



# Alkaloide

Wintersemester 2015/2016

**Marian Frank**

Institut für Pharmazeutische Biologie und Biotechnologie  
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

- 1806 - Friederich Sertürner isoliert Morphin aus Opium
- 1819 - Carl Friederich Wilhelm Meissner führt den Begriff „Alkaloide“ ein: Alkaloide sind alkalisch reagierende Substanzen aus Pflanzen, seltener Tieren
- 1886 - Albert Ladenburg gelang die erste Totalsynthese eines Alkaloids Coniin (gefleckter Schierling *Conium maculatum*, *Apiaceae*)
- 1952 - Struktur von Morphin endgültig aufgeklärt

## Begriff: Alkaloide

- Wortbildung aus dem arabischen „*al-qalya*“ (die Pflanzenasche) und dem griechischen “-oides“ (*ähnlich*)
- Alkaloide sind stickstoffhaltige Naturstoffe mit vorwiegend heterozyklisch eingebautem Stickstoff
- Vorkommen als sekundäre und tertiäre Amine, aber auch als Amide, Aminoxide (N-Oxide) und quartäre Ammoniumbasen
- Die Stickstoffatome entstammen vorwiegend aus Aminosäuren

- Über 12000 Alkaloide sind bekannt
- Überwiegend in Pflanzen, aber zum Beispiel auch in Pilzen wie Mutterkorn (*Claviceps purpurea*) oder Amphibien (Pfeilgiftfrösche) oder Weichtieren wie Schwämmen und Seescheiden
- 10 - 20 % der Arten höherer Pflanzen sind alkaloidführend

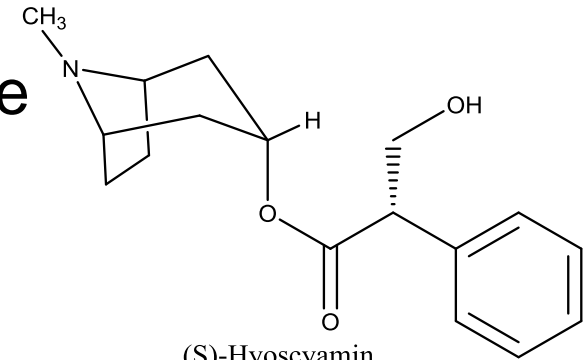
- Alkaloidreiche Familien sind u.a. Apocynaceae, Fabaceae, Papaveraceae, Ranunculaceae, Rutaceae und Solanaceae
- Nur wenige Alkaloide bei den Gymnospermae z.B. Taxaceae (z.B. Paclitaxel)
- Selten bei Tieren z.B. Pfeilgiftfrösche (Batrachotoxin), Marienkäfer (Coccinellin)

- Abwehr gegen Fressfeinde
- Bei Pharmakophagie betreibenden Insekten auch für die innerartliche Kommunikation
- Vorstufe von Pheromonen in Insekten
- Schutz gegen Infektionen (antimikrobielle Wirkung)
- Reservoir und Transportform für Stickstoff

## Es gibt kein einheitliches Einteilungssystem

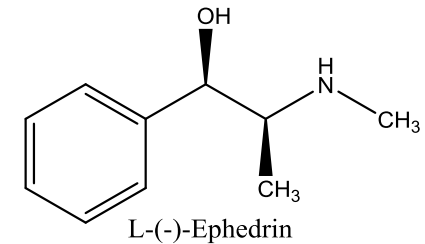
### ■ Echte Alkaloide

Biogenes Amin + Nichtaminkomponente  
z.B. Morphin, Reserpin



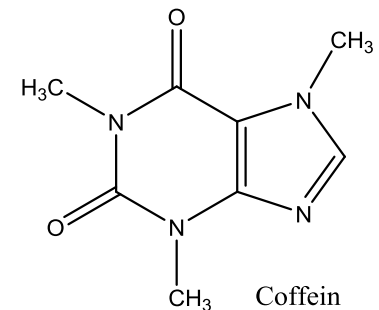
### ■ Protoalkaloide

von biogenem Amin abgeleitet, kein Heterozyklus  
z.B. Ephedrin, Capsaicin, Dimethyltryptamin



