anfänglich geglaubt habe, dass durch die Blutwirkung fast alle Erscheinungen der Saponinvergiftungen erklärt werden können, so ist dies, wie ich jetzt weiss, zu weit gegangen; ich habe die nicht sofort ins Auge fallenden Einwirkungen auf andere lebenswichtige Zellenarten eben erst bei jahrelangem Studium richtig zu bewerten gelernt.

Eine letzte fast allen Saponinsubstanzen zukommende eigenartige Wirkung äussert sich in Betäubung von Fischen, wenn das Wasser, in welchem sie leben, saponinhaltig wird. Ich werde über diese Wirkung weiter unten ausführlich reden. Hier sei nur bemerkt, dass die Anwendung von Saponindrogen zum Fischfang ebenso wie die zum Waschen sich bei vielen Naturvölkern alter und neuer Zeit nachweisen lässt und hohes kulturhistorisches Interesse bietet.