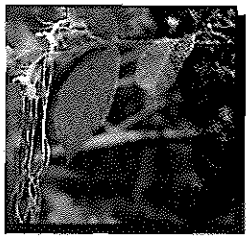
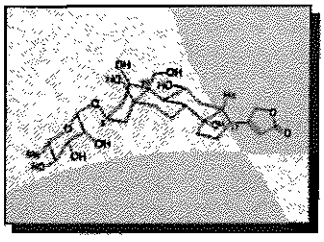
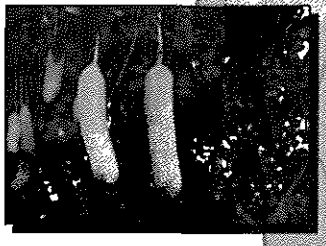
Hans Dieter Neuwinger

Afrikanische Arzneipflanzen und Jagdgifte

Chemie Pharmakologie Toxikologie

2., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage

WVG
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart

Einführung

Der Gebrauch vergifteter Waffen ist ein faszinierender Aspekt der menschlichen Versuche, sich gegen eine ihm feindlich gesonnene Umwelt zu behaupten: Sich mit Nahrung zu versorgen und sich vor seinen menschlichen und tierischen Feinden zu schützen. Völker aller Erdteile, Australien und Neuseeland vielleicht ausgenommen, benutzten Giftwaffen. Frühe Beweise kamen aus dem alten Ägypten. Ein Pfeil aus einem Grab aus der Periode zwischen 2181-2050 vor Christus trug große Menge wasserlösliches Gift, das in Mäusen eingebracht, Effekte wie das herzwirksame Glykosid Strophanthin, aber auch wie muskellähmende Alkaloide von Curare-Pfeilgift produzierte.
Viel Information ging schon verloren. Doch trotz des oft prophezeiten Verschwindens sind Pfeilgifte keineswegs ein Ding der Vergangenheit. Man findet sie heute nicht nur als Jagdgift zur Erlangung von Fleisch und um sich vor wilden Tieren zu schützen, sondern auch in Stammenskriegen, Familienfehden, kriminellen Einsätzen und Wilderei, insbesondere in Afrika.
In der Vergangenheit haben fast alle auf Gift basierende, biologisch aktive Pflanzen, Anwendung in der Medizin eines Volkes gefunden und ihm wertvolle Arzneien geliefert. Im heutigen Afrika gehören sie zu den rennomiertesten Pflanzen der traditionellen Medizin. Einige unserer wertvollsten Drogen wurden von sogenannten „primitiven Ethnien" entdeckt. Paracelsus sagte: „Allein die Dosis macht, das ein Ding kein Gift ist"; mit anderen Worten: des einen Gift ist des anderen Arznei.

Die gefürchteten Pfeilgifte haben auch die moderne wissenschaftliche Medizin mit effektiven Heilmitteln versorgt, oder sie fanden Anwendung als wichtige Werkzeuge der Forschung. Die bestbekannten Beispiele sind Ouabain und k-Strophanthin für die akute Herzinsufizienz, Physostigmin für die Behandlung von Glaukom (grüner Star) und Myasthenia gravis, d-Tubocurarin als muskelentspannendes Mittel in der Anästhesie, Reserpin als blutdrucksenkendes und psychotropes Medikament und Ajmalin als Droge bei Herzrhythmusstörungen. Nicht selten erwies sich der rohe Pflanzenextrakt mit seinem Komplex von Wirkstoffen therapeutisch wirksamer als die isolierte Einzelsubstanz. Die biologisch hochaktiven Pfeilgifte sind sicherlich wesentlich erfolgversprechender zur Erlangung therapeutisch brauchbarer Mittel als die aufs Geratewohl gewählten Pflanzen.

Früher oder später werden die Pfeilgifte zweifellos verschwinden. Es liegt im Interesse der verschiedenen Wissenschaften, diese Gifte zu erforschen und auszuwerten, ehe sie völlig verschwunden sind. Hier liegt mit Sicherheit ein großes Potential für zukünftige Entwicklung von Arzneien. In Abwandlung eines oft zitierten westafrikanischen Ausspruchs möchte ich sagen: „Wenn in Afrika ein alter Heilkundiger stirbt, geht eine ganze Bibliothek verloren"

Es gibt zwei historische Übersichten, die sich mit Pfeilgiften befassen, jeder fehlen aber detaillierte, brauchbare Fakten und bleiben somit allgemeine Diskussionen: das Buch von Perrot und Vogt (1913) in Frankreich und das des Toxikologen Louis Lewin in Deutschland (1923). Beide sind von historischem Wert, da sie das Ausmaß zeigen, in dem derartige Gifte eingesetzt wurden. Das Werk von Lewin ist konkreter und brauchbarer, da er zahlreiche Giftpfeile aus aller Welt (Völkerkunde-Museum Leipzig) an Labortieren toxikologisch untersuchte und erstmals die große Zahl von herzwirksamen Giften unter den afrikanischen Pfeilgiften demonstrierte. Über die botanische Grundlage war damals wenig, über die Chemie und Pharmakologie der Gifte und ihrer aktiven Prinzipien fast nichts bekannt. Ansonsten ist die Literatur zu diesem Thema weitververstreut, oft inkorrekt und von zweifelhaftem wissenschaftlichem Wert.

Pfeilgifte können grob unterteilt werden in:

- **Afrika** mit klarer Dominanz von herzwirksamen Giften (Cardenolid-Glykoside)
- **Südamerika** mit fast ausschließlich muskellähmenden, curarisierenden Giften (Alkaloide)
- **Asien** mit hauptsächlich herzwirksamen Giften, gefolgt von Krampfgiften (Cardenolid-Glykoside, Alkaloide)

Mit wenigen Ausnahmen sind afrikanische und die meisten asiatischen Pfeilgifte absolut tödliche Herzgifte, es gibt kein Gegengift im Gegensatz zu den südamerikanischen muskellähmenden Curare-Giften, die durch echte Antidote oder künstliche Beatmung überlebt werden können.

Die ersten weißen Menschen, die durch afrikanische Giftpfeile getötet wurden, waren vermutlich Nuno Tristan und der größte Teil seiner Mannschaft 1446 bei der Landung an der Mündung des Gambia in Westafrika. Die folgenden Jahrhunderten zeigten, dass nirgendwo auf der Erde Giftpfeile so verbreitet waren und in solchem Ausmaß eingesetzt wurden wie in Afrika.

Die afrikanischen Pfeilgifte sind meist polyvalente Gifte und bestehen entsprechend der Vielzahl der Ethnien, dem Gutdünken der individuellen Giftbereiter und der umgebenden Flora aus einer Mischung von bis zu 12 Pflanzen recht unterschiedlicher Wirksamkeit. Oft ist die Herstellung des Giftes ebenso kompliziert wie die Zusammensetzung.

Hochburgen solcher komplexer Gifte sind die Waldgebiete. Im allgemeinen liegen die Gifte bei 2-4 Bestandteilen, wobei 1-2 Pflanzen die Basis bilden („Basisgifte") und die restlichen für eine Varietät von Gründen zugesetzt werden: zur Steigerung der Giftwirkung, Förderung der Giftabsorption aus der Wunde in den Blutkreislauf, zur besseren Haftung des Giftes an der Pfeilspitze, aber auch aus magischen Gründen und Analogiedenken, und vielleicht auch, um Konkurrenten von der eigentlichen toxischen Komponente des Giftes abzulenken und sie irrezuführen. Heute bestehen die meisten Pfeilgifte aus 2-4 Komponenten.

Die einmalige Vielfalt und Komplexizität afrikanischer Pfeilgifte zusammen mit einer schier unüberwindlichen erscheinenden Geheimhaltung erschwerten lange Zeit ihr Identifizierung. Erst nach dem zweiten Weltkrieg begann sich das Dunkel zu lichten und Details und wissenschaftlich brauchbare Befunde über Pfeilgifte aus speziellen Gebieten wurden bekannt. Doch selbst heute gibt es noch Gebiete, in denen die Zusammensetzung und Herstellung von Pfeilgift ein streng gehütetes Geheimnis auserwählter Personen ist.

Giftwaffen

Pfeil und Bogen sind die verbreitetsten Waffen, gefolgt vom Speer. Als grobe Regel kann man sagen: Waldbewohner haben kleine Bogen und meist Holzspitzen-Pfeile, Savannenbewohner dagegen große Bogen, außer den Buschmännern, und Metallspitzen-Pfeile.
Der „Waldtyp" der Pfeile besteht aus Hartholz mit einer im Feuer gehärteten Spitze, der „Savannentyp" der Pfeile hat Metallspitzen unterschiedlicher Form mit meist komplizierten Widerhaken; sie sind hinter der Spitze mit Fasern umwickelt, um das Gift besser haften zu lassen. Erfahrene Jäger schmieren das Gift stets hinter die Spitze, niemals auf die Eisenspitze, da frisches Gift beim Eindringen in den Tierkörper abgestreift werden kann.
Oft ist hinter dem Giftbelag eine Kerbe eingeschnitten: wenn das angeschossene Tier durch den Busch läuft, bricht der Schaft ab und die vergiftete Spitze bliebt in der Wunde stecken und tut ihre Wirkung. Denselben Effekt erreichen andere durch Unterteilung des Pfeils: im oberen ausgehöhlten Schaft steckt zusätzlich ein dünner Schaft als Giftträger. Das Tier steift auf der Flucht den weit herausragenden Hauptschaft ab. Findet der Jäger diesen Schaft, weiß er, dass das Tier getroffen ist; er braucht nur seiner Spur zu folgen, bis die Giftwirkung einsetzt.

In Zentralafrika (Südost-Kamerun, Südwest-Zentralafrikanische Republik, Äquatorial-Guinea, Nord-Gabun, Nord-Kongo) benutzen manche Ethnien, insbesondere die Pygmäen, eine sehr wirksame Waffe für ihre Giftpfeile, die Armbrust (siehe Abbildung Seite 754).

Giftbereitung

Das Geheimnis der Giftzusammensetzung und -gewinnung kennt der Medizinmann, Herbalist, Fetischeur, Häuptling, eine ausgewählte Personen oder Familie eines Dorfes, heute meist der Jäger selbst. Sie vererbt sich oft über viele Generationen. Die Giftbereitung gilt bei vielen Ethnien als medizinisch-magische Kunst und selbst heute noch ist an manchen Orten die Giftherstellung mit allerlei geheimnisvollen rituellen Begleiterscheinungen und Tabus verbunden. Ein Giftbereiter darf niemals Gift bereiten, wenn er sich krank fühlt, seine Schwäche wird auf das Gift übertragen und es schwach oder gar unwirksam machen.

Bei der Giftherstellung kennt man drei grundsätzliche Methoden:

- **Auskochen in Wasser** (wässeriges Dekokt).
Die meistverbreitete Giftgewinnung ist das Auskochen des zerkleinerten Pflanzenmaterials in Wasser. Die Kochzeit liegt zwischen einigen Stunden und mehreren Tagen unter stetem Nachguss von Wasser. Nach dem Konzentrieren bleibt eine teerartige Masse, die dick auf die Holzspitzenpfeile oder hinter die metallene Pfeilspitze geschmiert wird. Die Technik reicht dabei vom einfachen Kochen in einem offen Topf bis zur subtilen Giftextraktion in speziellen Behältern.

- **Zerreiben der frischen Bestandteile und Zusatz von klebrigem Saft.**
Diese Methode der Giftgewinnung findet man hauptsächlich bei Verwendung von ölreichen Pflanzenteilen, wie Samen, Wurzeln. Der Zusatz von klebrigem Saft hilft die Giftmasse zusammenzuhalten und sie am Schaft zu binden. Besonders stark ist die adhesive Kraft des Latex der allgegenwärtigen, baumförmigen (Kakteen-artiger) *Euphorbia*-Arten, eine fast konstante Komponente von Pfeilgiften. *Euphorbia*-Latex ist auch selbst hochtoxisch.

- **Auspressen der frischen Pflanzenteile**
Dieses Verfahren für Holzspitzenpfeile ist typisch für Waldbewohner. Es ist verbreitet bei den Pygmäen im Ituri-Wald von Nordost-Zaire sowie im Grenzgebiet der Länder Kamerun/Gabun/Kongo/-Zentralafrikanische Republik. Man kennt eine große „stationäre Presse" und eine kleine, mobile „Reise-Presse" für die Giftbereitung unterwegs. Das Verfahren ist geeignet für saftreiche Pflanzenteile: dünne Zweige, Stammrinde und Wurzeln junger Büsche und Bäume sowie krautige Pflanzen und Lianen.

Giftpflanzen und ihre aktiven Bestandteile.

Grüne Pflanze sind wesentlich für alles Leben auf der Erde, da sie Sonnenenergie in organisches Stoffe umwandeln und die bemerkenswerte Fähigkeit gaben,

Kohlenwasserstoffe, Protein, Fette und Vitamine und am wichtigsten, Sauerstoff produzieren. Darüber hinaus liefern die „Pflanzen-Laboratorien" noch andere Produkte, die sogenannten **Sekundärstoffe**. Diese „Abfallprodukte" stellen oft die auffallendsten Stoffe unter den Pflanzenkonstituenten und sind seit Urzeiten für mancherlei Zwecke in Verwendung. Oft treten sie in speziellen Pflanzen in bemerkenswert hoher Konzentration und manchmal in großer Reinheit auf, z.B g-Strophanthin (Ouabain) in *Strophanthus gratus*.

Alle Drogen wirken durch drei Mechanismen: Stimulation, Hemmung und Irritation eines physiologischen Systems. Sie wirken dosisabhängig und können töten, wenn die Dosis genügend hoch ist. Es ist die Kunst eines Giftbereiters, herauszufinden, welche Pflanze hochtoxische Stoffe enthält, die in Wasser leicht in genügender Menge zur Erlangung eines giftigen Präparates zu gewinnen sind, das als Jagdgift schnell und sicher wirkt.
Es ist die Kunst eines Heilkundigen, herauszufinden, welche Pflanze in kleiner Dosis möglichst wenig Nebenwirkungen produziert, so dass er sie mit hinreichender Sicherheit therapeutisch einsetzen kann.
Es ist verständlich, dass ein Giftbereiter oder Heilkundiger bei Erfolg bestrebt ist, gegenüber Fremden oder Konkurrenten, sein mühsam erworbenes Wissen zu bewahren.

Fast alle primär aktiven Bestandteile afrikanischer Pfeilgifte stammen von Pflanzen. Wenigstens 80 % der Gifte basieren auf herzwirksamen Stoffen, meist **herzwirksamen Steroid-Glykosiden** (Cardenoliden). Die Hauptpflanzen der verbreitetsten schwarzafrikanischen Pfeilgifte sind: *Acokanthera, Parquetina* und *Strophanthus* („**APS-Gifte**") und verstreut in mehr oder weniger großen Gebieten: *Adenium, Mansonia, Calotropis, Pergularia, Corchorus* sowie herzwirksam, aber alkaloidhaltig *Erythrophleum.*

Mehrere andere große Gruppen giftiger Prinzipien sind Alkaloide, Triterpenoide, insbesondere Saponine (viele Pflanzen-Gattungen), Diterpenoide, z.B. die hochentzündlich wirkenden Ester von Diterpenalkoholen (*Euphorbia, Gnidia, Jatropha*). Die meisten **Saponine** verursachen Hämolyse, sie zersetzen bereits in kleinsten Konzentrationen die Erythrozyten. Sie haben auch andere toxische Eigenschaften, die nicht immer parallel mit ihren hämolytischen Eigenschaften gehen. Saponinhaltige Pflanzen werden verbreitet als Fischfang-Gifte verwendet, ebenso Pflanzen mit **Diterpen-Estern** (*Euphorbia*-Arten). Der als Klebemittel sehr geschätzte *Euphorbia*-Latex mit seinen extrem entzündlich wirkenden Diterpen-Estern mag neben eigener akuter Toxizität auch die Absorption des toxischen Prinzips durch Stimulation der peripheren Blutzirkulation fördern. Ähnliche Eigenschaften besitzt *Capsicum frutescens*, seine Früchte oder Samen sind Bestandteil vieler Pfeilgifte im gesamten Afrika, insbesondere aber bei den Mbuti-Pygmäen in Nordost-Zaire. Der an der Einschuss-Stelle brennend-entzündlich wirkende Capsaicinoid-Komplex besitzt auch selbst hohe akute Toxizität bei parenteraler Zufuhr.

Alkaloide mit ihrer extremen Verschiedenheit von Strukturtypen sind bekannt für ihre weite Palette pharmakologischer Aktivitäten. Sie gehören zu den aktivsten Pflanzenstoffen und sind für die Wirksamkeit einer großen Zahl von Pfeilgift-Bestandteilen verantwortlich. Die Muskellähmungs-, Kreislauf-, Atem- und ZNS-Aktivitäten stammen meist von Alkaloiden. Erstaunlicherweise finden aber nur relativ wenige alkaloidführende Pflanzen bei der Giftbereitung als Basisgift Verwendung, und das meist auch nur lokal: *Strychnos*-Arten, *Boöphone disticha, Crinum-Arten, Triclisia dictyophylla, Nicotiana-Arten, Physostigma venenosum, Sarcocephalus latifolius, Erythrophleum*-Arten. Letzere hat einen speziellen Platz unter den alkaloidführenden Pflanzen: ihre toxischen Prinzipien sind chemisch Alkaloide, sie verhalten sich aber pharmakologisch/toxikologisch *Digitalis*-artig wie Cardenolid-Glykoside.

Pflanzen mit **cyanogenen Stoffen** sind oft Bestandteil von Pfeilgiften, sie setzen bei Zerstörung der Pflanzenzellen enzymatisch flüchtige Blausäure frei; sie wird aber bei dem stets langen Kochprozess der Giftbereitung schnell verflüchtigt und trägt letzlich nichts zur Giftwirkung bei.

Flavonoide mit großer struktureller Varietät, zeigen vielfältige und sehr unterschiedliche Aktivitäten, sie sind jedoch selten eine primäre Giftquelle für Säugetiere, ausgenommen einige Stoffe spezieller Struktur, wie die Rotenoide in *Tephrosia* und *Lonchocarpus*-Arten. Sie sind in erster Linie Gifte für Kaltblüter (Fischfang-Gifte).

Viele andere sekundäre Pflanzenstoffe entwickeln zwar ebenfalls toxische Aktivitäten, ihre Effekte sind aber eher langzeitig und nicht akut, z.B. Sesquiterpene, Iridoide, Pyrrolizidine, Tannine. Letztlich ist oft unklar und kaum zu beurteilen, in welchem Ausmaß die Zusatzstoffe zur Basis-Giftwirkung beitragen. Im Falle von Herzgiften ist überdies deren Effekt so schnell und effektiv, dass andere Stoffe schon allein zeitlich gar nicht zur Wirkung kommen.

Es ist bekannt und sehr bemerkenswert, dass das fertige Pfeilgift oft wesentlich aktiver ist als der konzentrierte Extrakt der zugrundliegenden Einzelpflanzen. Dies mag durch Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Stoffen während des Aufbereitungsprozesses des Pfeilgiftes erklärt werden. Solche Beispiele wurden in Laborversuchen nachgewiesen.

Tierische Gifte

Tierische Gifte spielen in afrikanischen Pfeilgiften keine wesentliche Rolle, in Westafrika wurden früher häufig Schlangenköpfe beigemischt.
Das **Larvengift** der Kalahari-Buschmänner gilt gemeinhin als das einzige, rein tierische Pfeilgift Afrikas. Nach unseren Erfahrungen enthält es aber oft pflanzliche Beimischungen. Das Larvengift wirkt ähnlich Schlangengift und ist auch ebenso hitzeempfindlich. Das wissen die Buschmänner, sie bereiten es stets ohne Kochprozess.
Alle anderen tierischen Gifte, z.B. von Schlangen, Skorpionen, Hundert- und Tausendfüßer, Insekten sind Nebenbestandeile eines Pfeilgifts und tragen, wenn überhaupt, nur marginal zur Giftwirkung bei. Sie überleben nicht oder kaum die meist langen Kochprozesse der afrikanischen Giftbereitungen. Dazu kommt, dass die Mengen dieser Zusätze gewöhnlich derart klein sind, dass allein schon deshalb kein Effekt zu erwarten ist.
Eine Ausnahme bilden die **Krötengifte,** die man hin und wieder bei Pfeilgiftbereitungen findet. Ihre den Cardenoliden ähnlichen Steroidglykoside, die Bufadienolide, sind wie diese hitzestabil und wirken ebenfalls extrem herztoxisch.

Es gibt eine interessante Notiz über eine Art „Baumfrosch", die von verschiedenen unabhängigen Seiten bestätigt wurde. Die Kikuyu in Kenia verwendeten ihn zumindest in früheren Zeiten für Pfeilgift. Dieser Frosch (*Hyperolius marmoratus glandicolor* Peters; „kiengere" in der Kikuyu-Sprache), oben weiß und unten rötlich, sitzt in niedrigwachsender Vegetation und wird oft unfreiwillig von Kühen gefressen. Deren Bauch schwillt an, Schaum tritt aus dem Maul und sie sterben sehr schnell. In der Frühzeit der europäischen Besiedlung des Landes sammelten die Kikuyu diese Frösche und versuchten, in Heubündel eingebracht, sie den Kühen der Europäer einzuverleiben. Nach dem Tod wurden die Kühe üblicherweise vergraben. Die Kikuyu gruben sie wieder aus und aßen sie [Verdourt und Trump, 1969]. Nach unseren Recherchen werden diese Frösche aber nicht als Pfeilgift verwendet, wie die winzigen südamerikanischen Baum-Frösche.

Arzneien

Derzeit hat etwa 75% der afrikanischen Bevölkerung keinen Zugang zur modernen, westlichen Medizin. Doch auch, wo dies der Fall ist, wird die traditionelle Medizin der modernen oft vorgezogen. So kann man nicht selten beobach ten, wie Städter zunächst den modernen Arzt besuchen, sich anschließend aber vom traditionellen Heilkundigen weiterbehandeln lassen. Das hängt nicht zuletzt damit zusammen, dass sich die Diagnose- und Behandlungsmethoden beträchtlich unterscheiden und die traditionellen Heilmethoden der Mentalität der Afrikaner wesentlich näherstehen.

Für die afrikanischen Heilkundigen hat Krankheit eine mystische Basis und steht mit Unordnung in der Geisterwelt und Hexerei im Zusammenhang. In allen Fällen muss das Gleichgewicht wieder hergestellt werden. Wenn die jeweilige vermeintliche Ursache erkannt ist, erfolgt die Behandlung aber durchaus auf rationaler Basis, wenn auch rein symptomatisch.
Die traditionelle Medizin Schwarzafrikas erlebt auch seit einigen Jahrzehnten bei den wissenschaftlich-medizinisch ausgebildeten Afrikanern einen starken Aufschwung. Sie bedienen sich in verfeinerter Form zunehmend der traditionellen Arzneien, die sich vielen Fällen als sehr leistungsfähig erwiesen.

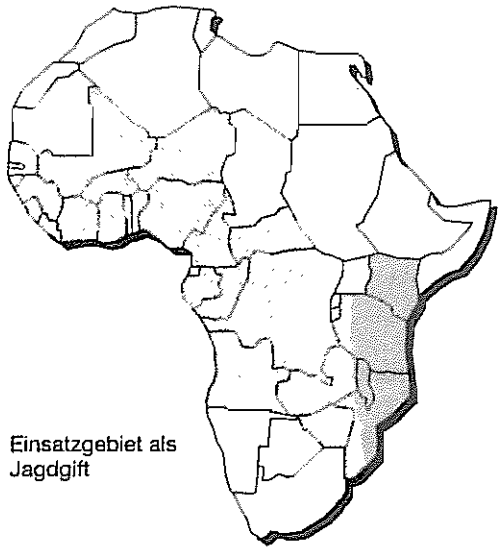
Zum Einsatz kommen hauptsächlich die Wurzeln oder die Rinden von Stamm und Wurzeln; sie sind erfahrungsgemäß am wirkstoffreichsten, gefolgt von den Blättern.

Die quantitativen Vorstellungen variieren stark je nach Erfahrung und individuellem Gutdünken eines Heilkundigen. Im allgemeinen sind die eingesetzten Mengen sehr klein, die Extraktionszeiten kurz. Das richtet sich letztlich nach der biologischen Aktivität der Pflanze, der Wasserlöslichkeit der Inhaltsstoffe und der Schwere der Krankheit.
Verbreitet ist dass mehr oder weniger lange Auskochen (Dekokt, Tee) oder Stehenlassen (Mazerieren bis zu einigen Stunden) der fast immer frisch gesammelten Pflanzenteile in Wasser oder seltener in alkoholischen Getränken. Sehr aktives Pflanzenmaterial wird gewöhnlich in wenig Wasser kurz zerrieben und die Flüssigkeit verwendet.

Die Zuführung der Arznei ist mannigfaltig. Im Vordergrund steht der Trank, gefolgt von Einfügen zerdrückten oder pulverisierten Pflanzenmaterials in Speisen. Selten werden Pflanzenteile roh gegessen. Bei Säften führt man oft über das Auge, die Nase oder mit einem Halm über den Penis oder intravaginal zu. Eine populäre Methode ist das Aufrauhen (z.B. mit den sandpapierrauhen Blättern von *Ficus exasperata*) oder Aufritzen (Skarifizieren) der Haut mit einer Rasierklinge oder einem scharfen Messer in 1 cm lange Schnitte und Einmassieren des Extraktes. Bei starken Extrakten genügen oft Abwaschungen, Einreibungen oder Massagen der befallenen oder schmerzenden Körperstellen mit der Flüssigkeit. Rheumatische Stellen, Frakturen, Ödeme und auch Hautkrankheiten behandeln die Heilkundigen meist mit einer Auflage des Pflanzenbreis, wobei aber bei längerem Luftausschluss schwere Hautentzündungen eintreten können. Auch Einarbeitung pulverisierten Pflanzenmaterials in Fett (z.B. Schibutter) zu einer Salbe ist verbreitet. Wie bei uns kennt man auch Dampfbäder und Inhalationen (z.B. bei Atemwegserkrankungen), Sitzbäder (z.B. bei Hämorrhoiden) sowie Klistiere (z.B. bei Fieber, Verstopfung). Trockene Räucherungen werden gerne bei Geisteskrankheiten angewendet.

Strophanthus spp.

Strophanthus – eine legendäre afrikanische Giftpflanze und klar die Nummer Eins unter den Pflanzen für Jagd- und Kriegsgifte, und das seit frühesten Zeiten. Eine Pflanze mit lauter Superlativen: das meistverbreitete afrikanische Gift, das bestbekannte und meistbenutzte Gift, das am leichtesten zu gewinnende und zu erhaltene Gift, das schnellstwirkende Gift, mit das haltbarste Gift, das meistgehandelte Gift. Botanisch eine Pflanze mit einer der auffälligsten Infloreszenzen und kuriosesten Früchten. Unter den **APS**-Giften (*Acokanthera-Parquetina-Strophanthus*, siehe Einleitungskapitel) ist es mit weitem Abstand die vorherrschende Giftpflanze.



Einsatzgebiet als Jagdgift

Schon die ersten Reisenden und Erforscher Westafrikas Mitte des 15. Jahrhunderts wurden drastisch und zur Genüge mit der Existenz vergifteter Waffen der Einheimischen bekannt. Viele Expeditionsteilnehmer starben den Gifttod. Der Portugiese Nuno Tristan erlag mit fast seiner gesamten Mannschaft 1446 beim Landeversuch nahe der Gambia-Mündung den Giftpfeilen [De Faria, 1681]. Cadamosto, ein Venezianer, der 1455/1456 im Auftrag Heinrichs von Portugal zwei Entdeckungsreisen längs der atlantischen Küste Afrikas unternahm, mußte seine erste Reise an der Gambia-Mündung abbrechen; jeder Versuch, Land zu betreten, wurde mit einem Giftpfeilhagel der Gambier verhindert. Vom Schiff aus sah er, wie die Einheimischen mit vergifteten Pfeilen und Speeren sogar erfolgreich Elefanten erlegten. Bei den Wolof weiter nördlich im Senegal gelang es ihm, Näheres über das Gift zu erfahren: Zur Gewinnung töteten sie eine besonders giftige Schlange, quetschten das Blut heraus und mischten es mit dem Saft eines Baumes zu einer Masse, die auf den Pfeil oder Speer gestrichen wurde: „A wound from these, drawing a little blood, although it might be small, would kill the wounded person in a quarter of an hour" [Crone, 1937]. Der Missionar Hakluyt [1889] verlor 1667 beim Versuch, an Land zu gehen, nahe Kap Verde viele seiner Begleiter durch Giftpfeile; er selbst konnte sich im letzten Augenblick aufs Schiff retten. Die alte Reiseliteratur ist voll solcher Berichte.

Trotz der starken Konfrontation mit Giftwaffen sind die Giftquellen verhältnismäßig spät und dürftig bekannt geworden, erst nach 1850. Nach den ersten Hinweisen von Cadamosto aus dem Senegal 1455, vermochte Finch [1625] in Sierra Leone einige Einzelheiten in Erfahrung zu bringen. Die dortigen Bewohner stellten ein Pfeilgift aus den Bohnen einer Schotenfrucht „ogon" (wahrscheinlich *Erythrophleum suaveolens*, der Timne-Name dafür ist „akon"), ein zweites aus den gestielten, fünf lange Samen enthaltenen Schotenfrüchten des Baumes „quanda" her, unter dem *Physostigma venenosum* vermutet wird.

Mungo Park, ein schottischer Arzt, konnte 1796 erstmals auch Näheres über das gefürchtete Pfeilgift der Gambier erfahren. Die Maningo (Malinke) benutzten das Gift insbesondere im Krieg. Park schreibt: „Das Gift soll auf der Stelle töten, man gewinnt es von dem Strauche „kuna" (einer Art *Echites*), den man in den Wäldern sehr häufig findet. Kocht man die Blätter dieses Strauches mit etwas Wasser, so erhält man einen dicken, schwarzen Saft, in den die Neger einen baumwollenen Faden tauchen. Diesen Faden wickeln sie so geschickt um die eiserne Pfeilspitze, dass man den Pfeil, wenn er bis zum Widerhaken eingedrungen ist, in der Wunde zurücklassen muss." Wie wir heute wissen, ist *kuna* der Malinke- und auch Bambara-Name für *Strophanthus* (*sarmentosus* bzw. *hispidus*). *Echites* ist das erste Synonym, unter dem *Strophanthus* beschrieben wurde (*Echites caudata* = *S. caudatus*).

Der schweizer Botaniker Augustin-Pyramus De Candolle berichtete 1802 von vier neuen, nach Paris ins Museum gelangten Pflanzen, denen er wegen der zusammengedrehten, langen, seilartigen Fortsätze der Blütenblätter den Gattungsnamen ***Strophanthus*** gab (*strophein* = drehen, *anthos* = Blüte). Er plazierte sie zwischen *Echites* und *Nerium*.

Im Zuge der intensiven Kolonialisierung und Missionierung Mitte des 19. Jahrhunderts kamen bald weitere, ergiebigere Informationen und zahlreiche Giftpfeile nach Europa.
Ab 1860 begann man mit der physiologischen Untersuchung dieser Gifte, von denen die weitaus größte Gruppe als Charakteristikum einen ungewöhnlich schnellen und sicheren Tod selbst bei nur geringen Verletzungen bewirkte. Man erhoffte sich Gegenmittel und medizinisch verwendbare Stoffe, eine Hoffnung, die sich zumindest im letzteren Fall auch erfüllte.

Den ersten eindeutigen Nachweis der Pfeilgiftverwendung von *Strophanthus* erbrachte der Schotte Kirk, Botaniker der Expedition von David Livingstone 1858-1864 im heutigen Malawi (Njassaland) [Livingstone 1865]. Er konnte 1861 bei den Nyanja südlich des Malawi-Sees am Shire-Fluss erstmals Näheres über das „kombe" genannte Gift und das zugrundeliegende Pflanzenmaterial erfahren. Allerdings war es nicht leicht, Exemplare der streng geheimgehaltenen Pflanze zu erhalten. Er konnte schließlich einige Proben und reife Früchte nach Edinburgh schicken. Einer der Empfänger, Sharpey, überprüfte 1862 die von Kirk schon vermutete Herzwirksamkeit der Samen und bestätigte sie.

Bald wurde bekannt, dass *Strophanthus* auch in anderen afrikanischen Gebieten zum Einsatz kam. Griffon du Bellay brachte *Strophanthus*-Samen als Pfeilgift der Pangwe-Stämme in der französischen Kolonie Gabun nach Paris, wo sie 1865 auf der Weltaustellung gezeigt wurden und verschiedene Forscher zur Untersuchung anregten. In allen Fällen zeigten sich qualitativ dieselben Wirkungen wie sie *Digitalis* hatte, wobei die der *Digitalis* überlegene Wirkungsstärke auffiel [Aubry-Lecomte, 1965; Fagge und Stevenson, 1865; Pelikan, 1965; Touchard, 1864].

Fraser [1869/1879; 1889/1890) in Edinburgh, der sich ab 1865 fast 20 Jahre mit dem „kombe"-Pfeilgift und *Strophanthus kombe* beschäftigte, gelang 1869 die Isolierung des herzwirksamen Prinzips aus den Samen, das er **Strophanthin** nannte und als Glykosid erkannte. Er demonstrierte die chemische und physiologische Übereinstimmung des „kombe"-Pfeilgifts mit den *Strophanthus*-Samen. Ein fast gleiches Prinzip fand er auch in Pfeilgift aus Gambia in Westafrika.
Fraser vermochte in den folgenden Jahren alle grundlegenden chemischen und pharmakologischen Eigenschaften des *Strophanthus* aufzuklären. 1883 veröffentlichte er seine erfolgreichen Untersuchungen mit der therapeutischen oralen und subkutanen Anwendung eines alkoholischen Samenextraktes an stark herzleidenden Menschen und empfahl die Verwendung als teilweisen Ersatz der *Digitalis*-Tinktur, die lange Zeit das einzige Medikament gegen akute Herzinsuffizienz war [Fraser, 1885].

Arnaud [1888] in Frankreich isolierte 1888 aus den Samen des dem Iné-Pfeilgift der Pangwe in Gabun zugrundliegenden *„Strophanthus glabre du Gabon"* (= *Strophanthus gratus*) das herzwirksame Prinzip und identifizierte es mit dem kurz zuvor von ihm aus dem somalischen Pfeilgift „ouabaio" isolierten **Ouabain** und stellte so eine Verbindung mit der ostafrikanischen Pfeilgift-Pflanze *Acokanthera* her. Wie *Strophanthus* erlangte es später große therapeutische Bedeutung.

Bis zu dieser Zeit war *Strophanthus* mehr eine Kuriosität der Museen und Ausstellungen, nun wurde es ein wichtiger Handelsartikel für die Bedürfnisse der Medizin. 1906 führte Fraenkel in Deutschland das kombe-Strophanthin (**k-Strophanthin**) als „ein für die intravenöse Zufuhr geeigneter, dem Patienten in kürzester Zeit zugute kommender Wirkstoff" für die akute Herzinsuffizienz in die Herztherapie ein [Thauer, 1956]. Damit war erstmals aus einem tödlich wirkenden Pfeilgift ein wertvolles und auch heute noch verwendetes Heilmittel geschaffen worden, dem zweifellos viele Menschen ein Weiterleben verdanken.

In den 50er Jahren stieg das Interesse an *Strophanthus* weltweit sprunghaft an, als die Reichstein-Gruppe in Basel nachgewiesen hatte, dass aus einem der Samen-Cardenolide das zu dieser Zeit als Wunderheilmittel gegen entzündliche Arthritis aufgekommene, sehr teure Cortison dargestellt werden kann. Sechs Expeditionen durchkämmten das tropische Afrika nach *Strophanthus*, große Mengen Herbarmaterial gelangten in die Museen und die *Strophanthus*-Chemie erlebte einen nie gekannten Aufschwung. Doch die Erwartungen erfüllten sich nicht, die Samen erwiesen sich als zu spärlich und variabel im gesuchten Ausgangsstoff für die Cortison-Synthese.

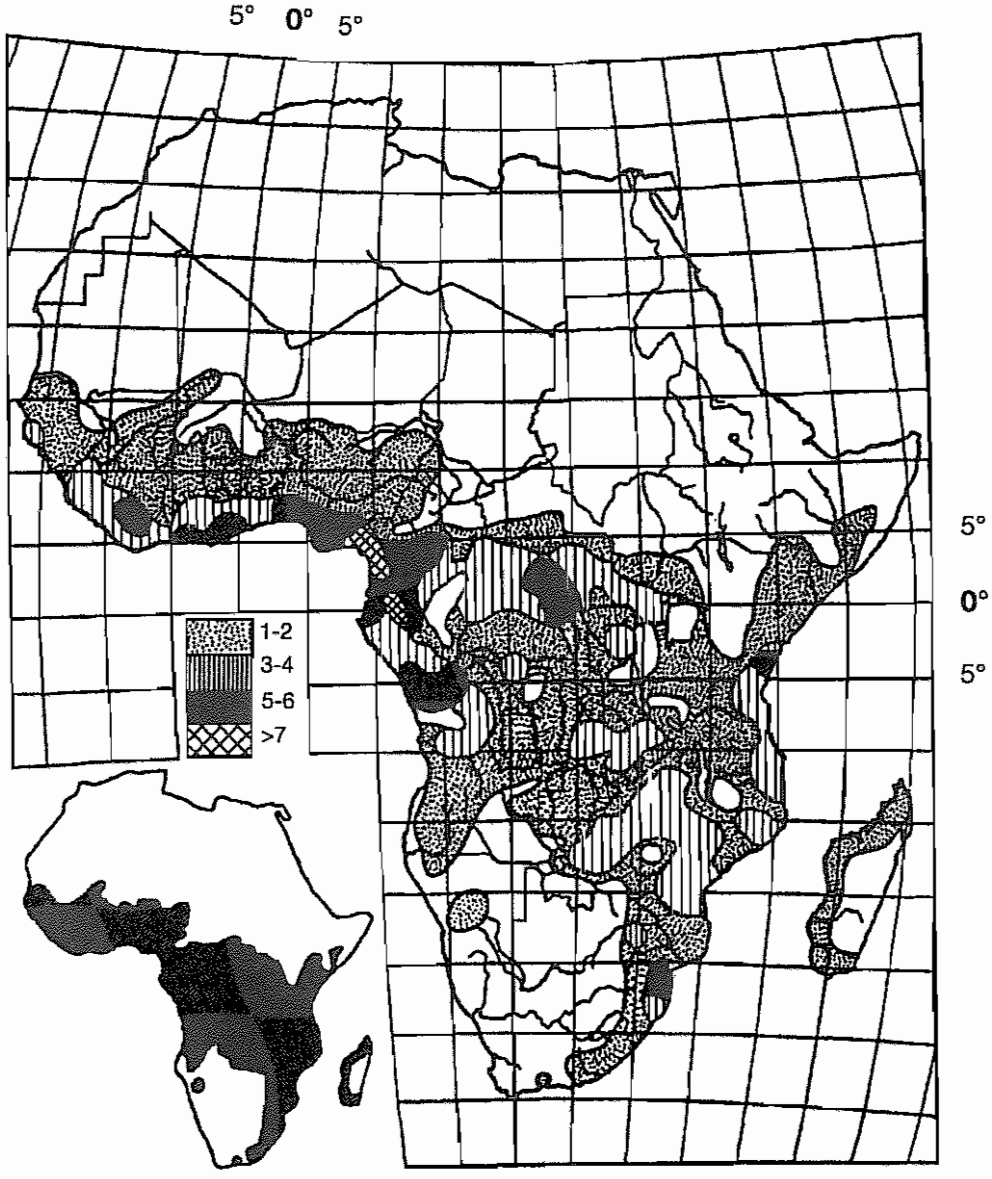
Botanik

A.P. De Candolle beschrieb 1802 vier *Strophanthus*-Arten, A. De Candolle 1844 bereits elf. Nach 1870, als Resultat des pharmazeutischen Interesses, stieg die Zahl rapide. Pax führte in der ersten monographischen Bearbeitung der Gattung 1892 schon 25 Arten an, Franchet ein Jahr später bereits 34 Arten, und Gilg beschrieb 1903 in der ersten kompletten, bis vor kurzem gültigen *Strophanthus*-Monographie 43 Arten, davon 31 aus Afrika [Gilg, 1903]. Neben einigen wichtigen regionalen Revisionen – Hutchinson und Dalziel [1931] und Huber [1963] für Westafrika; Staner und Michotte [1934] für Zaire; Hess [1952] für Angola – sowie einer Übersicht von Pichon [1950], studierte Monachino [1951,1952] über 3000 Herbarproben, benamte eine neue Sektion, stellte zwei neue Arten auf und verwarf überflüssige Namen. Beentje [1982] verfasste 1982 eine auf mittlerweile reichhaltigem Herbarmaterial basierende Monographie der Gattung.