### ■ Pseudoalkaloide

Stickstoff nicht aus Aminosäure  
z.B. Steroidalkaloide, Purinalkaloide



# Einteilung

## Echte Alkaloide



Heterozyklischer  
Ring  
mit  
Stickstoff



Stammen aus  
Aminosäuren

## Protoalkaloide



**Kein**  
heterozyklischer  
Ring  
mit  
Stickstoff



aus  
biogene Amine



## Pseudoalkaloide



Heterozyklischer  
Ring  
mit  
Stickstoff



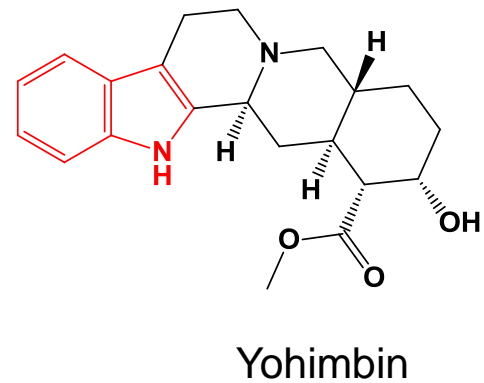
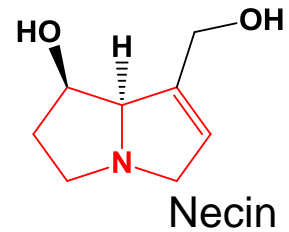
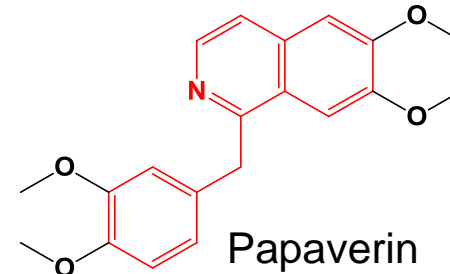
Stammen **nicht**  
aus Aminosäuren

**Es gibt aber Ausnahmen!**



## Nach Heterozyklus

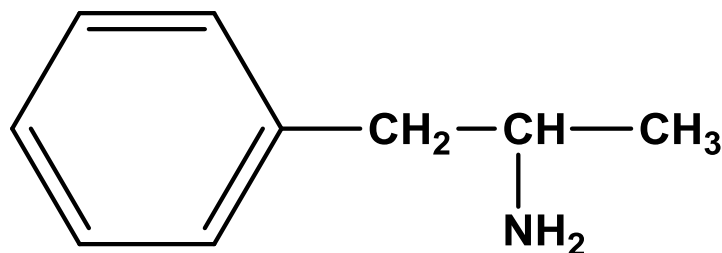
- Benzylisochinolinalkaloide
- Pyrrolizidinalkaloide
- Indolalkaloide
- ...



