

Cocain und Rotholzgewächse (Erythroxylaceae)

Enno Logemann

79111 Freiburg im Breisgau, Speckbacherweg 3



Cocain gilt nach Alkohol, Nicotin und Cannabis weltweit als das am weitesten verbreitete Suchtmittel. Neben Nordamerika ist Europa ein wahres Cocain-Schmuggelparadies. So wurde z. B. in Südamerika produziertes Cocain im Jahr 2023 von den Zollbehörden tonnenweise in europäischen Häfen (u. a. Antwerpen, Rotterdam, Hamburg) beschlagnahmt [1,2]. Der Drogenschmuggel und seine „*desaströsen*“ Auswirkungen auf die niederländische Hauptstadt haben ein derartiges Ausmaß erreicht, dass die Bürgermeisterin von Amsterdam vorgeschlagen hat, Cocain in Apotheken über ein medizinisches Modell anzubieten [3].

Abb. 1. Kokastruch (Kolumbien) de.wikipedia.org/wiki/Cocastruch unter der Lizenz en.wikipedia.org/wiki/en:GNU_Free_Documentation_License Version 1.2 or later.

Nach dem United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC) Global Report on Cocaine 2023 [4] hat der weltweite Cocain-Konsum in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen. Man schätzt, dass 22 % der ca. 22 Millionen Cocain-Konsumenten in Südamerika leben¹ und dass Brasilien² in Südamerika der zweitgrößte illegale Cocain-Markt ist. Die daraus folgenden Umweltschäden haben bereits dazu geführt, dass in den vor der Küste Brasiliens lebenden Haien der Art *Rhizoprionodon lalandii* (Brasilianischer Scharfnasenhai) hohe Konzentrationen von Cocain, besonders in deren Leber und Muskeln, nachgewiesen werden konnten [6]. Man vermutet, dass das Cocain von Cocain-Paketen stammt, die Drogenhändler bei der Strafverfolgung ins Meer geworfen haben. Möglicherweise akkumuliert sich auch von den Drogenkonsumenten ausgeschiedenes Cocain innerhalb der Nahrungskette der Haie [6].

Zur Entwicklung des illegalen Cocain-Marktes in der EU und in Deutschland geben die jährlich erscheinenden Berichte des European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction (EMCDDA, seit Juli 2024 umfirmiert in European Union Drugs Agency - EUDA) ausführlich Auskunft. Der jüngste European Drug Report 2024 ist unter [7] zugänglich. Man kann vermuten, dass sich in den kommenden Jahren der illegale Cocain-Schwarzmarkt noch vervielfachen wird, wenn der Cocain-Konsum in den Schwellenländern in Afrika und Asien das Niveau von Europa und den USA erreicht. Dem von der UNO verhängten Vermarktungsverbot außerhalb der Grenzen der Erzeugerländer stehen Plädoyers für eine vielseitige Nutzung der Cocapflanze wie in [8,9] gegenüber. Es bleibt spannend, zu beobachten, wohin die Entwicklung gehen wird.

¹ Hierbei ist zu beachten, dass das dort praktizierte traditionelle Cocakauen sich in Bezug auf die Gesundheits- und Suchtrisiken erheblich vom Cocainmissbrauch in anderen Ländern und Kulturen unterscheidet [5].

² Das portugiesische Wort *brasa*, von dem sich auch der Ländername Brasilien ableitet, hat im deutschen Sprachgebrauch die Bedeutung Glut bzw. glühende Asche.

Wenn man die Betäubungsmittel Cannabis und Cocain (die beide ihren Ursprung in Pflanzen haben) betrachtet, könnte man tatsächlich fragen: „*Warum stellen wir Kokain eigentlich nicht selber her?*“ (Zitat aus [9]). Tatsächlich kann man Cocapflanzen, die zu den Rotholzgewächsen gehören, auch außerhalb Südamerikas kultivieren, ist dabei aber, im Unterschied zur Hanfpflanze, auf pantropische Klimazonen beschränkt; so war z. B. Java in den 1920er Jahren der weltweit führende Cocain-Produzent [9]. Ein weiterer wichtiger Unterschied liegt in der Verwertung der Pflanzenteile. Während getrocknete Cannabisblüten (Marihuana) direkt geraucht werden können (297 g getrocknete Blüten ergeben 297 g rauchbares Marihuana), muss Cocain über einen mehrstufigen Extraktionsprozess isoliert werden (297 g getrocknete Cocablätter ergeben etwa 1 g Cocain) [9]. Zum Cocain-Extraktionsprozess und zur Cocain-Totalsynthese siehe unten.

Cocain in Rotholzgewächsen

Die Stichwörter „Erythroxyloaceae“³, „Erythroxyllum“ oder „Rotholzgewächse“ sucht man, aufgrund der natürlichen Verbreitungsgebiete dieser Gewächse in pantropischen Klimagebieten, in deutschen Pflanzenbestimmungsbüchern vergeblich [10-12]. Hierzulande kennt man allerdings den Begriff „Rotholz“ und einige Pflanzen werden aufgrund ihrer Holzfärbung mit dem Präfix „Rot“ bezeichnet, zum Beispiel die Rotbuche, die Rottanne und der Rotdorn. Wir wollen hierauf kurz eingehen:

Die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) gehört zu den häufigsten Laubbaumarten Mitteleuropas. Sie wurde nach 1990 im Jahr 2022 bereits zum zweiten Mal zum „Baum des Jahres“ gewählt. Die Rotbuche trägt grüne Blätter. Der Name „Rotbuche bezieht sich auf das leicht rötliche Holz im Vergleich zum weißen Holz der Weißbuche“ [11]. Die Blutbuche (*Fagus sylvatica* f. *purpurea*) mit ihren roten Blättern ist eine kultivierte Varietät der Rotbuche, die man nicht selten in Landschaftsparks findet. Ihr fehlt durch natürliche Mutation ein Enzym, das normalerweise nur die in der Epidermis junger Blätter vorkommenden (rotfärbenden) Anthocyane abbaut. Die Rottanne (syn. Rotfichte, Gemeine Fichte, *Picea abies*) hat im Vergleich zur Weißtanne (*Abies alba*) eine rötliche Borke [11]. Der im Holzverarbeitenden Gewerbe gebräuchliche Begriff „Rotholz“ (syn. Brasilholz) beschreibt das rötliche Kernholz tropischer Bäume [13-16]. Es gilt als sehr wertvolles Holz. So werden z. B. hochwertige Geigenbögen aus Brasilholz gefertigt.