Strophanthus findet sich in Afrika unterhalb 15° nördlicher Breite bis zum Kap-Gebiet.

Die Verteilungsgebiete der Arten zeigen eine große Variationsbreite (siehe Karte). Die größte Artenvielfalt deckt sich mit den Gebieten höchsten Regenfalls, nur zwei Arten (*amboensis* und *mirabilis*) wachsen in sehr trockenen Regionen. Von gewissen Gebieten gibt es aber immer noch unvollständiges Herbarmaterial, z.B. für das Grenzgebiet Tansania-Mozambik.

Die habituellen Unterschiede sind beträchtlich:Je nach



Strophanthus in Afrika

Zahl der sympatrischen *Strophanthus*-Arten pro Gebiet
nach H. J. Beentje [1982]

Umgebung tritt *Strophanthus* als kleiner kugeliger oder großer ausladender Strauch, kleiner Baum oder Liane auf. *S. welwitschii* findet sich sogar stellenweise als Bodenkriecher. Im offenen Gelände bildet er ausladende Sträucher. In den Trockengebieten Westafrikas trifft man *Strophanthus* häufig kultiviert. Besonders gerne wird er durch ständiges Beschneiden zu kleinen Bäumchen oder kompakten Sträuchern geformt und zu jahrelanger, reichfruchtender Spitzenzucht für die Pfeilgiftgewinnung gebracht.

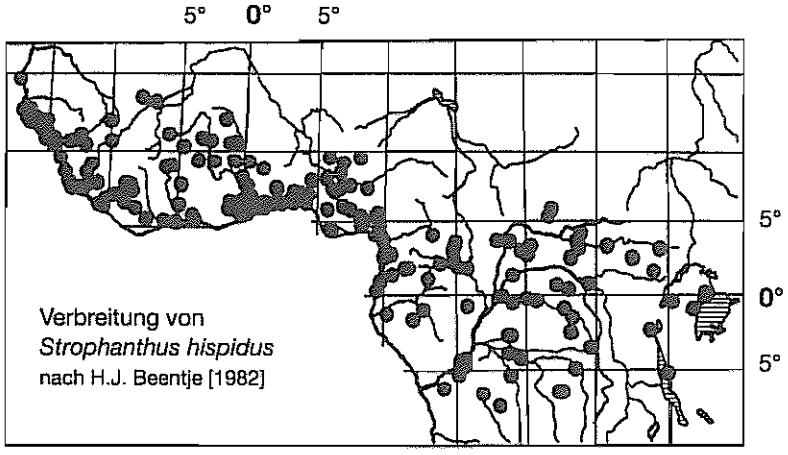
Im dichten Wald, d.h. im Schatten, findet er sich als mächtige, bis zu 10 cm dicke Liane, die bis in die höchsten Baumgipfel vordringt, z.B. *S. gratus*, *thollonii*, *mortehanii*, jedoch relativ selten voll entwickelt ist, da das Licht fehlt. Lediglich in den obersten Baumgipfeln, wo die Früchte aber schwer zugänglich sind, oder entlang von Waldschneisen und Waldrändern, trifft man auf gut entwickelte Exemplare. Im Durchschnitt trägt eine gut gelegene, über 50 Jahre alte Liane oder ein 3 m hoher und 6 m breiter Strauch 30-50 Doppelfrüchte, unter besten Bedingungen sogar 100 und mehr. Kultivierungsversuche zeigten, dass afrikanischer *Strophanthus* auch außerhalb des Kontinents wachsen kann und dass die Pflanze ihre Eigenschaften im botanischen Charakter und Glykosidgehalt behält [Monachino, 1956].

Als taxonomisch wichtige Merkmale erwiesen sich Größe und Form der gegenständigen Blätter, Ausbildung von Blattspitze und Blattbasis, Länge und Form der Kelchblätter, die fünf Paar Koronablätter (Schuppen), die Anfügung der Staubblätter und Filamente und die Behaarung der verschiedenen Pflanzenteile. Die Blütenblätter enden gewöhnlich in gedrehten, band- oder seilförmigen Verlängerungen, ausgenommen die von *S. gratus* und *thollonii*. Sie ga-

ben der Gattung den Namen „Stroph-anthus" = „gedrehte Blüte" . Die Früchte bestehen aus einem Paar schmaler, längsaufspringender Follikel, die an der Basis zusammenengewachsen sind und in unterschiedlichen Winkeln divergieren, von 140°-270° meist 180° . Die Samen, meist spindelförmig oder lanzettlich, sind glatt oder dicht behaart, und haben an einer Seite eine Granne von bis zu 10 cm Länge mit einem Haarschopf gegen die Spitze zu. Die Länge des behaarten oder glatten Teils der Granne und auch die Samen selbst sind von taxonomischer Wichtigkeit. Form, Größe und Länge der Frucht sowie Dicke der Fruchtwand (Exokarp) variieren stark, insbesondere bei *S. sarmentosus*.

Strophanthus hispidus A.P. De Candolle

Strophanthus bariba Boyé et Béréni 1897
S. tchabé Boyé et Béréni 1897
S. thierreanus K. Schumann et Gilg 1902
S. hispidus var. *bosere* De Wildeman 1907
S. hispidus var. *latistigmatica* Schnell 1950
S. hispidus var. *lobatistigmatica* Schnell 1950
S. hispidus var. *parvistigmatica* Schnell 1950

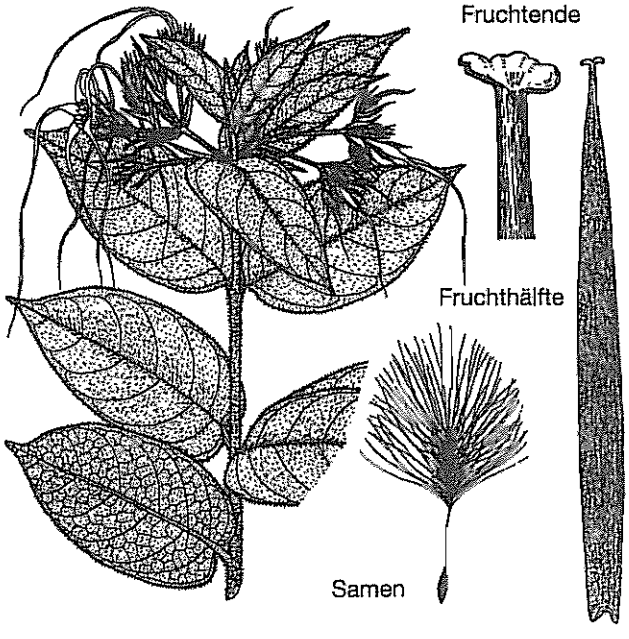


Verbreitung von *Strophanthus hispidus* nach H.J. Beentje [1982]

Botanik

Hochkletternde, bis zu 100 m lange Liane oder Strauch (einzeln oder als dickes Buschwerk) oder 3-5 m hohes Bäumchen. Stammsaft weiß oder rötlich, bald koagulierend. Rinde dunkelgrau, Zweige hell oder rötlichbraun, dicht bedeckt mit bräunlichen, steifen Haaren.

Blätter gegenständig, seltener in Dreier-Gruppen, oberseits leuchtend dunkelgrün, eiförmig, elliptisch oder verkehrteiförmig, vorne zugespitzt und mit einer abgesetzten Spitze von 2-14 mm Länge, Basis gerundet oder schwach herzförmig, 15 x 8 -22 x 12 cm, papierartig, beidseits dicht mit steifen, 1-2 mm langen Haaren bedeckt, 6-11 Paar Seitennerven, gerade oder gebogen.



Blüten in ein- oder vielblütigen Infloreszenzen, lose oder kompakt, mit kurzen steifen Haaren in allen Teilen, Kelchblätter ungleichmäßig, die äußeren schmal eiförmig und 3-4mal so lang wie breit, die inneren schmal eiförmig oder linear und 6-14mal so lang wie breit, hellgrün mit Basis und Mittelrippe rötlich, Blütenröhre 0,5-1,3mal so lang wie der Kelch, beidseits weiß zu orange über gelb, innen rot- oder purpur-gefleckt, Koronablätter gelb, rotpurpur- oder braungefleckt, gerundet, fleischig, 1-3 x 0,8-2,5mm, Blütenblätter beidseits creme und ändernd nach orange, innen rot- oder braungefleckt, mit seilförmigen Verlängerungen von 15-21 cm Länge, gelb, zur Spitze zu rötlich. Staubblätter 0-4 mm lang eingeschlossen, Filamente bei 7-13 mm von der Zylinderbasis angefügt, gebogen, mit einer kleinen Schwellung an der Basis.

Früchte divergieren im Winkel von 200-260°, nach vorne lang spitz zulaufend und in einem Knopf oder einem breiten diskusförmigen Plättchen endend („Elefanten-Rüssel"), 14-48 cm lang, 1,3-2,5 cm Durchmesser, Exokarp dunkelbraun, dick und hart, dicht mit Lentizellen bedeckt, längsgestreift. Samen dicht mit feinen Haaren bedeckt, lang und sehr schmal, hellbraun, Granne 8-34 mm lang, mit einem spreizenden oder aufrechten Haarschopf von 20-43 mm Länge.

Verbreitung: West- und Zentralafrika, vom Senegal bis zum Westen des Viktoria-Sees in Uganda. Primär- und Sekundärwald, oder in felsigem Gelände und in Dickichten des Holzlandes, von 0-1600 m Höhe. Im Norden Westafrikas oft nahe der Dörfer kultiviert für Pfeilgift.

Einheimische Namen

Senegal
kuna, kuna dion, kuna dé, kuna jé, baga iri, humajo Bambara
tokéré Fulbe
funiu, funiafu, muriékolo Diola-Fogny
fupumbène Diola-Tendouk
tifem, si tok tok Baynouk
bu fumben, diola Flup
biodi, ndengle Balante
tioh, bondié, lengé Wolof

Sierra Leone
sawai, jawei Mende, Loko
kolé (= Pfeilgift) Timne
klenné, kola-nenné Kono von Nzo

Liberia
bali Toma

Mali
kuna, kuna ion, kuna dié Bambara

Elfenbeinküste
kura, fanad ari Malinke
akueyama, akuiniama Baule
salobégo Ebrié
bisibisdia, tantsija Attjé
bidu, zrebudu Guéré
so-uru Kru
hiwenié Pallaka
sepewe Guimini
suwel Taguana
si-jalma Senufo
baga, baga iri Diula
makua, makuan, mekua Agni, Abru, Kulango

Burkina Faso
yoabga, yabaga, yobro Mossi
sè Bisa
n'vaga Bobo
kwajiébé, mpal bré Lobi
jeb Birifor
jabé Dagari, Wilé
sula Karaboro
suro, tchu (*tchubia* = Samen) Niénégué
von Gurunsi

Ghana
matwa Ewe, Krepi
amaatwa, ometwa Twi
amanfohama Ashanti. Twi
aklotswa, aklo Ga
ahon, ahom, totum-natdu Krobo
yabaga Konkomba, Mossi
yiibig, yabek Kusasi

Togo
su Kabre, Difale
sodé, sowé Chokossi
bulong, bulog Dagomba, Konkomba
bulo Bassari
pitombai Ewe
atschagbati bei Badja
ra-abia Losso
idé Somba

Benin
tchakpatchi Adja
tchakpa Sahoue
adikoun, adikwi, dikwi Fon, Gun

Niger
borgu nagui Djerma von Gaya

Nigeria
kwankwanii namiji, tantsiya Haussa
tantsiyari, mada, tokéré, toké (= Gift), *audi toké* Fulbe
ègwa Nupe
obwa Gbari
agur, aguru, agbul, agburu Tiv
isha, isha géré, isha giri, oro Yoruba
hwaal ndem (auch *S. sarmentosus*) Birom

Kamerun
enai bicholl (= falscher *enai*) allgemein im Süden
(*enai* = *Strophanthus gratus*)
ené Ewondo
tokai Fali in den Tinguélin-Bergen

Gabun
onai Mpongwe,Galoa,Nkomi, Orungu
monai Mitsogo, Ivea, Bavove
munai Eshira, Varama, Vungu, Vili, Nzabi
ené, eni Fang, Kota
munadji Punu
nanji Loango
naja, ameke, akyembe Kele
ekembe Benga
nté Seki

Zaire
muilu Fiote
kubulu Mayogo
bovulenda Zande
boséré near Eala
bosende'e'ekondo Ngandu
loété (auch *S. preussii, S. mortehanii*) Bokuma, in Flandria
liboli li tokembe Turumbu
lofondja Kundu
misidji, moko, lokololia, tukatuka, bodjako, mokwingo, bosenja

Kongo
kinyinzé Teke

Traditionelle Medizin

Meistverwendeter Teil sind die Wurzeln, Haupteinsatzgebiete sind Parasiten, Geschlechtskrankheiten, Hautkrankheiten. Hier und da in Westafrika werden sie auch gegen Schlangenbisse eingesetzt.

Im **Senegal** gibt man zerstoßene Wurzelrinde auf erkrankte Hautstellen, Geschwüre und Guineawurm-Wunden. Das Dekokt gilt als gutes Mittel gegen Parasiten, Gonorrhoe und als Diuretikum. Frauen trinken vom Mazerat als Galaktagogum.

In **Guinea**, Nimba-Berge, zerstößt man die geröstete Stammrinde zusammen mit der von *Rauwolfia vomitoria* und Giftschlangenköpfen zu einem Präparat gegen Schlangenbisse. Den Saft von Schösslingen, Früchten

oder den Samenbrei benutzt man gegen Kopfläuse, Samen-Extrakte auch in niedrigen Dosen bei Herzbeschwerden.
In der **Elfenbeinküste** trinken Ebrié und Attjé mehrere Tage morgens eine Tasse des Wurzelholz-Dekokts, gefolgt von der gleichen Menge Wasser bei Syphilis-Schmerzen. Das Wurzel-Dekokt wird äußerlich zur Behandlung von Hautausschlägen, Wunden und syphilitischen Geschwüren, innerlich bei Magenschmerzen eingesetzt.
Ethnien an der Schwarzen Volta (Wilé, Dagari, Puguri) in **Burkina Faso** behandeln mit dem Wurzel-Mazerat Krätze und Frambösie, mit dem Pulver getrockneter Wurzelrinde gewisse juckende Hauterkrankungen, mit dem Blätter-Mazerat bösartige Lepra, mit dem Blüten-Dekokt allgemein Augenerkrankungen. Im Südwesten des Landes stellen einige Ethnien aus jungen Blättern eine schmackhafte Soße und ein Stärkungsmittel her.
In **Togo** gilt das Dekokt der Wurzeln von *S. hispidus* und den Früchten von *Xylopia aethiopica* als Trank gegen Würmer, vom Wurzelrinden-Mazerat in Bier unter Zusatz von Kaliumkarbonat trinkt man nach Erwärmen in der Sonne und Filtrieren zweimal täglich ein Likörglas bei Bauchwassersucht. Ein Dekokt der Wurzeln oder Rinde verordnen Heilkundige in Süd-Togo bei Malaria, Schwarzwasserfieber und Dysenterie.
In **Benin** werden die Wurzel äußerlich wegen ihrer guten Vernarbungseigenschaften eingesetzt. Das Wurzel-Dekokt (1 kg Wurzeln auf 2 l Wasser) wird zur Einreibung von Wunden und Abszessen verwendet. Mit einem 24-Stunden-Mazerat der Wurzeln und Blätter von *S. hispidus* and *Heliotropum indicum* behandelt man Irrsinnige (Abwaschungen). Das Dekokt der Wurzeln von *S. hispidus* und *Dactylotenium aegypticum* und der Stammrinde von *Antiaris africana* trinkt man gegen Ödeme. Der Saft aus frischen Wurzeln (1 kg) wird mit demselben Volumen Zitronensaft gemischt und bei Dysurie getrunken (1 Likörglas täglich). Ein Dekokt, hergestellt aus 18 Wurzeln von je 30 cm Länge in 2 Bierglas Palmwein, drei weißen Zwiebeln, fünf Früchten von *Xylopia aethiopica* und einer Zitrone, wird einen Tag nach Beginn der Periode bei weiblicher primärer und sekundärer Unfruchtbarkeit über 8 Tage getrunken (1 Likörglas zweimal täglich). Der Wurzelsaft mit Zitronensaft wird bei Verstopfung, eingeklemmtem Eingeweidebruch, Anurie und Kolik peroral genommen. Bei Magenkrämpfen verordenen Heilkundige das Dekokt der Wurzeln mit der Wurzelrinde von *Khaya senegalensis* [Adjanohoun et al., 1989].
In **Nigeria** gelten die Wurzeln (in Sierra Leone die Blätter) als spezifisch für Geschlechtskrankheiten, die Wurzeln haben eine stimulierende und abführende Wirkung. Die Igbo im Südosten betrachten Wurzeln und junge Rinde (Dekokt) als sehr aktiv gegen Lepra. Spezialisten der Lepra-Behandlung kultivieren sich die Pflanze. Mit zerstoßenen Blättern oder einer damit hergestellten Salbe reibt man fiebrige Patienten ein.

Jagdgift

Strophanthus hispidus ist neben *S. sarmentosus* die führende Pfeilgift-Pflanze Westafrikas. Darüber hinaus findet man lokal ihre Verwendung bis Mittel-Zaire. In den Savannengebieten des nördlichen Westafrika kann man auch heute noch nahe der Dörfer oder Felder kleine *Strophanthus*-Kulturen finden, die sich die Bewohner früher hauptsächlich für Pfeilgift, aber auch für medizinische Zwecke oder als Handelsgut angelegt haben. Meist sind sie Überbleibsel früherer Zeiten, als die Jagd mit Giftpfeilen verbreitet Bestandteil des täglichen Lebens war, sei es zu Fleischbeschaffung, sei es zu Kriegszwecken. Fast alle Jäger erklärten, kultivierter *Strophanthus* sei viel wirkungsstärker als wildwachsender. Offiziell sind derartige Anpflanzungen wie auch das Pfeilgift selbst von Regierungsseite verboten – die Kolonialregierungen ließen sogar *Strophanthus*-Kulturen zerstören – doch der Arm des Gesetzes reicht in Afrika selten über die Hauptstadt hinaus. Zudem lassen sich zerstörte Pflanzen einfach und schnell erneuern.

Obwohl *S. sarmentosus* wildwachsend viel verbreiteter ist als *S. hispidus*, macht man von ihm relativ selten Gebrauch; er gilt durchweg nur als Ersatz für *S. hispidus*. Dafür mag es mehrere Gründe geben: Einmal ist *S. hispidus* eine weitaus problemlosere Anbaupflanze als *S. sarmentosus*, er wächst sozusagen „in jeder Ecke". So steckt man z.B. in Nord-Togo einfach Zweigstücke von etwa 1 m Länge an beiden Enden wie kleine Torbogen in eine sandige, trockene Stelle der Erde. Sie wurzeln bald und wachsen sich bei ständigem Schnitt in wenigen Jahren zu einem dichten, freistehenden Strauch oder kleinen Bäumchen aus. Als weiterer Vorteil fruchtet *S. hispidus* wesentlich ertragreicher als *S. sarmentosus*, insbesondere als Kulturpflanze. Als seltene Ausnahme bleiben bei *S. hispidus* die Samen länger in der reifen Frucht liegen, und nur vollausgereifte Samen haben den optimalen Wirkstoffgehalt. *S.-sarmentosus*-Früchte platzen dagegen wie die meisten anderen *Strophanthus*-Früchte in der Vollreife sehr leicht auf und lassen die mit einem Flugapparat ausgestatteten Samen hervorquellen, die beim leisesten Windhauch weit davon getragen werden. Die Giftbereiter sind gezwungen, die Früchte schon vor der Vollreife zu ernten; sie sind entsprechend wirkstoffärmer. Schließlich ist *S. sarmentosus* reich an Formen mit beträchtlichen Unterschieden im Wirkstoffgehalt. Alle diese Faktoren lassen *S. hispidus* als Favorit und Pflanze der ersten Wahl unter den *Strophanthus*-Arten der Savannengebiete Westafrikas gelten.
In den Waldgebieten liegt die Situation anders: Hier steht *S. hispidus* klar hinter *S. gratus* zurück, sofern dieser erhältlich ist.

Ein besonders ausgeprägtes Anbau- und Verkaufs-gebiet ist der Süden und insbesondere der Südwesten von

Burkina Faso. Die hier wie in Teilgebieten der angrenzenden Länder Elfenbeinküste, Ghana, Togo, Benin, Niger und Nigeria lebenden altnigritischen Ethnien, weisen – bedingt durch die gleiche Umwelt – ein in den Grundzügen recht einheitliches Kulturgepräge auf. Ein ganz besonders altertümliches Brauchtum haben sich die unter der Bezeichnung Gurunsi zusammengefassten altnigritischen Völker an der schwarzen Volta im Südwesten von Burkina Faso bewahrt, ebenso manche Stämme Nord-Ghanas. Fetischverehrung, Ahnen- und Geisterkult, der Glaube an vielen Gegenständen innewohnenden magische, böse und gute Kräfte, an Hexen und Zauber, sind tiefverwurzelte Bestandteile des täglichen Lebens, der Jagd und auch der Giftbereitung. Hier kann man nicht ohne weiteres einen *Strophanthus*-Zweig in die Erde stecken oder Samen aussäen! „*Strophanthus* kann nicht pflanzen, wer will", sagt ein Sprichwort der Wilé. In der Tat ist die Anpflanzung von *Strophanthus* bei den Wilé, Lobi, Dagari und anderer Ethnien dieses Gebietes mit komplizierten Zeremonien verbunden. *Strophanthus* gilt als heilige Gabe des Himmels und Paradieses, die den Menschen gegeben wurde, um sie zu züchtigen (Gift!) oder sie zu beschützen (Heilmittel!). Ein Interessent begibt sich zunächst zum „Kenner der verborgenen Dinge" (diseur des choses cachées) und opfert ein schwarzes Huhn für die Buschgottheit und die Busch- und Berggeister. Der Klan- oder Sippenälteste überreicht danach dem Bittsteller eine Handvoll *Strophanthus*-Samen und erhält dafür ein Huhn. Der Älteste begibt sich in aller Frühe beim ersten Hahnenschrei zu der Stelle, wo *Strophanthus* wachsen soll, gräbt einige Löcher und wirft in jedes drei Samen, wobei er den Rücken gegen Osten richtet und die Augen geschlossen hält. Insbesondere ist es unerlässlich, beim Zudecken der Löcher die Augen geschlossen zu halten. Tut er dies nicht, so erblindet er, sobald die Samen keimen, spätestens aber, wenn die „heilige Pflanze" ihre ersten Früchte trägt. Danach legt sich der Älteste schlafen und darf sich erst als letzter des Klans wieder vom Schlaf erheben.

In den folgenden 3-4 Jahren wird die Pflanze mit größter Sorgfalt gegossen und gegen Insekten, Wildtiere und Buschfeuer geschützt. Im allgemeinen trägt sie vom 3. Jahr ab Früchte; sie werden kurz vor dem Aufspringen geerntet und in einen enghalsigen, verschließbaren Topf gebracht, bis sie schließlich platzen und die Samen ausstoßen. Nach Entfernen des Flugapparates durch Rühren oder Abbrennen, röstet man im allgemeinen die Samen zur besseren Haltbarkeit. Diese rein empirisch ermittelte Prozedur, die auch bei anderen Ethnien, z.B. den Pallaka und Gouin der Elfenbeinküste, durchgeführt wird, hat durchaus ihre wissenschaftliche Berechtigung. Außer eventuellen Parasiten werden vor allem die schädlichen isomerisierenden, sameneigenen Enzyme vernichtet, die bei längerer Lagerung oder Feuchtwerden der Samen die herzwirksamen Glykoside in die unwirksamen 17α-Verbindungen überführen (siehe *Strophanthus kombe*). Jäger, die *Strophanthus*-Samen für Jagdgift haben wollen, können sie beim Klan-Ältesten gegen Perlhühner kaufen (Perlhühner sind die „Esshühner", im Gegensatz zu den Haushühnern, die praktisch nur für die ständigen Opferungen gehalten werden). Samen-Diebe werden durch die *Strophanthus* bewachenden Geister, durch Blitzschlag oder Ertrinken beim Baden bestraft.

S.-hispidus-Samen, aber auch Wurzeln oder Blätter, finden sich auf vielen Märkten im südlichen Burkina Faso zum Verkauf angeboten, von Oronkua im Norden bis Batié im Süden, von Diébougou im Westen bis Léo im Osten; hier liegt auch das bedeutendste Kulturgebiet von *S. hispidus* für Pfeilgift. Bewohner des nördlichen Ghana kommen auf die angrenzenden Märkte von Nako, Dapola und Hemkoa und auf die Märkte der Region Po und Léo. Um 1960 verkaufte man z.B. im Dagari- und Lobi-Gebiet die Samen zu folgenden Bedingungen: eine Handvoll für ein Huhn, ein flache Hand bedeckt für 5 Franken (150 Kauries), die Innenseite einer Hand bedeckt für 2,5 Franken, ein Löffel mit etwa 25 g Samen (entspricht etwa dem Gehalt von 6-7 Einzelfrüchten) für 10 Franken [Winkoun, 1956]. Giftherstellungszentren und Gifthandel über weite Strecken wie in Ostafrika ist in Westafrika nicht gebräuchlich. Lokal gibt es Handel mit Pfeilgift und *Strophanthus*-Samen.

Jagdgiftbereitung

Entsprechend dem stark ausgeprägten Geister-, Magie- und Fetischwesen widmet man der Herstellung des Giftes ganz besondere Aufmerksamkeit. Die Zusammensetzung der Pfeilgifte Westafrikas ist durchweg kompliziert und vielfältig. Noch vor wenigen Jahrzehnten mußte sie streng eingehalten werden und war meist nur wenigen Personen bekannt, die sie mit einem dichten Schleier von Geheimnissen umgaben. Erst nach dem 2. Weltkrieg wurden nach und nach Pfeilgift-Rezepte bekannt. Obwohl man vielerorts schon zu einfachereren Präparationen übergegangen ist, stellen doch noch genügend Giftbereiter – insbesondere alte und konservative – das Gift nach den alten, komplizierten Rezepten unter bestimmten Ritualen her.

Bei den **Builsa** im Norden Ghanas, bei denen Pfeilgift immer eine große Rolle spielte, sind die Giftbereiter Leute, für die das Gift „wie ein Gott ist". Es heißt z.B., einmal habe ein Builsa-Mann ein „schlechtes Tier" (Leopard, Löwe) getötet. Danach verspürte er fortwährend Schmerzen am ganzen Körper; er war nicht mehr fähig, Ackerbau zu betreiben. Er suchte schließlich einen Wahrsager auf, der ihm offenbarte: „Es ist das Tier, das du getötet hast; es fordert dich auf, Giftpfeile herzustellen." So war der Mann dazu bestimmt, in Zukunft Pfeilgift zu bereiten.

Die **Bobo** der Regionen Dedougou und San in Burkina Faso erzählen sich folgende Ursprungsgeschichte:
Die Vorfahren unserer Großeltern sagten, dass kein schwarzer Mensch auf die Welt kommt, ohne Grund: Gott hat die Menschen erschaffen. Die Ahnen kannten kein Fleisch, nur Mehlspeisen; sie wußten nicht, wie man sich Fleisch beschafft. Gott kündigte ihnen eines Tages an, er werde ihnen ein Mittel geben, sich Fleisch zu beschaffen. Er gab ihnen Samen. Die Ahnen pflanzten die Samen in die Erde und hegten und pflegten das daraus sprießende Gewächs. Es wuchs gut heran und trug Früchte. Nach den Anweisungen Gottes trennten sie daraus die Samen ab, gingen in den Busch, gruben die Wurzeln von Lianen und *Euphorbien* aus, gaben alles in einen Topf mit Wasser und kochten es lange Zeit. Sie dickten die Flüssigkeit ein und strichen die Paste auf ihre Pfeilspitzen. Am nächsten Morgen probierten die Ahnen das neue Mittel im Busch aus; sie schossen ihre Pfeile auf Antilopen. Das getroffene Wild blieb stehen, fiel um und starb. Gefährliche Raubtiere erlegten sie von Baumverstecken aus. Fleisch, das sie nicht benötigten, verkauften sie. So kamen Pfeilgift, Fleisch und Wohlstand zu den Bobo. Sie dankten Gott, dass er sie so schöne und wertvolle Dinge gelehrt hat.

Bei den **Wilé** an der Schwarzen Volta in Südwest-Burkina Faso kennt man folgende schöne Legende:
Vor langer Zeit verirrte sich eines Tages ein Wilé-Jäger bei der Verfolgung eines Stachelschweines im Busch. Er irrte drei Tage und drei Nächte umher und legte sich schließlich völlig entkräftet unter einen *Afzelia*-Fetischbaum nahe einer Höhle nieder und schlief ein. Irgendwann weckte ihn ein ungewöhnlicher Lärm, es war die Vorbereitungsmusik für einen Kriegszug der Höhlenbewohner. Er sah ein kleines, langhaariges Männchen aus der Höhle kommen, gefolgt von einer Herde Stachelschweinen. Der Jäger hatte große Angst vor dem spukhaften Treiben, er glaubte sich verloren und empfahl sich den Ahnen und Göttern. Bald tauchten aus der Höhle zahlreiche Wesen ähnlich der kleinen Teufelchen auf, mit Messern und Knüppeln bewaffnet. Sie umringten ihn und riefen drohend: „Was suchst du hier? Verfluchtes Menschenkind, das wirst du teuer bezahlen! Wir werden dich züchtigen und uns rächen, denn deinesgleichen haben schonungslos unsere Großeltern gejagt, die schließlich gezwungen waren, sich in diese Höhle zurückzuziehen!" Der Jäger erzählte sein Missgeschick und bat die kleinen Männchen um Schutz. Nach eingehender Beratung sagte ein Pygmäe: „Erhebe dich und folge uns. Wenn du gut, mutig und aufrichtig bis, werden wir dich viele Dinge lehren: die Kunst, Krankheiten zu heilen, das Geheimnis, Heilkräuter zu sammeln, Gifte und Gegengifte zu beschaffen. Vor allem aber, bewahre das Geheimnis für dich und deine Nachkommen. Du allein wirst das Recht haben, die Heilmittel und Gift zu verkaufen.Der Jäger leistete einen Eid, wurde in die Höhle geführt, wo ihn die Geister des Berges willkommen hießen. Er blieb 7 Winter und 7 Monate, 7 Nächte und 7 Tage bei den Pygmäen, währenddessen er in der Wissenschaft der Magie und Geister unterrichtet wurde. Er lernte tausend und eine Art, Schlangenbisse und Vergiftungen zu heilen und Gegengifte zu gewinnen. Vor allem aber lernte er, Gifte für die Pfeile herzustellen. insbesondere aus der Pflanze „yabé" (*Strophanthus hispidus*), denn die Pygmäen jagten mit vergifteten Pfeilen. Er lernte auch die Herstellung von Fallen und Gruben mit vergifteten Vorrichtungen, Schlingen und vieles mehr. Eines Tages befiel den Jäger Heimweh nach seinem Dorf. Er sang Klagelieder und wurde immer trauriger. Der Pygmäen-Älteste war von Mitleid ergriffen, versammelte alle Höhlenbewohner und empfahl, ihren Schüler freizulassen, was auch geschah. Erfüllt von Weisheit und Klugkeit, magischer Wissenschaft, Heilkunst und Giftkenntnis kehrte der Jäger in sein Dorf zurück, um seine erworbenen Kenntnissse auszuüben. Man feierte seine Rückkehr mit großem Aufwand als die eines Geistes unter den Menschen. Verehrt, aber auch gefürchtet, begann der Jäger, wahre Wunder zu wirken. Seine Söhne weihte er in die Kunst der Giftbereitung aus *yabé* ein und ließ sie allen Stammesangehörigen zugute kommen. Als er nach einigen Jahren starb, waren seine Söhne wohlunterrichtet und sein Wissen lebte in ihnen und ihren Söhnen fort bis auf den heutigen Tag. Seit dieser Zeit ist die Herstellung vergifteter Pfeile aus *Strophanthus hispidus* bei den Wilé bekannt und verbreitet [Winkoun, 1956].

Die Zubereitung des Giftes reicht vom unkomplizierten Auskochen der Samen in Wasser bis zu aufwendigen Ritualen mit Opferungen, Beschwörungen, Geboten und Verboten, zu denen Weiße bis Ende des 2. Weltkriegs kaum Zugang hatten. Am Beispiel der **Kassena** im Südwesten von Burkina Faso, die den im gesamten nördlichen Westafrika auftretenden altertümlichen Kulturtyp repräsentieren, sei eine typische Giftbereitung dieses Gebietes detaillierter aufgeführt (Dorf Nakoum im Kanton Kampala, Region Po):
Zum Gelingen der Giftbereitung ist außer dem rein technischen Vorgang der Beistand höherer Mächte unerlässlich. Das Gift wird nach den Vorstellungen der Gurunsi mit besonderen Kräften ausgestattet, deshalb muß vor der Herstellung erst den Ahnen davon Kenntnis gegeben und ihre Mithilfe erbeten werden. Dies geschieht wie üblich durch Opfer. Daneben sind mancherlei Regeln zu beachten: Waffen dürfen auf keinem Fall von einer gebärfähigen Frau auch nur berührt werden, sie würden ihre Kraft verlieren. Der Giftbereiter muß während der Giftbereitung in rituellem, moralischem und körperlichem Sinne „rein" sein, so darf er vor der Giftbereitung keinen Unreinen berühren oder Geschlechtsverkehr haben. Das Gift würde sonst verderben und/oder der Jäger schweren Schaden während der Jagd erleiden.Das gleiche gilt auch für den Giftempfänger.
Giftbereiter ist der Medizinmann mit einem Gehilfen. Die Giftherstellung erfolgt hinter seinem Gehöft im

Feld. Zunächst werden die Wurzeln von *Gnidia kraussiana* in 10-15 cm lange Stücke gehauen und zu 3 Päckchen gebündelt. Der Gehilfe entzündet während dessen zwischen drei Steinen ein Feuer und stellt einen großen Topf darauf. Über der Schulter trägt er den Bogen und pfeilgefüllten Köcher des Meisters. Am Köcher hängen Tierschwänze als Amulette. Er legt sodann die Waffen zum magischen Schutz der Giftbereitung neben die Feuerstelle. Der Medizinmann streut nun von der Gehöftmauer aus um die Feuerstelle und wieder zurück einen Halbkreis aus Herdasche. Auch alle Zugangswege werden mit einem Querstrich und einem Zauberkreis aus Asche versehen. Damit ist allen Hexen und bösen Geistern der Zugang versperrt und eine erfolgreiche Giftherstellung gesichert. Der Medizinmann ruft nun seine Ahnen an, dabei hält er ein Huhn in der linken und eine Kalebasse mit Hirsewasser in der rechten Hand. Vater, Großvater und Urgroßvater werden durch je einen Stein an der Gehöftmauer repräsentiert. Er zeigt jedem die bevorstehende Giftbereitung an, bittet um Mithilfe und Segen, wobei er über jedem Stein Trankopfer mit Hirsewasser darbringt. Dann schneidet er dem Huhn langsam die Kehle durch und träufelt das Blut über alle Steine, rupft Federn aus der Brust und klebt sie in das Blut auf den Steinen. Anschließend wirft er das sterbende Huhn weg und beobachtet genau, wie es verendet. Es bleibt nach einigem Flattern auf dem Rücken liegen. Das gilt als gutes Vorzeichen. Die Ahnen haben das Opfer angenommen und werden helfen. Wäre es auf dem Bauch liegend verendet, würde er die Giftbereitung gar nicht erst in Angriff nehmen. Giftbereiter und Gehilfe fassen nun gleichzeitig nacheinander jedes der drei Wurzelpakete mit der Hand, führen es dreimal um den Topf und legen es gemeinsam hinein. Danach gibt der Medizinmann aus einer Vorratskalebasse drei Handvoll Samen von *Strophanthus hispidus* dazu. Während der Gehilfe nun 5-6 l Wasser einfüllt und den Topf mit einem Kräuterbündel verschließt, spielt der Medizinmann zur Geisterbeschwörung leise auf einer Spitzflöte, dabei hat er seine Waffen über die linke Schulter gehängt. Der Topfinhalt wird nun zum Kochen gebracht und das Feuer die ganze Nacht über unterhalten (ca. 11 Stunden). Noch im Morgengrauen füllt der Medizinmann einen Teil davon auf einen großen Tonscherben ab und dickt ihn während drei Stunden zu einem schwarzen Sirup ein. Mit zwei Holzspateln bestreicht er und sein Gehilfe die Pfeilspitzen und legt sie neben das Feuer zum Trocknen. Insgesamt wird jeder Pfeil viermal bestrichen, bis er schließlich eine dicke, zähe Paste trägt, die nach einigen Tagen fest trocknet. Alles zusammen dauert 18 Stunden. Interessenten beziehen das Gift gegen ein Opferhuhn und eine Hinterkeule der ersten Jagdbeute oder auch gegen Geld. Für den Fall einer Selbstverletzung führt ein Jäger stets „Gegengift" mit sich, z.B. in Form verkohlter Wurzelstücke des Baumes *Lannea lucida* (Anacardiaceae). Er streut etwas pulverisiertes Material auf die Wunde und isst einige Bröckchen davon. Ein Giftbereiter liefert dem Giftbesteller unaufgefordert und im Preis inbegrifffen gleich eine gewisse Menge Gegengift mit. Nach den Vorstellungen der Kassena darf es auf keinen Fall mit einem Giftpfeil in Berührung kommen, die Giftwirkung ginge sofort verloren.