## Chemische Grundgerüste

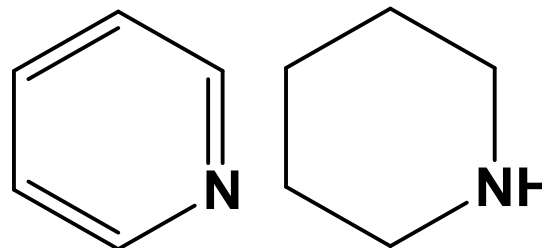
### Phenylalkylamin

z.B. Ephedrin



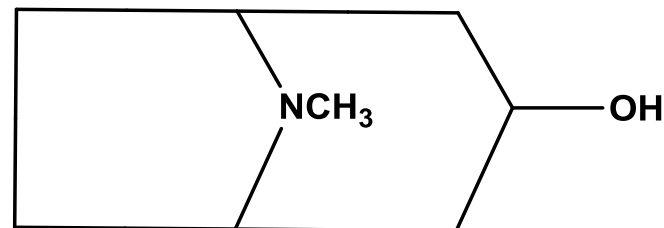
### Pyridin und Piperidin

z.B. Nicotin



### Tropan

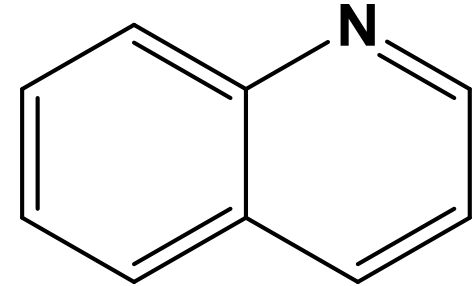
z.B. Atropin



## Chemische Grundgerüste

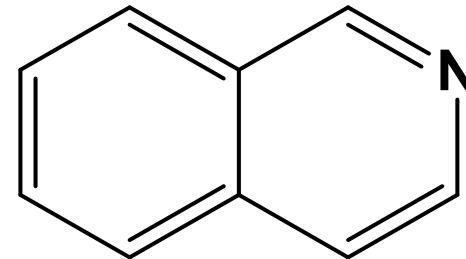
### Chinolin

z.B. Chinin und Cinchonin



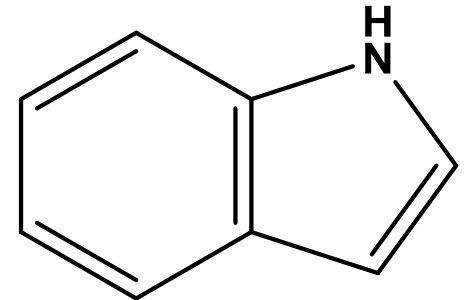
### Isochinolin

z.B. Papaverin und Emetin



### Indol

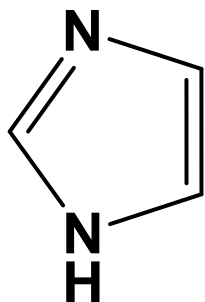
z.B. Physostigmin und Reserpin