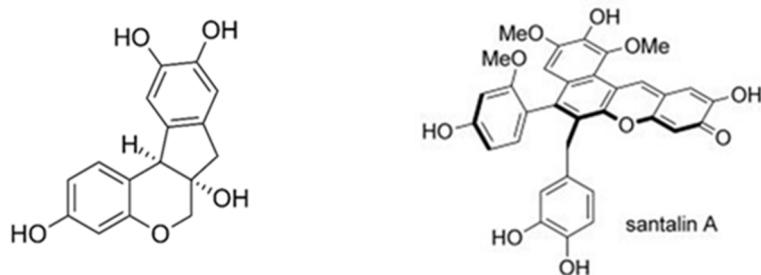


Abb. 2. Strukturformeln von Brasilin [17] und Santalin [18].

Aus Rotholz lassen sich Naturfarben gewinnen, das Brasilein und das Santalin (Abb. 2). Dazu wird das Stammholz zerkleinert und mit Methanol extrahiert. Das wasserlösliche Brasilein bildet im festen Zustand blassgelbe, fluoreszierende Nadeln. Es oxidiert an der Luft zum tiefroten Brasilein, welches schon im 16. Jahrhundert in der Woll- und Baumwollfärberei verwendet wurde. Santalin ist auch der färbende Hauptbestandteil im Roten Sandelholz [17,18].

³ Die Wortelemente *erythro* und *xyl* leiten sich aus dem Griechischen ab: erythros - rot, xylon - Holz.

Die Rotholzgewächse (Erythroxylaceae) bilden eine Familie innerhalb der Ordnung der Malpighiales (eine der größten und vielfältigsten Ordnungen der Bedecktsamigen Pflanzen). Sie wurden von dem Botaniker Karl Sigismund Kunth (1788-1850) im Jahr 1822 zuerst unter dem Namen Erythroxyloideae klassifiziert [13-16]. Kunth arbeitete eng mit dem Forschungsreisenden Alexander von Humboldt (1769-1859) zusammen. Die Familie Erythroxylaceae („coca family“) umfasst 271 Arten [15].

Der prominenteste Vertreter ist sicherlich der Cocastrauch *Erythroxylum coca* LAM. [5,19-22], ein immergrüner, bis ca. 2,5 m hoher Strauch mit gelbweißen Blüten, rötlicher Rinde und eiförmigen roten Früchten. Er ist in den Regenwäldern der Andenländer heimisch, wird aber etwa seit dem 19. Jahrhundert trotz strenger Restriktionen auch in anderen Teilen der Welt, z. B. in Indien, auf Ceylon, den Seychellen, auf Java und in Ostafrika kultiviert.

Von der weltweiten Coca-Ernte entfielen im Jahr 2010 45,4 % auf Peru, 39,3 % auf Kolumbien und 15,3 % auf Bolivien [20]. Getrocknete Blätter der kultivierten Pflanze enthalten ca. 0,5 bis 2,5 % Alkaloide, davon bis zu 75 % Cocain [20]. Weitere Inhaltsstoffe sind die Pyrrolidin-Alkaloide Cuscohygrin und Hygrin, die Nebenalkaloide Cinnamoylcocain, α - und β -Truxillin, die Flavonoide Rutin, Quercetrin und Isoquercetrin, Gerbstoffe, Vitamine (A, B und C) und Mineralstoffe (Kalzium und Eisen) [19,20].



Das Wort *coca* stammt aus der Andensprache, in der Sprache der dort lebenden Inka bedeutet es nichts weiter als *Baum* [5]. In Südamerika gehört bei der indigenen Bevölkerung das Kauen von Cocablättern, vermischt mit Kalk oder alkalischer Pflanzenasche, zum täglichen Ritual: Dadurch werden das Hunger- und das Durstgefühl unterdrückt und die körperliche Leistungsfähigkeit gesteigert. Die Droge hat eine leicht stimulierende Wirkung. „*Coca ist den Indianern Südamerikas heilig, weil sie die Verbindung zwischen Mensch und Gottheit ermöglicht, aber auch den Kontakt zwischen den Menschen, z. B. als Liebeszauber und Aphrodisiakum, vertieft*“ (Zitat aus [5]).

Abb. 3. *Erythroxylum coca* aus [21].

Eine andere Cocain-haltige Pflanze, *Erythroxylum novogranatense*, kommt in zwei Varietäten als Kolumbianisches Coca und als Trujillo-Coca in Kolumbien, Ecuador und Peru vor, unterscheidet sich rein äußerlich nur wenig von *Erythroxylum coca* und enthält weniger als 1 % Cocain [7,14].