Die **Lobi**, berüchtigte Jäger und Wilderer im Südwesten von Burkina Faso und der angrenzenden Elfenbeinküste und Ghana, verlassen niemals ohne Pfeil und Bogen ihre Hütten. Sie betrachten sich praktisch mit allen benachbarten Stämmen (außer den ihnen ähnlichen Birifor) in permantem Kriegszustand. Der Busch ist ihr wahrer Lebensraum. Über den Lebensablauf und die komplizierten Jagdaktivitäten der Lobi-Jäger sind wir durch die Studien von Diallo [1978] gut unterrichtet. Benötigt ein Lobi Pfeilgift, so muß er zunächst den wichtigen Gift-Fetisch „lompo", den jeder Familienchef in seiner Hütte hat, um Erlaubnis bitten. Auch wenn er kein professioneller Jäger ist oder nicht mehr jagt, benötigt er „lompo" und zwar zur Abwehr böser Menschen und Tiere. „Lompo" besteht aus einem Holzstück, vor dem sich ein Tontopf mit weißer Erde und Wasser befindet. Wie alle Fetische spricht und handelt er nur, wenn er mit bestimmten Substanzen „aktiviert" wird, z.B. mit dem Pulver aus gegrillten Knochen und bestimmten Pflanzen, alles mit Schibutter (siehe *Vitellaria paradoxa*) vermischt. Die Giftherstellung selbst ist unkompliziert und besteht in etwa fünfstündigem Auskochen der Samen von *S. hispidus* in Wasser. Manche Giftbereiter fügen noch die eine oder andere Pflanze zu, meist *Euphorbia*-Latex.

Wie schon erwähnt, löste sich das strenge Festhalten an diesen Grundrezepten nach 1945 zunehmend. Die Giftbereitung ging mehr und mehr in die Hände der Jäger selbst über, und diese begnügten sich nicht selten damit, ihre Pfeile oder Speere, seltener auch Gewehrkugeln, einfach mit dem eingedickten wässerigen Extrakt der Samen zu beschichten. Auch die Zahl der früher 5-10 Bestandteile reduzierte sich auf 2-4. Doch auch heute noch hält man wie früher gegenüber anderen Stämmen oder Giftbereitern, d.h. gegen Konkurrenten, Zusammensetzung und Herstellung des Giftes im Sinne eines Berufsgeheimnisses eifersüchtig geheim. Gegenüber Weißen ist man dagegen mitteilsam, sie stellen keine Konkurrenz dar.

Der bekannte Botaniker und Forscher A. Chevalier richtete 1951 einen Aufruf an die afrikanischen Giftbereiter, Gegenmittel zu *Strophanthus*-Giften preiszugeben [Chevalier, 1951]. Im Gegensatz zu den südamerikanischen Curare-Giften gibt es aber gegen afrikanische *Strophanthus*-Gifte bzw. herzwirksame Gifte kein Gegenmittel. Die beste Hilfe besteht immer noch darin, einen Giftpfeil sofort aus der Wunde zu ziehen und die Wunde ausbluten zu lassen. Die Afrikaner benutzen zwar ein Vielzahl angeblicher „Gegengifte", sie sind jedoch letztlich nur Brechmittel oder starke Abführmittel. Nachfolgend einige Pfeilgift-Rezepte:

Elfenbeinküste

Senufo (Katiola, Ferkessedougou, Korhogo)
Strophanthus hispidus
Erythrophleum suaveolens
Sarcocephalus latifolius
Landolphia owariensis
Skorpionstachel

Tura
Strophanthus hispidus
Euphorbia poissonii
Elaeophorbia grandifolia

Burkina Faso

Lobi
Strophanthus hispidus
Afzelia africana
Khaya senegalensis
Euphorbia kamerunica
Euphorbia poissonii/unispina
Sapium grahamii
Thevetia peruviana
Köpfe giftiger Schlangen

Kassena (Region Po, Kanton Kampala)
Strophanthus hispidus
Gnidia kraussiana
Köpfe giftiger Schlangen

Karaboro (Region Banfora)
Strophanthus hispidus, sarmentosus
Sarcocephalus latifolius
Sapium grahamii
Khaya senegalensis
Ficus sur

Karaboro
Strophanthus hispidus, sarmentosus
Calotropis procera
Khaya senegalensis
Nitrat von Termitenhügeln
Köpfe giftiger Schlangen

Gurunsi (Koudougou, Boromo, Leo)
Strophanthus hispidus
Calotropis procera
Sapium grahamii
Köpfe giftiger Schlangen
Skorpionstachel

Wilé (Region Diébougou)
Strophanthus hispidus
Elaeophorbia grandifolia
Euphorbia sudanica
Köpfe giftiger Schlangen
Kadaver-Saft

Mossi (Ouagadougou, Kaya, Tenkodogo)
Strophanthus hispidus
Calotropis procera
Euphorbia kamerunica
Ziziphus sp.
Köpfe giftiger Schlangen

Mossi (Ouagadougou, Kaya, Tenkodoko)
Strophanthus hispidus
Euphorbia poissonii
Maytenus senegalensis
Köpfe giftiger Schlangen

Strophanthus hispidus
Calotropis procera
Euphorbia unispina
Afzelia africana
Acacia farnesiana

Strophanthus hispidus
Calotropis procera
Euphorbia kamerunica
Verwestes Fleisch

Strophanthus hispidus
Maytenus senegalensis
Zweige von „tock sinnega" (unbekannt)
„so-tunda" Ameisen aus Kuhmist
Heuschrecken „ti-lilsa", die auf *Pennisetum* leben
Heuschrecken „nag-mogo" mit langen Füßen; gelten als sehr giftig

Bobo (Dédougou)
Strophanthus hispidus
Vitellaria paradoxa
Capsicum frutescens
Euphorbia sp.
Afzelia africana
Wurzeln einer Liane (unbekannt)
Köpfe giftiger Schlangen, Kröten, Zitterrochen.
Fangschrecke *Mantis religiosa* („Gottesanbeterin")

Bobo (Houndé)
Strophanthus hispidus
Sapium grahamii
Amorphophallus aphyllus
Pennisetum sp.
Köpfe giftiger Schlangen

Diese Zugabe ist nicht ungewöhlich; *Mantis*-Arten mit der „Bet-Haltung" der Fangbeine spielen eine große Rolle in den Götter- und Geistervorstellungen der Afrikaner von den Sahel-Bewohnern bis zu den Buschleuten der Kalahari.

Ghana

Kusasi (im Nordosten)
Strophanthus hispidus
Früchte von „dagan"
Honigbienen („siiig")
Skorpionen („nang")
Köpfe giftiger Schlangen (e.g. „posir")
Kleine schwarze Fische („kolwidin"). Diese Zutat hat magischen Charakter: Die Fische schwimmen im Kreis herum; dieses Verhalten soll auf das getroffene Tier übertragen werden, damit es der Jäger leichter findet.

Togo

Kabre (Region Lama Kara)
Strophanthus hispidus
Khaya senegalensis
Wurzeln des Baumes „elududure"
Köpfe giftiger Schlangen, Skorpionstacheln,
Kröten, schwarze Wespen.

Konkomba
Strophanthus hispidus
Capsicum frutescens
Köpfe giftiger Schlangen
Skorpione

Lamba (Region Kandé)
Strophanthus hispidus
Köpfe giftiger Schlangen
Krokodilsgalle

Moba
Strophanthus hispidus
Kröten, Köpfe giftiger Schlangen
Dieses Gift benutzen auch die **Tchokossi, Bassari, Dagomba, Somba** in Togo und die **Bariba** und **Busa** in Benin.

Niger

Djerma
Strophanthus hispidus (wächst nicht wild in diesem Gebiet, man kauft die Samen auf dem Markt)
Strophanthus sarmentosus
Euphorbia sudanica
Capsicum frutescens
Lonchocarpus laxiflorus
Dioscorea sp.Wurzeln von „zebana batau" (unbekannt)
Kopf einer Viper („gasama")

Kamerun

Gisiga (von Mumur, Makasa, Tawdé, Minjil;
[Mouchet, 1946])
Strophanthus hispidus
Euphorbia kamerunica
Kopf eines grauen, durchscheinenden Geckos

Kirdi (von Maroua)
Strophanthus hispidus
Gnidia kraussiana

Strophanthus hispidus
Corchorus olitporius
Euphorbia kamerunica

Ewondo (im Südosten)
Strophanthus hispidus
Zanthoxylum gilletii
Solanum torvum
Pfeifensaft *(Nicotiana tabacum)*
Saft des Strauches „etotonga"

Mofu (von Tchéré)
Strophanthus hispidus
Nicotiana rustica
Kopf eines grauen Geckos
Hoden eines Warzenschweins

Fali [Castagnou et al., 1965]
Strophanthus hispidus
Euphorbia kamerunica
Balanites aegyptiaca
Cochlospermum tinctorium
Elionurus hirtifolius
Aloe buettneri
Im Gegensatz zu den Fali von Ngoutchoumi basiert das Gift der Fali von Kangou auf *S.sarmentosus*.
Bei Verwendung als Kriegsgift (es finden immer wieder kleinere Scharmützel mit den Fulbe und Kirdi statt) werden zerstoßene Schlangenköpfe zugefügt.

Nigeria
Oberhalb des 8. Breitengrades, in den Savannengebieten, wird Pfeilgift reichlich verwendet. Wo *S. hispidus* und *S. sarmentosus* zusammen wachsen, findet erstere stets den Vorrang, oder man verwendet beide Arten zusammen. Im äußersten Norden wächst nur *S. sarmentosus*. Im zentralen und nördlichen Teil der Savannengebiete wird *S. hispidus* kultiviert. Verbreiteter Zusatz ist der Latex von *Euphorbia*-Arten. Darüber hinaus konnten zahlreiche Zusatzpflanzen des lange in diesem Gebiet lebenden Dalziel [1937] und von uns in Erfahrung gebracht werden. Vor dem 2. Weltkrieg wurde häufig die getrocknete Giftschicht am Pfeil mit einer Mischung aus tierischen Produkten bestrichen: zerstampfte Schlangenköpfe, faulige Innereien von Affenkadavern, Eiter aus Geschwüren und Guineawurm-Wunden sowie Menstruationsblut [La Chard, 1905]. Zentral- und Nord-Nigeria sind auch heute noch Hochburgen der Pfeilgift-Verwendung.

Zentralafrikanische Länder
In den Ländern östlich von Kamerun spielt *S. hispidus* keine Rolle. In Süd-Kamerun, der Zentralafrikanischen Republik, Gabun und Kongo ist seine Verwendung durch den dort reichlich vertretenen und stets bevorzugten *S. gratus* verdrängt. In Gabun wird er manchmal als Ersatz für *S. gratus* herangezogen. Im Kongo ist lediglich von den Teke im Alima-Gebiet bekannt, dass sie ein Pfeilgift aus den Samen von *S. hispidus* herstellen; Zusatz ist der Saft von „lidié" (nicht identifiziert). In den zentralen Waldgebieten von Zaire, wo *S. gratus* kaum auftritt, *S. hispidus* dagegen verbreitet wächst, sollte man eine entsprechende gesteigerte Verwendung erwarten. Die hier lebenden Mongo-Stämme bevorzugen dagegen die ebenfalls stark herztoxisch wirkende *Parquetina nigrescens*, die reichlich zur Verfügung steht. *S. hispidus* fruchtet hier in Bodennähe kaum und ist als hochkletternde Liane in den hohen Bäumen nur schwer zugänglich. Lediglich aus dem Gebiet um Eala in West-Zaire und Ikela am mittleren Tshuapa wurde seine Verwendung von botanischen Sammlern (Jespersen, Staner, Corbusier-Baland) beobachtet. Hulstaert und seine Mitarbeiter fanden bei den Mongo-Stämmen *S. hispidus* und auch andere *Strophanthus*-Arten (*mortehanii*, *preussii*) stets nur in Verbindung mit *Parquetina*. Gestützt wird diese Erfahrung durch chromatographisch-vergleichende Untersuchungen, die Angenot [1978] anhand von authentischem Pflanzenmaterial und zwei Giftpfeilen aus dem Gebiet Ikela-Moma durchführte. Danach basieren beide Gifte auf *Parquetina* und scheinen folgende Zusammensetzung zu haben: *Strophanthus hispidus*, *Parquetina nigrescens*, *Rauwolfia vomitoria*, *Erythrophleum suaveolens*.

Chemie

Trotz der weiten Verbreitung und Jagdgift-Bedeutung ist die Pflanze relativ spärlich untersucht.
Samen Hefter und Sachs [1912] gewannen aus den Samen (Togo) ein amorphes, wasserlösliches, hochtoxisches Glykosid (1,7%), das bei Hydrolyse **Strophanthidin** lieferte.

Jacobs und Hoffmann [1928] erhielten aus den Samen ein wasserlösliches Glykosidgemisch von Di- und Polyglykosiden, das sie nicht zu trennen vermochten. Nach enzymatischer Hydrolyse mit der sameneigenen Strophanthobiase ließ sich das Monoglykosid **Cymarin** isolieren.

Von Euw und Reichstein [1950a] untersuchten vier Samenproben aus Ghana und Togo. Den Autoren kam es lediglich auf die den Polyglykosiden zugrundeliegenden Monoglykoside an. Nach enzymatischer Abspaltung von Glukose durch Strophanthobiase zeigte sich das Ergebnis bei allen vier Proben gleich: Hauptglykosid war **Cymarin** (1,4% des Samengewichts), die Mutterlauge brachte **Cymarol** [0,06%].

Keller und Tamm [1959] untersuchten einige Jahre später die Samen mit chromatographischen Methoden. Aus 9-10 Jahre alten Samen (Ghana) isolierten sie nach Fermentierung zu den Monoglykosiden **Cymarol** (geschätzt: 0,24%), **Cymarin** (0,01%), **Periplocymarin** (0,066%) und **Cymarylsäure** (0,3%), wahrscheinlich nur ein Autooxidationsprodukt von Cymarin, dessen Aldehydgruppe während der langen Lagerung offensichtlich zur Carboxylgruppe oxidiert wurde), sowie die strukturell ungeklärten Glykoside **Substanz E** (0,01%), **Substanz F** (0,03%), **Substanz G** (0,085%), **Substanz H** (0,085%) und **Substanz I** (0,30%).
Unfermentierter Samen mit total 0,47% Glykosiden lieferte als Hauptglykosid ca. 0,2% **k-Strophanthosid** (das Diglykosid von Cymarin) sowie die beiden noch unbekannten **Glykoside K** und **L** mit je etwa 0,15%.

Bush und Taylor [1952] untersuchten zahlreiche Proben der Westafrika-Expedition des englischen National Institute for Medical Research; sie stammten größtenteils aus Nigeria. Die Autoren prüften chromatographisch lediglich auf die zuckerfreien Genine als mögliches Ausgangsmaterial für die Herstellung von Cortison. Alle 20 Proben enthielten **Strophanthidin** als Hauptgenin (etwa 1,6% des Samengewichts), **Strophanthidol** als Nebenbestandteil und Spuren von **Periplogenin**.

Außer Cardenoliden wurden aus den Samen bisher **Cholin** und **Trigonellin** (das Methylbetain der Nicotinsäure [Thoms, 1889] und ein hämolytisches **Saponin** (0,2%) mit Glukose als Zucker isoliert [Sieburg, 1913].

Wurzeln, Blätter Karstens [1902] fand **Cholin** und **Trigonellin** (zusammen 0,1%) in Wurzeln aus Togo und 0,07% eines Herzglykosids, (wahrscheinlich Cymarin), das bei Hydrolyse **Strophanthidin** lieferte.

Duret und Paris [1972] wiesen in den Blättern (Elfenbeinküste) Spuren von Saponinen nach, ferner **Catechin-Tannine** und **Flavonoide** (1,2%; ein Quercetol- und zwei Kämpferolglykoside).

Pharmakologie

Der wässerige Blätter-Extrakt erwies sich sehr aktiv in der Hemmung einer Schlangenbisswirkung. Er verlängerte dosisabhängig die Blutgerinnungszeit bei einer Standarddosis des Giftes von *Echis carinatus*. Sogar in so niedrigen Dosen wie 0,2 mg/ml wurde sie signifikant erniedrigt. Der Extrakt wirkte klar durch Interaktion mit dem Schlangengift. Es ist bemerkenswert, dass der Extrakt von *S. gratus* wesentlich geringere Aktivität zeigte [Houghton und Skari, 1994].

Toxikologie des Pfeilgifts

Die Wirkung von *Strophanthus-hispidus*-Pfeilgift wurde hauptsächlich um 1900 untersucht, als die in den afrikanischen Gebieten eindringenden Weißen sehr unter Giftpfeilen zu leiden hatten. Der Wirkungsverlauf erwies sich in den Tierversuchen stets gleich: Unruhe, plötzliche Unregelmäßigkeiten des Herzens, vermehrte Bewegungen, Asphyxie, Bauchlage, sehr schwacher Herzschlag, Krämpfe, Tod.Herzstillstand in der Systole bei Kaltblütern, in der Diastole bei Warmblütern. Bei manchen Tierarten zeigte sich heftiges Erbrechen.

Minianka-Pfeilgift (südlich Ségou in Mali [Ferré und Busquet, 1895].
2 ml einer 1/100-wässerigen Lösung des Pfeilgiftes einem Hund von 5,4 kg s.c. zugeführt, verursachte dessen Tod in 25 Minuten unter folgenden Erscheinungen:

nach 2 Minuten:	Unruhe
nach 4 Minuten:	vermehrte Unruhe, dann Müdigkeit
nach 46 Minuten:	vermehrte Dyspnoe, das Tier ist wenig standfest
nach 11 Minuten:	Herz stürmisch, Puls 132 pro Minute, Atmung 44 pro Minute
nach 14 Minuten:	Atmung 80 pro Minute, intensive Dyspnoe, Atmung kurz, häufig
nach 17 Minuten:	Erbrechen der Nahrung
nach 22 Minuten:	das Tier schwankt, dreht sich zweimal um sich selbst, fällt und stößt kurze Schreie aus, Krämpfe Speichelfluss, weite Pupillen
nach 25 Minuten:	Tod. Herz steht in der Diastole.

Nach Einstich eines Pfeils mit **trockenem Gift** in die Flanke von Kaninchen und 1 Minute Verweilzeit trat der Tod unter denselben Symptomen nach 30-40 Minuten ein. Muskeln, die mit dem Gift in Berührung kamen, waren unerregbar, alle anderen erregbar. Um die Einstoßstelle bildete sich ein großes Ödem, was auf den Zusatz von *Euphorbia*-Latex oder ähnlich entzündungserregenden Säften deutet.

Lobi-Pfeilgift (Elfenbeinküste)
Das etwa 15 Jahr altes Gift wurde 1969 untersucht [Pourment et al., 1969]. Hunden von 10 kg Gewicht, chloralisiert, wurde kontinuierlich intravenös 3 ml/Minute einer 1/100 wässerigen Lösung des Giftes zugeführt. Der Blutdruck stieg nach einigen Minuten fortschreitend, dann trat Bradykardie auf, begleitet von Herzoszillationen hoher Amplitude, Herzschäden, ventrikuläre Extrasystolen; plötzlich Aufhören der Bradykardie, es erschienen elektrokardiographisch sehr variable Schäden: ventrikuläre Tachysystolie, Arrhythmie, infrasinöse Rhythmen, Verbreiterung von QRS, Amplitudensteigerung von T. Schließlich Tod nach 25-30 Minuten mit plötzlichem, abruptem Herzstillstand in der Diastole. Einige Minuten nach dem Tod des Tieres war das Herz (in der Diastole) stark erweitert und absolut unerregbar.
Von Beginn der Zufuhr an zeigte sich eine fortschreitende Vermehrung der Atmungsamplitude. Zunächst beschleunigter Rhythmus, dann verlangsamte er sich und nahm schließlich einen Verlauf, wie man ihn bei Tieren mit durchschnittenem Vagus beobachten kann: Atmungsbewegungen mit großer Amplitude und langsamerem Rhythmus. Im Endstadium wurde die Atmung periodisch mit langen Pausen, sie setzte erst nach dem Herzstillstand aus.
Lobi-Giftpfeile verursachten zahlreiche Opfer unter den französischen Kolonialsoldaten. Allein 1905 wurden im Gebiet von Gaoua 300 Tote und 200 Verwundete beklagt. Tod trat stets innerhalb 15 Minuten ein, bei Pferden in 15-20 Minuten. Die Pfeile waren sehr wirksam, da das Gift nicht nur um die Eisenspitze, sondern auch zwischen den pflanzlichen Fasern aufgetragen war, die Spitze und Schaft verbinden. So blieb viel Gift in den Wunden [Lahille, 191].

Bariba-Pfeilgift (Nord-Benin)
Pfeilgift bereitet aus *S.-hispidus*-Samen, Köpfen giftiger Schlangen, Wurzeln und Blätter latexführender Pflanzen. Kochzeit 1,5 Tage.
Bei einem Gefecht der Franzosen mit den Bariba 1894 starben 45 mit Giftpfeilen verwundete Soldaten innerhalb 10-15 Minuten, spätestens nach 20 Minuten, obwohl die Pfeile sofort aus den Wunden entfernt worden waren; die Widerhaken ließen zuviel Gift in den Wunden zurück. Dazu kamen die starken Beängstigungen durch die sehr schnell eintretenden Herzstörungen. Nach 8 Minuten traten Krämpfe auf, die Verwundeten lagen auf dem Rücken und kratzten den Boden mit ihren Fingernägeln. Plötzlich trat Herz- und

Atemstillstand ein. Die am schnellsten wirkenden Verwundungen waren Brustschüsse. Bei den Überlebenden stellte sich Übelkeit, Zyanose und 3-6 Tage dauernde Muskelschwäche ein. Örtliche Entzündungen waren in keinem Fall feststellbar, das Schlangengift kam als Folge der langen Kochzeit nicht zur Wirkung [Le Dantec et al.,1897].

Strophanthus kombe Oliver

Strophanthus hispidus var. *kombe* (Oliver) Holmes 1890

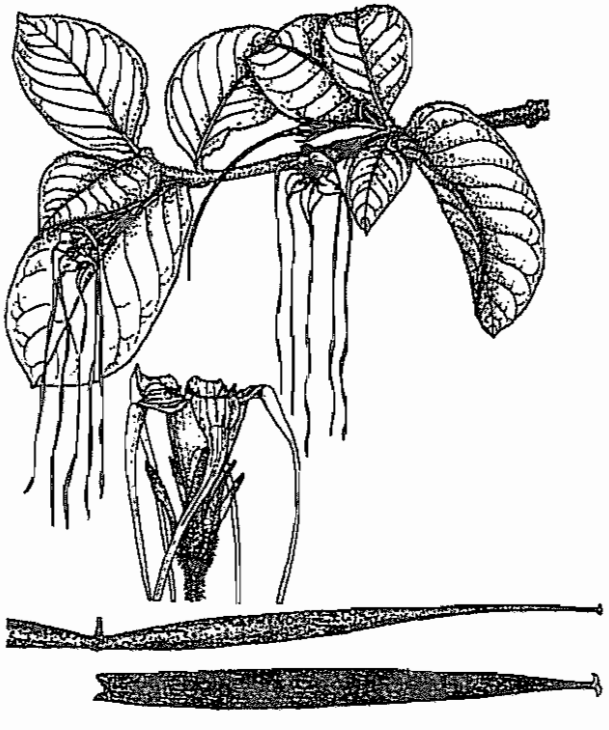
Botanik

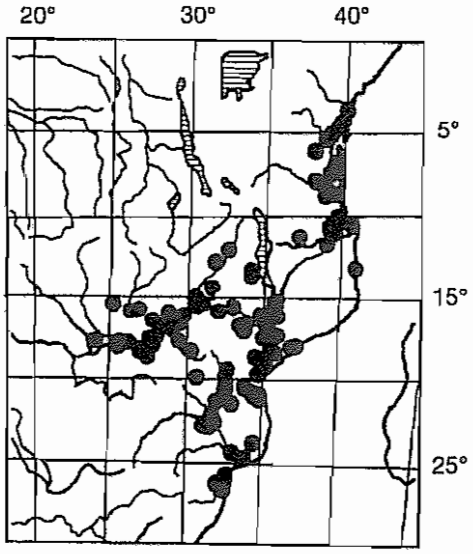
S. kombe ist sehr ähnlich *S. hispidus*, insbesondere dicht behaarter *S. kombe* wurde auch einige Zeit als Varietät von *S. hispidus* betrachtet. Die beiden Arten sind nach Beentje [1982] am besten wie folgt zu unterscheiden:

S. hispidus: Früchte divergent im Winkel von 200-260°. Äußere Kelchblätter eiförmig, 1,3- bis 4mal so lang wie breit, viel breiter als die inneren Kelchblätter

S. kombe: Früchte divergent im Winkel von 180°. Äußere Kelchblätter schmal eiförmig, 4- bis 14mal so lang wie breit, etwas so lang wie die inneren Kelchblätter.

Verbreitung: Ostafrika und südliches Afrika. Kenia (Giriama-Gebiet), Tansania, Zaire (Shaba), Zambia, Mozambik, Zimbabwe, Namibia (Caprivi), Botswana (am Zusammenfluss von Chobe und Zambesi), Südafrika (Krüger-Nationalpark).





Verbreitung von *Strophanthus kombe*
nach H. J. Beentje [1982]

Einheimische Namen

Tansania	
mlibiti	Zigua
mtowe	Usaramo-Plateau
msongololo	bei Liwale
mchoki	Kiswahili
msugu	Ndorobo
choki, kombe	am Tanganyika-See
Malawi	
kombe, mkombe, mbobo	Chewa, Nyanja
likombe (Gift = Chaola)	Yao
Zambia	
mulembe, ulembe, uwulembe	allgemein
Mozambik	
chikombe	Makonde
nimagu, nanimako	Makua
Zimbabwe	
mukombe	Tonga
tailflower	allgemein
Botswana	
mukutingi	Makololo
zwezwe	Tswana
Zaire	
bulembe	Bambote am Tanganyika-See

Jagdgift

Entdeckt wurde das kombe-Pfeilgift von dem Schotten Kirk, Botaniker der Livingstone-Expedition 1858-1864 [Livingstone, 1865] im heutigen **Malawi** (früher Njassaland). Nachdem er mehrfach die Verwendung vergifteter Pfeile bei den Einheimischen beobachtet hatte, konnte er 1861 bei den Njanja südlich des Malawi-Sees (Njassa-Sees) am Shire-Fluss Näheres über dieses „kombe" genannte Pfeilgift und das zugrundeliegende Pflanzenmaterial in Erfahrung bringen. Zur Giftbereitung zerrieben die Njanja einfach die stark ölhaltigen Samen mit roter Lateriterde zu einer rötlichen Paste und schmierten sie hinter die Eisenspitze des Pfeils. Allerdings war es äußerst schwierig, Proben der von allen Einheimischen geheimgehaltenen Pflanze zu erhalten. Es verging noch beträchtliche Zeit, bis Kirk die Pflanze erstmals zu Gesicht bekam.
Kirk schilderte die Entdeckung der Pflanze im Jahre 1861 in einem Brief vom 31.10.1888 [Fraser, 1889/1890]: „The source of the poison, namely *Strophanthus kombe*, was first identified by me. I had long sought for it, but the natives invariably gave me some false plant, until one day at Chibisa's village, on the river Shire, I saw the „kombe", then new to me as an East African plant (I had known an allied or perhaps identical species at Sierra Leone 1858, where it is used as a poison). There climbing on a talll tree it was in pod, and I could get no one go up und pick specimens. On mounting the tree myself to reach the kombe pods, the natives, afraid that I might poison myself, if I handled the plant roughly or got the juice in an cut or in my mouth, warned me to be careful, and admitted that this was the „kombe" or poison plant. In this way the poison was indentified, and I brought specimens home to Kew, where they were described."

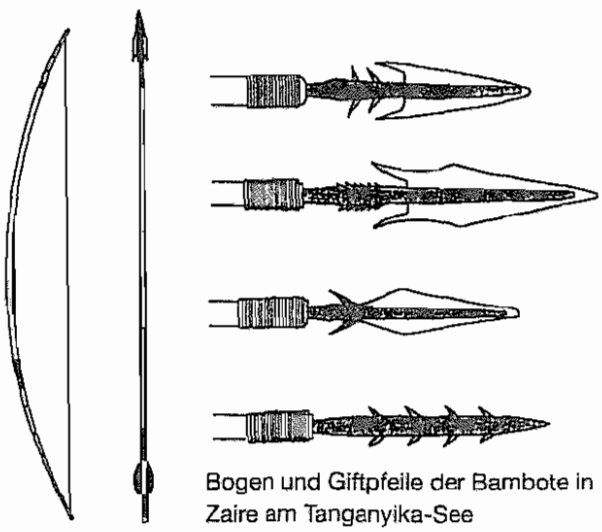
Buchanan [Fraser, 1889/1890], Britischer Regierungsbeamter in Malawi, schilderte in einem Brief vom 28.6.1881 folgende Methode der Giftbereitung der Njanja am Chilwa-See nördlich Blantyre: „Der Giftbreiter bricht die *Strophanthus*-Samen auf, gibt die Samen mit den Flugapparaten in einen Topf, nimmt ein Stück Bambus, das am Ende zwei kreuzweise eingefügte Stäbchen trägt, und setzt diesen Quirl durch Reiben zwischen den Händen in Bewegung. Dadurch lösen sich die Samen von Flugapparat und fallen auf den Topfboden. Die sich oben ansammelnden, seidigen Haare werden bei der kleinsten Luftbewegung weggetragen. Die ölreichen Samen kommen sodann in einen kleinen Mörser und werden zu einer Paste zerstoßen; sie stellt im allgemeinen das fertige Pfeilgift dar. Manchmal wird etwas *Euphorbia*-Latex zugefügt."

In einem späteren Brief beschrieb Buchanan eine Variante der Giftbereitung. Dabei wurden die zerstoßenen Samen mit etwas Wasser und dem Rindensaft einer Liliacee vermischt. Bevor das Fleisch gegessen wurde, gab man den Rindensaft des Baobab-Baumes (*Adansonia digitata*) in die Giftpfeilwunden, er sollte noch eventuell vorhandenes Gift nach dem Glauben der Jäger neutralisieren.

Seit diesen Entdeckungen und Beobachtungen wurde *S. kombe*-Pfeilgift fast im gesamten Wuchsgebiet als Pfeilgift-Basispflanze nachgewiesen. Teils werden die Samen einfach zerrieben, teils wird der übliche Koch- und Extraktionsprozess durchgeführt.

Es ist auffallend, dass nicht selten die Wurzeln eingesetzt werden, insbesondere im Küstengebiet von **Tansania**. Sie werden in der üblichen Weise in Wasser gekocht und der Extrakt eingedickt. Schlieben [1941], der 1931-1935 in Tansania für das Herbar in Berlin botanisch sammelte, wurde in der äußersten Südost-Ecke von Tansania, zwischen Lindi und Masasi, Zeuge der damals hier verbreiteten Pfeilgiftverwendung: „Die Samen dieser *Strophanthus*-Liane liefern das Herzmittel Strophanthin, die Neger bereiten aus den Wurzeln ein stark wirkendes Pfeilgift. In deutscher Zeit soll jeder Neger, der beim Graben dieser *Strophanthus*-Wurzeln oder mit solchen Wurzeln in der Hand gesehen wurde, festgenommen worden sein. Heute findet man kaum noch einen Strauch, an dem nicht an den Wurzeln herumgegraben worden ist."
Bis um 1950 war diese Verwendung bei den Küstenstämmen und in den Usambara-Bergen verbreitet. Heute hat das Wild derart abgenommen, dass eine Jagd praktisch nicht mehr möglich ist; Verwendung finden solche Giftpfeile aber noch gegen schädliche, die Kulturen zerstörende Tiere.

In **Zaire** werden die Samen in Ober-Shaba als Pfeilgift-Basis eingesetzt. Die **Bambote**, neben den Pygmäen, Buschmännern, Hadza, Ndorobo und Batwa die sechste Gruppe von Jäger-Sammlern in Afrika, benutzen derzeit noch ausgiebig Jagdgift. Sie leben verstreut im bergigen Gebiet (Holz-Savanne und Wälder) westlich des mittleren Tanganyika-Sees, zwischen Kalemie und



Bogen und Giftpfeile der Bambote in Zaire am Tanganyika-See

dem 150 km weiter südlichen Moba, westlich bis zum 80 km entfernten Niemba. In ihrem Gebiet leben viele Bantu-Gruppen, z.B. Luba, Tabwa, Tumbwe, Bemba. Das Pfeilgift gewinnen sie durch einfaches Zerreiben der Samen von *S. kombe* („bulembe"), wahrscheinlich setzen Bambote anderer Lokalitäten auch den Samen von *S. welwitschii* oder *S. gardeniiflorus* ein, die ebenfalls hier wachsen und auch „bulembe" genannt werden. Da die Paste am Pfeil kaum haftet, wird zuvor das Harz von *Entandrophragma utile* Sprague auf die eiserne Spitze aufgetragen. Die Bogen sind 1,5-1,7 m lang und 3 cm dick. Die mit Widerhaken versehenen, schön gearbeiteten, durch Federn stabilisierten Pfeile sind 70-80 cm lang, davon 10 cm Spitze. Sie kennen zahlreiche Formen an Giftpfeil-Spitzen, für Klein- und Großwild; am gebräuchlichsten sind die vier abgebildeten Modelle (siehe Seite 156).
Die Bambote bestreiten ihr tägliches Leben hauptsächlich durch kollektive Netzjagd sowie kollektive und individuelle Pfeil-und-Bogen-Jagd. Neben diesen Jagdaktivitäten bestehen wichtige sozialökonomische Beziehungen zu den benachbarten Bantu-Feldbauern, die sich im Austausch von Fleisch gegen Farmprodukte ausdrückt [Tereshmia 1980].

Die **Lamba** in Nord-**Zambia** streichen einfach die ölige Samen-Paste hinter die Pfeilspitze. Manche Lamba-Jäger setzten der Paste *Euphorbia*-Latex oder sonstiges Pflanzenmaterial zu, andere Jäger tränken weiche, flexible Rindenstücke in der Giftmasse und umwickeln damit in dicker Schicht das Vorderteil des Pfeils hinter der Spitze [Doke, 1931].

Die **Yao** in **Malawi** gewinnen dagegen ihr Gift durch Auskochen der Samen und Stammrinde, seltener der Wurzeln, zusammen mit den Wurzeln des Strauches „nehazimba" (nicht identifiziert) und Eindicken. Ein anderer Zusatz sind die Wurzelknollen von *Dioscorea dumetorum*. Die Yao bei Zomba haben die Pfeilgiftverwendung von den benachbarten Njanja übernommen [Stannus, 1922].

Im Süden von **Mozambik** kennt man folgende Art der Giftbereitung: Die Samen werden zerstoßen, mit Speichel zu einer Paste vermischt und anschließend mehrere Stunden in die pralle Sonne gestellt. Bemerkenswert auch hier der fehlende Kochprozess.
Die Jagd mit diesem Gift war zumindest in den 50er Jahren im Süden verbreitet; gejagt wurden hauptsächlich größere Antilopen, Büffel und auch Elefanten. Das Gift wirkte sehr schnell; die Jäger hatten größten Respekt vor einer Verletzung, die in wenigen Minuten zum Tod führen soll.Nach ihren Angaben findet sich angeschossenes Wild im allgemeinen im Umkreis von 100 m tot oder bewegungsunfähig [De Villiers, 1949].

In **Zimbabwe** setzen hauptsächlich die **Tonga** im tierreichen Zambesi-Tal das *kombe*-Pfeilgift ein.

Chemie

1. Periode (1869-1922) Fraser in Edinburgh gelang 1869 aus *S.-kombe*-Samen (damals noch als *S. hispidus* betrachtet) die Isolierung eines herzwirksamen Glykosids, das er **Strophanthin** nannte. Hydrolytische Spaltung führte zum Genin **Strophanthidin** und zu einem Zucker [Fraser, 1889/1890].
In der Folgezeit isolierte man in Deutschland und Frankreich aus *Strophanthus*-Samen der verschiedensten Provenienzen mit den unterschiedlichsten Methoden amorphe und kristallisierte, glykosidische und nichtglykosidische, saure und alkalische, giftige und weniger giftige Stoffe mit zum Teil wunderlichen Eigenschaften, die alle „Strophanthin" genannt wurden. Thoms brachte um 1900 eine gewisse Ordnung in die Strophanthin-Chemie. Er empfahl, die verschiedenen „Strophanthine" je nach Herkunftspflanze als *kombe-, hispidus-, gratus*-Strophanthin (k-, h- oder g-Strophanthin) zu bezeichnen. Einige dieser Strophanthine enthielten in wechselnden Mengen Stickstoff. Thoms gelang es, diese N-haltigen Stoffe abzutrennen und als das biogene Amin **Cholin** und das Nicotinsäure-Betain **Trigonellin** zu identifizieren [Thoms, 1889, 1904]. Beide Stoffe sind verbreitet in Pflanzen.

Hefter und Sachs extrahierten 1912 erstmals aus kombe-Samen ein amorphes und kristallisiertes „Strophanthin" nebeneinander: Das kristallisierte hatte die Fähigkeit, rote Blutkörperchen zu zersetzen! Sieburg [1913] zeigte wenig später, dass es sich bei dem „hämolysierenden Strophanthin" um eine Verunreinigung mit einem sauren Saponin, **Strophanthinsäure,** handelt, die er schließlich aus kombe-Samen zu 0,2% rein isolieren konnte.
Brauns und Closson [1914] gelang es, aus den Samen zwei Glykoside zu isolieren, beide lieferten bei Hydrolyse **Strophanthidin**.