Wenige Publikationen befassen sich mit der Analyse des Cocaingehaltes von *Erythroxylum*-Arten [23-28]. Bieri et al. [23] analysierten 51 wild wachsende Pflanzenarten, von denen 28 noch nicht phytochemisch untersucht waren. Die Mehrzahl stammte aus Süd- und Mittelamerika, je eine aus den USA und von der Insel Mauritius. In 23 Spezies wurden Cocaingehalte von < 0,001 % gefunden. Eine Probe von *Erythroxylum laetevirens* (Brasilien) enthielt eine etwa

10-fach höhere Menge und das Alkaloidprofil ähnelte stark jenem von kultivierten Cocapflanzen [23]. Der Unterschied in den Cocainkonzentrationen zwischen wilden und kultivierten Arten kann mehr als das 100-fache betragen [24]. Es wird angenommen, dass Cocain als Chlorogensäurekomplex in den Vakuolen des Palisadenparenchyms in den Blättern gespeichert wird [24]. Plowman und Rivier [25] analysierten Blätter verschiedener *Erythroxylum*-Arten und bekundeten „*No cocaine was detected in the Old World species*“ [25].

Aus Australien ist *Erythroxylum australe* F. MUELL. bekannt. Diese Pflanze enthält kein Cocain; die Blätter enthalten jedoch 0,8 % des Wirkstoffs Meteloidin, ein Alkaloid mit einer dem Cocain ähnlichen chemischen Struktur (Abb. 4). Wegen seiner psychotropen Wirkung gehört diese Pflanze im australischen Queensland wie alle *Erythroxylum*-Arten zu den verbotenen Pflanzen im Sinne des dortigen Betäubungsmittel-Gesetzes [29].

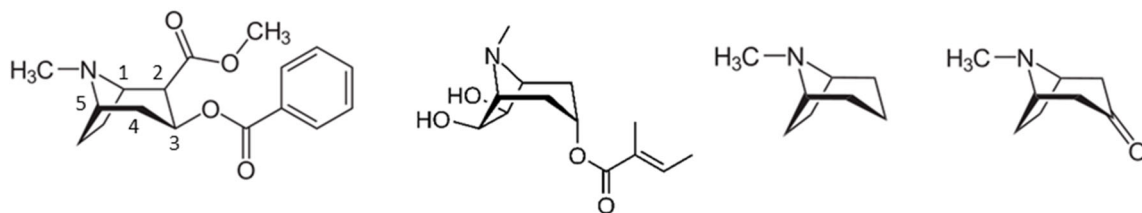


Abb. 4. Strukturformeln von Cocain, Meteloidin, Tropan und Tropinon aus Wikipedia.

In einem Aufsatz über Cocain produzierende *Erythroxylum*-Arten hatte Dominique Görlitz [30] festgestellt, dass diese „*Erythroxylum-Arten ausschließlich in einer begrenzten Region der Neuen Welt vorkommen und mit denen des tropischen Afrikas und Madagaskars keine nähere Verwandtschaft besteht*“. Wenn man sich die lange Liste der 271 bekannten Pflanzen aus der Familie der Erythroxylaceae anschaut, stellt man fest, dass auch in der heutigen Zeit noch große Wissenslücken bestehen, wenn man die Frage beantworten soll, wie viele dieser Pflanzen den Wirkstoff Cocain enthalten [14,22-27].

Biosynthese und Laborsynthese

Cocain ist ein Derivat des Tropans (Strukturformeln siehe Abb. 4)⁴, nämlich ein Bicyclus aus Pyrrolidin und Piperidin mit gemeinsamem Stickstoff-Atom. Bereits im Jahr 1853 isolierte der Apotheker und Chemiker Albert Friedrich Niemann (1834-1861, Doktorand des Göttinger Chemie-Professors Friedrich Wöhler 1800-1892) aus Blättern der Coca-Pflanze eine Base, die er Cocain nannte [32,33].⁵

Wie die Cocain-Biosynthese in der Pflanze abläuft war lange unklar. Im Jahr 2022 berichteten Wang et al. über die Entdeckung eines Cytochrom P450-Isoenzym (CYP81AN15), welches oxidativ den Siebenring des Tropangerüsts knüpft [35]. Im selben Jahr identifizierten und

⁴ Tropan-Alkaloide wurden bisher nur in höheren Pflanzen gefunden. Man kann vermuten, dass sie im Pflanzenreich weltweit verbreitet sind. Das Tropan-Molekül ist Grundbaustein nicht nur von Cocain, sondern auch von Atropin (DL-Hyoscyamin) und Scopolamin (L-Hyoscin). Diese sind in Pflanzen enthalten, die zur Familie der Nachtschattengewächse (Solanaceae) gehören. Atropin und Scopolamin findet man u. a. in der Schwarzen Tollkirsche (*Atropa belladonna*), der Gemeinen Alraune (*Mandragora officinarum*), dem Schwarzen Bilsenkraut (*Hyoscyamus niger*) und dem Stechapfel (*Datura stramonium*). Zu den Giftwirkungen etc. siehe zum Beispiel [31].

⁵ Die Cocainbase (Schmp. 98 °C) ist im Gegensatz zum wasserlöslichen Cocainhydrochlorid (Schmp. 195 °C) wasserunlöslich [34]. Durch Aufkochen von Cocainhydrochlorid mit Natriumhydrogencarbonat entsteht Crack, ein Gemisch aus Cocainhydrogencarbonat und Kochsalz, eine sehr gefährliche Droge, die üblicherweise geraucht wird und schnell zu psychischer und physischer Abhängigkeit führen kann. [34].

charakterisierten Chavez et al. mit Hefe als Musterorganismus die „fehlenden“ Schritte der Tropanalkaloid-Synthese in *Erythroxylum coca* und stellten ein vollständiges Biosyntheschema für Cocain in den Blättern der Cocapflanze vor [36].

Die chemische Struktur des Cocains sowie dessen Totalsynthese wurden zuerst von Richard Martin Willstätter (1872-1942) beschrieben [37-39], wobei er einzelne Syntheseschritte in separaten Schriften und diese mitunter auch schon als Vorabinformation publizierte (ohne dass die experimentellen Arbeiten abgeschlossen waren).⁶ Der komplexe Syntheseweg geht von Cycloheptanon (Suberon) aus und führt in 25 linearen Schritten u. a. über das Tropinon (Abb. 4) zu einem dl-Cocainracemat, ein Gemisch der *dextro* und *levo* isomeren Cocain-Formen. Es kann z. B. mit Hilfe von Weinsäure in die optischen Antipoden aufgetrennt werden. Einzelheiten und Reaktionsschemata zu dieser Cocain-Totalsynthese siehe zum Beispiel [38,39]. Nicht für die Cocain-Totalsynthese, aber für seine Forschungen zu Pflanzenpigmenten, insbesondere des Chlorophylls, erhielt Willstätter 1915 den Nobelpreis für Chemie [40].

Willstätter hatte Troponin nach 18 Reaktionsschritten mit einer Gesamtausbeute von unter 1 % erhalten [39]. Der britische Chemiker Robert Robinson (1886-1975) vereinfachte diese Cocain-Synthese, indem er das Zwischenprodukt Tropinon in einer Eintopfreaktion mit 42 % Ausbeute aus Methylamin, Succinaldehyd und Acetondicarbonsäure herstellte (sog. Robinson-Schöpf-Synthese). Robinson wurde 1947 der Nobelpreis für Chemie für seine Untersuchungen über biologisch wichtige Pflanzenprodukte, insbesondere Alkaloide, verliehen [41].

Im Jahr 1974 konnte auch der japanische Chemiker Ryori Noyori (*1938) die Tropinon-Synthese wesentlich vereinfachen. Er fand einen neuen allgemeinen Syntheseweg für Tropanalkaloide und erhielt den Nobelpreis für seine Arbeiten über katalytische Hydrierungsreaktionen [42]

Das Cocain-Molekül besitzt vier Asymmetriezentren: die Kohlenstoffatome C1, C2, C3 und C5 (siehe Abb. 4). Rein theoretisch wären demnach 16 stereoisomere Kombinationen möglich. Da jedoch nur isomere Formen mit entgegengesetzten R-S-Konfigurationen an den Kohlenstoffatomen C1 und C5 stabil sein können, sind im vorliegenden Fall nur acht stereoisomere Formen möglich: vier R-Formen (R-Cocain, R-Pseudococain, R-Allococain und R-Allopseudococain) und vier S-Formen (S-Cocain, S-Pseudococain, S-Allococain und S-Allopseudococain [43]. Willstätter et al. [38] hatten Cocain und Pseudococain erhalten. Allococain und Allopseudococain konnten auf diesem Syntheseweg nicht isoliert werden. Deren Synthese gelang erst Jahrzehnte später (1956) der Arbeitsgruppe von Findlay [44].

Die verschiedenen Cocain-Isomere besitzen jeweils die gleiche molekulare Masse, aber unterschiedliche physikalische und pharmakologische Eigenschaften. Der eindeutige analytische Nachweis kann mit Hilfe der Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie geführt werden [45].

Zusammenfassend kann man sagen, dass die oben zitierten Cocain-Totalsynthesen „brainstorming highlights“ der chemischen Literatur darstellen. Diese vielstufigen Synthesen waren jedoch sehr aufwändig. Als Zwischenprodukte bzw. als Endprodukt wurden Racemate erhalten, die in optische Antipoden aufgetrennt werden mussten, wenn man reines optisch aktives Cocain erhalten wollte, wie es im pflanzlichen Material vorliegt. Aus den Publikationen von Willstätter lässt sich nicht genau ableiten, wie hoch die Cocain-Gesamtausbeute seiner 25-stufigen Synthese war. Sie war sicherlich sehr gering, da schon die Tropinon-Ausbeute bei < 1 % lag (s. o.).

⁶ Wenn man retrospektiv die Publikationen aus der Zeit von Willstätter et al. liest, muss man feststellen, dass schon damals der wissenschaftliche Konkurrenzdruck sehr groß war [38,39]. Das heutige Veröffentlichen von vorläufigen Forschungsergebnissen ist also keine Erfindung unserer schnelllebigen (Internet-)Zeit.

In der Einleitung zur Publikation mit Wolfes und Mäder [38] schrieb Willstätter, dass er von der Chemiefirma Merck, Darmstadt Unterstützung bekam, um größere Mengen der Zwischenprodukte zu synthetisieren.

Diese Laborsynthesen können in wirtschaftlicher Hinsicht keinesweg mit der Cocain-Extraktion aus Blättern der Cocapflanzen konkurrieren, die heutzutage in großen Mengen in Südamerika verfügbar sind; siehe Abb. 5.