2. Periode (1922-1929) Von einer wirklichen *Strophanthus*-Chemie kann man erst mit den Arbeiten von Jacobs und Mitarbeitern ab 1922 sprechen. Erstmals gelang es, Reinsubstanzen aus *S. kombe* zu isolieren und sie miteinander in Verbindung zu bringen. Es gelang ihnen, eines der „Strophanthine" als das bereits aus *Apocynum*-Arten bekannte **Cymarin** zu identifizieren und ein weiteres aus dem Glykosidgemisch abzutrennen, das den Namen **k-Strophanthin** erhielt; es erwies sich als Cymarin-Glukosid [Jacobs, 1922; Jacobs und Hoffmann, 1926a,b].
In frischen Samen entdeckten sie das Enzym ***Strophanthobiase***, das imstande war, endständige Glukose aus einem Glykosid abzuspalten und sich in der Folgezeit als wertvolles Werkzeug bei der Untersuchung von Cardenolid-haltigen Pflanzen erweisen sollte.
Die Autoren vermuteten im Samen als Hauptmenge des Glykosidgemisches ein Triosid, was 10 Jahre später Stoll und Mitarbeiter mit der Isolierung von

k-Strophanthosid bestätigten. 1 kg unfermentierter Sa-men lieferte 1-3 g **Cymarin**, 6-8 g **k-Strophanthin** und 20-25 g **k-Strophanthosid** (Stoll et al., 1937].

Jacobs [1930] entdeckte in den Samen ein weiteres Enzym, das eine Umlagerung von Strophanthidin verursachte; er nannte die entstandene physiologisch unwirksame, isomere Verbindung **allo-Strophanthidin**. Wie Speiser und Reichstein [1947/1947] später zeigten, besteht die Allomerisierung in der räumlichen Umlagerung des Lactonrings an C-17 des Steroidkerns von der β- in die α-Position.

Es ist interessant, dass manche Giftbereiter die Samen vor der weiteren Nutzung im Feuer rösten, um sie angeblich haltbarer zu machen. Da in der Hitze sowohl spaltende als auch allomerisierende Enzyme zerstört werden, hat das Verfahren seine Berechtigung.

3. Periode (1937-1972) Katz und Reichstein [1944] untersuchten den Samen nach Einwirkung von Strophanthobiase. Neben den bereits aus anderen Pflanzen bekannten Monoglykosiden **Periplocymarin**, **Emicymarin** und ihren allo-Verbindungen, isolierten sie ein neues stark herzwirksames Glykosid, das sie **Cymarol** nannten [Blome et al., 1936].

Kaiser et al. [1959, 1961] konnten aus „Strophanthin" des Handels (Boehringer-Mannheim) ein drittes genuines Hauptglykosid fassen, das bereits aus *Erysimum*-Arten bekannte **Erysimosid** (Strophanthidin + D-Glukose + D-Glukose). Strophanthobiase spaltete es in das ebenfalls aus *Erysimum*-Arten bekannte **Helveticosid**, das sich schließlich auch aus fermentiertem Samen neben **Cymarin** als zweites sekundäres Hauptglykosid direkt isolieren ließ. Als Nebenglykoside traten **Erysimosol** und **k-Strophanthidol-β** sowie das Triosid **Glukoerysimosid** (= Diglukohelveticosid) auf.

Zelnik et al. [1960] kamen zu ähnlichen Befunden: Aus 400g fermentiertem Samen erhielten sie 2-3 g **Cymarin**, 300 mg **Cymarol**, 200 mg **Emicymarin**, 100 mg **17α-Helveticosid**, 100 mg **Periplocymarin**, 30 mg **17α-Emicymarin**. Ferner waren **Helveticosid**, **17α-Cymarin** und einige nicht näher charakterisierte Cardenolide anwesend.

Makarewich [1972] konnte insgesamt 12 Glykoside isolieren und 10 identifizieren. Neben 5 bereits isolierten (**Cymarin**, **Periplocymarin**, **k-Strophanthin-β**, **k-Strophanthosid**, **Erysimosid**) als neue kombe-Cardenolide das schon aus *Periploca graeca* bekannte **Periplocin** (die genuine Vorstufe von Periplocymarin) sowie 3 Trioside, die alle Strophanthotriose als Zucker haben und sich nur im Geninteil unterschieden: **k-Strophanthol-γ**, **17α-Strophanthosid** und **Strophanthosid-19-carbonsäure**, die wahrscheinlich ein Autooxidationsprodukt ist. Ferner konnte er **Glukoerysimosid** isolieren.

15 Jahre alter Samen lieferte neben **Strophanthidin** die beiden neuen Genine **3-epi-Strophanthidin** und **3-epi-Strophanthidol**; beide tragen an C-3 an Stelle des üblichen β-OH ein α-OH [Makarevich, 1970].

Kartnigg und Danhofer [1970] untersuchten an zwei Proben (Mozambik, Tansania) die Glykosidverteilung innerhalb des Samens. Danach ist der Gehalt in der Samenschale (8 bzw. 7,25%) fast doppelt so hoch wie im Endosperm und Keimling zusammen (4,16 bzw. 3,85%). Mozambik-Samen gab 19 glykosidische, Kedde-positive Flecke, Tansania-Samen nur 12. Die Hauptglykoside waren dieselben: **k-Strophanthosid**, **k-Strophanthin-β** und **Erysimosid**, wobei k-Strophanthosid weit überwog.

Kaiser zeigte am Beispiel von *Digitalis*, dass entgegen der üblichen Ansicht in der lebenden Pflanze nicht ausschließlich genuine, zuckerreiche Glykoside vorliegen. Nach Unterbindung der Zellreaktionen im Augenblick der Ernte durch flüssigen Stickstoff fand er auch alle von den genuinen Glykosiden ableitbaren Sekundärstoffe, oft zu 20% der Primärstoffe [Kaiser, 1966].

Fraser [1889/1890] untersuchte alle Teile der Pflanze auf ihren Gehalt an Cardenoliden (bezogen auf Strophanthidin):
Blätter: Nur geringe Mengen neben viel Harzstoffen.
Zweig- und Stammrinde: Keine Cardenolide.
Wurzeln: Frische Wurzeln (Botanischer Garten Edinburgh) enthielten deutliche Mengen Cardenolide. Der stark verunreinigte Rohgehalt lag bei 0,73-1,11% der getrockneten Wurzeln.
Frucht: In allen Teilen fanden sich reichliche Mengen Cardenolide, am meisten im Endokarp (0,67-1,03%) gefolgt von Plazenta (0,62%).
Samen-Flugapparat: Überraschend hoch lag der Glykosidgehalt in den Flugapparaten: 0,42-0,77% Cardenolide von hoher Toxizität.

Toxikologie des Pfeilgifts

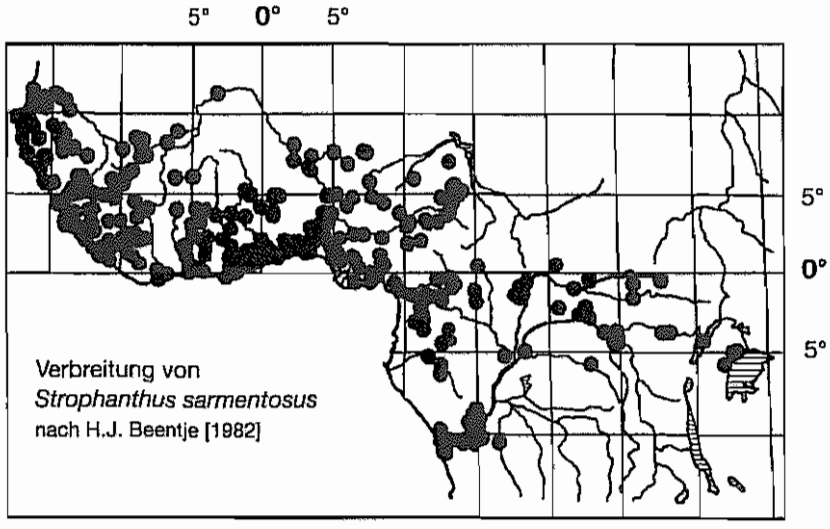
Der südafrikanische Mediziner De Villiers [1949], er nahm in Süd-Mozambik öfters an Jagdpartien der Einheimischen mit Giftpfeilen teil, testete solches frische *kombe*-Pfeilgift an einer Ziege. Nach s.c.-Zufuhr blieb das Tier zunächst völlig ruhig und unbeeinflusst. Wenige Augenblicke später begann es mit heftigen Kopfbewegungen, als wenn es an den Ohren belästigt würde, es lief mit voller Geschwindigkeit davon, doch bereits nach wenigen Metern knickten die Vorderbeine ein und es rutschte einige Meter auf den Knien weiter. Schließlich fiel es vornüber auf die Seite, öffnete das Maul, wurde bewegungslos und starb. Alles spielte sich in extrem kurzer Zeit., innerhalb Sekunden, nach Zufuhr des Giftes ab.

Genin	D-Cymarose D-Glukose	D-Cymarose D-Glukose	D-Cymarose D-Glukose D-Glukose	D-Digitalose	D-Digitoxose	D-Digitoxose
Periplogenin 0,72	**Periplocymarin** 0,154	**Periplocin** 0,12	**Emicymarin** 0,1			
Strophanthidol 0,70	**Cymarol** 0,1	**k-Strophanthol-β**	**k-Strophanthol-γ**		**Helveticosol** 0,25 Meerschw.	**Erysimosol** 0,23 Meerschw.
Strophanthidin 0,32	**Cymarin** 0,1	**k-Strophanthin-β** 0,13	**k-Strophanthosid** 0,19		**Helveticosid** 0,05-0,08 0,69 Meerschw.	**Erysimosid** 0,1 0,42 Meerschw.
Strophanthidin-19-carboxylsäure inaktiv	**Cymarylsäure** inaktiv		**k-Strophanthosid-19-carboxylsäure**			

Tabelle 1 Herzwirksame Glykoside aus den Samen von *Strophanthus kombe*, teils nach vorhergehendem enzymatischem Abbau. Nicht aufgeführt ist **Glukoerysimosid** (= Erysimosid + D-Glukose). Letale Dosen in mg/kg Katze i.v. (Chen) bzw. Meerschweinchen (Boehringer-Mannheim)

Strophanthus sarmentosus A. P. De Candolle

Strophanthus laurifolius De Candolle 1802
S. pendulus Kumm. et Hooker 1825
S. senegambiae A. De Candolle 1844
S. ogovensis Franchet 1893
S. paroissei Franchet 1893
S. sarmentosus var. *major* Dewèvre 1894
S. sarmentosus var. *pubescens* Staner et Michotte 1934
S. punctiferus Chevalier 1950



Die erste und einzige große Bedeutung erhielt *S. sarmentosus* ab 1949. In diesem Jahr berichteten Kendall und Hench in den USA erstmals über die hervorragenden therapeutischen, schmerzlindenden Eigenschaften des 1936 aufgefundenen Nebennierenrindenhormons **Cortison** (17α-Hydroxy-11-dehydrocorticosteron) auf rheumatische Arthritis. Gleichzeitig stellte man aber auch die gewaltige Diskrepanz zwischen der bescheidenen Menge an Cortison aus der damals einzigen zur Verfügung stehenden Quelle, der Galle von Ochsen, fest und dem enormen Bedarf in der Medizin. Bei der damals gewaltigen Dosierung von 100 mg pro Tag und Patient – sie erwies sich später als grober Irrtum – hätte die Dauerbehandlung eines einzigen arthritisch Erkrankten pro Jahr allein 15.000 Ochsen erfordert! Zudem war die 30stufige, mühsame Darstellung aus Desoxycholsäure teuer, langwierig und wenig ertragreich, wie die ab Ende 1949 durchgeführte industrielle Gewinnung zeigte (Merck, USA; 1g kostete 200 Dollar).

Bei den zahlreichen möglichen Wegen und Ausgangsstoffen zur Herstellung von 11-Ketocorticosteroiden lag eine der Hauptschwierigkeiten in der Einführung eines Sauerstoffatoms an C-11 des Steroid-Ringsystems. Und eben diese Sauerstoff-Position war mit Voraussetzung für die volle biologische Wirksamkeit. Die Pharmaindustrie benötigte ein praktisch unbegrenzt erhältliches Naturprodukt mit dieser Ausstattung als Ausgang für eine Teilsynthese. Einen solchen Stoff glaubte man schließlich in dem erstmals 1929 aus angeblichem *Strophanthus sarmentosus* isolierten **Sarmentocymarin** bzw. dessen Genin **Sarmentogenin** gefunden zu haben. Wie Katz 1947 bewies, hat es als einziges der bis dahin bekannten natürlichen Pflanzen-Steroide an C-11 eine α-OH-Gruppe.

Die genaue *Strophanthus*-Quelle war jedoch ungewiss. Da man diesen Stoff auch in anderen *Strophanthus*-Arten vermutete, vielleicht sogar in höherem Gehalt, setzte sofort ein Run auf alles ein, was Strophanthus hieß, insbeondere aber *S. sarmentosus*. Es war die neue Wunderdroge nicht nur der Journalisten. Sechs Sammelexpeditionen wurden in den Jahren 1947-1951 von amerikanischen, englischen und schweizer Institutionen ausgeschickt. Auch der Emir von Katsina in Nord-Nigeria wollte an dem viel Geld verheißenden *Strophanthus*-Boom partizipieren. Er beauftragte die Distrikts- und Dorfvorsteher seines Gebietes, in dem eine große Tradition an *Strophanthus*-Kulturen für Pfeilgift bestand, so viel wie möglich an „kwankwani" herbeizuschaffen. In nur vier Tagen kam so die überwältigende Menge von 10.555 *Strophanthus*-Früchten zusammen! [Callow, 1950].
Nach Beendigung dieser Aktionen war insbesondere in Westafrika kaum noch ein halbwegs zugängliches Fleckchen Land unbesucht geblieben und *Strophanthus*-Früchte waren von den Einheimischen nur noch zu Fantasiepreisen erhältlich. Wer immer nach *Strophanthus* fragte, wurde mit größtem Argwohn beobachtet. Farmer, insbesondere in der Elfenbeinküste, bemühten sich, *S. sarmentosus* zu kultivieren, um rechtzeitig das große Geschäft machen zu können. Amerikanische Journalisten entwarfen enthusiastische Visionen von riesigen *Strophanthus*-Kulturen in Texas, deren Erträge die rheumatichen Arthriden der ganzen Menschheit zu lindern vermochten.

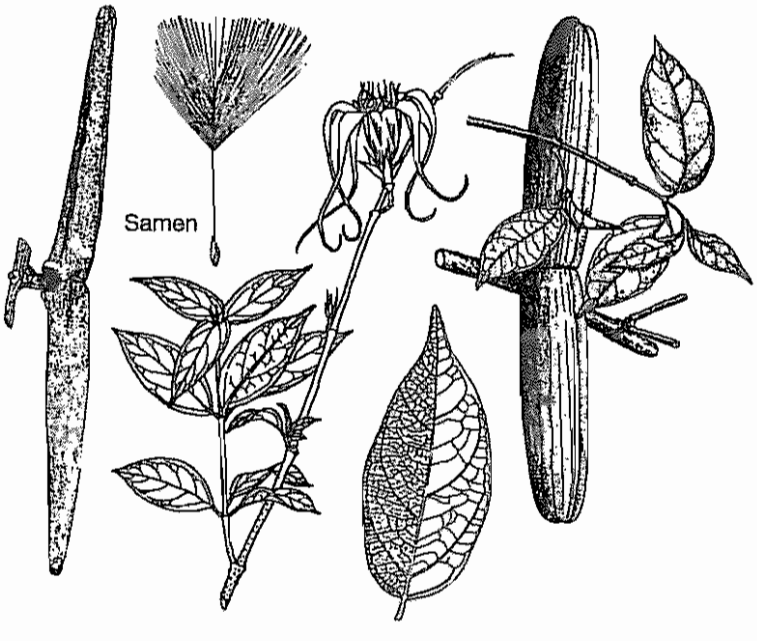
Die Ernüchterung kam schnell, auch auf chemischem Gebiet, als Reichstein und Mitarbeiter in der Schweiz nachwiesen, dass
- der Gehalt an Sarmentogenin sehr spärlich war, vor allem aber erheblich variierte, und
- *S. sarmentosus* der wohl polymorphste Vertreter seiner Gattung darstellte, und die chemischen Befunde keineswegs mit den im übrigen sehr schlecht ausgeprägten botanischen Merkmalen parallel gingen.

Ein spezieller, doch unvollständig identifizierter *Strophanthus* (provisorisch „*Strophanthus sp. var. sarmentogenifera*" genannt) wurde schließlich gefunden und Cortison aus Sarmentogenin synthetisiert.
Die Zweifel waren aber groß, ob Sarmentogenin tatsächlich aus *S. sarmentosus* stammte. Die Reichstein-Gruppe begann daraufhin mit einer systematischen Durchforschung der artenreichen Gattung *Strophanthus*. Doch auch in anderen Arten ebenso wie in Cardenolid-haltigen Pflanzen anderer Gattungen fanden sich nur geringe, keine wirtschaftlich ausnutzbaren Mengen an Sarmentogenin oder ähnlich brauchbaren Stoffen. Schließlich entdeckte man eine *sarmentosus*-Varietät („*S. sarmentosus var. senegambiae*"), die insbesondere im nordwestlichen Senegal bis zu 1,6 % Sarmentogenin-haltige Glykoside produzierte und sich auch außerhalb Afrikas mit fast derselben Glykosid-menge kultivieren ließ. Die gänzlich unerwartete Ent-deckung 1952, dass sich die gewünschte Sauerstoff-Funktion in das reichlich zu Verfügung stehende Sapogenin **Diosgenin** aus *Dioscorea*-Arten und **Hecogenin** aus Sisal-Agave mit Hilfe von Mikroor-ganismen einführen läßt und Cortison über Proge-steron aus Diosgenin leicht synthetisiert werden konnte, ließ das Interesse an Sarmentogenin und *Strophan-thus* schlagartig erlöschen. Schließlich wurde auch das Gallensäure-Verfahren zu hoher Vollkommenheit ausgebaut und ließ den Preis weiter fallen.

Wenn auch die Sarmentogenin-Aktion nicht den gewünschten Erfolg brachte und der Höhenflug des *S. sarmentosus* eine Episode blieb, so erfuhr jedoch die Pflanzenchemie, insbesondere die *Strophanthus*-Chemie und -Botanik, einen ungeahnten Aufschwung. Die Forschergruppen erhielten großzügig Mittel, an die sie ohne den spektakulären Hintergrund des Cortisons wohl niemals gekommen wären!

Botanik

Sehr variable Art. Kletterstrauch oder Liane bis 40 m Länge. Blüten vor den Blättern. Latex klar oder weiß, Stamm bis zu 17 cm Dicke. Rinde hellbraun, korkig, tief rissig, Äste dunkel bis rötlichbraun mit vielen, bis 1 cm hohen Höckern, dicht lentizelliert.



Blätter gegenständig, drei- oder seltener vierquirlig, elliptisch oder eiförmig, vorne zugespitzt mit einer abgesetzten Spitze von 2-20 mm Länge, Basis gerundet oder keilförmig, glatt, 2-15 x 1,5-7 cm, oft 7 x 4,5 cm, 1,2-2,6mal so lang wie breit, papierartig, 3-6 Paar gebogene Seitennerven. Stiel 2-17 mm lang, mit 2 äußeren und 4-110 inneren achselständigen Kolleteren.

Blüten variabel in der Größe, an langen oder kurzen Seitenästen (Kurztrieben), Knospen weiß, am dicken Teil purpurrot. Kelchblätter ungleichmäßig, die äußeren oft breiter als die inneren, grün mit Purpurschimmer, eiförmig, elliptisch, seltener verkehrt-eiförmig. Blütenzylinder 1,3-3 (-4)mal so lang wie der Kelch, weiß ändernd zu gelb im unteren Teil außen, rosa ändernd zu purpur im oberen Teil außen, weiß und rotgestreift innen, das Weiß ändert sich zu gelb. Blütenblätter weiß und ändernd zu gelb auf beiden Seiten, außen nahe der Basis rosa oder purpur, eiförmig, allmählich oder ziemlich abrupt verengend in die hängenden Blütenblattverlängerungen von 4-13,5 x 1-2,5 mm. Kronablätter weiß, rosa oder purpurgestreift schmal dreieckig und oft gewellt, 5-22 x 2-5 mm, zugespitzt. Staubblätter eingeschlossen für (0-)3-12,5 mm, Filamente bei 7-13,5 mm von der Blütenröhre angefügt.

Früchte sehr variabel in Form und Größe, Follikel divergieren im Winkel von 180°, Einzelfollikel 13-28 cm lang, 1,4-4-4 cm Durchmesser, sie verjüngen sich in die breiten, stumpfen Enden, oft mit einem Krater an der Spitze. Exokarp braun oder purpur-braun oder gemischt braun-dunkelgrün, der untere Teil hauptsächlich braun, der obere meist grün, schwach gestreift, lentizelliert. Samen bedeckt mit kurzen braunen Haaren, spindelförmig oder schmal eiförmig, 8-20 x 2-4 mm, Granne glatt auf 0-40 mm, mit einem Haarschopf auf einer Länge von 11-40 mm.

Verbreitung: *S. sarmentosus* ist die verbreitetste *Strophanthus*-Art. West- und Zentralafrika bis Uganda. Von der Sahelzone (Timbuktu-Gebiet in Mali) bis zum Regenwald. Die Pflanze, wie *S. hispidus*, findet sich im Savannengebiet in viel größerer Quantität und ertragreicher als in der Waldregion. Sie bildet of undurchdringliche Dickichte.

Eine Varietät, ***S. sarmentosus var. glabriflorus*** Monachino, tritt nur in Guinea (Fouta Djalon) auf. Sie hat schmale, pergamentartige Blätter von 4,5-10 x 1,5-4 cm,, einen Blütenzylinder 3,2-5mal größer als der Kelch, die Blütenblätter mit den Anhängseln erreichen 40-45 cm Länge. Die Infloreszenzen sind in allen Teilen glatt. Die Früchte verjüngen sich nach vorne und enden in einer stumpfen Spitze, 12,5-17,5 x 1,4-1,9 cm. Die Granne der Samen ist glatt auf 0-2(-6) mm und trägt einen Haarschopf auf einer Länge von 15-18 mm.

Einheimische Namen

Senegal

kuna kalo, kuna nombo, kunan	Malinke
kuna, kunadé, kunakalé, kunankala	Bambara
kuno, bidana, kutandé buna, kesesoi	Socé
bodi, biodi, biori, téné, biori, ten kugué	Balante
bodé, bondé, tox, tiok	Wolof
ngabako	Serer
ngap, lab	None
ndolor	Niominka
fulan, fuladafo, fulagné	Diola-Fogny
butahuma	Diola-Seleki
nalé	Tukulor
ti fakum	Bainuk
uravinav, bu bekan, bunobum	Flup

Guinea

toké (=Gift), kindé-toké, kindé-mboddi, toké-mboddi	Fulbe
kuna-diang, kuna-kalo	Malinke
savé-nombo, gbogbo	Kissi

Sierra Leone

sawai	Mende
kolé	Timne
gondi, gondu	Malinke
kongu lemon	Kono

Liberia

kwanai, gai a kwene	Manon
kolan, klenné-sinné-sinné	Kpelle

Elfenbeinküste

abéuré	Ebrié
tzabé, atodan, kpedi	Attjé
niasebaté	Baule
kollean, kilean	Dan (Yacouba)
siaguélé, siaglé	Senufo

Mali

kunamkala, kunankalé	Bambara

Burkina Faso

kontin-palbé	Lobi von Pora
tenkia	Mossi
kuna	Bambara
dugua-bélé	Senufo

Ghana

omaatwa	Twi, Ga
mamfohan	Twi, Ashanti
oman	Fanti
atikplalé	Ewe, Krepi
ajokuna	Nzima

Togo

sowé	Kotokoli
sindya	bei Sokodé

Benin

tayisounbou	Waama

Nigeria

kwankwanii mache („weiblicher *Strophanthus*"), *gwasha, gama sowa, tantsija*	Haussa
isha-kékéré, lagba-omodé, ako-isha, ota-nta, sagéré	Yoruba
oviora	Benin
uta-ami	Ibo (Igbo)
hwaal indem	Birom
awdi tooke („Giftsamen"), *maada, tantsijaari*	Fulbe

Niger

tenkia, tankia, sintia	Haussa
nagi, nagizé, tondinagi, nagigna	Djerma
dabé nagi	Dendi

Zentralafrikanische Republik

nimi, nea	Gbaya
adara	Banda
nea	Babinga-Pygmäen

Kongo

nea	Bongili
nseke wa sangi	Laadi

Zaire

madjukwomu	bei Dundusana
lidjogu	bei Yambata
libobo li fufow	Turumbu
likolola	Boyela

Traditionelle Medizin

Im **Senegal** gelten die Wurzeln als hervorragendes Medikament gegen Geschlechtskrankheiten, Lepra Meteorismus und Verstopfung. In anderen Gebieten badet man bei Gonorrhoe im Zweigrinden-Mazerat. Die Bambara streuen das Pulver getrockneter Blätter auf Lepra-Geschwüre, der Name „kuna" für die Pflanze bedeutet „Lepra". Die Socé der Saloum-Inseln verwenden das Wurzel-Mazerat gegen Eingeweidewürmer und als Stärkungsmittel (trinken oder darin baden), in der Casamance trinkt man es zur Linderung von Gelenkschmerzen, mit dem Blättersaft behandelt man Beschneidungswunden zur schnellen Heilung und Vernarbung. Das Wurzel- oder Blätter-Mazerat gibt man Kindern bei Diarrhoe. Die Attjé der **Elfenbeinküste** reiben bei Diarrhoe geröstete Blätter in Wasser ein und trinken vom Blättersaft oder verwenden das Rinden-Mazerat als Einlauf bei Harnröhren-Beschwerden. Die Ebrié benutzen das Blätter-Mazerat bei Erbrechen. Die Baule massieren das Holz-Dekokt in Frakturstellen und auf entzündliche, schmerzhafte Gelenke, den Zweigsaft verwenden sie als Desinfektionsmittel. Bei den Senufo im Norden hat das Blätter-Dekokt den Ruf eines vorzüglichen Mittels bei Konjunktivitis und Trachoma. Der Blättersaft gilt als hervorragendes Vernarbungsmittel und als schnell wirkendes Heilmittel für Wunden und wunde Stellen.
Die Fulbe in **Guinea** vernichten Kopfläuse mit zerriebenen Samen, die Toma in **Liberia** benutzen sie gegen Krätze.
In **Benin** ist das Blätter-Dekokt Bestandteil einer Rezeptur gegen Schlangenbisse (zusammen mit beblätterten Zweigen von *Gardenia ternifolia*, *Maytenus senegalensis*, *Securidaca longepedunculata* und *Spondias mombin*).
Im **Kongo** wird die Pflanze häufig als Dampfbad oder Getränk bei Rheuma eingesetzt.

Jagdgift

Strophanthus sarmentosus ist insbesondere das Pfeilgift im äußersten **Norden von Westafrika**, wo *S. hispidus* nicht mehr wächst. Hauptanwendungsgebiete sind heute der äußerste Norden von **Nigeria** und **Benin** und die wildreichen Gebiete am Niger vom Dreiländereck Niger-Nigeria-Benin (ab Gaya) bis etwa zur Höhe von Timbuktu. Djerma und Songhai sind in **Niger** die wichtigsten Benutzer. Die in Süd-Niger nahe der Hütten früher reichlich vorhandenen *S. hispidus*-Kulturen wurden von französischen Kolonialsoldaten größtenteils vernichtet. In den Feldern abseits der Dörfer trifft man jedoch noch auf einzelne Pflanzen als Überbleibsel früherer Anpflanzungen. Ansonsten findet man die Verwendung von *S. sarmentosus* hier und da im gesamten Wuchsgebiet als Pfeilgift-Basis allein oder gemischt mit anderem *Strophanthus*.

Es gibt auch kleinere Gebiete, wo nur *S. sarmentosus* wächst, z.B. das waldige Hochplateau im Gebiet von Pewa in Mittel-Togo; hier ist ausschließlich *S. sarmentosus* die Giftbasis. Im tief gelegenen Bassari-Land, wie auch in der Umgebung von Sokodé und Yendi wachsen beide Arten, doch nur *S. hispidus* wird benutzt. Im Gebiet von Savé in Mittel-Benin und östlich der Grenze in Nigeria verwendet man dagegen nur *S. sarmentosus*, und zwar die ganzen Früchte, in Scheiben geschnitten ohne sonstigen Zusatz. Nach einem Kochprozess von 24-36 Stunden wird die Masse durch Stoff oder eine Strohmatte filtriert und die Flüssgkeit eingedickt. Um 1900 wurden mehrere französische Soldaten von solchen Giftpfeilen getroffen; sie starben innerhalb 15 Minuten.

Nach einem Herbarvermerk von Thornwill ist *S. sarmentosus* der hauptsächliche und meist auch einzige Bestandteil der Pfeilgifte im Gebiet von Wamba südlich des Jos-Plateaus in **Nigeria**. Auf derselben Höhe weiter westlich ist seine Verwendung in Lapai, Bida, Zungeru und Minna nachgewiesen, weiter nördich in Kantogora und Zaria. Manche Giftbereiter im nördlichen Nigeria, südlichen Niger und Burkina Faso verwenden beide Arten zusammen, wobei *S. hispidus* die Priorität hat. Lediglich in einigen Gebieten Nord-Nigerias wird nach Beobachtungen der englischen *Strophanthus*-Sammel-Expedition von 1949/1950 die Pflanze nahe der Hütten für Pfeilgift kultiviert.

Im westlichen **Senegal**, in der Ober-Casamance, in **Gambia** und Nord-**Guinea** verwendete man früher Samen, Stammrinde und Blätter als Jagdgift, entlang des Niger und seiner Nebenflüsse hauptsächlich als Speergift für die Flusspferd-Jagd [Lasnet et al.,1900].

Im Süden der **Zentralafrikanischen Republik** benutzen derzeit die Gbaya den Pflanzensaft zusammen mit *Strophanthus-gratus*-Samen. Im **Kongo** stellen die Bongili am Sangha aus den Samen ein Pfeilgift her.
Die Boyela in Zentral-**Zaire**, Ikela-Gebiet, bereiten aus den Samen ein Pfeilgift.

Vom chemischen und toxikologischen Standpunkt besteht in den meisten Fällen keine Berechtigung für die starke Zurücksetzung von *S. sarmentosus* gegenüber *S. hispidus*. Die verbreitetsten chemischen Varianten der Pflanzen sind ebenso glykosidreich wie *S. hispidus*, ihre Glykoside ebenso toxisch und wasserlöslich wie dieser. In einigen Gebieten ist die Situation jedoch anders, z.B. in Sierra Leone oder der West-Elfenbeinküste. In den dichten Waldgebieten der Elfenbeinküste, wo derzeit noch reichlich mit Gift gejagt wird und *S. sarmentosus* verbreitet wächst, sollte man seine Verwendung erwarten; hier basieren jedoch die Gifte durchweg auf der ebenfalls Cardenolid-haltigen *Mansonia altissima*. Die chemischen Befunden geben die Erklärung: Hier findet sich fast ausschließlich die Cardenolid-arme Variante der Pflanze.

Einige Gift-Rezepte auf der Basis von *S. sarmentosus* seien angeführt. Sie variieren von einem Jäger zum andern, die Kombinationen basieren jedoch im wesentlichen auf denselben Pflanzen. Die übliche Bereitungsart ist der Kochprozess. In Nord-und Mittel-Nigeria ist der Latex von *Euphorbia poissonii/unispina* verbreiteter Zusatz. Das zugesetzte Schlangengift dürfte bei den langen Kochprozessen inaktiviert werden.

Niger
Djerma und **Songhai** von Tillabéry
Strophanthus sarmentosus (Samen)
Pergularia tomentosa (Wurzeln)
Crinum zeylanicum (Zwiebeln)
Cassia italica, sieberiana (Wurzeln)
Capparis tomentosa (Wurzeln)
Boscia senegalensis, salicifolia (Wurzeln)
Ipomoea asarifolia (Wurzeln)
Kopf einer Viper („gasama")
Käfer „gangam isé" (*Cantharidae)*
Käfer, klein, schwarz, flach (*Coleoptera*)

Djerma von Filingué
Strophanthus sarmentosus (Samen)
Pergularia tomentosa (Wurzeln)
Calotropis procera (Wurzeln, Latex)
Euphorbia sudanica (Latex)
Solanum incanum (Früchte)
Capsicum frutescens (Samen)
*Aframomum melegueta (*aus Nigeria*)* (Samen)
Ziziphus mauritiana (Wurzeln)
Kopf der Schlange *Echis carinatus* („kassa")
Käfer „angera" (*Cantharidae*)

Burkina Faso
Mossi
Strophanthus sarmentosus (Samen)
Calotropis procera (Wurzeln)
Boscia senegalensis (Wurzeln)
Capsicum frutescens (Samen)
Ziziphus mauritiana (Rinde)
Euphorbia sp. (Latex)
Köpfe zwei verschiedener Giftschlangen

Zentralafrikanische Republik
Gbaya
Strophanthus sarmentosus (Samen)
Strophanthus gratus (Samen)
Erythrophleum suaveolens (Stammrinde)
Euphorbia sapini (Latex)

Weitere Rezepte siehe unter *Strophanthus hispidus*.

Eine für Nord-Nigeria und Niger typische Art der Giftbereitung ist wie folgt: Etwa 250g Samen werden zerkleinert und mit 1 Liter Wasser übergossen. Nach Erreichen der Kochtemperatur gibt der Giftbereiter eine kleine Menge Pulver aus Wurzeln und/oder Rinden der Zusatzpflanzen bei, kocht die Mischung wenige Minuten und filtriert durch ein grobes Filter aus Zweigen, Blättern und Schalen. Dann erhitzt er wiederum zum Kochen und dickt den Extrakt bis zur sirupösen Konsistenz ein. Manchmal gibt man den pulverisierten Kopf einer Giftschlange zu. Zum Vergiften taucht man die Pfeilspitzen mehrmals in den Giftsirup.

In früheren Zeiten steckte man die Pfeilspitzen zusätzlich einige Tage in Tierkadaver oder die Leiche eines Mannes. Der Zusatz von Hühnerblut wurde früher öfters beobachtet, er hat rein magische Bedeutung. Hühnerblut gilt als besonders wichtige Medizin, da man Hühnern vielfach erstaunliche Fähigkeiten nachsagt, z.B. dass sie jede Gefahr zu erkennen vermögen oder „wie ein Magnet" Unheil von den Menschen wegziehen können. Gleichzeitig ist das Töten von Hühnern auch ein Opfer, das man den Ahnen oder irgendwelchen Mächten zum Gelingen der Medizin oder des Giftes bringt.

Chemie

Kein anderer *Strophanthus* bereitete hinsichtlich der chemischen Zuordnun der Inhaltsstoffe solche Schwierigkeiten wie der sehr variable *S. sarmentosus*. Die Samen enthalten je nach Herkunftsgebiet sehr verschiedene Cardenolide bis kaum welche.

Jacobs und Heidelberger [1929] isolierten aus den Samen (Sierra Leone) das neue **Sarmentocymarin**; Hydrolyse lieferte als Genin **Sarmentogenin** und den Desoxyzucker **D-Sarmentose**.

Die Untersuchungen der Samen-Proben der ersten der sechs Sammelexpeditionen („Cortison-Expeditionen") für Cortison-Ausgangsstoffe 1957/1948 zeigten bereits deutlich, dass beträchtliche Unterschiede im Glykosidgehalt je nach Wuchsgebiet bestanden. Reichstein und Mitarbeiter fanden nach enzymatischem Abbau zur Abspaltung zusätzlicher Glukose und Überführung in die Monoglykoside bei den verschiedenen Proben (Togo, Ghana, Nigeria, Elfenbeinküste) zwei Gruppen von Monoglykosiden: einen stark polaren, wasserlöslichen Anteil (ca. 0,5%) mit dem Hauptbestandteil **Sarmentosid A** [Schmutz und Reichstein, 1951], und einen schwach polaren, chloroformlöslichen Anteil. Letzterer enthielt anstelle von Sarmentocymarin ein neues, leicht zu gewinnendes Glykosid (0,14%), das als charakteristisch für „wahren" *S. sarmentosus* angesehen wurde und **Sarverosid** genannt wurde [Buzas et al., 1950; Von Euw et al., 1949]. Hydrolyse brachte das sauerstoffreiche Genin **Sarverogenin**, das sich stark von Sarmentogenin unterschied. Es enthielt als Besonderheit eine β-Sauerstoffbrücke (Epoxidring) zwischen C-7 und C-8 sowie eine Ketol-Gruppe in Ring C [Fuhrer et al., 1969]. Neben Sarverosid fand sich als zweites Glykosid **Panstrosid** aus Sarverogenin und D-

Digitalose [Von Euw und Reichstein, 1950b; Rosselet et al., 1951].

Weitere Untersuchungen zahlreicher Samen aus allen Ländern Westafrikas vom Senegal bis zur Zentralafrikanischen Republik zeigten, dass in *S. sarmentosus* je nach Sammelgebiet zwei chemische Hauptgruppen („Varianten a und b") und zwei Nebengruppen („Varianten c und d") mit unterschiedlichen Glykosiden existieren [Schnell et al., 1953]. Der stark polare Anteil bestand aus einer Mischung von schwer trennbaren Glykosiden, aus dem zunächst durch direkte Kristallisation ein Glykosidgemisch („**Sarmentosid-A-Rohkristallisat**") erhalten werden konnte, das größtenteils aus **Sarmentosid A** bestand. Hydrolyse von Sarmentosid A lieferte das Genin **Nigrescigenin** (das frühere „Sarmentosigenin A" von [Brandt et al., 1966]). Die Unterschiede in den Samen lagen ausschließlich im schwach polaren, chloroformlöslichen Anteil; der stark polare Anteil („**Sarmentoside**") war stets gleich.

Es zeigte sich ferner, dass ein deutlicher, brauchbarer Zusammenhang zwischen chemischen Resultaten bzw. den vier Varianten und Form und Dicke der Früchte besteht [Schnell et al., 1953]. Reichstein führte zur Charakterisierung als leicht erfassbare Größe das Verhältnis von Gewicht (in g) zur Länge (in cm) des trockenen Perikarps (leere, holzige Fruchtschale) einer reifen Frucht ein, den sogenannten „KP-Wert". Als weitere gute Charakterisierungshilfe erwies sich die Wandstärke des Perikarps [Reichstein, 1963].

Chloroformlösliche (schwach polare) Glykoside

Variante a: („Sarverogenin-produzierende Variante" [Schnell et al., 1953; Von Euw et al., 1957]; „Waldform")
Diese am weitesten verbreitete Form hat große (durchschnittlich 50 cm lange) und sehr dickwandige Früchte (4-15 mm) von fast zylindrischer Form und runden Enden. Die Oberfläche ist dicht mit Lentizellen bedeckt. Der KP-Wert liegt bis auf seltene Ausnahmen stets über 1,5, meist zwischen 3-4. Chemisch enthält sie im chloroformlöslichen Teil nur das Genin Sarverogenin, das mit D-Sarmentose zu **Sarverosid** (0,05-0,2%) [Buzas et al., 1951; Fuhrer et al., 1969], mit D-Digitalose zu **Panstrosid** (0,1-0,4%) verknüpft ist [Rosselet et al., 1951].
Verbreitung: In den regenreichen Gebieten von der Elfenbeinküste entlang der Küste bis zum 12.-13. Breitengrad im Norden. Die südliche Grenze liegt im Norden Angolas, die östliche ist unbekannt.

Variante b: („Sarmentogenin-produziernde Variante" [Von Euw et al., 1957; Schnell et al., 1953]; „Savannen-Form")
Diese Variante hat lange (30-60 cm), sehr schmale, dünnwandige Früchte (1-3 mm), ihr KP-Wert liegt stets unter 1,5, meist zwischen 0,7 und 1,2. Zu ihr gehören alle Proben, die ausschließlich oder fast nur Sarmentogenin produzieren und zwar mit D-Sarmentose zu **Sarmentocymarin** (ca. 0,4%) und D-Digitalose zu **Sarnovid** (ca. 0,1%). Orientierende Versuche zeigten jedoch klar, dass in unfermentiertem Samen diese Monoglykoside nicht als solche enthalten sind, sondern in Form glukosereicherer Polyglykoside, z.B. Sarnovid in genuiner Form als Diglukosid **Sargenosid** (das frühere „Sarmentosid B" von Schmutz und Reichstein [1947]) [Von Euw und Reichstein, 1952].
Verbreitung: Trockenes, heißes Savannengebiet des nördlichen Westafrika etwa oberhalb des 13. Breitengrades, vom Senegal bis Nigeria. Besonders reichlich in Nord-Nigeria. Den höchsten Gehalt an Polyglykosiden besitzen die im nordwestlichen Senegal wachsenden Exemplare (bis 1,6%).

Variante c: („Glykosidarme Variante") [Von Euw et al., 1957; Schnell et al., 1953])
In dieser schlecht charakterisierten Variante wurde eine Gruppe von heterogenen Formen zusammengefasst, deren einziges Merkmal der sehr geringe Gehalt an Glykosiden ist, meist Sarverogenin-Glykoside, wobei **Sarverosid** gelegentlich durch **Intermediosid** aus Sarverogenin und D-Diginose (ein 2,6-Didesoxy-3-O-methyl-Zucker) ersetzt ist, das bisher weder in Variante a noch b auftrat.
Verbreitung: West-Elfenbeinküste bis Sierra Leone, überwiegend zwischen den Gebieten von Variante a und b. Der KP-Wert liegt fast stets über 1,5, meist bei 2,4-4, also wie Variante a.

Variante d: („Sarmutogenin-produzierende Variante" [Von Euw et al., 1957; Schnell et al., 1953])
Bisher wurden nur sehr wenige Vertreter gefunden. In der Fruchtform ist sie von Variante b, in deren Verbreitungsgebiet sie auch wächst, nicht zu unterscheiden. Als Hauptgenin produziert sie das 11,12-Ketol-Cardenolid Sarmutogenin, das mit D-Sarmentose zu **Sarmutosid** (ca. 0,6%), mit D-Digitalose zu **Musarosid** (ca. 0,15%) verknüpft ist [Richter et al., 1953].
Verbreitung: Bisher nur in Süd-Mali (Kita) gefunden. Es ist ungeklärt, ob diese Pflanzen seltene Mutanten darstellen oder lediglich versprengte Vertreter einer Form sind, die in einem anderen, bisher noch nicht aufgefundenen Gebiet in größeren Beständen wächst.

Wasserlösliche (stark polare) Glykoside

Das 1960 von Fechtig et al. [1960a,b] aufgetrennte Glykosidgemisch des stark polaren Anteils der Samen erwies sich überraschend identisch mit dem stark polaren Gemisch aus *Strophanthus thollonii*, dessen Auftrennung in 18 Glykoside Weiss et al. [1957] gelungen war. Darüber hinaus konnte die Anwesenheit sehr kleiner Mengen weiterer acht Glykoside chromatographisch aufgezeigt werden. 16 der 18 Glykoside

wurden kristallisiert gefasst. Sie lassen sich auf sieben Genine verschiedener Oxidationsstufen und drei Desoxyzucker zurückführen (**Tabelle 2**). Durch künstliche Überführung ineinander konnte die nahe Verwandtschaft der Sarmentoside bewiesen und in zwei Gruppen eingeteilt werden: die **Sarmentosid-Gruppe** mit L-Talomethylose und die **Thollosid-Gruppe** mit L-Rhamnose als Zucker [Fechtig et al., 1960].
Als Ausnahme findet sich bei *S. sarmentosus* ein weiteres Glykosid, **Bipindalosid**, mit der sonst nur bei den schwach polaren Glykosiden aufgefundenen D-Digitalose als Zucker.

Die sieben Genine unterscheiden sich lediglich darin, dass die CH_3-Gruppe an C-10 von Bipindogenin durch CH_2OH, CHO, COOH, $COOCH_3$, $COOC_2H_5$ oder eine zu C-11α gerichtete Lactongruppe ersetzt ist. Allen gemeinsam ist eine 11-Sauerstoff-Funktion, z.T. zusätzlich an C-12 (Ketol-Gruppierung)
Hauptvertreter sind **Sarmentosid A, Thollosid, Sarhamnolosid, Lokundjosid** und **Bipindosid**; in kleiner Menge fand sich auch **Ouabain** (g-Strophanthin). Einige Stoffe sind wahrscheinlich Kunstprodukte der Aufarbeitung (Thollathosid, Thollosidsäuremethylester, Sarmentosid-A-säuremethylester, Acarbäthosid).

Das Ergebnis ist insofern bemerkenswert, als *S. sarmentosus* botanisch/systematisch nicht mit *S. thollonii* verwandt ist, eher mit *S. gratus*, der aber wiederum ein ganz anderes Glykosidmuster als *S. sarmentosus* zeigt.

Genin	D-Digitalose	D-Sarmentose	(D-Diginose)	
Sarverogenin	**Panstrosid**	**Sarverosid**	**(Intermediosid)**	„Variante a und c"
0.519	0.997	0,403	1,84	
Sarmentogenin	**Sarnovid**	**Sarmentocymarin**		„Variante b"
	0,149	0,202		
Sarmutogenin	**Musarosid**	**Sarmutosid**		„Variante d"
	0,481	0,478		

Tabelle 1 Chemische Varianten von *Strophanthus sarmentosus*. Hauptglykoside des schwach polaren, chloroformlöslichen Anteils sowie letale Dosen MLD in mg/kg Katze i.v. (nach Chen)

Substituent an C-10	Genin	L-Talomethylose	L-Rhamnose	D-Digitalose
$-CH_3$	Bipindogenin	**Bipindosid**	**Lokundjosid**	**Bipindalosid**
		0,103	0,107	0,143
$-CH_2OH$	Sarmentologenin	**Sarmentolosid**	**Sarhamnolosid**	
	0,382	0,098	0,088	
-CHO	Nigrescigenin	**Sarmentosid A**	**Thollosid**	
	0,229	0,097	0,103	
-COOH	Nigrescigeninsäure	**Sarmentosid-A-säure**	**Thollosidsäure**	
	inaktiv	inaktiv	inaktiv	
$-COOCH_3$	Methylnigrescigeninat	**Methylsarmentosidat A**	**Methylthollosidat**	
$-COOC_2H_5$	Acarbäthogenin	**Acarbäthosid**	**Thollathosid**	
	inaktiv	inaktiv bis 7,4	inaktiv bis 3,7	
Lacton	Sarmentosigenin E	**Sarmentosid E**	**Thollodiolidosid**	
an C-11α	inaktiv	inaktiv bis 5,5		
	?	**Sarmentosid D**	**Zenkosid**	
		2,963	wenig aktiv	

„Sarmentosid A-Rohkristallisat": MLD = 0,089 mg/kg Katze i.v.

Tabelle 2 Strukturelle Verwandtschaft der Sarmentoside und letale Dosen in mg/kg Katze i.v. [Chen, 1954]

Blätter, Zweige, Stammrinde, Stammholz, Wurzelrinde, Wurzelholz und innere Fruchtschale enthalten ebenfalls Glykoside, doch nur in sehr kleinen Mengen. Wesentlich wirkstoffreicher ist dagegen der Pflanzensaft [Von Euw et al., 1951; Rothrock et al., 1950].
Die Ether-Fraktion der Samen lieferte manchmal in kleiner Menge ein Nebenprodukt („SubstanzNr. 752"), das schließlich als das pentacyclische Triterpen **Echinocystsäure** identifiziert werden konnte [Barton et al., 1956].
Es ist bedeutsam, dass die chemischen Unterschiede (Varianten) im wesentlichen erblich und nicht standortbedingt sind. Der Standort mag vermutlich die Menge der produzierten Glykoside zu beeinflussen, die Art der Glykoside bleibt praktisch unbeeinflusst, wie Kultivierungsversuche zeigten [Monachino, 1956; Reichstein, 1963].

Toxikologie

Fraser [1910] unternahm eingehende Untersuchungen mit *S.-sarmentosus*-Extrakt an Kalt- und Warmblütern. Das authentische Pflanzenmaterial stammte aus Nord-Nigeria (gesammelt von Dalziel) und ist zweifellos der Variante a („Savannenform") zuzuordnen. Der in den Experimenten verwendete Extrakt zeigte in Fröschen nur ein 1/5, in Kaninchen 1/2 der Wirkungsstärke vom gleichartig bereiteten *S.-hispidus*-Extrakt.

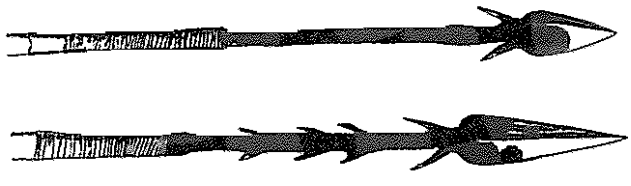
Glykosidpräparat Fraser befreite die pulverisierten Samen von etherlöslichen Stoffen (Ölen), perkolierte den Samenrückstand mit 90% Alkahol, dampfte den Extrakt ein und trocknete ihn im Vakuum. Das verbliebene gelblich-braune Präparat schmeckte in wässeriger Lösung stark bitter; es dient für die physiologischen Versuche.
Bei s.c.-Zufuhr war die minimale tödliche Dosis MLD pro kg Körpergewicht für Frösche 3,5 mg, für Kaninchen und Katzen etwa 2 mg und für Ratten etwa 300 mg. Vorherrschende Symptome waren Effekte auf das Herz und die Skelettmuskeln. In hohen Dosen trat Herzstillstand in extremer Systole ein. Der Blutdruck wurde nicht wesentlich beeinflusst. Die Atmung wurde erst gesteigert, dann verlangsamt. Eine hämolytische oder Blutgerinnungswirkung konnte er in vivo nicht nachweisen.

Kaninchen Eine letale Dosis verursachte in Kaninchen s.c. zuerst Ruhelosigekeit, unregelmäßige Atmung, Muskelschwäche an den Vorderbeinen, dann Einknicken der Hinterbeine, zunächst kurzzeitig, schließlich bleibend und Seitenlage. Im Verlaufe dieser Muskelwirkung stellten sich Herzunregelmäßigkeiten ein: Verlangsamung des Herzschlages, Verstärkung der Herzkraft, dann Unregelmäßigkeit des Herzschlags in Zeit und Stärke bis kaum noch feststellbar. Danach traten allgemeine, z.B. sehr heftige muskuläre Spasmen auf, manchmal unter Urinausscheidung, die Pupillen erweiterten sich schnell, das Tier starb. MLD = 1,5 mg/kg s.c., Tod in 85-122 Minuten; mit 2 mg/kg in 77 Minuten. Die MLD bei i.v.-Zufuhr betrug 1,2 mg/kg Kaninchen mit Tod nach 1 Stunde; 2 mg/kg töteten in 4 Minuten.

Katzen Mit ähnlichen letalen Dosen zeigten sich fast dieselben Symptome, doch von fortwährendem starkem Erbrechen begleitet, sowohl bei subletalen als auch letalen Dosen. MLD = 2 mg/kg s.c., Tod in 75 Minuten. Bei i.v.-Zufuhr war die ML D = 1,2 mg/kg, Tod in 2 Stunden, mit 2 mg/kg i.v. in 4 Minuten.

Pfeilgift Fraser untersuchte rohes „gunguma" genanntes Pfeilgift aus Nord-Nigeria, dessen Herstellung aus authentischem *S.-sarmentosus*-Samen Dalziel bei Kantagora und Zungeru beobachtet hatte. Außer den Samen enthielt es Rinden und Wurzeln von fünf weiteren Pflanzen in kleinen Mengen. Die minimale tödliche Dosis betrug für Kaninchen s.c. 4 mg/kg Körpergewicht mit Tod in 5 Stunden 18 Minuten. 7,5-20 mg/kg töteten sie in 45 Minuten. Eine größere Giftmenge war unlöslich in Wasser. Die MLD des wasserlöslichen Anteils war 2,25 mg/kg Kaninchen s.c. mit Tod in 2 Stunden; der unlösliche Anteil war ungiftig. Das Rohgift war fast dreimal schwächer als der Samen-Extrakt. Der Unterschied in den Letalitäten bestätigte auch hier wieder die Erfahrung, dass Zusätze bei der Bereitung herzwirksamer Pfeilgifte in den meisten Fällen die Toxizität und Wirksamkeit deutlich verringern.

Giftpfeile, die Lugard und Thompstone in Nord-Nigeria, bei Zaria, Bida, Lapai, Kantagora und Zunguru gesammelt hatten, waren teils mit pflanzlichen, teils mit tierischen Zusätzen versehen. Die 60 cm langen, ungefiederten Pfeile hatten eine eiförmige bis lanzettliche, 2,5-5 cm lange Eisenspitze mit 2-8 Widerhaken.



Giftpfeile aus Nord-Nigeria
schwarz: Giftschicht

Die Menge Gift pro Pfeil betrug 2,5 bzw. 4,5 g. Der größere Teil blieb sowohl in Wasser als auch in 70%- und 90%-Ethanol ungelöst. Als MLD ermittelte Fraser für Kaninchen s.c. 4 mg/kg Körpergewicht, sie war 2,5mal größer als die des Samen-Extraktes. Die Wirkung unterschied sich nicht vom Samen-Extrakt. 4 mg/kg einem Kaninchen in die Flanke injiziert, verursachten erst nach 50 Minuten Symptome; das Tier starb nach 77 Minuten. Wurde dieselbe Menge Rohgift

in trockenem Zustand unter die Haut gebracht, so traten nach 50 Minuten unterschiedliche Symptome auf; das Tier starb nach 65 Minuten. Die Giftmenge eines Pfeils reichte aus, um 10 (kleiner Pfeil; 2,5 g Gift) bzw. 18 (großer Pfeil; 4,5 g Gift) Menschen zu töten.

Fraser hatte Gelegenheit, zwei Pfeilspitzen untersuchen zu können, die aus dem Körper von zwei im Chibbuh-Hill-Feldzug von 1906/1907 getöteten Menschen stammten; beide Pfeile hatten angeblich den Tod innerhalb 30 Minuten verursacht. In MLD, Symptomen und Autopsie bestand kein Unterschied zu den anderen untersuchten *S. sarmentosus*-Giftpfeilen

Frisches Pfeilgift, nach den Methoden der Giftbereiter aus authentischem *S. sarmentosus*-Samen in Benin, Region Savé, bereitet (Samen 24-36 Stunden in Wasser gekocht, filtriert, konzentriert) produzierte folgende Symptome: 2 mg des sirupösen Extraktes mit einer Nadel in einen freigelegten Flankenmuskel von 350-500 g schweren Meerschweinchen gestoßen, tötete sie in 13-15 Minuten. Symptome: Zittern und Reflexverstärkung, krampfartige Bewegungen des Zwerchfells, Absinken des Kopfes, Krämpfe in regelrechten „Hammelsprüngen", Grimassen der Gesichtsmuskeln kurz vor dem Tod durch Herzstillstand.

Die Autopsie zeigte bei der Hälfte der Tiere das Herz in Systole, sonst in Diastole stehen. In allen Fällen war die Leber mit Blut gefüllt. Kleinere Giftmengen tendierten zum Herzstillstand in der Diastole, große zu systolischem Stillstand [Le Dantec et al., 1897].

Wurzeln Das Dekokt von 8 g Wurzeln gekocht und eingedickt, tötete Meerschweinchen bei s.c.-Zufuhr in 25 Minuten unter denselben Erscheinungen wie mit Samen. Erste Intoxikationsymptome nach 13 Minuten [Le Dantec et al., 1897].

Strophanthus thollonii Franchet

Strophanthus pierreanus De Wildeman 1903

Botanisch ähnelt *S. thollonii* (nach dem Botaniker Thollon) *S. gratus* und *S. gardeniiflorus*, chemisch jedoch *S. sarmentosus*. Die Entdeckungsgeschichte dieses *Strophanthus* ist eng mit der von *S. gratus* verknüpft. Beide haben nicht die Verlängerungen an den Blütenblätter, wie sie für fast alle anderen *Strophanthus*-Arten charakteristisch sind. Die Pflanzen aus Zaire (Shaba), bisher als *S. thollonii* betrachtet, werden neuerdings als S. *gardeniiflorus* Gilg eingestuft. Das Wuchsgebiet ist eng begrenzt.

Botanik

Liane, 3-20 m lang, immergrün, Latex klar oder weiß. Stamm bis 5 cm Durchmesser. Äste dunkelbraun oder schwärzlich, spärlich oder dicht mit Lentizellen bedeckt. Rinde grau.

Blätter gegenständig, sehr variabel, schmal elliptisch oder verkehrt-eiförmig, vorne zugespitzt mit einer abgesetzten Spitze von 13 mm Länge, Basis keilförmig oder seltener gerundet, 3-18 x 1-7,2 cm, oft 8-15 x 5-7 cm, pergamentartig, glatt mit durchsichtigen Flecken, 4-9 Paar mehr oder weniger nahe am Rand gebogene Seitennerven, leuchtend und mittel- oder dunkelbraun oberseits, matt und hell gelblichgrün unterseits. Stiel 2-13 mm lang, mit 2 äußeren und 2-4 inneren achselständigen Kolleteren.

Blüten groß, glatt, Kelchblätter ungleichmäßig, die inneren viel größer als die äußeren, hellgrün, elliptisch oder schmal elliptisch, zugespitzt, glatt; Blütenzylinder 1,3-2,5mal so lang wie der Kelch, weiß ändernd zu gelb an der Basis außen, rosa und ändernd zu purpur im oberen Teil außen, weiß und rot- oder purpurgestreift innen, glatt; Koronablätter groß, rosa und ändernd zu purpur im Zentrum, Spitze und Ränder weiß, schmal dreieckig, 10-27 x 2,3-4 mm, Blütenblätter außen dunkelrosa oder purpur innen weiß ändernd zu gelb, 1,5-3mal so lang wie breit, 18-41 x 10-18m5 mm, glatt. Staubblätter herausragend, Filamente bei 14,5-21 mm von der Zylinderbasis angefügt, glatt, Antheren mit Anhängsel von 1,5-1,8 mm Länge.

Früchte spreizen im Winkel von 140-180°, lang verjüngend in die schmale Spitze, manchmal vorne nach innen gebogen, Einzelfrucht 18-46,5 x 1,6-2,6 cm, Exokarp ziemlich dünn und hart, eben oder schwach gerillt, glatt, ziemlich dicht lentizelliert, dunkelbraun, kastanienbraun oder schwärzlich-purpur. Samen lang und schmal spindelförmig, verlängert-lanzettlich, lang zugespitzt an beiden Enden, dicht mit sehr kurzen Haaren bedeckt, so dass sie fast glatt erscheinen, 15-24 x 2-3 x 1 mm, Granne glatt auf 1,5-15 mm, Haarschopf auf 12-21mm Länge (Samen aus Kamerun zeigten eine Granne glatt auf 5-7 mm mit einem Haarschopf auf 9-12 mm).

Verbreitung: Südost-Nigeria (Cross-Fluss) Gabun, Süd-Kamerun (verbreitet am Lobé-Fluss und seinen Seitenarmen, bei den Edea-Wasserfällen und an den Ufern des Lokundje und Kiangho, sehr häufig in Lolodorf, Bipindi, Kribi, Eseka). An Flussläufen im Wald, 0-,320 m hoch. Die Pflanze blüht das ganze Jahr über.

Einheimische Namen

In Gabun sind die Namen dieselben wir für *S. hispidus*, in Kamerun wie für *S. gratus*.

Jagdgift

Strophanthus thollonii wird wie *S. gratus* – allein oder zusammen mit diesem – als Pfeilgiftquelle in Süd-Kamerun und Gabun eingesetzt, doch relativ selten. Hauptbenutzer sind die Fang und die Bagielli-Pygmäen südöstlich Kribi am Lobé und seiner Nebenflüsse. Nur die Samen kommen zum Einsatz, mit oder ohne Kochprozess.

Ein kompliziertes Rezept brachte der Missionar Trilles [1932] bei Pygmäen im Grenzgebiet von Kamerun zu Gabun in Erfahrung (die Pflanzen wurden von Pierre im Naturhistorischen Museum in Paris bestimmt):

Strophanthus thollonii (Samen)
Erythrophleum suaveolens (Stammrinde)
Strychnos cocculoides (Früchte)
Strychnos sp. (Stammrinde) (*S. camptoneura*?)
Scadoxus multiflorus (Zwiebeln)
Boöphone disticha? (Zwiebeln)
Cassia occidentalis (Gesamtpflanze)
Dioscorea bulbifera (Knollen)
Physostigma venenosum (Samen)
Ficus sp. (Saft)
Käferlarve, Schlangengift
Rubiaceae (unbestimmt)
Giftiger Pilz (*Dictiophallus* sp.)

Nicht alle Bestandteile kamen geichzeitig zum Einsatz, nur soweit sie lokal erhältlich waren. Stets waren jedoch *Erythrophleum suaveolens* und *Strychnos* die Basis-Gifte. Die Giftbereitung geschah entweder über einen Kochprozess von mehreren Stunden oder aber durch einfaches Zerreiben der Bestandteile mit klebrigen Säften, wie *Euphorbia*-Latex.

Ein Jagdgift ebenfalls mit *S. thollonii* zusammen mit *Erythrophleum* und *Strychnos* beobachtete der Jäger Gromier [1937] bei Pygmäen südwestlich Lomié, am Aina-Fluss im Grenzgebiet zu Kamerun/Gabun; alle Bestandteile wurden durch einen Kochprozess extrahiert.

Jäger der Fang wie auch Bagielli-Pygmäen in Südost-Kamerun östlich Kribi gewinnen ein Pfeilgift durch Zerreiben der Samen von *S. thollonii/gratus* im klebrigen Saft von *Dichostemma glaucescens*.

Chemie

Die Analyse der Samen aus Kamerun (Zenker-Farm bei Bipindi/Kribi und Früchte von beauftragten Pygmäen an den Ufern des Lokundje und Kiangho gesammelt) brachte Übereinstimmung mit den Samen von *S. sarmentosus*. Nach Fermentierung zeigte der Chloroform-Extrakt mit den schwach polaren Glykosiden praktisch keine Reaktion auf Cardenolide. Die gesamten Glykoside lagen als schwer trennbares Gemisch, die sogenannten „Sarmentoside", im wasserlöslichen, stark polaren Anteil und waren praktisch identisch mit denen von *S. sarmentosus*.; lediglich die quantitativen Verhältnisse lagen etwas anders. Hauptglykoside waren **Sarmentosid A, Thollosid, Bipindosid, Lokundjosid** und **Sarhamnolosid** [Weiss et al., 1957].

Die chemische Übereinstimmung mit *S. sarmentosus* wird noch bemerkenswerter, wenn man bedenkt, dass *S. thollonii* botanisch/systematisch nicht in dessen Nähe, sondern in der von *S. gratus* steht, der jedoch ganz andere Glykoside produziert. Das einzige Hauptglykosid von *S. gratus*, **Ouabain (g-Strophanthin)**, tritt in *S. thollonii* und auch in *S. sarmentosus* nur in Spuren auf. Die einzige Differenz zwischen *S. thollonii* und *S. sarmentosus* liegt in den schwach polaren Glykosiden, die bei *S. thollonii* völlig fehlen. Die isolierten **Ester von Sarmentosid A und Thollosid** sowie **Acarbäthosid** und **Tholläthosid** sind wahrscheinlich Artefakte der Aufbereitung.

Toxikologie

Für die starke biologische Wirksamkeit der Samen sind vor allem die Sarmentoside **Thollosid, Bipindosid, Lokundjosid, Sarhamnolosid** und **Sarmentosid A** verantwortlich. Ihre Toxizität liegt bei der Katze (i.v.-Infusion nach Chen und Henderson [1954]) noch über der von Ouabain. Dazu kommt die gute Wasserlöslichkeit und damit für den Giftbreiter gute Extrahierbarkeit der Sarmentoside. Der Übergang zu höheren Oxidationsstufen erniedrigt die Toxizität stark bis fast zur Wirkungslosigkeit.

Ungewöhnlich hoch ist die Letalität des rohen Sarmentosidgemisches („**Sarmentosid-A-Rohkristallisat**"): Die minimale tödliche Dosis MLD beträgt für Katzen i.v. 0,089 mg/kg Körpergwicht!

Glykoside	*Strophanthus thollonii* % des Samengewichtes	*Strophanthus sarmentosus* % des Samengewichtes	MLD mg/kg Katze i.v.
Sarmentosid E	0,07	0,002	inaktiv
Bipindosid	0,024	0,045	0,1
Acarbäthosid	0,24	0,003	inaktiv
Sarmentosid A	0,56	0,24	0,097
Bipindalosid	?	0,017	0,143
Methylsarmentosidat A *	0,01	0,001	inaktiv
Sarmentosid D	0,032	0,015	2,963
Thollodiolidosid	0,006	0,001	?
Lokundjosid	0,036	0,085	0,107
Tholloäthosid *	0,07	0,005	inaktiv
Sarmentolosid	0,004	0,009	inaktiv
Thollosid	0,20	0,18	0,103
Methylthollosidat (Substanz Q) *	0,024	0,002	inaktiv
Zenkosid	0,021	0,005	schwach
Sarhamnolosid	0,03	0,12	0,088
Ouabain	0,01	0,001	0,122
Sarmentosid-A-säure	0,21	0,012	inaktiv
Thollosidsäure	?	0,012	inaktiv
Substanz S'	0,008	0,001	
Substanz F', G', H', J', K', L', M', N'	nachgewiesen	0,001-0,004	

Tabelle 3 Isolierte und identifizierte sowie nachgewiesene Sarmentoside aus *Strophanthus thollonii* im Vergleich zu denen von *S. sarmentosus* nach steigender Polarität geordnet. Bei den mit * gekennzeichneten Stoffen handelt es sich wahrscheinlich um Kunstprodukte [Fechtig et al., 1960; Weiss et al., 1957].

Strophanthus gardeniiflorus Gilg

Dieser *Strophanthus* ist auf den ersten Blick kaum von S. *thollonii* zu unterscheiden, bisher wurde er auch als solcher angesehen. Nach Beentje [1982] ist er dagegen als eigenständig zu klassifizieren, wobei er folgende Unterschiede anführt:

S. gardeniiflorus: Blätter gerundet oder zugespitzt und mit 0-3 mm langer Spitze, elliptisch; Kelch mit 6-12,5 mm halb so lang wie der von *S. thollonii*, Kelchblätter eiförmig bis fast rund, 1,2-2,2mal so lang wie breit, Fruchtwand dick (über 2 mm).

S. thollonii: Blätter zugespitzt und mit 0-13 mm langer Spitze, schmal elliptisch oder verkehrt-eiförmig. Kelch 12-26 mm lang, Kelchblätter elliptisch oder schmal-elliptisch. Fruchtwand dünn (1-2 mm) und spröde.

Die Samen der nur in Südost-Zaire (Shaba), Zambia und Angola auftretenden Waldpflanze werden nach Herbarvermerken von Verdick und DeWitte in Südost-**Zaire**, Provinz Shaba, Region Lukafu, als Pfeilgift verwendet. (Namen: *kangala* bei Kansenze, *mulembe* bei Lukafu, *lubulu-kuru* in der Luba-Sprache.)

Nach einem Herbarvermerk von Milne-Redhead sind die Samen als Pfeilgift in Ost-**Angola**, Provinz Moxico, in Gebrauch.

Nach Informationen, die wir von Einheimischen in **Zambia** erhielten, werden die Samen (*ulembe, bulembe*)wie die von *S. welwitschii* im Westen des Landes zur Pfeilgiftbereitung verwendet.

Chemie Samen aus Angola (am Kamwano im Distrikt Vila Luso) enthielten dasselbe Sarmentosidgemisch wie *S. thollonii* und *S. sarmentosus*, doch noch reichlicher (1,2%). Hauptvertreter waren **Sarmentosid A** und E.
Schwächer polare Glykoside waren in geringen Mengen anwesend, **Sarnovid** und **Panstrosid** wurden identifiziert. Danach steht *S. gardeniiflorus* chemisch näher zu *S. sarmentosus* als zu *S. thollonii*.

Strophanthus gratus (Wallich et Hooker) Baillon

Roupellia grata (Wallich et Hooker) Baillon
Strophanthus glabre du Gabon

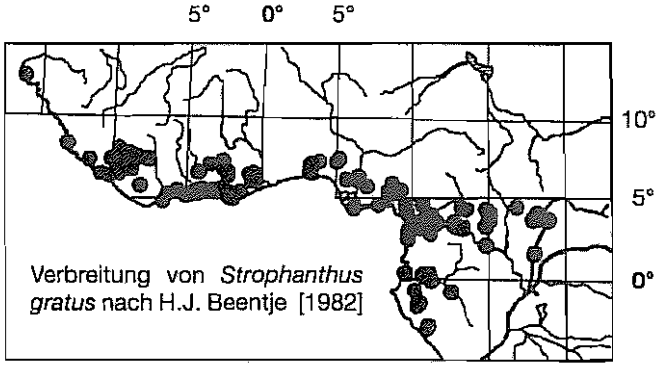
Botanik

Liane, 2-25 m lang, Stamm bis 10 cm dick, seltener als Strauch von 2-3 m Höhe, Latex klar oder weiß. Äste dunkelbraun oder purpur-braun, ziemlich dicht mit im Alter korkigen Lentizellen, glatt.

Blätter gegenständig, oberseits leuchtend, mittel- bis dunkelgrün, unterseits viel heller und oft mit einer rötlichen Mittelrippe, eiförmig, elliptisch, vorne zugespitzt mit einer 1-15 mm langen Spitze, Basis gerundet oder keilförmig, dünn pergamentartig, 1,2-3(-4)mal so lang wie breit, 5-18 x 2-9 cm, 5-11 Paar Seitennerven, fast gerade oder gebogen, im Winkel von 60-85° zur Mittelrippe. Stiel 5-17 (-32) mm lang.

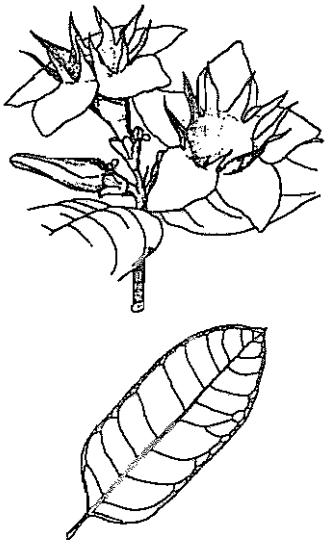
Blüten wohlriechend, Kelchblätter ungleichmäßig, die inneren länger und oft breiter als die äußeren, hellgrün mit rötlicher oder purpur-grüner Spitze, verkehrt-eiförmig, 7-18 x 3-13 mm, vorne eingekerbt, gerundet oder mit feiner Spitze, glatt; Blütenzylinder 1,9-4,2mal so lang wie der Kelch, außen weiß und ändernd zu gelb nahe der Basis, außen rötlich oder purpur nahe dem Schlund, innen weiß und rot- oder purpurgestreift, 25-45 mm lang und erweiternd auf 33-55% seiner Länge in einen zylindrischen oberen Teil, Koronablätter 5-15 x 1-5,4 mm lang, vorne kurz zugespitzt , fleischig, außen rosa ändernd zu purpur, innen weiß und ändernd zu gelb, rundlich oder fast so, 14-35 x 13-32 mm, ungleichmäßig an der Basis, vorne gekerbt oder gerundet und mit feiner Spitze, gewellt entlang dem linken Rand, glatt; Staubblätter 3-15 mm herausragend, Filamente bei 14-21 mm von der Basis des Blütenzylinders angefügt.

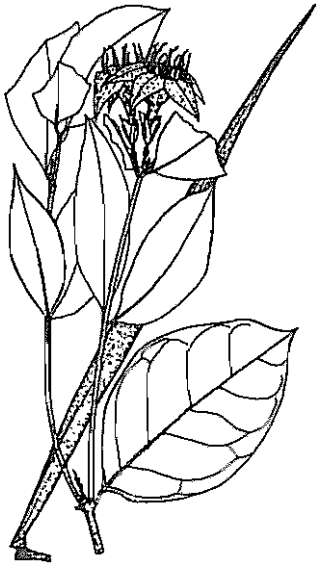
Früchte divergieren im Winkel von 180°, nach vorne zu verjüngend und in einer schmalen, stumpfen Spitze endend, 23-41 cm lang, 3-4,3 cm dick, Fruchtwand dunkelbraun bis purpur-braun, dick und hart, dicht lentizelliert, Samen breitspindelförmig, glatt, 11-20 x 2,5-5,0 mm, flach, scharfkantig, auffallend hell bräunlich-gelb, Granne glatt auf 6-15 mm, mit einem Haarschopf auf (4-)10-50 mm Länge.



Verbreitung von *Strophanthus gratus* nach H.J. Beentje [1982]

Verbreitung: West- und Zentralafrika, vom Senegal (Casamance), Guinea, Sierra Leone, Liberia, Elfenbeinküste, Ghana, Nigeria, Kamerun, Gabun, Kongo, Zentralafrikanische Republik, Zaire. Primär- und Sekundärwald, Waldränder, entlang Flüssen. Von 0-650 m Höhe. Kultiviert in Nigeria, Kamerun (Zenker-Farm bei Bipindi/Kribi) und Gabun.


Strophanthus gratus


Strophanthus thollonii

Einheimische Namen

Sierra Leone
sawai, tsawa — Mende

Elfenbeinküste
m'gbété — Attjé
solobego-sé — Ebrié
kalanmeli — Agni
mporopo, siniabié — Baule

Ghana
omatwa-nini, ammfo-hama — Twi
egwo-egwo — Ashanti

Nigeria
isha, isha-gidi, isha-ogbugbu — Yoruba
ota, osu, orhufié — Ibo (Igbo)

Kamerun
enaé — allgemein

Gabun
iné, onaié — Fang

Zentrafrikanische Republik
molo mombango — Lissongo
nea — Gbaya, Mbimo, Kaka
ekuma — Babinga (Aka)-Pygmäen am Lobaye

Kongo
nea — Bongili, Bekwil, Pomo
ndimélé — Bondjo
demoni — Enyele
demele — Aka (Babinga)-Pygmäen (Region Likouala)

Traditionelle Medizin

In **Sierre Leone** ist das Blätter-Dekokt ein Medikament gegen Gonorrhoe. Die Ebrié und Attjé der **Elfenbeinküste** trinken bei Gonorrhoe vom Wurzel-Mazerat in Wasser oder Palmwein oder vom Dekokt beblätterter Zweige; bei Syphilis werden die Extrakte in Einreibungen angewendet. Man behandelt damit auch Geschwüre aller Art. In **Ghana** wird das Zweig-Dekokt bei Schwäche nach Krankheiten getrunken. In Süd-**Nigeria** baden unter Fieber leidende Personen im Blätter-Dekokt oder benutzen es in Abwaschungen.

Jagdgift

Der hohe Gehalt an Ouabain (g-Strophanthin) , das alleinige Hauptglykosid, seine leichte Wasserlöslichkeit und damit einfache Gewinnung aus der Pflanze machen *S. gratus* zum idealen Pfeilgift. Wo er wächst und wo gejagt wird, ist er immer die Giftpflanze der ersten Wahl. Keine andere Giftpflanze liefert in so einfacher Weise ein Maximum an extrem wirksamen und sicheren Gift. Sein einziger Nachteil: Er wächst nur in den Waldgebieten, meist hoch in den Bäumen, und an die reifen Früchte ist oft nur schwierig heranzukommen. Lediglich für die Pygmäen besteht hier kein Problem. Zudem fruchtet er gebietsweise nur schlecht, z.B. im Südwesten der Zentralafrikanischen Republik. Gelegentlich trifft man auf Händler, die *S.-gratus*-Samen an Jäger verkaufen.

Griffon du Bellay brachte erstmals die Samen (zu der Zeit noch als *S. hispidus* angesehen) aus der damaligen französischen Kolonie Gabun nach Frankreich [Aubry-Lecomte, 1864]. Die Pangwe-Stämme (Pahouins, Fang) benutzten es zur Herstellung ihres starken iné-Pfeilgifts, mit dem sie auch Elefanten zur Strecke brachten. Die Samen wurden 1865 auf der Weltausstellung in Paris gezeigt [Pelikan, 1865].

Derzeit ist *S. gratus* das verbreitete und bevorzugte Jagdgift der Jäger in Süd- und Südost-Kamerun, Gabun, dem Norden des Kongo und dem Südwesten der Zentralafrikanischen Republik. Insbsondere die Pygmäen in Kamerun, Gabun und Kongo bnutzen es fast ausschließlich. Aber auch bei den Bantu ist es sehr gefragt. Alle betrachten *S. hispidus* als untergeordnet und *S. sarmentosus* als wenig wirksam. Im Norden des Kongo verwenden es vornehmlich die Stämme im Gebiet des Likouala und Sangha.
Bei den Manon in Liberia ist er noch häufig in Gebrauch, sie ziehen ihn dem als zweites Gift dienenden *S. preussii* vor.