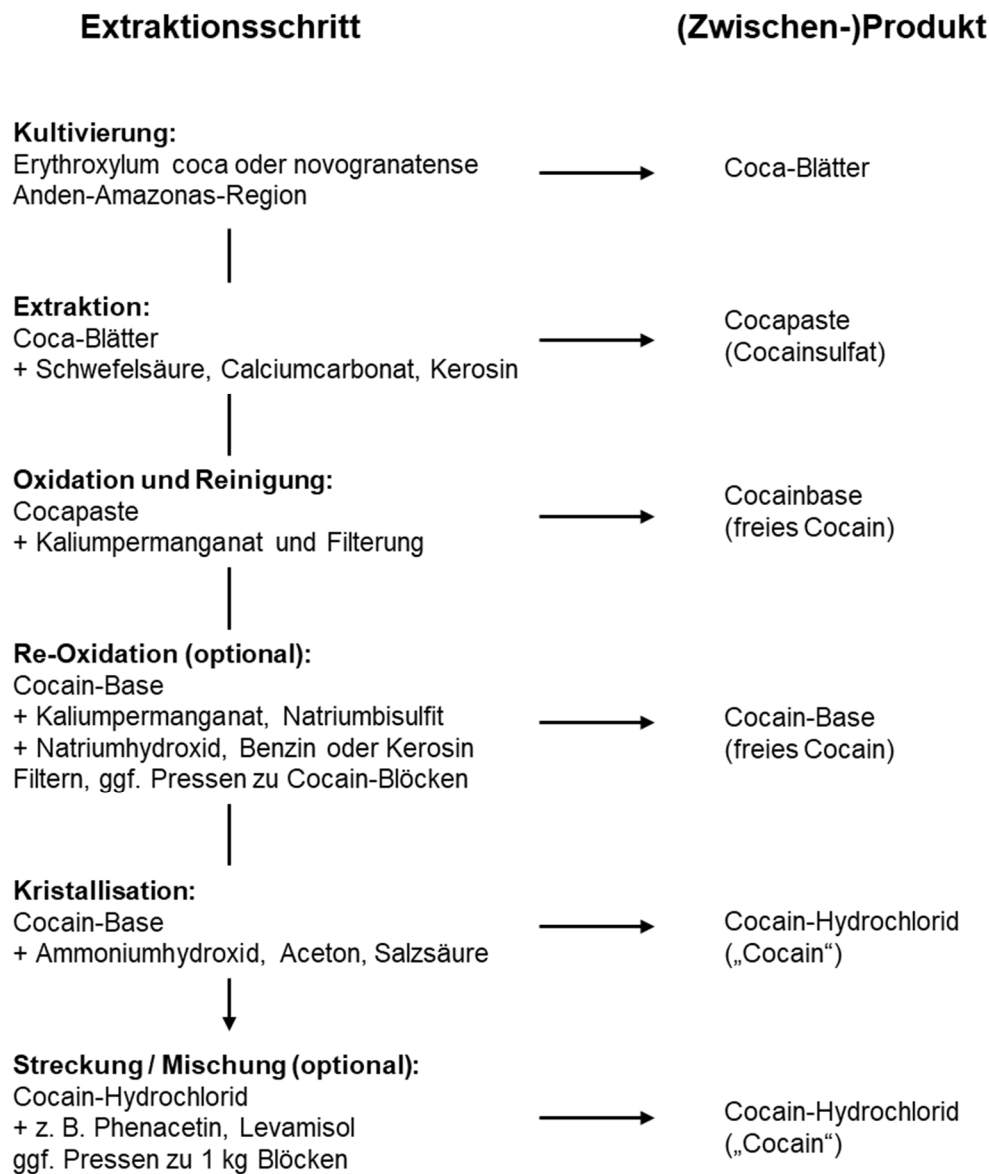


Abb. 5. Extraktion von Cocain aus den Blättern der Cocapflanze *Erythroxylum coca* (nach einem Schema in [46]).

Pharmakologische Eigenschaften und medizinische Anwendung

In der wissenschaftlichen Literatur existieren zahlreiche Berichte über die pharmakologischen Eigenschaften des Cocains, die an dieser Stelle nicht ausführlich diskutiert werden können; Reviews siehe [47-49]. Cocain gehört zu den am stärksten im ZNS wirkenden Naturstoffen

[31]. Die Publikationen, die der Begründer der Psychoanalyse Sigmund Freud (1856-1939) als junger Arzt in den Jahren 1884 bis 1887 über Kokain veröffentlichte, beschreiben seine Selbstversuche und seine Patientenversuche zur Bekämpfung von Schwäche, Verstimmungszuständen und zum Morphinentzug mit dem zu dieser Zeit noch weitgehend unbekanntem Alkaloid. Diese Schriften sind auch in der heutigen Zeit noch hochinteressant [50]. In der Medizingeschichte hat Cocain u. a. auch durch die Publikationen von Sigmund Freud seit dem Jahr 1884 eine große Bedeutung erlangt. Dies können die Produktionszahlen der Darmstädter Firma Merck belegen: *„Bis ... 1887 bezog die Firma Kokablätter aus Peru... Ab 1906 importierte man zusätzlich Kokablätter aus einer Plantage in Java, an der die Firma Merck beteiligt war... Insgesamt produzierte die Firma Merck bis 1918 also nicht weniger als 67 Tonnen Kokain, das entspricht mehr als 100 Millionen Einzeldosen zu 50 mg... Erst die internationalen Bemühungen zur Eindämmung des Rauschgiftkonsums nach dem Ersten Weltkrieg führten zu einer dramatischen Veränderung der Marktsituation [51].*

In den sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts brachte der US-Amerikaner John S. Pemberton (1831-1888) ein kohlenensäurehaltiges Erfrischungsgetränk mit dem Namen CocaCola® auf den Markt, das schnell Weltruhm erlangte. Das Produkt enthielt Extrakte von Cocablättern (ca. 250 mg Cocain/Liter) und von Kolanüssen, die einen relativ hohen Koffeingehalt (ca. 2,2 bis 3,5 %) besitzen [22]. Wegen der hohen Suchtgefahr wurde bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts auf die Verwendung Cocain-haltiger Extrakte bei dieser süßen Brause verzichtet.