Meist gewinnt man das Gift durch einfaches Zerreiben der ölreichen Samen in mehr oder weniger klebrigem Pflanzensaft: Ein Kochprozess ist selten. Andere Giftbereiter ziehen auch die Lianenrinde oder die Wurzeln heran und pressen den Saft aus, z.B. bei den Lissongo und Pygmäen südlich Bangui in der Zentralafrikanischen Republik.
Im Norden des Kongo mischen die Babinga-Pygmäen, Bondjo, Enyele und Bomitana am Sangha und Lukouala den Rindensaft stets mit dem von *Parquetina nigrescens* [Bouquet, 1967].
Die Zusätze variieren von Jäger zu Jäger, meistens sind es dieselben Pflanzen, von denen man diese oder jene heranzieht, gerne z.B. *Rauwolfia vomitoria, Palisota*-Arten, *Euphorbia*-Arten. Das Auspressen der Pflanzenteile mit einer Mattenpresse ist bei den Fang in Kamerun/Gabun und den Stämmen im Norden des Kongo sehr verbreitet. Man kennt zwei Arten von Presssen: die große, festinstallierte, wie sie auch für die Ölgewinnung gebräuchlich ist, und die kleine „Reisepresse" für die Giftgewinnung unterwegs. Näheres dazu siehe bei *Parquetina nigrescens*.

Degroote [1960] berichtete über orientierende papierchromatographische Untersuchungen zahlreicher Giftpfeile aus allen Teilen von Zaire. Fast alle 100 analysierten Pfeilgifte basierten auf Cardenoliden, von 50 chromatographisch geprüften Holzspitzen-Pfeilen gibt er bei 13 als Basis „Ouabain" an, bei 29 „Strophanthin" und bei 8 verschiedene, nichtidenfizierte Cardenolide, Hinweise auf die Herkunftsgebiete fehlen. Da *S. gratus* in Zaire nur ein sehr begrenztes Wuchsgebiet hat, – er wurde bisher nur im äußersten Westen am Ubangui aufgefunden – ist es mehr als fraglich, ob es sich bei Degrootes „Ouabain" in allen Fällen auch wirklich um Ouabain handelt.
Der Autor ordent grundsätzlich alle nachgewisenen Cardenolide *Strophanthus* zu, nichtidentifizierte Cardenolide stammen seiner Überzeugung nach „ohne Zweifel von anderen, chemisch noch nicht analysierten Strophanthus-Arten". Von *Parquetina* ist keine Rede. Tatsächlich dürfte der weitüberwiegende Teil der untersuchten Gifte, insbesondere das angegebene „Strophanthin", zweifellos von *Parquetina nigrescens* stammen, der weit verbreiteten Pfeilgift-Basis in Zaire. In allen Fällen lag immer eine zum Teil sehr komplexe Mischung aus verschiedenen Pflanzen vor; Sapoinine waren häufig vertreten. Bei drei der „Ouanbain"-Pfeile waren große Mengen an tierischen Bestandteilen beigemischt, außerdem enthielten sie besonders reichlich Saponine.

Chemie

Seit der Vorführung der Samen auf der Weltausstellung in Paris 1865 wurde *S. gratus* das Objekt chemischer und pharmakologisher Studien. Arnaud [1888] vermochte aus den Samen (Gabun) das wirksame Prinzip als kristallisiertes Glykosid zu isolieren (4,7%). Es erwies sich identisch mit dem kurz

zuvor aus dem Holz der somalischen Pfeilgift-Pflanze *Acokanthera ouabaio* (= *A. schimperi*) extrahierten **Ouabain**. Das unversehrte zuckerfreie Genin vermochte er nicht zu fassen, dagegen konnte er das kristallisierte Anhydro-Heptacetat des Ouabains darstellen. Den Zucker erkannte er einige Jahre später richtig als **L-Rhamnose** [Arnaud, 1898].

Thoms und Mannich [1904] isolierten das Ouabain zu 3,6% auch aus authentischem *S. gratus*-Samen aus Kamerun (Zenker-Farm); sie nannten es entsprechend dem Vorschlag von Thoms für eine systematische Nomenklatur bei den „Strophanthinen" **g-Strophanthin** (gratus-Strophanthin), ein Name, der sich neben Ouabain bis heute gehalten hat.

Ab etwa 1960 begann die Arbeitsgruppe unter Reichstein in Basel mit der Untersuchung der Pflanze. Aus drei recht gut übereinstimmenden Samen-Proben (Ghana, 1947; Kamerun 1946 und 1959) gelang es, nach enzymatischem Zuckerabbau zu den Monoglykosiden insgesamt 12 Cardenolide zu identifizieren, davon zwei bis dahin unbekannte: **Strogosid** und **Gratosid**.
Der Chloroform-Ethanol-(3:2)-Extrakt führte nur die 3-4 stärkst polaren Glykoside, als Hauptbestandteil **Ouabain** (4-8%, wasserfrei) neben dem bereits aus der ostafrikanischen *Acokanthera schimperi* bekannten **Acolongiflorosid K** (0,4%) und dem neuen **Strogosid** (0,4%). In einer der Samenproben (Kamerun 1959) trat zu 0,05% das neue **Gratosid** auf.
Die größte Palette der Glykoside lag stets im Chloroform-Ethanol-(2:1)-Extrakt, doch immer unter 0,05%. Es handelte sich dabei um die Hauptvertreter der bereits aus S. *sarmentosus* bekannten **Sarmentoside** [Jäger et al., 1965; Geiger et al., 1967a].

Proben Ghana 1947, Kamerun 1946:
nachgewiesen: 21 Cardenolide
identifiziert: **Ouabain, Acolongiflorosid K, Strogosid, Sarmentoside A, D** und **E, Sarmentolosid, Sarhamnolosid, Thollosid, Thollăthosid, Bipindosid, Sarnovid.**

Probe Kamerun 1959:
nachgewiesen: 30 Cardenolide
identifiziert: **Ouabain, Acolongiflorosid K, Strogosid, Gratosid, Sarmentoside A** und **E, Sarnovid, Sarhamnolosid.**

Damit unterscheidet sich *S. gratus* ganz wesentlich von dem ihm botanisch nahestehenden *S. thollonii*. Während ersterer nur kleine Mengen Sarmentoside und sehr viel Ouabain enhält, stellen umgekehrt bei *S. thollonii* die Sarmentoside den Hauptbestandteil und Ouabain findet sich nur in Spuren.

Genin	D-Talomethylose	Rhamnose	D-Digitalose
Bipindogenin	**Bipindosid**	–	–
Sarmentogenin	–	–	**Sarnovid**
0,46			0,149
Sarmentologenin	**Sarmentolosid**	**Sarhamnolosid**	–
0,382	0,098	0,088	
Ouabagenin	**Acolongiflorosid K**	**Ouabain**	–
0,232	0,111	0,116	
Gratogenin	–	**Gratosid**	–
Nigrescigenin	**Sarmentosid A**	**Thollosid**	–
0,229	0,097	0,103	
Sarmentosigenin E	**Sarmentosid E**	–	–
	unwirksam bis 5,5		
Strogogenin	**Strogosid**	–	–
	ca. 5		

Tabelle 4 Identifizierte Cardenolide aus *Strophanthus gratus* sowie letale Dosen in mg/kg Katze i.v. nach Chen und Henderson [1954].

Struktur **Ouabagenin** ist mit sechs OH-Gruppen (1β, 3β,5β, 11α, 14β, 19β) das sauerstoffreichste aller bekannten Genine; dementsprechend gut ist seine Wasserlöslichkeit. Es ist bemerkenswert, dass die dem 19-Alkohol Ouabagenin entsprechenden 19-Aldehyde in den Samen bisher nicht aufgefunden wurden. Ouabain wird unter den Bedingungen der üblichen sauren Hydrolyse zersetzt. Nach zahlreichen Modifikationen der Hydrolysebedingungen fanden Mannich und Siewert [1942] mit HCl in kaltem Aceton eine für das schwer spaltbare Ouabain schonende Spaltmethode, die das unversehrte Genin liefert. Aufgrund aller bis dahin vorliegenden Beobachtungen, theroretischen Überlegungen und Analogieschlüssen zur Struktur an-

derer Cardenolide korrigierten die Autoren die von Fieser und Newman 1936 aufgestellte Strukturformel für Ouabagenin. Die Mannich-Siewert-Formulierung fand in der Folgezeit volle Bestätigung (Zusammenfassung bei Tamm et al. [1957]).

Mit **Strogogenin**, dessen Struktur Geiger et al. [1967b] bewiesen, wurde erstmals ein Cardenolid bekannt, das gleichzeitig ein 1β-OH und einen (19↕11α)-Lactonring besitzt. Ring B ist in der Wannen-Konfiguration. Das gleiche gilt für **Sarmentosigenin E**; es hat lediglich eine OH-Gruppe (C-1) weniger als Strogogenin. Strogogenin ist mit dem Zucker 6-Desoxytalose (Talomethylose) zu **Strogosid** verknüpft.

Gratosid (Gratogenin + L-Rhamnose) ist isomer mit dem aus der Pfeilgift-Pflanze *Acokanthera oppositifolia* isolierten **Opposid**; das beiden zugrundeliegende **Gratogenin** besitzt lediglich ein OH (C-10) weniger als Ouabagenin (siehe *A. oppositifolia*).
Zu den **Sarmentosiden** siehe unter *S. sarmentosus* und *S. thollonii*.

Andere Inhaltsstoffe Sieburg [1913] isolierte aus den Samen zu 0,17% ein **Strophanthinsäure** genanntes, saures, wasserlösliches, hämolytisches Saponin ($C_{24}H_{36}O_4$).
Trotin et al. [1977] extrahierten aus den Samen eine Fraktion **Saponine** (0,6-0,8% des Samengewichts), dessen Trennung noch nicht gelungen ist.

Toxikologie

Strophanthus gratus ist die ideale Pfeilgiftpflanze. Einzig maßgebender Wirkstoff ist das in hoher Konzentration vorliegende **Ouabain**. Es erfüllt alle Anforderungen an ein ideales Jagdgift: extrem hohe Toxizität, schnelle und sichere Wirkung, ungewöhnlich hohe Konzentration in den Samen, sehr gute Wasserlöslichkeit und somit leichte, problemlose Gewinnung aus den Samen.
Das wichtigste Nebenglykosid, **Acolongiflorosid K**, steht Ouabain in Toxizität und Wasserlöslichkeit nicht nach. Dagegen besitzt das in der gleichen Menge vorliegende **Strogosid** als Lacton nur geringe Toxizität.

Die **Sarmentoside** sind zwar ebenfalls alle hochtoxisch, doch spielen sie aufgrund der sehr geringen Konzentration nur eine untergeordnete Rolle.

Sehr bemerkenswert ist die Wechselwirkung zwischen **Ouabain** und **Reserpin**. Vorbehandlung mit diesem Alkaloid aus *Rauwolfia vomitoria* reduziert die Toxizität von Ouabain, gleichzeitige Gabe verstärkt sie. Während bei Zufuhr von 100 µg/kg Ouabain i.v. bei Hunden 5/10 Tieren starben, waren es bei gleichzeitiger Gabe von 1 mg/kg Reserpin 9/19 Tiere [Boyaji und Nash, 1965]. Diese Effekte mögen bei der öfters beobachteten Zugabe von *Rauwolfia vomitoria* zu *Strophanthus*- oder der ähnlichen, Cardenolid-haltigen *Parquetina nigrescens* eine Rolle spielen.

Strophanthus eminii Ascherson et Pax

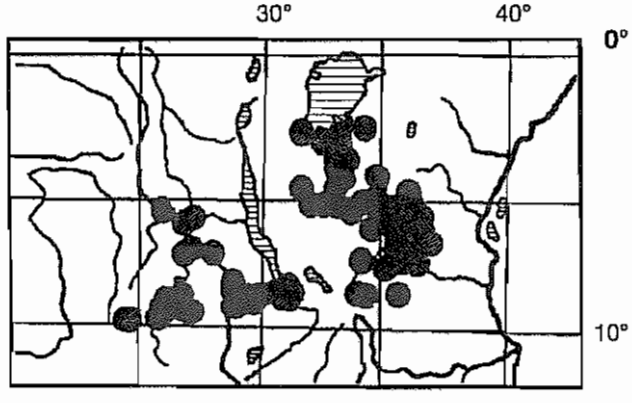
Strophanthus wittei Staner 1932
Strophanthus wittei var. *eminii* (Staner) Staner et Michotte 1934

Botanik

Strauch oder kleiner Baum, 1-7 m hoch, manchmal kletternd bis in 10 m Höhe. Die Blüten erscheinen vor den Blättern. Latex klar, weiß oder gelb. Das meiste Jahr über trifft man die Pflanze blattlos und kahl.

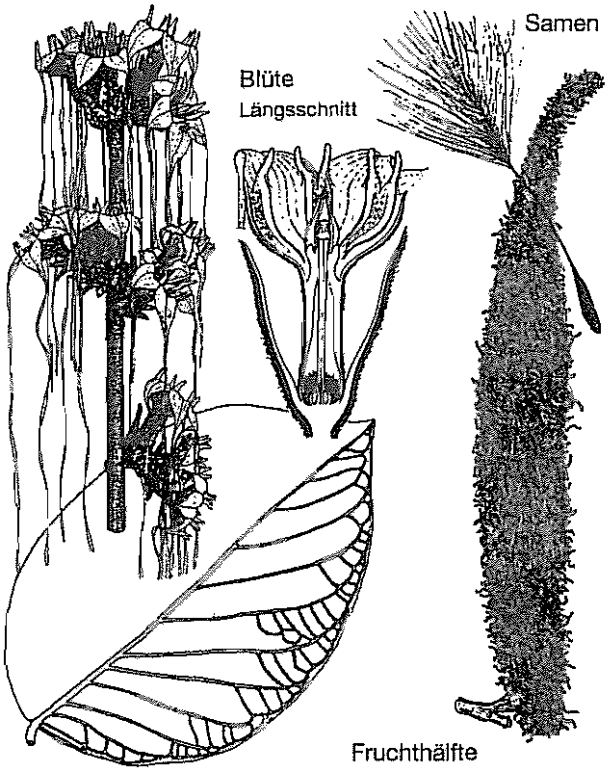
Blätter gegenständig, eiförmig, breit eiförmig oder elliptisch, 6-24 x 4-18 cm, kurz oder lang zugespitzt, Basis keilförmig, gerundet oder seltener schwach herzförmig, papierartig, oberseits hell oder dunkelgrün, unterseits silbergrau, oberseits dicht kurz behaart oder fast glatt, unterseits behaart, 5-12 Paar gerade Seitennerven. Stiel 1-10 mm lang mit zwei äußeren und 8-16 inneren, achselständigen Kolleteren.

Blüten gewöhnlich in Gruppen von 2-3, alle Teile dicht behaart, Kelchblätter ungleichmäßig, die äußeren breiter und gelegentlich kürzer als die inneren, eiförmig oder schmal ei-



Verbreitung von *S. eminii* nach H.J. Beentje [1982]

förmig, 11-25 x 2,5-13 mm , kurz zugespitzt, Blütenzylinder 0,8-21,1mal länger als der Kelch, außen rosa mit weiß, ändernd zu rot über gelb, innen weiß und ändernd zu gelb, rotgefleckt und gestreift, 17-26 mm lang, Koronablätter rot oder purpur, pfriemlich, 2,5-6,5 x 1,2-2,5 mm, kurz zugespitzt oder stumpf, fleischig; Blütenblätter innen weiß, ändernd zu gelb eiförmig, 7-15 x 4,5-10 mm, allmählich verjüngend in



die hängenden, fadenförmigen, orange bis roten Anhängsel, 9,4-18 cm lang, außen behaart; Staubblätter von 2,8 mm herausragend bis zu 1 mm eingeschlossen. Filamente 9,5-14 mm von der Basis des Blütenzylinders angefügt.

Früchte divergieren im Winkel von 180°, sie verjüngen sich in eine stumpfe Spitze, die in einem Knopf endet, 20-38 cm lang, 1,4-4,0 cm dick; die Früchte sind einmalig in der Gattung durch ihre 4-18 mm lange, dichte, steif-zottige, schmutzig-braune Warzen-Behaarung auf dem dicken Perikarp. Samen spindelförmig oder lanzettlich, flach, 11-24 x 3-5 x 1 mm, dicht mit goldgelben kurzen Haaren bedeckt, Granne glatt auf 18-6 mm, Haarschopf auf 30-50 mm Länge.

Verbreitung: Südost-Zaire (Shaba, Ost-Kasai), Nord-Zambia, Tansania. Hauptwuchsgebiet ist das Dreieck Viktoria-See/Malawi-See/Tanganyika-See. In Tansania verbreitet in der Region Tabora. In Savannen, *Acacia-Commiphora*-Holzland, insbesondere auf felsigen Plätzen. Von 600 bis 1650 m Höhe.

Einheimische Namen

Tanzania

shanjo	Hadza am Eyasi-See
mwelewele	Gogo, Nyamwezi
msungululu, mtondo	Kiswahili
weriweri, msungululu, mviveli	Nyamwezi
sungululu, msungururu	Sukuma
msegwe	Zinza
ifeso, efeso	Rangi, Region Kondoa
mwerewere	Hehe
mtowo	Hehe, am Ruaha

Zaire

kilembe, lembe	Bemba
bulembe, kilembe	Tabwa,Holoholo, Luba

Jagdgift

Strophanthus eminii ist das Jagdgift einiger Ethnien in Tansania und Südost-Zaire.
Die Hadza (Tindiga, Kindiga), ein kleines Jäger- und Sammlervolk im Gebiet des Eyasi-Sees in Nord-Tansania (Näheres siehe *Adenium obesum*), verwenden die Samen als zweites Pfeilgift neben dem ähnlich wirkenden *Adenium obesum*. Zum Einsatz kommen die Samen. Manche Giftbereiter verwenden beide Pflanzen zusammen. Die Samen werden ausgekocht.

Schon Raymond [1939/47] kam aufgrund histologischer und chemischer Untersuchungen von Hadza-Pfeilgift mit *S. eminii* zu dem Schluss, dass die Hadza diese Pflanze neben *Adenium* zur Giftbreitung verwenden. Woodburn [1970], der 1959/1960 und 1969 bei den Ost-Hadza forschte, bestätigte diese Verwendung und zeigte ein Foto der Pflanze mit den charakteristisch wolligen Früchten.

Stuhlmann [1894], Teilnehmer der letzten Emin-Pascha-Expedition in Tansania entdeckte die Pflanze und nannte sie zu Ehren von Emin Pascha *S. eminii*. Er beobachtete auch ihre Pfeilgift-Verwendung bei den Nyamwezi im Gebiet von Tabora: Das Pfeilgift wurde von einem Gift-Experten weit weg vom Dorf im Wald hergestellt. Er kochte die zerstampfte Wurzelrinde („mwelle-mwelle") zusammen mit der eines Baumes „bungo-bungo" (wahrscheinlich *Zanthoxylum chalybeum*) sowie Köpfen von Giftschlangen, Eidechsen und anderen tierischen Ingredienzien und dickte den Extrakt zum Sirup ein, der nach Abkühlen über Nacht das fertige Gift darstellte.

Busse [1901], der ausgedehnte botanische Reisen in Tansania unternahm, fand die Verwendung von *S. eminii* bei den als „Manyema" bezeichneten Ethnien westlich des Tanganyika-Sees; zum Einsatz kamen Wurzeln, Rinde und Samen.
Die eigentlichen Manyema (Bango-Bango) leben westlich des Tanganyika-Sees zwischen dem Oberteil des Sees und dem Lualaba-Fluss in Zaire. Bei den Manyema im weiteren Sinne handelt es sich um Angehörige der verschiedensten Stämme, die sich den kriegerischen Manyema angeschlossen haben und vornehmlich im Solde der arabischen Großhändler standen. Diese Manyema zogen um 1900 mordend und plündernd auf ihren Jagdzügen nach Elfenbein und Sklaven durch die Dörfer.
Ein schön gearbeiteter Manyema-Pfeil ist z.B. 78 cm lang mit 7,5 cm langer Spitze. Die aufwendige Fiederung besteht aus 15 parallel angeordneten Federn rund um den Schaft. Das Gift ist dick beidseits der Eisenspitze aufgetragen.

Manyema-Giftpfeil schwarz: Giftschicht

Herbarvermerke botanischer Sammler (Belgien) bestätigten die Angaben von Busse: Nach De Witte wird der Samen in Zaire, im nordöstlichen Shaba, im Gebiet von Kiambi, als Pfeilgift verwendet. Nach Robyns stellen die Bemba der Region Pweto am Mwero-See aus den Samen ein Pfeilgift her.

Traditionelle Medizin

In **Tansania** behandelt man mit einem Wurzel-Aufguss Hautkrankheiten und Wunden. Wurzel-Extrakte werden auch als Emetikum, gegen Würmer und Fieber eingesetzt, meist zusammen mit anderen Pflanzen.

Chemie

Jacobs und Bigelow [1933] isolierten aus den Samen (Tansania) ein Glykosidgemisch, aus dem nach Hydrolyse die Genine **Strophanthidin** und **Periplogenin** sowie der Zucker **Digitalose** isoliert werden konnten. Als Glykoside konnte ein Monosid $C_{30}H_{46}O_9$ und ein Biosid $C_{36}H_{56}O_{14}$ gefasst werden; beide waren inaktiv. Sie vermuteten richtig, dass es sich um biologisch inaktive 17α-Derivate handelte.

Lamb und Smith [1935, 1936] fanden in geringen Mengen das bereits bekannte **Cymarin** (Strophanthidin + Cymarose) in den Samen. Enzymatischer Abbau brachte unter den Monoglykosiden das bis dahin unbekannte **Emicymarin** (Periplogenin + Digitalose). Das Monosid von Jacobs und Bigelow wiesen sie als das inaktiven **allo-Cymarin** (17α-Cymarin) nach.

Lardon [1950] vom Arbeitskreis Reichstein in Basel erhielt nach Fermentierung der Samen (Tansania, Region Tabora) fünf Glykoside und zwei freie Genine. Identifiziert wurde das reichlich vorliegende **Cymarin** (ca. 0,41%) sowie **Emicymarin** (0,48%), **Periplocymarin** (0,14%), das bereits aus *S. kombe* bekannte **Cymarol** (0,18%) und die freien Genine **Strophanthidol** (0,042%) und **Periplogenin** (0,006%) sowie das inaktive **allo-Emicymarin**.
Die gleichen Stoffe sowie mehrere amorphe, nichtidentifizierte Glykoside erhielten auch Zelnik und Reichstein [1957] mit sechs Jahre alten Samen aus Tansania. Als Nebenglykosid konnten sie noch **Ledienosid** isolieren (Periplogenin + D-Fucose), das bereits aus *S. ledienii* bekannt war.

Toxikologie

Wie glaubwürdig manche Informationen über Pfeilgift sind, zeigt folgendes Beispiel: Der Arzt Tomory brachte etwas Manyema-Pfeilgift nach Britannien und behauptete, es stamme von einem großen Baum und hätte eine Strychnin-ähnliche Wirkung. Fraser untersuchte das Gift und zeigte, dass es dieselbe Wirksamkeit wie Gift aus *S. kombe* (Malawi), *S. hispidus* bzw. *sarmentosus* (Gambia) und *Acokanthera schimperi* (Kenia-Küste) hat. In allen Fällen waren für einen Frosch von ca. 22 g bei s.c.-Zufuhr 6,6 mg Rohgift tödlich. Zu keiner Zeit traten irgenwelche Krämpfe auf.

Raymond zeigte, dass rohes Pfeilgift kolorimetrisch das Äquivalent von 4,6%, physiologisch das Äquivalent von 3% reinem Ouabain besitzt.

Die Wirkung einer Probe Tinktur von *S. eminii*, hergestellt aus den Samen nach Angaben der britischen Pharmakopoe von 1932, zeigte bei Kaninchen 55% Aktivität der Standard-Tinktur von *S. kombe*. Beide Tinkturen wirkten ähnlich auf das Froschherz; in äquivalenten Dosen benötigte die *S.-eminii*-Tinktur jedoch längere Zeit bis zum systolischen Stillstand des Froschherzens. *S. eminii* produzierte zwar stärkere Stimulation als *S. kombe*, nachteilig war jedoch, dass therapeutische und toxische Dosen dicht beieinander lagen. Beide Tinkturen produzierten ähnliche Kontraktion des isolierten Meerschweinchen-Uterus und des isolierten Darms von Kaninchen [Bukey und Brew, 1935].

Reichstein ließ für die Reinstoffe von Chen in Indianapolis (USA) die letalen Dosen ermitteln (in mg/kg Körpergwicht für Katzen i.v.): **Emicymarin** 0,14; **Periplocymarin** 0,154; **Ledienosid** 0,141; **Cymarin** 0,111; **Cymarol** 0,099; **Strophanthidol** 0,699; **Periplogenin** 0,719 % (Methode beschrieben bei Chen und Henderson [1954]).

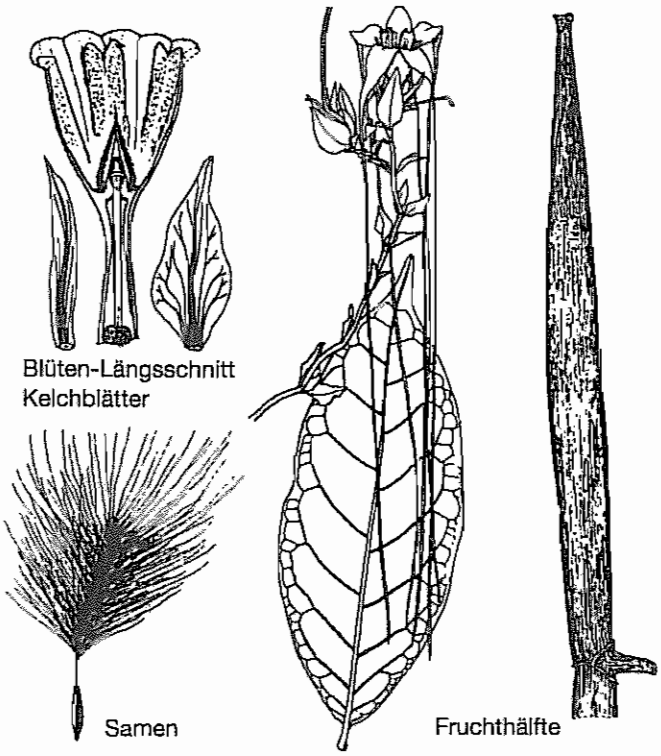
Strophanthus preussii Engler et Pax

Strophanthus bracteatus Franchet 1893
Strophanthus preussii var. *brevifolius* De Wildeman
Strophanthus preussii var. *scabridulus* Monachino
mit Formen *crebrinervus*, *multinervis*, *paucinervis*

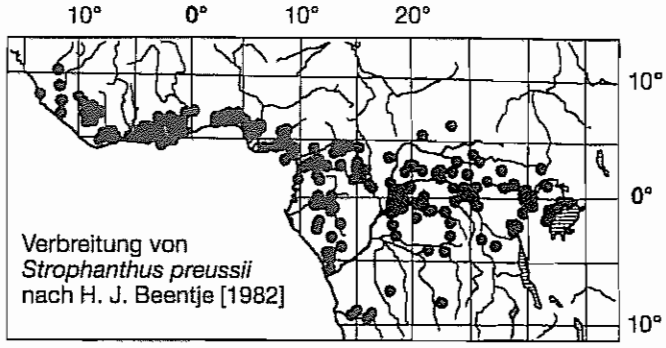
Botanik

Diese von Preuss aufgefundene Art tritt als holzige Liane von 1-12 m Länge, seltener als Kletterstrauch von 0,7-5 m Höhe auf. Latex klar oder weiß. Stamm bis 2,5 cm dick. Äste dunkel rötlich oder purpur-braun, spärlich oder dicht mit grau-weißen Lentizellen bedeckt. Nach *S. sarmentosus* die verbreitetste *Strophanthus*-Art.

Blätter gegenständig, dünn pergamentartig, eiförmig oder elliptisch, zugespitzt mit kurzer Spitze von 2-12 mm Länge, Basis keilförmig, gerundet oder seltener schwach herzförmig, glatt mit durchsichtigen Flecken, 1-18,5 x 1,5-7,5 cm, 3-4 Paar vorne gebogene Seitennerven. Stiel 2-9(-14) mm lang mit zwei äußeren und 24 inneren achselständigen Kolleteren.



Blüten wohlriechend, behaart oder seltener glatt in allen Teilen, Kelchblätter ungleichmäßig, die äußeren eiförmig und 1,2-3mal so lang wie breit, die inneren schmal eiförmig oder linear und 3-10mal so lang wie breit, braun bis purpurgrün, kurz zugespitzt oder stumpf; Blütenzylinder 0,9-2,5mal so lang wie der Kelch, beidseits weiß ändernd über rötlich-orange zu gelb, an der Basis außen mit Rosa überzogen, rot nahe dem Schlund, innen rot-gefleckt und gestreift, 12-26 mm lang; Koronablätter sehr kurz, gelb ändernd zu



Verbreitung von *Strophanthus preussii* nach H. J. Beentje [1982]

orange, rosa- oder purpurgestreift, gerundet, fleischig, 0,8-2,3 x 1-2,6 mm, Blütenblätter weiß mit 3 rosa Linien, weiß ändernd zu gelb, eiförmig, 4-12 x 3.5-10 mm, abrupt verschmälernd in die schnurförmigen, hängenden Verlängerungen von 20-30 cm Länge und 0,3-1 mm Breite.

Früchte divergieren im Winkel von 160-190°, verjüngend zu einer stumpfen Spitze oder einem kleinen oder großen Knopf, 15,5-30 cm lang, 1-3 cm dick, Exokarp ziemlich dick und hart, dicht mit länglichen Lentizellen bedeckt. Samen länglich-lanzettlich, oft asymmetrisch, dicht kurz behaart, rotbraun bis grünlichbraun, 12-20 x 2,2-4 mm, Granne glatt auf nur 3-8 mm Länge, Haarschopf auf 30-50 mm Länge.

Verbreitung: West- und Zentralafrika, Guinea bis Uganda und Nordwest-Tansania, Angola. Besonders verbreitet in Zaire, wo die Pflanze am besten entwickelt ist. Primär- und Sekundärwald, Galeriewald, Waldränder und Lichtungen. 0-1400 m hoch. *S. preussii* ähnelt *S. gracilis*, die am besten an ihren rauhen Blättern zu erkennen ist.

Einheimische Namen

Liberia	
konen, gbe-yiddi	Manon
gnigniyagpomo	Kpelle (Guerze)
Elfenbeinküste	
abepopo, agboboba	Ebrié
napiabaté	Attjé
Ghana	
diétwa, omatwa-nini	Twi
diétwa, mamfohan, amamfo-hama	Ashanti
chopo-yapa	Krobo
Nigeria	
isha-wéwé, isha-kékéré	Yoruba
akolo, olakwa	Ibo (Igbo)
Angola	
kangona	Kimbundu
okangala	Mbundu
Zentralafrikanische Republik	
molo tiki	Lissongo
oko-adara	Banda

Zaire

loété, lokékya, nsumò, lofondja moke	Nkundu
kibolé	Zande
libobo li fufow, libobo li baina, diétwa, mamfohan, amamfo-hama	Turumbu
isendja, bonselé	Bangala
malibela	bei Mobwasa
mombali	bei Yambata
mondjundju	bei Likimi
mololi, ikole	bei Dundusana
gulu, bei, polé, dekulé	zentrales Waldgebiet

Traditionelle Medizin

Die Attjé der **Elfenbeinküste** benutzen den Zweigsaft oral oder die jungen Blätter in Wasser zerstoßen mit Piment in Abreibungen bei Gonorrhoe und Harnröhren-Problemen.
Junge Blätter zusammen mit denen von *Phyllantus floribundus* und *Solanum welwitschii* in Wasser gekocht gelten im Südwesten der **Zentralafrikanischen Republik** als Mittel gegen Schmerzen post partum.

Jagdgift

Trotz seiner großen Verbreitung ist *S. preussii* erstaunlich wenig als Pfeilgift bekannt geworden.
Nach Herbarvermerken von De Giorgi, Louis, und Ghesquiere wird der Pflanzensaft in der Umgebung von Eala und Dundusana, östlich des Zaire-Flusses im zentralen Waldgebiet, als Pfeilgift verwendet.
Nach den langjährigen Forschungen von Hulstaert und seinen Gewährsleuten bei den Mongo-Stämmen des zentralen Waldgebietes ist *Parquetina nigrescens* ganz klar die vorherrschende Giftpflanze dieses Gebietes. Je nach Region ist ihr *Strophanthus preussii,* z.B. in Flandria und Bokuma, oder aber *S. mortehanii* und *S. hispidus* beigemischt [Hulstaert, 1966].
Hauptverwender sind die noch wenig erforschten **Nkundu**; ein Nkundu-Mann ohne Pfeil und Bogen oder Speer ist fast undenkbar. Hier gibt es auch noch Wild im Überfluss. Die kleinen, oft fellumwickelten Bogen ähneln denen der Ituri-Pygmäen. Soweit bekannt, werden nur Holzspitzen-Pfeile vergiftet, vorwiegend für die Jagd auf Affen, der Nationalspeise in Zaire. Jagdmeister, Zaubermedizinen, Ahnen- und Jagdfetischverehrung spielen eine ebenso wichtige Rolle wie bei den altnigritischen Völkern des nördlichen Westafrika.
Die Nkundu der Regionen Flandria und Bokuma stellen das Gift wie folgt her: Der Lianensaft wird mit dem Saft der Wurzeln von *Parquetina nigrescens* vermischt. Die Holzspitzen der Pfeile werden wiederholt in den Saft getaucht und über dem Feuer getrocknet, bis sie eine schwarze Farbe angenommen haben.

Adam [1970] brachte die Samen von *S. preussii* in Nord-Liberia, bei den Manon im Gebiet der Nimba-Berge an der Grenze zu Guinea, als Pfeilgift in Erfahrung. Die Manon dieses Gebietes sind noch wenig durch äußere Kontakte beeinflusst; die Jagd wird derzeit noch sehr aktiv betrieben. Die Heilkundigen und Giftbereiter sind zurückhaltend und geben ihr Wissen über Giftpflanzen nicht ohne weiteres preis. Erst längere Bekanntschaft mit einem Jäger, dessen Mutter Heilkundige ist, und der selbst den Ruf eines „großen Jägers" hat, schuf das erforderliche Vertrauensklima. *S. preussii* gilt bei den Manon-Jägern als Pfeilgift zweiter Wahl, *S. gratus* wird – wenn erhältlich – immer als effektiver bevorzugt.

Nach Fondère, der 1893 im Waldgebiet des Ober-Ubangui in Zentralafrika forschte, stellen dortige Jäger ein Jagd- und Kriegsgift aus dem Saft und dem wässerigen Extrakt einer *Strophanthus*-Art her. Franchet in Paris identifizierte sie anhand der Samen als den kurz zuvor von ihm beschriebenen *S. bracteatus* (= *S. preussii*). Bei den „Pfeilen" handelte es sich um speerartige Wurfpfeile, die im allgemeinen nicht mit dem Bogen verschossen werden [Boinet, 1896].

Chemie

Die Pflanze scheint nach den bisherigen Untersuchungen nicht sehr glykosidreich zu sein (unter 0,1%), was vielleicht die geringe Verwendung als Pfeilgift erklärt. Qualitativ gehört sie in die Gruppe von *S. hispidus, kombe* und *eminii*. Möglicherweise bestehen ähnliche chemische Varianten wie bei S. *sarmentosus*, die unterschiedlichen Analysenergebnisse deuten darauf hin.

Bush und Taylor [1952] fanden in den Samen nach Hydrolyse nur **Strophanthidin**.

Ruppol und Turkevic [1955] untersuchten authentischen Samen aus Zaire (nahe Yangambi); er war ebenfalls glykosidarm. Praktisch die gesamte Menge an Glykosiden lag bei unfermeniertem Samen als Bioside vor: 0,55% des Samengewichts. Nach Acetylierung konnten als Hauptbestandteile das bereits bekannte **Periplocin** (Periplocymarin + Glukose) und das neue **Emicin** (Emicymarin + Glukose) identifiziert werden. Die Monosid-Fraktion enthielt nur 0,044% Cardenolide, sie brachte drei Glykoside: **Periplocymarin** (0,06%), **Emicymarin** (Spuren) und das biologisch inaktive **allo-Emicymarin** sowie das freie Genin **Periplogenin** (0,04%). Alle Glykoside basieren auf Periplogenin. Zur Struktur siehe *Strophanthus kombe*.

Eine andere Samenprobe desselben Gebietes brachte qualitativ das gleiche Ergebnis, lediglich Emicymarin trat stärker auf und Periplocin nur in Spuren. Hauptglykoside waren **Emicin** und **Emicymarin** [Ruppol und Turkevic, 1957].

Toxikologie

Die Toxizitäten der stark herzwirksamen Glykoside **Periplocin** (0,12 mg/kg Katze i.v.), **Periplocymarin** (0,154) und **Emicymarin** (0,14) liegen nur wenig unter der von **Ouabain** (0,116). In der guten Wasserlöslichkeit stehen sie Ouabain ebenfalls nicht nach. Lediglich der geringe Glykosidgehalt – 0,5-1 % gegenüber 4-8 % bei *S. gratus* – macht *S. preussii* zu einer Jagdgiftpflanze der zweiten Wahl.

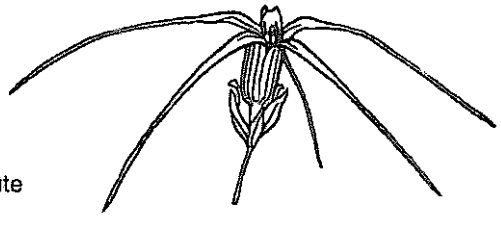
Boinet [1896] untersuchte einen der von Fondère mitgebrachten Wurf-Giftpfeile aus dem Ober-Ubangui-Gebiet auf seine Toxizität. Das 25 cm lange, mit zwei rückwärtigen Verlängerungen versehene, dreieckige Eisenblatt hatte 15 g braunes, sprödes Gift, das sich größtenteils in Wasser löste. Der ungelöste Anteil besaß kaum akute Toxizität und bestand meist aus Harzen, Gummi, Tanninen und Pflanzenrückständen. Fondère verlor bei einem Gefecht mit den Einheimischen mehrere Männer durch solche Pfeile; sie starben in kürzester Zeit. Ein Getroffener legte sich nach einigen Minuten mühsam unter Stöhnen auf den Boden. Er war mit kaltem Schweiß bedeckt und vermochte sich nur langsam zu bewegen. Die Atmung war schwach und schien fast stillstehen zu wollen. Puls und Herzschläge wurden zunehmend schwächer und blieben schließlich aus. Kurz vor dem Tod traten in den meisten Fällen ruckartig nervöse Krämpfe auf. Die Herzbeeinträchtigung beherrschte eindeutig das Vergiftungsbild.

30 g Gift in wässeriger Lösung töteten bei s.c.-Zufuhr Meerschweinchen in 15 Minuten, 100 mg Gift einen Hund in 60 Minuten. Konjunktivale Gefäßinjektion von 20-30 mg Trockengift töteten Kaninchen in 60 Minuten [Boinet, 1896].