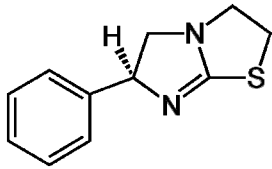
Cocain wirkt lokalanästhetisch; es wurde lange entsprechend medizinisch genutzt. Cocain war die Basis für die Entwicklung moderner Lokalanästhetika wie Lidocain, Procain etc. [31,47,48]. Der Vorteil dieser modernen Medikamente besteht darin, dass sie im Gegensatz zu Cocain keine Cocain-typischen Wirkungen auf das ZNS aufweisen. Aus diesem Grunde wird Cocain heutzutage in Deutschland nur noch selten und nur lokal als Medikament eingesetzt. Zitat aus [31]: *„For anesthetic uses, cocaine is administered topically as the hydrochloride in 1-4 % solutions for ophthalmological procedures and in 10-20 % solutions for the membranes of the nose and throat.“* Cocain ist nicht in der Roten Liste (2024) verzeichnet. Man findet Cocain jedoch in der Gelben Liste Pharmaindex 2024 (ohne Gebrauchs- und Fachinformationen) [52]. Im Internet finden sich Hinweise, dass in Großbritannien noch große Mengen an Cocain für medizinische Zwecke verwendet werden: *„Es gibt legales Kokain und die Briten verbrauchen fast die Hälfte davon“ [53].*

Im Betäubungsmittelgesetz (BtMG) ist Cocain als Arzneimittel in der Anlage III als verkehrsfähiger und verschreibungsfähiger Stoff gelistet. Die kultivierten Erythroxylum-Pflanzen (bzw. Pflanzenteile), Ecgonin (3β-Hydroxytropan-2β-carbonsäure) sowie der Wirkstoff d-Cocain werden dagegen in der Anlage II BtMG als verkehrsfähige, aber nicht verschreibungsfähige Stoffe geführt [54]. Besitz und Konsum dieser stimulierend wirkenden illegalen Pflanzen(teile) und Substanzen sind demnach strafbar. Man beachte, dass die Cocain-Formeln in den Anlagen II und III des BtMG unterschiedliche (isomere) Verbindungen ausweisen, Anlage II: d-Cocain (Methyl(3β-(benzoyloxy)tropan-**2alpha**-carboxylat), Anlage III: Cocain ((Benzoyl)ecgoninmethylester) = Methyl(3β-(benzoyloxy)tropan-**2β**-carboxylat) [54].

Cocain-Verfälschungen und Streckmittel

Cocain ist auf der ganzen Welt eine beliebte Szenendroge und Partydroge, die in Europa auf dem Schwarzmarkt starken Preisschwankungen unterliegt [22]. Das weiße Pulver wird in der Szene unter verschiedenen Namen, z. B. Schnee, Pulver, weißes Gold, Persil gehandelt. Dieses Pulver ist selten rein, wird oft mit Streckmitteln versetzt. Billige und leicht zugängliche Streckmittel sind z. B. Milchzucker, Inosit, Mannit, Glucose, Saccharose: weiße Pulver, die sich rein äußerlich kaum vom reinen Cocain unterscheiden. Sie „verdünnen“ das Cocain und haben keine pharmakologische Wirkung.

Problematisch sind Streckmittel, die eine eigene pharmakologische Wirkung erzeugen und dem Cocain-Konsumenten einen Cocain-Rausch simulieren sollen. Zahlreiche Medikamentwirkstoffe sind als Streckmittel bekannt, z. B. Lokalanästhetika (u. a. Lidocain), Analgetika-Antipyretika (u. a. Phenacetin, Paracetamol), Coffein, Amphetamine, Ketamin et al. [22].



Ein besonders häufig anzutreffendes Streckmittel ist der Wirkstoff Levamisol (Abb. 6) [22,48,55]. Dies ist ein Imidazothiazol-Derivat, das in der Tiermedizin als Anthelmintikum verwendet wird.

Abb. 6. Strukturformel von Levamisol aus Wikipedia.

Der Arzneistoff hat eine stimulierende Wirkung auf das Immunsystem und ist in Deutschland wegen gefährlicher Nebenwirkungen nicht zugelassen. Ein Levamisol-Metabolit ist Aminorex, dem eine Amphetamin-ähnliche Wirkung zugeschrieben wird [56]. Der Einsatz von Levamisol als Streckmittel für Cocain bietet zwei Vorteile: zum einen simuliert Levamisol, u. a. durch seinen Metaboliten Aminorex, die Rauschwirkung des Cocains. Zum zweiten führt es zu einer Wirkungsverlängerung. Der Konsument gewinnt den Eindruck, ein besonders hochwertiges Cocain zu verwenden. Die Plasma-Eliminations-Halbwertszeit von reinem Cocain bei nasaler bzw. oraler Applikation beträgt nur eine Stunde [48], die von Levamisol 4,4 bis 5,6 Stunden [56]. Nach Internet-Angaben enthielten im April 2011 in den USA bereits 80 % der von der Drogenbehörde untersuchten Cocain-Proben das Streckmittel Levamisol [22].