Strophanthus mortehanii De Wildeman

Die von Mortehan in Nordwest-Zaire, Region Dundusana, aufgefundene Art hat nur kuze, spreizende oder hängende Blütenlappen-Verlängerungen von 2-9 cm Länge. Sie tritt stets als Liane auf. Stamm bis 10 cm Durchmesser. Äste dunkelbraun, spärlich lentizelliert, junge Zwige dicht mit braun-grau filzig behaart. Er ist besonders charakterisiert durch die zylindrischen Blüten und die tief eingeschlossenen Staubblätter.

Blätter gegenständig, pergamentartig, eiförmig, elliptisch, seltener verkehrt-eiförmig, vorne gerundet oder zugespitzt mit Spitze bis zu 15 mm Länge, Basis keilförmig, gerundet oder schwach herzförmig, 4-16 x 2-7,5 cm, oberseits dunkelgrün, unterseits weißlich, seltener auch grün. 7-11 Paar schwach gebogene Seitennerven. Stiel 2-8 mm lang, mit zwei äußeren und 3-9 inneren achsIständigen Kolleteren. Junge Blätter dicht behaart, alte Blätter spärlich fein behaart auf beiden Seiten.



Blüte

Blüten mit sehr dicken, feinen oder filzähnlichen Haaren bedeckt, Kelchblätter ungleichmäßig, die äußeren breiter als die inneren, grün mit purpurner Basis, eiförmig oder schmal eiförmig, kurz zugespitzt, 8-18 x 1-7 mm; Blütenzylinder 1-2,2mal so lang wie der Kelch, außen rötlich-purpur, innen creme und purpur-gestreift, 12-21 mm lang und auf 26-36 % seiner Länge aufweitend in einen zylindrischen oberen Teil, am Schlund 6- 11,5 mm weit; Koronablätter sehr kurz, 2-4 x 1,2-1,9 mm lang, vorne stumpf, fleischig; Blüten-blätter außen purpur-rot, innen weiß, eiförmig, 5-10 x 3-4,5 mm lang, allmählich verschmälernd in die spreizenden oder hängenden, 0,5-1mm breiten Verlängerungen, Blütenblätter einschließlich Verlängerungen 32-100 mm lang.

Früchte wenig bekannt, verjüngend zur Spitze zu und mit einem großen Knopf endend, 25- 29 cm lang, dunkelbraun oder purpurbraun, ziemlich dick und hart, dicht mit mehr oder weniger länglichen Lentizellen bedeckt. Samen 11x 3 mm, mit dicht fein behaart: andere Teile unbekannt.

Verbreitung: Südost-Kamerun, Äquatorial-Guinea, Gabun, Zaire. In sumpfigen Wäldern, entlang Flussufern. 450-700 m

Jagdgift

Der Lianensaft wird im zentralen Waldgebiet von Zaire, bei den Mongo-Stämmen in den Regionen Flandria und Bokuma, wie *S. hispidus* und *S. preussii* mit dem Saft von *Parquetina nigrescens* gemischt und als Pfeilgift verwendet. Auch die einheimischen Namen sind dieselben (siehe *S. preussii*) [Hulstaert, 1966].

Chemie

Rothrock et al. [1950] isolierten aus den Samen 0,15% **Strophanthidol**. Nach Bush und Taylor [1952] gehört *S. mortehanii* zur Gruppe von *S. kombe/hispidus/eminii/preussii* mit den typischen Geninen **Strophanthidin** und **Periplogenin**; Strophanthidol tritt nur als Nebenprodukt auf.

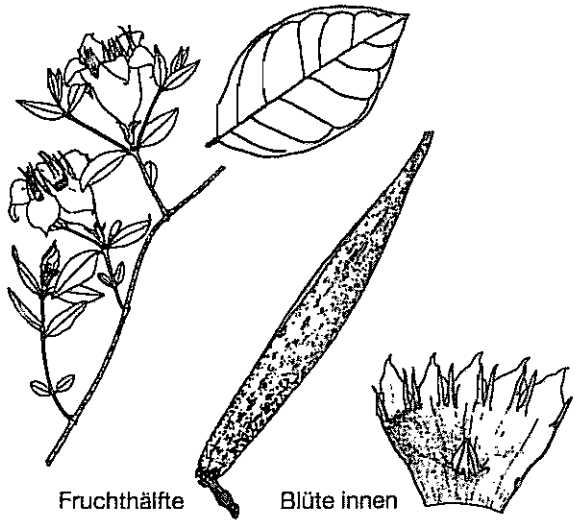
Strophanthus welwitschii (Baillon) K. Schumann

Zygonerium welwitschii Baillon 1888
Strophanthus ecaudatus Rolfe 1893
Strophanthus parvifolius K. Schumann 1895
Strophanthus verdickii De Wildeman 1903
Strophanthus gilletii De Wildeman 1903
Strophanthus katangensis Staner 1932

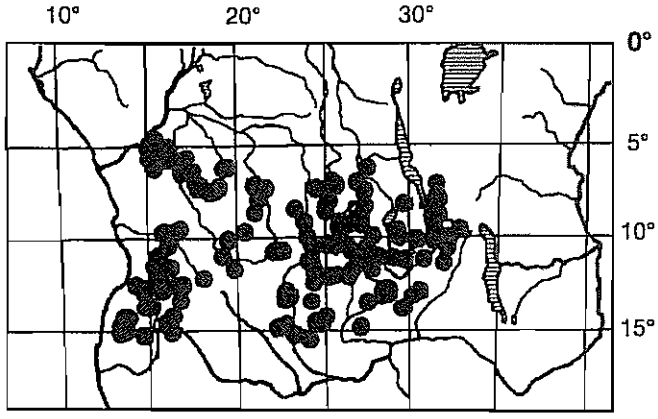
Botanik

Kletterstrauch, kleiner Baum, 0,6-5 m hoch, oder holzige Liane bis 8 m Länge. Stamm 10(-40) cm dick, dunkelbraun oder grau. Äste dunkelbraun, dicht mit Lentizellen bedeckt, Zweige rötlichbraun.

Blätter gegenständig, seltener 3- oder 4-quirlig, eiförmig, schmal elliptisch oder seltener schwach verkehrt-eiförmig, vorne gerundet oder zugespitzt mit Spitze von 8 mm Länge, Basis keilförmig fast rund, glatt oder spärlich fein behaart, mit einer Linie durchsichtiger Flecke nahe der Mittelrippen, bis 8,5 x 4,3 cm, oberseits mittel- oder dunkelgrün, unterseits hell gelblich oder weißlich-grün, 3-8 (-10) Paar fast gerade Seitennerven im Winkel von 45-65° zur Mittelrippe. Stiel 1-5 mm lang mit 2 äußeren und 4-12 inneren, achselständigen Kolleteren.



Blüten duftend, meist ungestielt, Kelchblätter aufrecht oder mit dem oberen Teil zurückgebogen, ungleichmäßig, die äußeren etwas kürzer als die inneren, grün mit purpurner Basis, eiförmig bis schmal eiförmig, 5-19 x 2-5 (-17) mm lang, kurz fein behaart, seltener glatt; Blütenzylinder 1,6-3,4mal so lang wie der Kelch, außen im oberen Teil weiß, hell- oder rötlich-purpur, innen creme und rot- oder purpurgestreift, 17-38 mm lang; Koronablätter rot oder purpurrot, schmal dreieckig, 5-23 x 1,5-5 mm, kurz zugespitzt, nicht fleischig, Blütenblätter weiß ändernd zu hellrosa auf der linken Seite und hellpurpur ändernd zu purpurrot auf der rechten Seite außen, weiß ändernd zu dunkelrosa innen, Blütenlappen spreizend oder zurückgebogen, eiförmig, (10-)14-38(-48) x (7,5-)10-24(29) mm, kurz zugespitzt. Staublätter eingeschlossen auf 2-12 mm, Filamente angefügt bei 5,5-10,5 mm von der Basis des Blütenzylinders.



Verbreitung von *Strophanthus welwitschii* nach H. J. Beentje

Früchte divergieren im Winkel von 160-240°, lang-verjüngend in die schmale, stumpfe Spitze, seltener mit einem kleinen Knopf endend, die äußerste Spitze ist zurückgebogen, 10,5-33,5 lang, 1-2,5 cm dick, Exokarp dunkelbraun oder purpurbraun, dick und hart, dicht mit Lentizellen bedeckt. Samen 8,5-19,5 x 2,5-4 1 mm, dicht behaart, Granne glatt auf 17-52 mm Länge, Haarschopf auf 22-55 mm Länge.

Verbreitung: Zentralafrika: Zaire (Unter-Zaire, Kwango, Shaba), Südwest-Tansania, Angola, Zambia. Im Holzland, oft auf felsigen Plätzen und in Galeriewäldern, von 300-1800 m Höhe.

Einheimische Namen

Zaire

mateke	bei Lumbumbashi in Shaba
bulembe, mulembelembe	Luba
bulembe wa kafu	zwischen Lukuga and Lubile
kandalupire, kassonga-kolassi	beiLukafu
zoom a trumas	Yanzi (Region Kinshasa)
kasilasila, nakalala	Bemba
zoomatrumas	Congo (Region Kinshasa)

Zambia

mbengeli wa kashinakaji	Lunda
mushibakululu, msiwakaluku	Lukage
mimbapanda	Luena
miteke	Wemba
bulembe, kazingaludi, mutemanango	

Angola

kalimboli	Tschokwe
chimbingabinga	Handa
musua ngonga	bei Malange

Jagdgift

Nach Herbarvermerken wird aus den Samen in Südost-Zaire (Provinz Shaba) sowie dem angrenzenden Zambia und Angola Pfeilgift hergestellt. Nähere Angaben zur Giftbereitung liegen nicht vor.

Traditionelle Medizin

In **Zaire**, Region Kinshasa, behandeln Heilkundige mit dem Samen-Dekokt Erkrankungen des Atemapparates bei Kindern (täglich 1 Glas vom Dekokt trinken) [Disengomoka und Delaveau, 1983].
Die Luenea in **Angola** trinken einen Wurzel-Aufguss bei Gonorrhoe. Die Wurzeln, mit Öl vermischt, werden gegen Krätze eingesetzt.

Chemie

S. welwitschii gehört chemisch zur *S.-sarmentosus/thollonii*-Gruppe, genauer zur *S.-sarmentosus* Varietät *glabriflorus* Monachino [Schindler et al., 1953], die bis jetzt nur im westafrikanischen Guinea gefunden wurde.

Die Reichstein-Gruppe in Basel untersuchte zwei Samenproben aus Zambia und eine aus Angola [Von Euw et al., 1952]. Samen aus Zambia waren praktisch glykosidfrei. Die Angola-Probe schmeckte stark bitter und lieferte nach fermentativem Zuckerabbau **Panstrosid** und **Intermediosid** zu gleichen Teilen (0,09%) sowie eine kleine Menge des „Kristallisats 790", bekannt aus *S. intermedius*, das sich schließlich als Mischung aus **Intermediosid, Panstrosid, Inertosid** und **Leptosid** erwies [Hegedüs et al., 1953]. Praktisch die gleiche Zusammensetzung zeigten auch *S. intermedius*, *amboensis* und *courmontii*. Daneben trat das Triterpen **Echinocystsäure („Substanz Nr. 752")** auf [Barton et al., 195].

Bush und Taylor [1952] fanden in einer papierchromatographisch-orientierenden Untersuchung der Samen lediglich **Sarverogenin**, weder Strophanthidin, Strophanthidol, Periplogenin noch Sarmentogenin.

Inertosid besteht aus dem Genin Inertogenin und dem Zucker D-Diginose, **Leptosid** aus Leptogenin und D-Diginose., **Intermediosid** aus Sarverogenin und D-Diginose, **Panstrosid** aus Sarverogenin und D-Digitalose. Leptosid, Inertosid und Intermediosid sind isomer. **Inertosid** und **Leptosid** sind 11-Keto-Cardenolide wie Sarmutogenin aus *S.-sarmentosus*-Variante d. Sie unterscheiden sich durch die 12-ständige OH-Gruppe, die bei Leptogenin β-ständig, bei Inertogenin α-ständig ist; letzteres ist biologisch inaktiv.

Toxikologie

Letalitäten nach Chen (MLD in mg/kg Katze i.v.): **Leptosid** 1,889, **Intermediosid** 1,84, **Panstrosid** 0,997, **Intermediosid** ist inaktiv. Gewöhnlich sind die Monoside aktiver als die Genine. Eine der Ausnahmen ist **Sarverogenin** mit einer MLD von 0,519 mg/kg gegenüber seinem Monosid Intermediosid mit 1,84 mg/kg Körpergewicht.

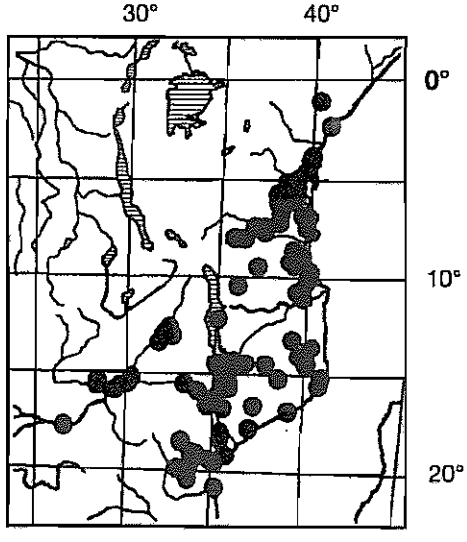
Strophanthus courmontii Sacleux ex Franchet

Strophanthus courmontii var. *fallax* Holmes 1901
Strophanthus courmontii var. *kirkii* Holmes 1901

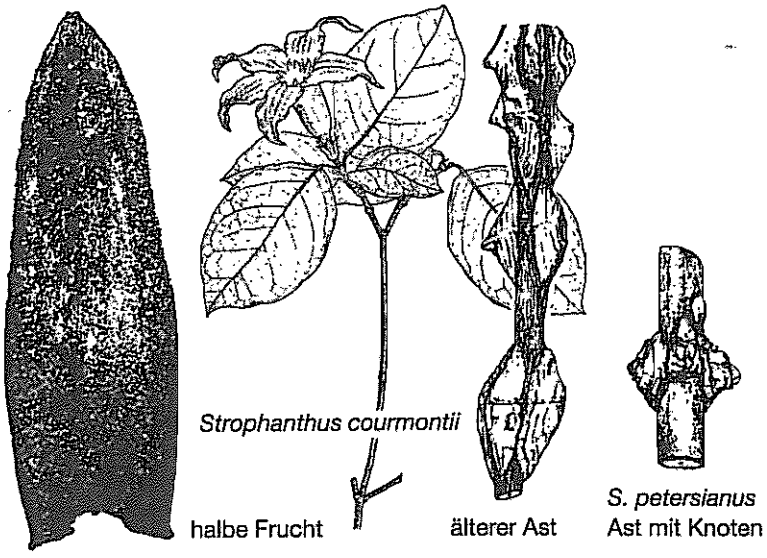
Botanik

Liane bis 22 m Höhe, mehr oder weniger oft als Kletterstrauch, 0,6-4 m hoch. Die Blüten erscheinen nach den Blättern. Stamm bis 10 cm dick, Rinde mit dreieckigen korkigen Höckern bis zu 5 cm lang und 1,8 cm hoch. Äste dunkelgrau oder rötlichbraun, mit korkigen seitlichen, zusammengepressten Erhebungen an den Knoten, die später zu Höckern auswachsen, dicht oder weniger oft spärlich lentizelliert, Zweige glatt. Blütenblätter ohne Verlängerungen.

Ohne Blüten ist *S. courmontii* schwer von *S. petersianus* zu unterscheiden. Beide Arten können durch die Dichtheit der Lentizellen auf dem Stamm und der Frucht unterschieden werden, darüber hinaus hat *S. petersianus* die Höcker nur an den Knoten der Äste.



Blätter gegenständig, elliptisch, eiförmig,, 1,5-13,5 x 2,5-6,5 cm, vorne mit Stachelspitze oder zugespitzt und mit einer 10 mm langen Spitze, Basis gerundet oder keilförmig, pergamentartig, glatt, 3-8 Paar leicht gebogene Seitennerven,



im Winkel von 35-60° zur Mittelrippe. Stiel 3-11 mm lang mit zwei äußeren und 2-8 inneren Kolleteren.

Blüten duftend, Kelchblätter meist gleichmäßig, eiförmig oder schmal eiförmig, 3-10 x 1,5-3,5 cm, kurz zugespitzt oder mit feiner Spitze, glatt, bewimpert, hellgrün mit rosa Spitze; Blütenzylinder 3-7,5mal so lang wie der Kelch, außen weiß ändernd zu gelb nahe der Basis, rot ändernd zu purpur nahe der Spitze, innen weiß ändernd zu gelb und purpurgestreift; Koronablätter gelb ändernd zu purpur über rot, dreieckig, vorne stumpf, 2-6 x 1,2-3,2 mm, fleischig; Blüten-blätter beidseits weiß ändernd zu gelb, mit einem violetten Band auf der rechten Seite, eiförmig, allmählich in die Spitze verschmälernd und zugespitzt, 25-57 x 10-27 mm, meist glatt, doch immer an der Basis innen fein behaart, Staubblätter eingeschlossen für 5-16 mm, Filamente bei 6-12 mm von der Basis der Blütenröhre angefügt.

Früchte divergieren im Winkel von 160-200°, verjüngend in die breite, stumpfe Spitze, 12-26 cm lang und 3-4,5 cm dick, Exokarp grau-schwarz oder purpur-schwarz, dick und hart, sehr dicht mit Lentizellen bedeckt. Samen 10-15 x 2,2-4 x 1 mm, dicht behaart, Granne glatt auf 15-52 mm, Haarschopf auf 17-35 mm.

Verbreitung: Ostafrika: Kenia, Tansania, Malawi, Zambia, Zimbabwe, Mozambik. Galeriewälder, Flussdickichte, Küstenwälder, seltener im Wald, der nicht direkt mit Flüssen verbunden ist. 0-1400 m hoch.

Einheimische Namen

Tansania	
kia ja mamba	Shambaa, Kiswahili
mbuba, mtobwe	Kiswahili
kila-dja mamba	Zigua
mkurubuka, mokofa	am Rufidji
mtowe	Saramo
bohora	Sukuma
msoto	Vidunda
Malawi	
kundu	Nyanja
kalanga	Yao
mtata, kombe	ohne Zuordnung

Jagdgift

Die Samen sind ein Pfeilgift der Shamba in den Usambara-Bergen von Nordost-Tansania. Die damit vergifteten Pfeile werden heute nur noch zur Abwehr von schädlichen, die Kulturen zerstörenden Tieren eingesetzt In anderen Regionen von Tansania kommen neben den Samen auch die Wurzeln zum Einsatz; außer Pfeilen werden damit auch Speere vergiftet.

S. courmontii wird in Malawi, Zimbabwe und Süd-Mozambik wie *S.petersianus*, *kombe* und *nicholsonii* bei der Pfeilgiftbereitung verwendet. Die Giftbereiter unterscheiden meist nicht zwischen diesen Arten.

Chemie

S. courmonttii gehört chemisch zur *S.-sarmentosus*-Gruppe. Von Euw und Reichstein [1950c] isolierten aus den Samen die folgenden Glykoside und Genine:

Überwiegend unreife Samen: **Sarverosid** (0,185%), **Sarmentocymarin** (0,048%), **Panstrosid** („Substanz Nr. 762"; 0,026%), **Sarmentogenin** (0,104%), **Sarverogenin** (0,042%), **Nebenprodukt A** sowie das Triterpen **Echinocystsäure** („Substanz Nr. 752"; 0,025%).

Ausgereifte Samen: **Sarverosid** (0,36%), **Sarmentocymarin** (0,26%), **Panstrosid** , **Intermediosid** („Substanz Nr. 761 [Rosselet und Hunger, 1951]), **Sarmentogenin** (0,028%), **Nebenprodukt A** (0,036%), dagegen keine Echinocystsäure.

Schindler und Reichstein [1951] gewannen aus dem wasserlöslichen Anteil derselben Samen die drei neuen, **Courmontosid A** (0,068%), **B** ((0,124%) und **C** (0,028%) genannten Glykoside, von denen nur das letztere kristallisierte. Ihre Struktur ist unbekannt.

Rothrock et al. [1950] konnten nach Hydrolyse die Genine **Sarmentogenin** (0,15%) und **Sarverogenin** (0,10%) fassen. Busch und Taylor [1952] fanden dieselben Genine (0,10 bzw. 0,22%); Strophanthidin, Strophanthidol, Periplogenin waren nicht nachweisbar. Zu Struktur und letalen Dosen siehe *S. sarmentosus*.

Strophanthus petersianus Klotsch

Strophanthus petersianus var. *grandiflorus* N.E. Brown 1892
Strophanthus grandiflorus (N.E. Brown) Gilg 1902
Strophanthus sarmentosus var. *verrucosus* Pax 1892
Strophanthus verrucosus (Pax) Stapf 1902

Botanik

S. petersianus ist botanisch eng verwandt mit *S. sarmentosus* aus Westafrika. Große Ähnlichkeit besteht auch in blütenlosem Zustand mit *S. courmontii*, mit dem er öfters vergesellschaftet auftritt. Während *S. courmontii* entlang der alten Stämme und Äste Protuberanzen aufweist und sie „geflügelt" erscheinen lässt, hat *S. petersianus* an den Ästen vier dreieckige oder keilförmige Höcker an den Blattknoten (siehe Abbildung *S. courmontii*). Die Blüten haben einen außen kastanienbraun-violetten oder rosa Blütenzylinder und Blütenlappen mit kastanienbraunen Linien über die ganze Länge sowie schnurförmige Verlängerungen von 8-18 cm Länge. Die hellbraunen Samen sind dicht behaart.
Verbreitung ähnlich wie *S. courmontii*; im Süden findet er sich auch in den Küstenwäldern von Südafrika. Wald, Holzland, felsige Stellen. 0-100 m hoch.

Einheimische Namen

Kenia	
mvariso, mpamba mwilu	Kiswahili
mbuba	Giriama
Tansania	
mtowe, muba	bei Dar-es-Salaam
mtogwe	am Rufiji
Malawi	
kombe (auch andere Arten)	allgemein
manjamatani, manjapatani	Nyanja
Mozambik	
ntjulu	Tonga

Jagdgift

In Malawi, Zimbabwe und Süd-Mozambik werden die Samen zur Pfeilgiftbereitung eingesetzt. Im allgemeinen unterscheiden die Giftbereiter nicht zwischen den in ihrem Gebiet wachsenden Arten, z.B. *S. kombe*, *courmontii*, *nicholsonii*, und ziehen sie gleichermaßen zur Giftgewinnung heran. Sehr wahrscheinlich wurden oder werden sie lokal auch in Zambia und Ost-Tansania für diesen Zweck verwendet.
Die Venda im nördlichen Südafrika stellten noch um 1960 neben *Acokanthera oppositifolia* ein Pfeilgift aus den Samen von wahrscheinlich *S. petersianus* her.

Chemie

Wie *S. courmontii* gehört *S. petersianus* chemisch zur *S. sarmentosus*-Gruppe. Hauptglykosid der Samen (Südafrika, Mozambik, Süd-Tansania) war bei den bisherigen Untersuchungen stets nur **Sarmentocymarin** (max. 0,1%). Daneben fand sich bei frischen Samen viel, bei alten Samen wenig **Sarmentogenin** [Von Euw und Reichstein, 1950d]. Auch das Triterpen **Echinocystsäure** konnte isoliert werden. Der wasserlösliche Anteil der Samen brachte drei strukturell noch unbekannte Glykoside sehr ähnlicher Eigenschaften: **Substanz Nr. 792** (0,023%), **Nr. 793** (0,19%), **Nr. 794** (0,021%), davon Nr. 793 in beträchtlicher Menge.

Bush und Taylor [1950] fanden nach Hydrolyse nur das Genin **Sarmentogenin** (0,1%) in den Samen.
Poppiano und Salmon [1952] konnten aus den Samen (Malawi) **Panstrosid** (0,0035%) isolieren.

Strophanthus nicholsonii Holmes

„White Strophanthus" Helbing 1887
Strophanthus „laineux du Zambèse" Blondel 1888
Strophanthus asper Oliver ex Planchon 1894

Botanik

Strauch 0,5-2,5 m hoch, dicht verästelt, seltener lianenartig bis zu 6 m hoch. Blüten vor oder mit den Blättern. Äste graubraun oder dunkel purpurbraun, spärlich lentizelliert. Zweige hellbraun, dicht fein behaart.

Blätter klein, verkehrt-eiförmig, seltener fast rund, 2,5-5,7 x 1,3-3,7 cm, vorne gerundet oder zugespitzt, Basis keilförmig oder gerundet, oberseits dicht behaart, unterseits filzartig behaart, 4-6 Paar gerade Seitennerven im Winkel von 40-60° zur Mittelrippe; Stiel 1-3 mm lang, mit zwei äußeren und 4-10 inneren achselständigen Kolleteren.

Blüten duftend, alle Teile dicht fein behaart, Kelchblätter ungleichmäßig, die äußeren kürzer und breiter als die inneren, rötlich oder rosa-braun, linear oder schmal eiförmig, 4,5-12 x 1,3-3 mm, kurz zugespitzt; Blütenzylinder 1,2-3mal so lang wie der Kelch, außen weiß ändernd zu rötlich, innen weiß und rot-gefleckt, 10-19 mm lang; Koronablätter sehr kurz, rot, 1-2,5 x 1-1,6 mm, gerundet, glatt; Blütenblätter beidseits rosa und ändernd zu gelb mit einem dunkelrosa Streifen auf der rechten Seiten außen, eiförmig, 4-15 x 3,8-8 mm, verschmälernd in die hängenden, schnurförmigen Anhängsel, erst rosa, später gelb, Blütenlappen mit Anhängsel 17-28 cm lang. Staubblätter von 1 mm bis 2,1 mm herausragend, Filamente bei 6-9 mm von der Röhrenbasis angefügt.

Früchte lang-verjüngend zur Spitze zu und in einen kleinen Knopf oder stumpf endend, 17-28 cm lang, 1,2-1,8 cm dick, Exokarp dunkelbraun oder purpurbraun, dicht und hart, ziemlich dicht mit länglichen Lentizellen bedeckt. Samen dicht weiß behaart oder wollig, Granne glatt auf 13-44 mm, Haarschopf auf 20-65 mm Länge.

Verbreitung: Malawi, Zambia (Hauptwuchsgebiet), Zimbabwe, Mozambik; Mopane-Holzland; 400-1100 m.

Jagdgift

Nyanja-Jäger in Malawi stellen aus den Samen der „kanianga" genannten Pflanze ein Pfeilgift her. *S. nicholsonii* wird hier wie die Hauptgiftpflanze *S. kombe* verwendet und hat auch allgemein dieselben Namen „kombe".

Möglicherweise wird die Pflanze auch in ihrem Hauptwuchsgebiet Zambia als Jagdgift verwendet, zumindest erhielten wir von den Einheimischen diese Auskunft. Der allgemeine Name ist „bulembe" oder „mulembe", wie ihn auch andere zur Giftbereitung eingesetzte *Strophanthus*-Arten haben.

Chemie

Von Euw und Reichstein [1948] untersuchten Samen der Pflanze aus Süd-Malawi (Nyanja-Gebiet). Nach enzymatischer Hydrolyse zum Zuckerabbau erhielten sie die Monoside **Emicymarin** (0,345%), **Cymarin** (0,150%), **Cymarol** (0,095%) und **Periplocymarin** (0,072%). Sehr wahrscheinlich treten diese Stoffe in der Pflanze als zuckerreiche Di- oder Triglykoside auf.

Es ist bemerkenswert, dass dieselben Glykoside in ganz ähnlichem Mengenverhältnis auch aus dem ostafrikanischen *S. eminii* erhalten wurden. Sie fanden sich auch im ostafrikanischen *S. kombe*, doch in stark abweichenden Quantitäten und Mengenverhältnissen.

Pharmakologie und Toxikologie der Herzglykoside

Ab 1861 wurde bekannt, dass *Strophanthus*-Pfeilgift [Dybowsky und Pelikan [1861] und die zugrundeliegenden *Strophanthus-gratus-* [Pelikan 1965] und *S.-kombe*-Samen [Fagge und Stevenson, 1965] starke Herzwirkungen ausüben. Fraser in Edinburgh unternahm daraufhin ausgedehnte chemische und pharmakologische Experimente mit dem Reinstoff **Strophanthin** aus *S. kombe* [Fraser 1869/1870], erkannte die Beziehung zu dem herzwirksamen Prinzip der bis dahin ausschließlich verwendeten *Digitalis* und empfahl 1885 die *Strophanthus*-Tinktur als Ersatz für die oft unzuverlässige *Digitalis*-Tinktur, was eine Flut von Veröffentlichungen nach sich zog [Schedel, 1904]. Vor allem benötigte man ein zuverlässiges Herzmittel mit schnell eintretender Wirkung. Im DAB 3 und der Britischen Pharmakopoe von 1890 tritt die „Tinctura Strophanthi" erstmals auf. Sie geriet jedoch aufgrund der unheitlichen und verfälschten Samen und der dadurch bedingten Verunsicherung in der Dosierung und Wirksamkeit bald in Miskredit. Man kannte „grünen Strophanthus" (*S. kombe*), „braunen Strophanthus" (*S. hispidus*) und nach 1904 auch noch „gelben, glatten Strophanthus" (*S. gratus*), und selten wurde zwischen ihnen unterschieden.

Den entscheidenden Durchbruch erzielte Albert Fraenkel, Badearzt in Badenweiler. Bei pharmakologischen Untersuchungen in Heidelberg fiel ihm immer wieder der ungemein rasche Wirkungseintritt von Strophanthin auf. Da Strophanthin leicht wasserlöslich war, kam er auf den damals ungeheuerlichen, für einen pharmakologisch geschulten Arzt jedoch durchaus folgerichtigen Gedanken, das Strophanthin am Menschen nicht auf dem Umweg über den Magen, sondern auf direktem Weg zum Herzen intravenös zuzuführen.
Ludolf von Krehl, Direktor der Medizinischen Universitätsklinik in Straßburg, vertraute ihm 1905 eine Station zur klinischen Erprobung der intravenösen Strophanthin-Therapie an. Nach eingehenden Experimenten und Beobachtungen gab Fraenkel am 6.4.1906 auf dem 23. Deutschen Internistenkongress in München bekannt, dass „mit dem Strophanthin ein für die intravenöse Zufuhr geeigneter Körper für die Herztherapie zur Verfügung stehe, der dem Kranken in wenigen Minuten zugute komme."
„Schon die ersten Versuche mit richtigen Dosen zeigten die glänzenden Erfolge der neuen Methode, die Raschheit und Stärke der Wirkung. Von der internen Therapie her sind wir an das allmähliche Eintreten der

Digitaliswirkung gewöhnt, die wir nach Zeit und Intensität nie voraussagen können; hier stehen wir vor einer Wirkung, die innerhalb 3-bis 4 Minuten einsetzt und die wir beherrschen. Unter unseren Augen vollzieht sich die Umschaltung des pathologischen Kreislaufs zur Norm. Der Puls des Kranken wird voller, seine Atmung langsamer, und eine Harnflut bricht los, wie wir sie in solch kurzer Zeit bisher auf keinem Weg erreichen konnten. Wenn schon jede glücklich durchgeführte Digitalisbehandlung als ein Triumph ärztlicher Kunst erscheint, so wirkt diese rasche Hilfe durch intravenöse Injektion des Mittels wie eine Wunderkur, und der Arzt steht vor einem pharmakologisch wie klinisch gleich bedeutungsvollen Experimente." [Blumberger, 1956; Fraenkel und Thauer, 1933, Thauer, 1956].

Der Eindruck der „Wunderkur" wurde durch die anfangs angewandten, für den Kranken schon fast „heroischen" Dosen beträchtlich verstärkt. Einige Todesfälle hatten jedoch noch jahrzehntelang Beunruhigung zur Folge, insbesondere im Ausland, auch nachdem man die Gefahr erkannt hatte und die Dosen erheblich niedriger ansetzte. Als Nachteil der Strophanthin-Therapie erwies sich die extrem geringe therapeutische Breite, die Spannne zwischen therapeutischer und toxischer Dosis. Dazu kommt, dass der Vollwertspiegel bei den einzelnen Herzen eine sehr unterschiedliche Größe ist. „Jedes Herz hat seine eigene Digitalis- und Strophanthindosis" ist ein oft zitierter Ausspruch von Edens, einem weiteren Pionier der Strophanthin-Therapie.
Beide Forscher entwickelten in der Folgezeit mit ihren Schülern und Mitarbeitern die Anwendung der Strophanthin-Therapie nicht nur für die bedrohlichen Grade akuter Herzinsuffizienz, sie dehnten sie auch auf chronische Herzinsuffizienz und Koronarerkrankungen aus, z.B. Angina pectoris, Myokardinfarkt [Blumberger, 1956; Fraenkel und Thauer, 1933; Thauer, 1956].

Wirkungen

Nach den bisherigen Erkenntnissen wirken alle herzwirksamen Glykoside qualitativ gleich, der Unterschied liegt nur in den pharmakokinetischen Eigenschaften, die von der Lipophilität abhängen. Im einzelnen verursachen sie:

- Steigerung der Kontraktionskraft der Herzmuskulatur (positiv inotroper Effekt)
- Verlangsamung der Schlagfrequenz des Herzens (negativ chronotroper Effekt)
- Erschwerung der Erregungsleitung des Herzens (negativ domotroper Effekt)
- Durch Senkung der Reizschwelle des Herzens (positiv bathmotroper Effekt) Steigerung der Erregbarkeit des Herzens, die zu Extasystolen, in toxischen Dosen zu Kammerflimmern führen kann.

Der positiv inotrope Effekt tritt insbesondere beim insuffizienten, erweiterten Herz deutlich in Erscheinung: Das Herzminutenvolumen wird gesteigert, die überdehnten Muskelfasern verkürzen sich, das krankhaft vergrößerte Herz wird kleiner, die Herzkammern werden wieder besser entleert, die diastolische Füllung des Herzens vergrößert, der venöse Blutdruck gesenkt [Mutschler, 1996].

Die **therapeutische Breite** ist sehr gering, erwünschte therapeutische und unerwünschte toxische Wirkungen liegen eng zusammen [Diederen und Kadatz,1970]. Herzwirksame Glykoside wirken auf alle erregbaren Gewebe, insbesondere den Gastrointestinaltrakt, auch auf glatte Muskulatur und das ZNS. Nebenwirkungen zeigen sich je nach Dosierung in Arrhythmien, Benommenheit, Kopfweh, Übelkeit, Sehstörungen, Erbrechen, wie Desorientierung und Halluzinationen. In schweren Fällen wurden teilweiser oder totaler AV-Block, Bradykardie oder ventrikuläre Tachykardie sowie Delirium und Krämpfe beobachtet, durch Kammerflimmern kann Tod eintreten.

Derzeit werden herzwirksame Glykoside neben akuter Herzinsuffizienz vornehmlich bei chronischer Linksinsuffizienz, die Kongestion der Lungen verursacht, sowie supraventrikulären Tachykardien, Tachyarrhythmien, Vorhofflattern und -flimmern eingesetzt.

Unter den *Strophanthus*-Glykosiden werden in erster Linie **Ouabain (g-Strophanthin)** aus *S. gratus* sowie **k-Strophanthosid**, das etwa 70 % des *S.-kombe*-Strophanthingemisches repräsentiert, und **Cymarin** klinisch eingesetzt. In den USA sind Ouabain und k-Strophanthosid aufgrund ihrer geringen Bioverfügbarkeit (unter 5%) und des kurzen positiv inotropen Effekts kaum oder gar nicht mehr in Gebrauch.

Einmal im Blutstrom absorbiert, verteilen sie sich weit in die Gewebe einschließlich des ZNS. Die Bioverfügbarkeit ist sehr unterschiedlich. Sie haben beides, lipophile Zentren (Steroid-Gerüst) und hydrophile Zentren (OH-Gruppen, Lactonring, Zucker). Die Balance dieser Faktoren ist wichtig für Absorption, Metabolismus und Ausscheidung.

Die Lipophilität kann durch Abspaltung des Zuckers oder Veresterung der Zucker-OH gesteigert werden. Die Proteinbindung ist am größten, wenn die Zahl der Zucker und OH-Gruppen am geringsten ist. Die beiden Extreme sind das stark polare (viele OH-Gruppen) sehr wenig fettlösliche Ouabain (Halbwertszeit 18 Stunden) und das wenig polare, gut fettlösliche Digitoxin (Halbwertszeit 6-8 Tage). Der Wirkungseintritt beträgt bei Ouabain und k-Strophanthosid i.v. 2-15 Minuten, bei Cymarin i.v. 2-30 Minuten (oral 60 Minuten) bei Digitoxin i.v. 30 Minuten (oral 180 Minuten).

Die intestinale Absorption von k-Strophanthosid ist

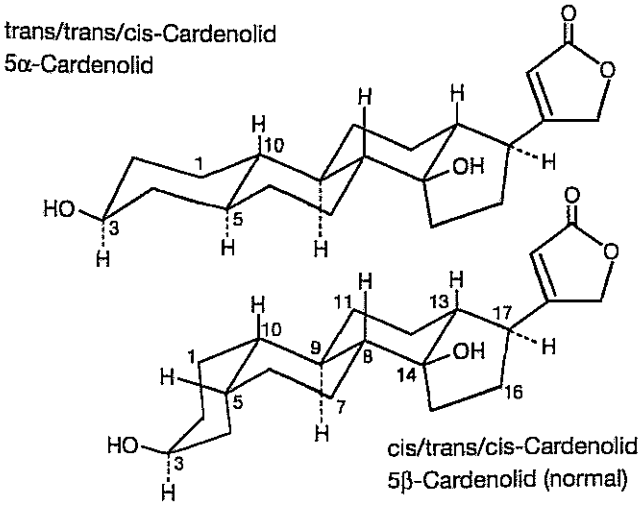
ähnlich wie die von Ouabain, doch die biliäre Ausscheidung und der enterohepatische Kreislauf ist sechsmal höher als der von Ouabain [Marzo et al., 1974]. Die geringere Plasmaeiweißbindung hat bei den Strophanthinen i.v. einen schnellen Wirkungseintritt, aber auch eine nur kurze Wirkungsdauer zur Folge.

Die **orale** Therapie mit *Strophanthus*-Glykosiden hat eine bemerkenswerte Verbreitung, insbesondere zur Herzinfarktprophylaxe, obwohl sie theroretisch und empirisch der Begründung entbehrt [Geissberger, 1961; Verspohl, 1977]. Untersuchungen zeigten, dass Ouabain nur zu 1-2 % absorbiert wird und es für eine orale Anwendung ungeeignet ist [Greeff et al., 1974].