Wenn man mit Cocain-Proben konfrontiert wird, wird man im allgemeinen ein weißes Pulver zu Gesicht bekommen. Polizei- und Zollbehörden besitzen Farb-Schnelltests (Scott-Tests), die innerhalb weniger Minuten Hinweise auf Cocain in Pulverproben liefern. Außerdem setzen diese Behörden Spürhunde ein, die dank ihrer empfindlichen Spürnasen sehr erfolgreich Cocain erschnüffeln können, auch dann, wenn man etwa Kohlenstaub, Graphit oder Ruß mit Cocainpulver vermischt. Die Drogenmafia hat eine Methode entwickelt, diese Fahndungsmethoden der Strafverfolgungsbehörden zu erschweren. Das Produkt, das hierfür entwickelt wurde, ist unter den Namen „Schwarzes Cocain“ (Coca negra, auch Pigmento negro) bekannt geworden. Diese Proben können einen relativ hohen Cocaingehalt (z. B. 27 %) besitzen, verfälschen die bei den Behörden gebräuchlichen Farb-Schnelltests und Spürhunde schlagen nicht an. Des Rätsels Lösung: Cocain wird durch Reaktion mit Metallsalzen (Eisen-, Kupfer-, Kobalt-thiocyanaten) zu komplexen Verbindungen umgesetzt, d. h. es entsteht eine chemische Bindung von Cocain mit den Metallsalzen. Diese dunklen Reaktionsprodukte sind für den Drogenkonsum zwar nicht geeignet; aber durch Umsetzung mit Natronlauge und Reextraktion mit Petrolether/Benzin kann das reine Cocain wieder zurückgewonnen werden. Der eindeutige Cocain-Nachweis ist aber trotzdem kein Problem. In seiner Publikation zu diesem Thema sprach der Kriminalbiologe Mark Benecke vom „*märchenhaften schwarzen Cocain*“ [57].

Fazit

Die Droge Cocain hat in den letzten Jahrzehnten „*desaströse*“ [3] Auswirkungen auf das Leben vieler Menschen nicht nur in der westlichen Welt, sondern auch in den Anbauländern Südamerikas bewirkt. Cocain ist heutzutage faktisch überall verfügbar und als „Volksdroge“ erschwinglich geworden. Cocain-Missbrauch ist somit nicht nur eine Gefahr für den einzelnen Konsumenten sondern in zunehmendem Maß auch für größere Teile unseres Gemeinwesens. Die vorstehende Abhandlung soll anhand einiger subjektiv ausgewählter Aspekte aus dem Themenkreis Cocain und Cocainmissbrauch auf diese Entwicklungen aufmerksam machen, insbesondere weil durch die aktuelle Cannabis-Teillegalisierung in Deutschland Cannabis und Cannabismissbrauch derzeit eine überproportional hohe mediale Aufmerksamkeit erfahren.

Literatur

- [1] Heuer H, Woher kommt das viele Cocain ? Deutsche Apothekerzeitung 8/2018, S. 52 (22.08.2018).
- [2] Der lange Arm der Kokainmafia in Deutschland. Deutschlandfunk vom 03.07.2023. www.deutschlandfunk.de/drogenmafiaineuropa-100.html.
- [3] www.faz.net/aktuell/gesellschaft/kriminalitaet/amsterdam-kokain-kuenftig-in-apotheken-bekommen-19658866.html .
- [4] United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). Global Report on Cocaine 2023. www.unodc.org/documents/data-and-analysis/cocaine/Global_cocaine_report_2023.pdf
- [5] Rätsch C. Enzyklopädie der psychoaktiven Pflanzen, Botanik, Ethnopharmakologie und Anwendung. AT Verlag, Aarau/Schweiz, 1998.
- [6] De Farias Araujo G, Valdemiro Alves de Oliveira L, Barcellos Hoff R, Wosnick N, Vianna M, Verruck S, Hauser Davis RA, Mendes Saggioro E. "Cocaine Shark". First report on cocaine and benzoylecgonine detection in sharks. Science of the Total Environment 2024;948,174798.
- [7] European Drug Report 2024 - Trends and Developments. www.euda.europa.eu/publications/european-drug-report/2024_en
- [8] Levy J. Koka ist nicht Kokain, Plädoyer für eine vielseitige Nutzpflanze. Le Monde diplomatique vom 09.05.2008, monde-diplomatique.de/artikel/!845922
- [9] Braithwaite C. Warum stellen wir Kokain eigentlich nicht selber her?. Vice vom 5.November 2015; www.vice.com/de/article/ex8734/warum-wird-in-australien-eigentlich-kein-kokain-hergestellt-521.
- [10] Schmeil Fitschen, Flora von Deutschland und angrenzender Länder, 94. Aufl., Seybold S, Edit., Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim (2009).
- [11] Düll R, Kutzelnigg H. Taschenlexikon der Pflanzen Deutschlands und angrenzender Länder. 8. Aufl., Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim, 2016.
- [12] Das große Kosmos Wald- und Forst-Lexikon, Franck-Kosmos Verlags-GmbH & Co KG, Stuttgart, 2006.
- [13] de.wikipedia.org/wiki/Rotholz
- [14] de.wikipedia.org/wiki/Rotholzwachse
- [15] en.wikipedia.org/wiki/Erythroxylaceae
- [16] en.wikipedia.org/wiki/Erythroxylum
- [17] pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Brasilin
- [18] Strych S, Trauner D. Biomimetic Synthesis of Santalin A,B and Santarubin A,B, the Major Colorants of Red Sandelwood. Angewandte Chemie 2013;52(36):9509-9512.
- [19] Roth L, Daunderer M, Kormann K. Giftpflanzen Pflanzengifte. 6. Aufl., S. 329-330 und S. 784-785, Nikol Verlagsgesellschaft, Hamburg, 2012.
- [20] de.wikipedia.org/wiki/Cocastrach
- [21] de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Erythroxylum_coca_-_K%C3%B6hler%E2%80%93Medizinal-Pflanzen-204.jpg
- [22] de.wikipedia.org/wiki/Kokain
- [23] Bieri S, Brachet A, Veuthey JL, Christen F. Cocaine distribution in wild *Erythroxylum species*. J of Ethnopharmacology 2006;103(3):439-447.
- [24] Aynilian GH, Duke JA, Gentner WA, Farnsworth NR. Cocaine Content of Erythroxylum Species. J. of Pharmaceutical Science 1974;63(12):1938-1939.
- [25] Plowman T, Rivier L. Cocaine and Cinamoylcocaine Content of Erythroxylum Species. Ann. Bot. 1983;51(5):641-659.
- [26] Schlesinger HL. Topics in the Chemistry of Cocaine. United Nations, Office on Drugs and Crime. www.unodc.org/unodc/data-and-analysis/bulletin/bulletin_1985-01-01_1_page006.html
- [27] List of plants containing Cocaine, in: USDA, ARS, National Genetic Resources Program *Phytochemical and Ethnobotanical Databases* National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland (07. Nov. 2004). web.archive.org/web/200411070238/http://www.ars-grin.gov/duke
- [28] Plants of the World Online, powo.science.kew.org; keyword Erythroxylaceae
- [29] en.wikipedia.org/wiki/Meteloidine
- [30] atlantisforschung.de/index.php?title=Der_Koka-Strauch
- [31] Baselt R. Disposition of Toxic Drugs and Chemicals in Man. 7th and 20th ed., Biomedical Publications, Foster City, California, 2004 and 2020.

- [32] Niemann A. Über eine neue organische Base in den Cocablättern. Arch Pharm (1860);153:129-155 und 291-308.
- [33] Kokain Museum Goslar; www.kokain-museum.de
- [34] en.wikipedia.org/wiki/Cocaine
- [35] Wang YJ, Huang JP, Tian T, Yan Y, Chen Y, Yang J, Chen J, Gu YC, Huang SX. Discovery and Engineering of the Cocaine Biosynthetic Pathway, J Am Chem Soc 2022;144(48):22000-22007.
- [36] Chavez BG, Srinivasan P, Glockzin K, D'Auria J. Elucidation of tropane alkaloid biosynthesis in *Erythroxylum coca* using a microbial pathway discovery platform. PNAS 119(49):e2215372119 (Nov.28,2022).
- [37] Willstätter R. Über die Constitution der Spaltprodukte von Atropin und Cocain. Ber Dtsch Chem Ges 1898;31:1534-1553.
- [38] Willstätter R, Wolfes D, Mäder H. Synthese des natürlichen Cocains. Liebigs Ann Chem 1923;434:111-139; und dort zit. frühere Publikationen.
- [39] Epic First Cocaine Synthesis in 25 Steps (Educational); www.youtube.com/watch?v=7xoPNIV3_LA
- [40] Willstätter RM. Nobel Lecture: On Plant Pigments www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1915/willstatter/lecture/
- [41] de.wikipedia.org/wiki/Robinson-Schiff-B6pf-Reaktion
- [42] Noyori R, Baba Y, Hayakawa Y. New, general synthesis of tropane alkaloids. J Am Chem Soc 1974;96(10):3336-3338.
- [43] Ben Amara S, Koslowski T, Zaidi A. Quantum Chemistry of Cocaine and its Isomers I: Energetics, Reactivity and Solvation. South African Journal of Chemistry, Durban, 2021;75.
- [44] Findlay SP. Communications - The Synthesis of Racemic Allococaine and Racemic Allo pseudococaine. J Org Chem 1956;21(6):711.
- [45] Olieman C, Maat L, Beyerman HC. Analysis of cocaine, pseudococaine, allococaine and allo pseudococaine by ion-pair reverse-phase high-performance liquid chromatography. Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas 1979;98(10):501-502.
- [46] EUDA European Union Drugs Agency (European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction and EUROPOL). Coca and Cocaine production. Seite 10; www.euda.europa.eu/sites/default/files/pdf/14571_en_pdf?897630.
- [47] Ellenhorn MJ, Barceloux DG. Medical Toxicology, Diagnosis and Treatment of Human Poisoning. Elsevier, New York, Amsterdam (1988).
- [48] Goodman and Gilman's Pharmacological Basis of Therapeutics. Goodman Gilman A, Goodman LS, Gilman A (eds.), 6th ed., MacMillan Publishing Company, New York, 1980.
- [49] Grabowski J. Cocaine, Pharmacology, Effects and Treatment of Abuse. NIDA Research Monograph 50, 1984.
- [50] Freud S. Schriften über Kokain. Hirschmüller A (ed.), S. Fischer Verlag, Frankfurt am Main, 1996.
- [51] Hirschmüller A. E. Merck und das Kokain. Zu Sigmund Freuds Kokainstudien und ihren Beziehungen zu der Darmstädter Firma. Gesnerus 1995;52(1-2):116-132.
- [52] Gelbe Liste Pharmaindex 2024; gelbe-liste.de/
- [53] Usher T. Es gibt legales Kokain und die Briten verbrauchen fast die Hälfte davon. Vice vom 17. April 2018; www.vice.com/de/article/legales-medizinisches-kokain-briten-verbrauchen-fast-die-halfte-deutschland/
- [54] Gesetz über den Verkehr mit Betäubungsmitteln (Betäubungsmittelgesetz – BtMG). www.gesetze-im-internet.de/btmg_1981/BJNR106810981.html
- [55] de.wikipedia.org/wiki/Levamisol
- [56] Hofmaier T, Luf A, Seddik A, Stockner T, Holy M, Freissmuth M, Ecker GF, Schmid R, Sitte HH, Kudlacek O. Aminorex, a metabolite of the cocaine adulterant levamisole, exerts amphetamine like actions at monoamine transporters. Neurochem Int 2014;73(100):32-41.
- [57] Benecke M, Laußmann T. Die Entdeckung des „Märchenhaften“ Schwarzen Kokains. Der Kriminalist 2022;9:30-33. home.benecke.com/publications/die-entdeckung-des-maerchenhaften-schwarzen-kokains

Anmerkung: Alle Internetzitate wurden zuletzt geprüft am 07.10.2024.