Struktur-Wirkung

Alle herzwirksamen Glykoside sind Steroide mit gewissen strukturellen Charakteristiken: Die sogenannten **Cardenolide** haben einen tetracyclischen Steroidkern mit einem ungesättigten, 5gliedrigen Lactonring an C-17 des Rings D und einen oder mehrere Zucker, die über das OH an C-3 des Rings A mit dem Steroidgerüst verknüpft sind. Gewisse Kröten haben Hautdrüsen, die herzwirksame Glykoside, die sogenannten **Bufadienolide**, zu produzieren vermögen; sie unterscheiden sich von den pflanzlichen Cardenoliden lediglich durch einen doppelt ungesättigten, 6gliedrigen Lactonring an C-17.
Das zuckerfreie Genin ist Träger der Herzwirkung und Haftgruppe. Die flexiblen Zucker haben die Rolle einer Hilfsgruppe, je nach Zahl und Art beeinflussen sie die Wirksamkeit des Glykosids, und begünstigen eine schnellere und vollständigere Bindung an das aktive Zentrum des Enzyms. Hauptsächlich aber haben sie Einfluss auf Löslichkeit, Verteilung und Ausscheidung [Portius und Repke, 1964; Repke, 1966].

Die große Mehrheit der herzwirksamen Glykoside (Cardenolide) zeigen im Steroidkern eine *cis/trans/cis*-Verknüpfung der Ringe A, B, C und D. Lange Zeit wurde sie als unbedingte Voraussetzung für volle Akivität



betrachtet. Jüngste Untersuchungen zeigten aber, dass nur die *cis*-Konfiguration der Ringe C/D erforderlich ist; sie ist streng spezifisch für herzwirksame Glykoside. *Trans*-Konfiguration der A/B-Verknüpfung (H an C-5 in α-Position) beeinflusst die Herzaktivität nur wenig, wie das Beispiel des 5α-Glykosids **Uzarigenin** (Uzarigenin-rhamnosid) zeigt; es ist zweimal so wirksam wie das an sich schon sehr aktive 5β-Glykosid **Ouabain** (Ouabagenin-rhamnosid) [Brown und Thomas, 1984].
Das konjugierte Doppelbindungssystem an C-17 (Carbonylgruppe in Konjugation mit einer C=C-Doppelbindung) ist ebenfalls unentbehrlich für volle Aktivität; es stellt die Wirkgruppe in Cardenoliden dar; der Ring als solcher ist entbehrlich.
Umstritten ist die Notwendigkeit des 3β-OH. In der Cardenolidreihe erwiesen sich die meisten 3α-Verbindungen als wirkungslos, in der Bufadienolidreihe verursachte die Umlagerung nur eine starke Wirkungsminderung.
Eine OH-Gruppe an C-14 scheint nicht unbedingt erforderlich: 14-Desoxy-14βH-Uzarigenin ist nur wenig schwächer wirksam als Uzarigenin; 14α-Verbindungen sind dagegen völlig inaktiv.

Parallel zur Herztoxizität besteht auch hohe **Zytotoxizität** der Cardenolide [Kupchan et al., 1967].

Die Aktivität eines Genins wird durch Eintritt des ersten Zuckers stark erhöht, weitere Zucker erniedrigen seine Wirksamkeit. Von Ausnahmen abgesehen, gilt für Cardenolide im allgemeinen die Aktivitätsregel:
Triosid < Biosod < Monosid > Genin.
Die Zucker der herzwirksamen Glykoside sind selten anzutreffende Desoxyzucker: 2-Desoxy-, 6-Desoxy-, 2,6-Didesoxyzucker. Das Bauprinzip ist Genin – $(\text{Desoxyzucker})_m$ – $(\text{D-Glukose})_n$. Die Zuckerketten sind linear.

Wirkungsmechanismus

Nach Dekaden der Kontroversen herrscht heute allgemein Zustimmung, dass die inotropen Effekte der herzwirksamen Glykoside aus einer Bindung und Hemmung des Membran-gebundenen Enzyms Na^+/K^+-ATPase (Adenosintriphosphatase, Membran-ATPase, Natrium-Pumpe) resultiert.
Diese Na^+/K^+-aktivierte Pumpe sorgt dafür, dass die mit der Erregung verbundenen passiven Kationenverschiebungen über die Membran wieder rückgängig gemacht werden, d.h. dass gegen das Konzentrationsgefälle Na^+ und Ca^{2+}-Ionen aus der Zelle und K^+-Ionen in die Zelle transportiert werden. Es stellt den Na^+, K^+- und Ca^{2+}-Spiegel wieder ein und reguliert die Zellaktivität
Alle herzwirksamen Glykoside hemmen die Na^+/K^+-ATPase in einer dosisabhängigen Art.

Therapeutischer Effekt Die Hemmung der Na^+/K^+-ATPase behindert den Transport von Na^+-Ionen von der Innenseite der Zelle zur Außenseite und den K^+-Transport von der Außen- zur Innenseite. Ca^{2+}-Ionen sind der Koppler zwischen den elektrischen Vorgängen und dem kontraktilen Muskelapparat. Alle Hypothesen konvergieren auf ein Ziel: Die Menge der für den Kontraktionsvorgang erforderlichen intrazellulären Ca^{2+}-Ionen wird durch herzwirksame Glykoside **temporär** erhöht.
Der Anstieg der Ca^{2+}-Konzentration ist das Resultat eines 2-Schritt-Prozesses: 1. Anstieg der intrazellulären Na^+-Konzentration aufgrund der Na^+/K^+-ATPase-Hemmung, und 2. Verringerung des Ca^{2+}-Auswärtstransports aus der Zelle und damit Zunahme der intrazellulären Ca^{2+}-Konzentration durch eine zweite Pumpe, den membranständigen Na^+/Ca^{2+}-Austauscher, der normalerweise drei extrazelluläre Na^+ gegen ein intrazelluläres Ca^{2+} austauscht. Während der Diastole werden dadurch mehr Ca^{2+}-Ionen im intrazellulären sarkoplasmatischen Retikulum gespeichert, und in der folgenden Systole entsprechend mehr Ca^{2+}-Ionen aus dem Speicher freigesetzt, was eine gesteigerte elektromechanische Kopplung und damit erhöhte Kraftentwicklung bewirkt (positiv inotroper Effekt) [Katz, 1985; Mutschler, 1996; Rep-ke, 1973; Smith, 1988].

Toxischer Effekt: Der toxische Effekt, z.B. im Fall von *Strophanthus*-Pfeilgift, mag wie folgt erklärt werden: Die Na^+/K^+-ATPase wird derart stark gehemmt, dass es zu einer intrazellulären Verarmung von K+-Ionen und einer Überflutung mit Ca^{2+}-Ionen kommt, die bei völligem Block schließlich **stationär und irreversibel** bleibt. Im Endresultat treten kardiotoxische Effekte auf (Extrasystolen, totaler AV-Block, Arrhythmien, Kammerflimmern) und neurotoxische Effekte (Delirium, Krämpfe) und schließlich Tod durch Herzstillstand (negativ inotroper Effekt) [Repke, 1963; Smith, 1988].

Vereinfacht: **Die therapeutische Wirkung der herzwirksamen Glykoside beruht auf einer temporären Erhöhung der Ca^{2+}-Konzentration in der Zelle, die toxische Wirkung auf einer stationären, irreversiblen Überladung mit Ca^{2+}-Ionen, die zu einer Kontraktur des Herzmuskels führt.**

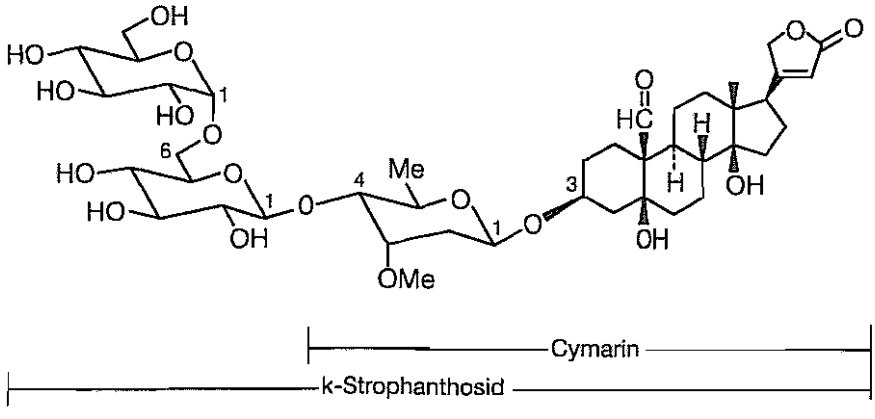
Der **diuretische Effekt** ist keine direkte Wirkung der herzwirksamen Glykoside, der gesteigerte Urinausstoß ist das Resultat einer verbesserten Herzfunktion.

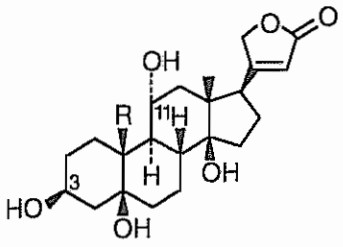
Vergiftungstherapie

Ein echtes Gegenmittel bei hochtoxischen Dosen gibt es nicht. Voll aktives *Strophanthus*-Pfeilgift führt in kurzer Zeit zu irreversibler Kontraktur des Herzmuskels. K^+-Ionen und herzwirksame Glykoside hemmen einander die Bindung zur Na^+/K^+-ATPase, mäßige Zufuhr von extrazellulären K+-Ionen vermindern den toxischen Effekt. Ca^{2+}-Ionen begünstigen den toxischen Effekt herzwirksamer Glykoside.

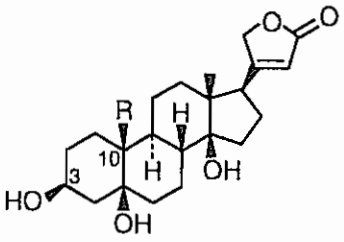
Es gibt eine Wechselwirkung zwischen gewissen Cardenoliden und **Chinidin**, das den Plasma-Spiegel der Cardenolide erhöht.
Zur bemerkenswerten Wechselwirkung zwischen **Ouabain** und **Reserpin**, das bei gleichzeitiger Zufuhr mit Ouabain dessen Toxizität beträchtlich erhöht, bei Vorbehandlung dagegen reduziert, siehe *Rauwolfia vomitoria* und *Strophanthus gratus*.

Bei Vergiftungen werden Magenspülungen, Aktivkohle und Colestyramin eingesetzt. Infusion von Atropin bei bradykarden Arrhythmien, von KCl-Lösung und antiarrhythmischen Drogen bei tachykarden Arrhythmien. In schweren Fällen hat sich die Zufuhr von Digitalis-Antitoxin vom Schaf („Digitalis-Antidot BM") bewährt.

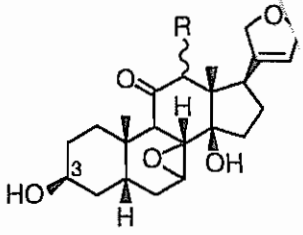




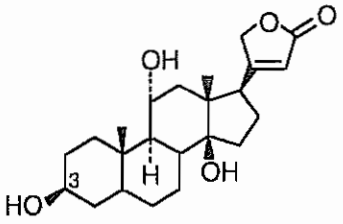
Bipindogenin	R = Me
Sarmentologenin	R = CH_2OH
Nigrescigenin	R = CHO
Nigrescigeninsäure	R = COOOH
Methylnigrescigenat	R = COOMe
Acarbäthogenin	R = $COOC_2H_5$



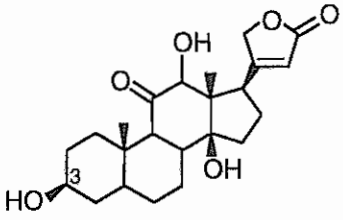
Strophanthidin	R = CHO
Strophanthidol	R = CH_2OH
Periplogenin	R = Me



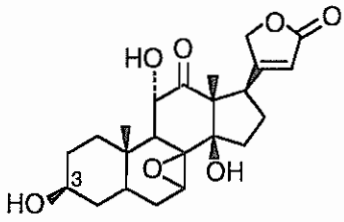
Leptogenin	R =β-OH
Intertogenin	R =α-OH



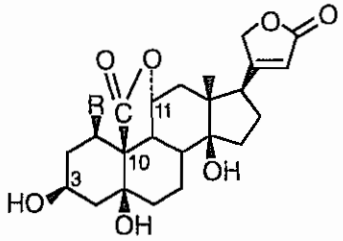
Sarmentogenin



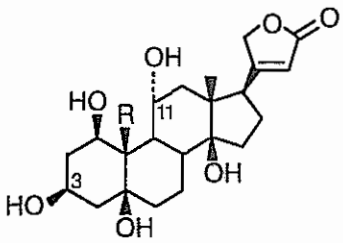
Sarverogenin



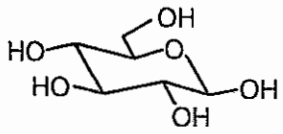
Sarmutogenin



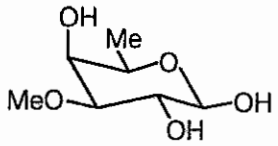
Sarmentosigenin E	R = H
Strogogenin	R = OH



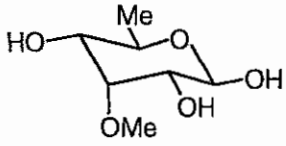
Ouabagenin	R = CH_2OH
Gratogenin	R = Me



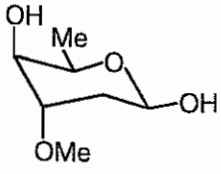
D-Glukose



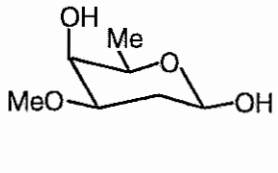
D-Digitalose



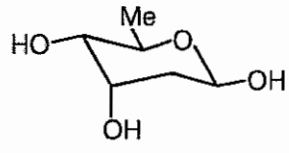
D-Cymarose



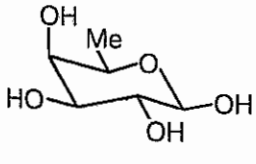
D-Sarmentose



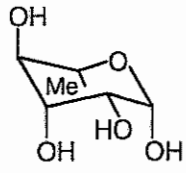
D-Diginose



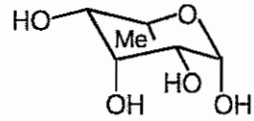
D-Digitoxose



D-Fucose



L-Rhamnose



L-Talomethylose

Referenzen

Adam, J.G., 1971: *Quelques utilisations de plantes par les Manon du Liberia.* J. Agric. trop. Bot. appl. **18**, 372-378

Angenot, L., 1978: *Les poisons de flèches africains. I. Zaire, Rwanda et Burundi.* Africa-Tervuren **24**, 36-54

Arnaud, A., 1888: *Sur la matière cristallisée active extraite des semences du Strophanthus glabre du Gabon.* C.r. **107**, 1162-1164

Arnaud, A., 1898: *Sur les produits de dédoublement de l'ouabaine par hydrolyse.* C.r. **126**, 1208-1211

Aubry-Lecomte, 1864: *Note sur quelques poisons de la Côte occidentale d'Afrique.* Revue maritime et coloniale **11**, 83-85

Barton, D.H.R., Mohr, K., Reichstein, T., Schindler, O., 1956: Identifizierung von Substanz Nr. 752 mit Echinocystsäure. Helv. Chim. Acta **39**, 413-416.

Beentje, H. J., 1982: *A monograph on Strophanthus DC. (Apocynaceae).* Meded. Landbowhogeschool Wageningen **82-4**

Blome, W., Katz, A., Reichstein, T., 1946: *Cymarol, ein neues herzwirksames Glykosid aus Strophanthus kombe.* Pharm. Acta Helv. **21**, 325-340

Blumberger, K., 1956: *Die Entdeckung der Strophanthintherapie durch Albert Fraenkel und Ernst Edens.* Die Medizinische (**14**), 487-90

Boinet, E., 1896: *Nouveau poison de flèche de l'Afrique centrale.* Arch.de Physiol. norm. et Pathol. (Paris) **8**, 952

Bouquet, A., 1967: *Note sur la preparation du poison de flèches dans le Nord-Congo.* J. Agric. trop. Bot. appl. **14**, Nr. 8-9, 359-362

Boyajy, L.D., Nash, C.B., 1965: *Influence of reserpine on arrythmias, inotropic effects, and myocardial potassium balance induced by digitalis materials.* J. Pharm. exp. Ther. **148**, 193-201

Brauns, D.H., Closson, O.E., 1914: *Über kristallisiertes kombe-Strophanthin.* Archiv Pharm.. **252**, 294-340

Brandt, R., Kaufmann, H., Reichstein, T., 1966: *Nigrescigenin, Identifizierung mit Sarmentosigenin A.* Helv. Chim. Acta **49**, 1844-1849

Brown, K., Thomas, R., 1984: *Comparison of the inotropic effects of some 5α-Cardenolides on Guinea pig left atria.* Arzneimittelforschung/Drug Res. **34**, 572-574

Bukey, F.S., Brew, M., 1935: *The seeds of Strophanthus eminii. A report done for the British Pharmacopoeia Commission.* Quarterly J. Pharmacy and Pharmacology **8**, 61-70

Bush, I.E., Taylor, D.A.H., 1952: *The paper-chromatographic examination of the cardiac aglycones of Strophanthus seeds.* Biochem. J. **52**, 643-648

Busse, W., 1901: *Über Verlauf und Ergebnisse meiner Reisen in Deutsch-Ostafrika.* Ber. dtsch. Pharm. Ges. **10**, 408-435

Callow, R.K., Meikle, R.D., Taylor, D.A.H., 1951: *The source of sarmentogenin.* Chem. and Ind., 336-337

Castagnou, R., Baudrimont, R., Gauthier, J.,1965: *Recherches sur un poison de flèche utilisé par les Fali Tinguelin du Nord-Cameroun.* C.r. **260**, 1409-1411

Chen, K.K., Henderson, F.G. : *Pharmacology of sixty-four cardiac glycosides and aglycones.* J. Pharmacol. exp. Ther. **111**, 365-383

Chevalier, A., 1951: *Notes africaines* Nr. **49**, 1-2

Crone, G.R., 1937: *The voyages of Cadamosto.* London, 45, 54, 57-59, 71

Dalziel, J.M., 1937: *The useful plants of West tropical Africa.* An appendix to J. Hutchinson, J. M. Dalziel, *Flora of West tropical Africa.* London

De Faria y Sousa, 1681 (und 1703): *Asia Portugueze.* Lisboa, t. **1**, Kap. 1

Degroote, V., 1960: *Note préliminaire sur les flèches empoisonnées et les poisons de flèches au Congo belge.* Ann. Soc. Belge Med. tropicale. **40**, 97-103

Dennis, W.H., 1956: *La legende du Strophanthus hispidus en pays Wilé du cercle de Diébougou.* Notes africaines Nr. **72**, 102-106

De Villiers, H., 1949: *An arrow poison from Southern Africa.* S.A. Med. J. **23**, 110

Diallo, H., 1978: *Le chasseur Lobi. Une étude ethno-sociologique.* Acta Ethnologica et Linguistica, Nr. **43**, Wien

Diederen, W., Kadatz, R., 1970: *Quantitative Untersuchungen der therapeutischen Breite von Herzglykosiden.* Ärztliche Forschung **24**, 149-55

Disengomoka, I., Delaveau, P., 1983: *Medicinal plants used for children's respiratory diseases in Zaire.* J. Ethnopharmacol. **8**, 265-277

Doke, C.M., 1931: *The Lambas of Northern Rhodesia.* London

Duret, S., Paris, R., 1972: *Plantes Méd. et Phytothér.* **6**, 210-215

Dybkowski,W., Pelikan, E., 1861: *Recherches physiologo-toxicologiques sur l'action de quelques poisons du coeur.* C.r. Soc. Biol. (in: Pelikan, 1865).

Fagge, C.H., Stevenson, Th., 1865: *On the application of physiological tests for certain organic poisons, and especially Digitaline.* Proc. Roy. Soc. Edinburgh **14**, 270-275

Fechtig, B., Schindler, O., Reichstein, T., 1960a: *Die Glykoside von Strophanthus sarmentosus. Untersuchung der stark polaren Cardenolide aus der var. senegambiae Monachino.* Helv. Chim. Acta **43**, 727-754

Fechtig, B., von Euw, J., Schindler, O., Reichstein, T.,1960b: *Die Struktur der Sarmentoside.* Helv. Chim. Acta **43**, 1570-1584

Ferre, Busquet, 1895: *Des flèches empoisonnées du Soudan Francais.* J. de Physiologie **27**, 801-815

Finch, 1625: in: *Purchase, His pilgrims.* London, Vol. **1**, 415

Foppiano, R., Salmon, M.R., 1952: *A note on the occurrence of Panstroside.* J. Amer. Chem. Soc. **74**, 4709

Fraenkel, A., Thauer, R., 1933: *Strophanthintherapie. Zugleich ein Beispiel quantitativer Digitalisanwendung nach pharmakologischen Grundsätzen.* Berlin

Fraser, Th. R., 1869/70: *On the kombe arrow. poison (Strophanthus hispidus D.C.) of Africa.* Proc. Roy. Soc. Edinburgh **7**, 99-103

Fraser, Th. R., 1889/90: *Strophanthus hispidus: its natural history, chemistry, and pharmacology Part 1: Its natural history and chemistry.* Trans. Roy. Soc. Edinburgh **35**, 955-1027

Fraser, Th.R., 1885: *The action and uses of Digitalis and its*

substitute with special reference to Strophanthus (hispidus?) British Med. J., 904-910

Fraser, Th. R., 1909/10: *Strophanthus sarmentosus: its pharmacological action and its use as an arrow poison*. Trans. Roy. Soc. Edinburgh **47**, 341-410

Fuhrer, H., Zürcher, R.F., Reichstein, T., 1969: *Sarverosid, vermutliche Struktur*. Helv. Chim. Acta **52**, 616-621

Geiger, U.P., Weiss, Ek., Reichstein, T., 1967a: *Die Cardenolide von Strophanthus gratus (Wall. et Hook.) Franch.* Helv. Chim. Acta **50**, 179-193

Geiger, U.P., Weiss, Ek., Reichstein, T., 1967b: *Strogosid, Strukturbestimmung*. Helv. Chim. Acta **50**, 194-207

Geissberger, W., 1961: *Cymarin, ein oral wirksames k-Strophanthin*. Schweiz.Med.Wochenschrift **91**, 241-243

Gerstner, Pater, 1949: *The arrow poison Strophanthus in Southern Africa*. S. A. Med. J. **23**, 390,

Gilg, E., 1903: *Strophanthus*. in: Monographien afrikanischer Pflanzenfamilien und Gattungen. A. Engler (Hrsg.) **7**, 1-48. Leipzig

Greeff, K., Köhler,E., Strobach, H., Verspohl, E., 1974: *Zur Pharmakokinetik des g-Strophanthins*. Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforschung **40**, 301-305

Gromier, E., 1937: *La vie des animaux sauvages du Cameroun*. Paris,151

Hakluyt, R., 1589 (and 1889): *Haklyts voyager's tales*. London

Heffter, H., Sachs, F., 1912: *Vergleichende Untersuchungen über Strophanthus-Glucoside*. Biochem. Z. **40**, 83-124

Hegedüs, H., Tamm, Ch., Reichstein, T., 1953: *Die Glykoside von Strophanthus intermedius Pax. 2. Mitt. Trennung des Kristallisats Nr. 790*. Helv. Chim. Acta **36**, 357

Houghton, P.J., Skari, K.P., 1994: *The effect on blood clotting of some west African plants used against snakebite*. J. Ethnopharmacology **44**, 99-108

Hulstaert, G., 1966: *Notes de Botanique Mongo*. Mém. Inst. Roy. Col. Belge Cl. Sci. Nat. Méd., n..s. 15-3, 1-212

Jacobs, W.A., 1930: *Allocymarin and allostrophanthidin. An enzymatic isomerization of Cymarin and Strophanthidin*. J. Biol. Chem. **88**, 519-529

Jacobs, W.A., Bigelow, N.M., 1933: *The Strophanthins of Strophanthus Eminii*. J. Biol. Chem. **99**, 521-529

Jacobs, W.A., Heidelberger, M.,1922: *Strophanthin. 1. Strophanthidin*. J. Biol. Chem. **54**, 253-261

Jacobs, W.A., Heidelberger, M., 1929: *Sarmentocymarin und sarmentogenin*. J. Biol. Chem. **81**, 765-779

Jacobs, W.A., Hoffmann, A., 1926a: *On crystalline kombe-Strophanthine*. J. Biol. Chem. **67**, 609-620

Jacobs, W.A. Hoffmann, A., 1926b: *On k-Strophanthin-b and other kombe Strophanthins*. J. Biol.Chem. **69**,153-163

Jacobs, W.A., Hoffmann, A., 1928: *Strophanthin. XV. Hispidus Strophanthin*. J.Biol. Chem. **79**, 531-537

Jäger, H.H., Schindler, O., Weiss, Ek., Reichstein, T., 1965: *Die Cardenolide von Strophanthus gratus (Wall. et Hook.) Franch.* Helv. Chim. Acta **48**, 202-219

Kaiser, F., 1966: *Chromatographische Analyse der herzwirksamen Glykoside von Digitalis-Arten*. Arch. Pharm. **299**, 263-274

Kaiser, F., Haack, E., Gube, M., Dölberg, U., Spingler, H., 1959: *Neue Glykoside aus den Samen von Strophanthus kombe*. Naturwiss.**56**, 670

Kaiser, F., Haack, E., Dölberg, U., Spingler, H., 1961: *Über neue Glykoside aus den Samen von Strophanthus kombe*. Ann. Chemie **643**, 192-200

Karsten, W., 1902: *Über das Vorkommen von Strophanthin, Cholin und Trigonnelin in der Wurzel von Strophanthus hispidus* Ber. Dtsch. Pharm. Ges. **12**, 241

Kartnigg, Th., Danhofer, R., 1970: *Zur Identifizierung und quantitativen Analyse von Strophanthusglykosiden*. J. Chromatogr. **52**, 313-320

Katz, A.M., 1985: *Effects of digitalis on cell biochemistry: sodium pump inhibition*. J. Amer. Coll. Cardiol. **5** (Suppl. A), 16A

Katz, A., Reichstein, T., 1944: *Untersuchung der Samen von Strophanthus kombe und einiger als "Samen Strophanthi hispidi" bezeichneten Handelsdrogen sowie Bemerkungen zur Konstitution des Sarmentogenins*. Pharm. Helv. Acta **19**, 231-262

Keller, L., Tamm, Ch., 1959: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus hispidus P. DC*. Helv. Chim. Acta **42**, 2467-2485

Kerharo, J., Bouquet, A., 1949: *La chasse en Côte d'Ivoire et en Haute Volta*. Acta Tropica **6**, 191-220

Kündig-Hegedüs, H., Schindler, O., 1956: *Die Konstitution von Sarmutogenin*. Helv. Chim. Acta **39**, 904-913

Kupchan, S.M., Mokotoff, M., Sanghu, R.S., Hokin, L. E., 1967: *The chemistry and biological activity of derivatives of Strophanthidin*. J. Med. Chem. **10**, 1025-1033

La Chard, 1905: *The arrow poisons of Northern Nigeria*. J. Afr. Soc. (London), 22-27

Lahille, A., 1910: *Mes impressions sur l'Afrique occidentale françaises. - Au pays du tam-tam*. Paris, 75-76

Lamb, I.D., Smith, S., 1935: *The Strophanthins of Strophanthus Eminii*. Quart. J. Pharm. Pharmacol. **8**, 71

Lamb, I.D., Smith, S., 1936: *The glucosides of Strophanthus Eminii*. J. Chem. Soc. 1936, 442-447

Lardon, A., 1950: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus Eminii*. Helv. Chim. Acta **33**, 639-650

Lasnet, F., Chigny, A., Chevalier, A., Rambaud, P., 1900: *Une Mission au Senegal*. Paris, 256-257

Le Dantec, Boye, Bereni, 1897: *Études des flèches empoisonnées du Haut-Dahomey*. Arch. Méd. Nav. et Colon. **68**, 401-417

Livingstone, D. and Ch., 1865: *Narrative of an expedition to the Zambezi and its tributaries and of the discovering of the lakes Shirwa and Nyassa 1858-1864*. London, 465-467, 491-492

Makarevich, I.F., 1969: *3-Epistrophanthidin and 3-epistrophanthidol*. Khim. Prir. Soedin **5**, 508-511. Chem. Abstr. **73**, 45683

Makarevich, I.F., 1972: *Cardenolides of Strophanthus kombe* (Russian). Khim. Prir. Soedin **8**, 180-188. Chem. Abstr. **77**, 5876

Mannich, C., Siewert, G. 1942: *Über g-Strophanthin (Ouabain) und g-Strophanthidin*. Chem. B. **75b**, 737-750

Marzo, A., Ghirardi, P., Marchetti, G., 1974: *The absorption, distribution and excretion of k-strophanthoside-H in guinea-pigs after parenteral administration*. J. Pharmcol. exp. Ther. **189**, 185-193

Monachino, J.V., 1951: *Novelties in Strophanthus*. Phytologia **3**, 476-482

Monachino, J.V., 1952: *Strophanthus glabrifolius Monach.* Bull. of the Torrey Bot. Club **80**, 412-414

Monachino, J., 1956: *The sarmentogeniferous variety of Strophanthus sarmentosus.* Bull. Torrey Bot. Club **83**, 281-288

Mouchet, J., 1946: *Quattre recettes de poisons à flèches utilisés par des animistes de la région du Nord-Cameroun.* Notes africaines **29**, 10

Mutschler, E., 1976: *Arzneimittelwirkungen.* Stuttgart

Nyazema, N.Z., 1984: *Crocodile bile, a poison: myth or reality?* Central African J. Medicine **30**, 102-103

Park, M., 1799: *Travels in the interior of Africa.* London

Pelikan, 1865: *Sur un nouveau poison du coeur provenant de l'Inee ou Onaye, et employé au Gabon comme poison des flèches.* C.r. **60**, 1209-1211

Pourment, P., Chardon, G., Stanislas, E., 1969: *Considerations sur les poisons sagittaires africaines. Effets pharmacodynamiques d'un poison de flèches utilisé par les indigènes de la Côte d'Ivoire.* Bull. Soc. Pharm. d'Alger **1**, 9-13

Portius, H.J., Repke, K., 1964: *Versuch einer Analyse der Beziehungen zwischen chemischer Struktur und Digitalisähnlicher Wirksamkeit auf der Rezeptorebene.* Arzneimittelforschung **14**, 1073-1077

Raymond, W.D., 1939: *The m-Dinitrobenzene reaction of Ouabain and its application to the examination of East African arrow poison.* Analyst **64**, 113-115

Raymond, W.D., 1947: *Tanganyika arrow poisons.* Tanganyika Notes and Records **23**, 49-65

Reichstein, T., 1963: *Chemische Rassen in Strophanthus sarmentosus P. DC.* Planta Medica **11**, 293-302

Repke, K., 1966: *Biochemie und Klinik der Digitalis.* Internist **7**, 418-425

Repke, K., 1973: *Über den biochemischen Wirkungsmechanismus und die molekulare Pharmakokinetik von Digitalisverbindungen.* Pharmazie **28**, 803

Richter, R., Mohr, K., Reichstein, T., 1953: *Sarmutosid und Musarosid. Glykoside der Samen von Strophanthus sarmentosus A.P.DC.* Helv. Chim. Acta **36**, 1073-1088

Rosselet, O.P., Hunger,A., 1951: *Intermediosid (Substanz Nr. 761).* Helv. Chim. Acta **34**, 1036-1041

Rosselet, J.P., Hunger, A., Reichstein, T., 1951: *Panstrosid (Substanz Nr. 762).* Helv. Chim. Acta **34**, 2143-2147

Rothrock, J.W., Howe, E.E., Florey, K., Tishler, M., 1950: *Strophanthus aglycones.* J. Amer. Chem. Soc. **72**, 3827-3828

Ruppol, E., Turkovic, I., 1955: *Les hétérosides du Strophanthus preussii Engler et Pax.* J. Pharm. Belg. **10**, 221-248

Ruppol, E., Turkovic, I., 1957: *Principes glucosidiques des graines du Strophanthus preussii Engl. et Pax (Type VI).* J.Pharm. Belg. **12**, 291-311

Schedel, H., 1904: *Die Strophanthus-Frage vom pharmakologischen und klinischen Standpunkt.* Ber. Dtsch. Pharm. Ges. **14**, 120-32

Schlieben, H.J., 1941: *Deutsch-Ostafrika einmal ganz anders.* Berlin, 316-317

Schmutz, J., Reichstein, T., 1951: *Sarmentosid A. 2. Mitteilung.* Helv. Chim. Acta **34**, 1964-1977

Schindler, O., Reichstein, T., 1951: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus courmontiii Sacl. 2. Mitt. Courmontoside A, B und C.* Helv. Chim. Acta **34**, 1732-1739

Schindler, O., Reichstein, T., 1953: *Die Glykloside der Samen von Strophanthus sarmentosus var. glabriflorus Monach.* Helv. Chim. Acta **36**, 921-930

Schnell, R., von Euw, J., Richter, R., Reichstein, T., 1953: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus sarmentosus A.P. DC.* Pharm. Acta Helv. **28**, 289-307

Sieburg, B., 1913: *Über Strophanthinsäure, ein Saponine aus den Samen von Strophanthus gratus.* Ber. Dtsch. Pharm. Ges. **23**, 278-290

Smith, Th. W., 1988: *Digitalis. Mechanism of action and clinical use.* The new England Journal of Medicine **318**, 358-365

Speiser, P., Reichstein, T., 1947/48: *Konfiguration des Periplogenins und des Alloperiplogenins.* Helv. Chim. Acta **30**, 2143-58; **31**, 622-629

Stannus, H.S., 1922: *The Wayao of Nyasaland.* Harvard African Studies, Vol. **3**, Varia Africana III, 229-373, 293. Cambridge (Mass.)

Stoll, A., Renz, J., Kreis, W., 1937: *K-Strophanthosid, das Hauptglykosid der Samen von Strophanthus kombe.* Helv. Chim. Acta **20**, 1484-1510

Stuhlmann, F., 1894: *Mit Emin Pascha ins Herz von Afrika.* Berlin, 36

Tamm, Ch., Volpp, G., Baumgartner, G., 1957: *Beweis des Steringerüstes von Ouabagenin.* Helv. Chim. Acta **40**, 1469-1496

Terashima, H., 1980: *Hunting-Life of the Bambote: an anthropological study of Hunter-gatherers in a wooded savanna.* Senri Ethnological Studies **6**, 223-268

Thauer, R., 1956: *50 Jahre Strophanthintherapie*; Albert Fraenkel. Die Medizinische, 485-487

Thoms, H. 1898: *Über das Vorkommen von Cholin und Trigonnelin in Strophanthussamen und über die Darstellung von Strophanthin.* Ber. Dtsch. Chem. Ges. **31**, 271-277

Thoms, H., 1904: *Die Strophanthusfrage vom chemischen Standpunkt.* Ber. Dtsch. Pharm. Ges. **14**, 104-120

Trilles, H., 1932: *Les pygmées de la forêt equatoriale.* Anthropos-Bibliothek, 443-450

Touchard, 1864: *Rivière du Gabon et ses maladis.* Thèse, Montpellier, 10

Trotin, F., Bezanger-Beauquesne, L., Pinkas, M., 1977: *Saponosides des Apocynacées. L'éxtractions des saponosides des graines de Strophanthus gratus Franchet.* Plantes Méd. Phytother. **11**, 236-240

Verdcourt, B., Trump, E.C., 1969: *Common poisonous plants of East Africa.* London,138

Verspohl, E., 1977: *Strophanthin - auch oral anwendbar?* Pharmazie heute **2**, 107-110

Von Euw, J., Gürtler, J., Lardon, A., Mohr, K., Reber, F., Richter, R., Schindler, O., Reichstein, T., 1957: *Die Glykoside von Strophanthus sarmentosus P. DC. 8. Mitt. Untersuchung von Einzelpflanzen der Sarmentogenin-produzierenden Variante b.* Helv. Chim. Acta **40**, 2079-2109

Von Euw, J., Heitz, G.A.O., Hess, H., Speiser, P., Reichstein, T., 1952: *Die Glykoside von Strophanthus welwitschii (Baillon) K. Schum.* Helv. Chim. Acta **35**, 152-160

Von Euw, J., Katz, A., Schmutz, J., Reichstein, T., 1949: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus sarmentosus P. DC.* Festschrift Prof. Paul Casparis, Zürich, 178-183

Von Euw, J., Reber, F., Reichstein, T., 1951: *Sur la provenance de la sarmentocymarine: Strophanthus sarmentosus var. sarmentogenifera Nr. MPD 50.* Helv. Chim. Acta **34**, 413-427

Von Euw, J., Reichstein, T., 1948: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus nicholsonii.* Helv. Chim. Acta **31**, 883-892

Von Euw, J., Reichstein, T. 1950a: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus hispidus P. DC.* Helv. Chim. Acta **33**, 1546-1550

Von Euw, J., Reichstein, T., 1950b: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus sarmentosus P. DC. 3.* Helv. Chim. Acta **33**, 2153-2157

Von Euw, J., Reichstein, T., 1950c: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus courmontii Sacl.* Helv. Chim. Acta **33**, 1006-1013

Von Euw, J., Reichstein, T., 1950d: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus Petersianus Klotsch, Strophanthus grandiflorus (N.E. Br.) Gilg und einer weiteren verwandten Variante (möglicherweise Kreuzung).* Helv. Chim. Acta **33**, 1551-1566

Von Euw, J., Reichstein, T., 1952: *Sargenosid („Sarmentosid B").* Helv. Chim. Acta **35**, 1560-1577

Von Euw, J., Schindler, O., Reichstein, T., 1955: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus thollonii Franchet und S. thollonii var. gardeniiflorus (Gilg) Monach.* Helv. Chim. Acta **38**, 987-1001

Weiss, E., Schindler, O., Reichstein, T., 1957: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus Thollonii Franchet.* Helv. Chim. Acta **40**, 980-1015

Winkhoun, H.,W., 1956: *La legende du Strophanthus hispidus en pays Wilé du cercle de Diébougou.* Notes africaines Nr. **72**, 102-106

Woodburn, J., 1970: *Hunters and Gatherers. The material culture of the nomadic Hadza.* London

Zelnik, R., Reichstein, T., 1957: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus Eminii Asch. et Pax.* Helv. Chim. Acta **40**, 2110-2129

Zelnik, R., von Euw, J., Schindler, O., Reichstein, T., 1960: *Die Glykoside der Samen von Strophanthus kombe Oliv.* Helv. Chim. Acta **43**, 593-594.