## Chemische Grundgerüste

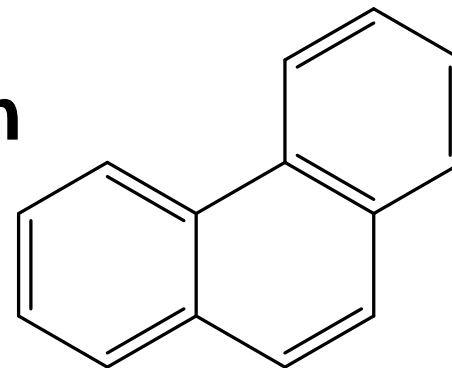
### Imidazol

z.B. Pilocarpin



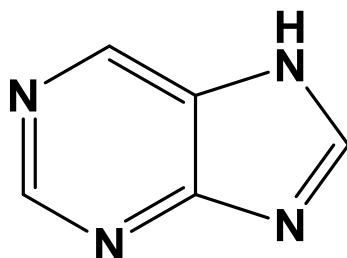
### Phenanthren

z.B. Morphin



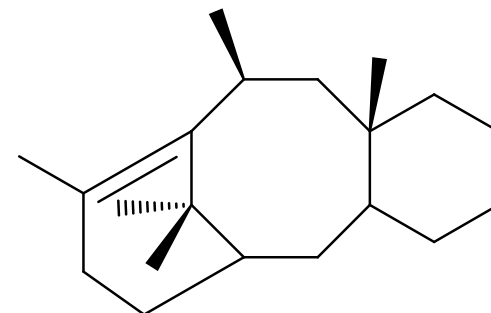
### Purin

z.B. Coffein



### Terpenoid

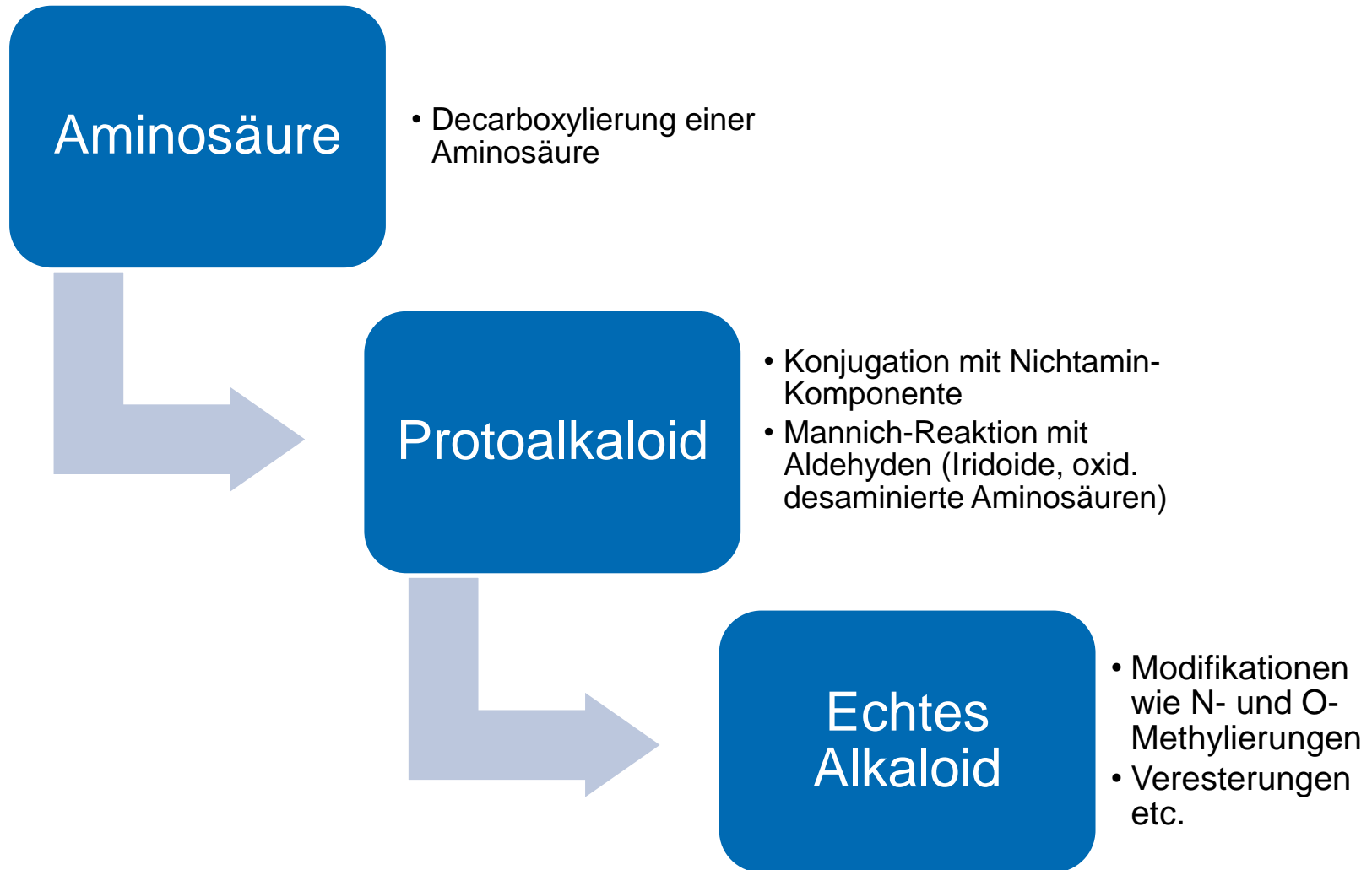
z.B. Paclitaxel



## Nach Herkunft

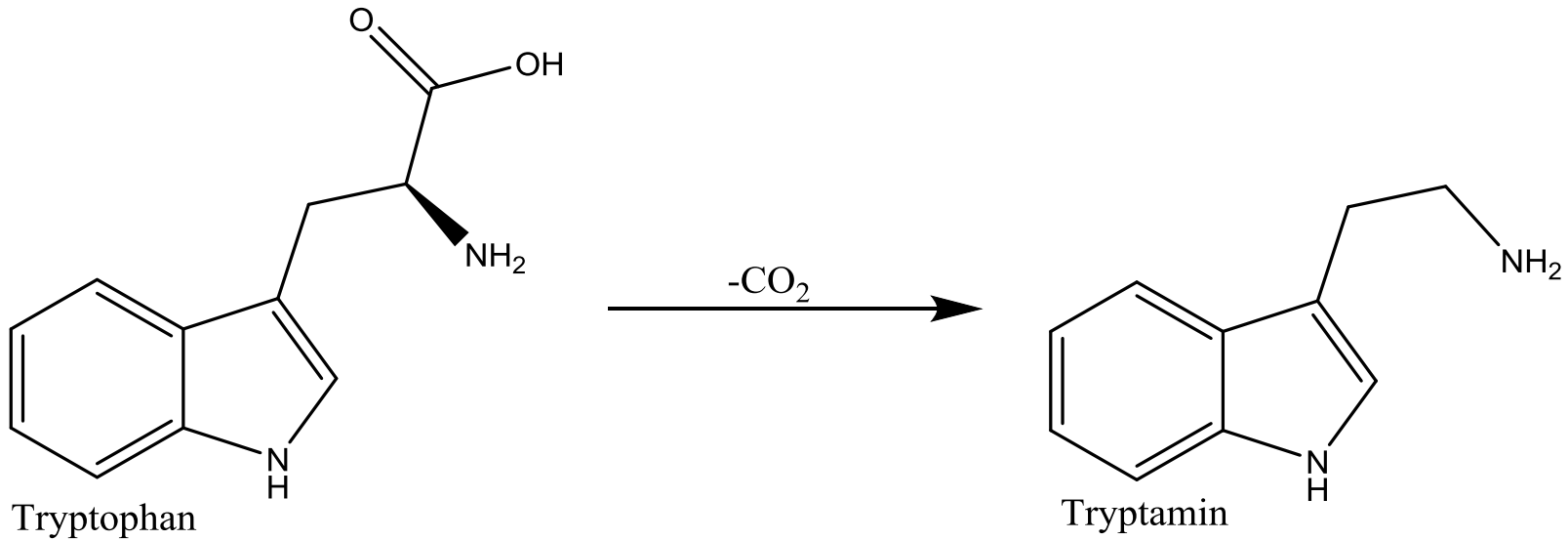
- Solanacea-Alkaloide
- Papaveracea-Alkaloide
- Rauwolfia-Alkaloide
- Vinca-Alkaloide
- Mutterkorn-Alkaloide

## Biogenetische Herkunft aus Aminosäuren



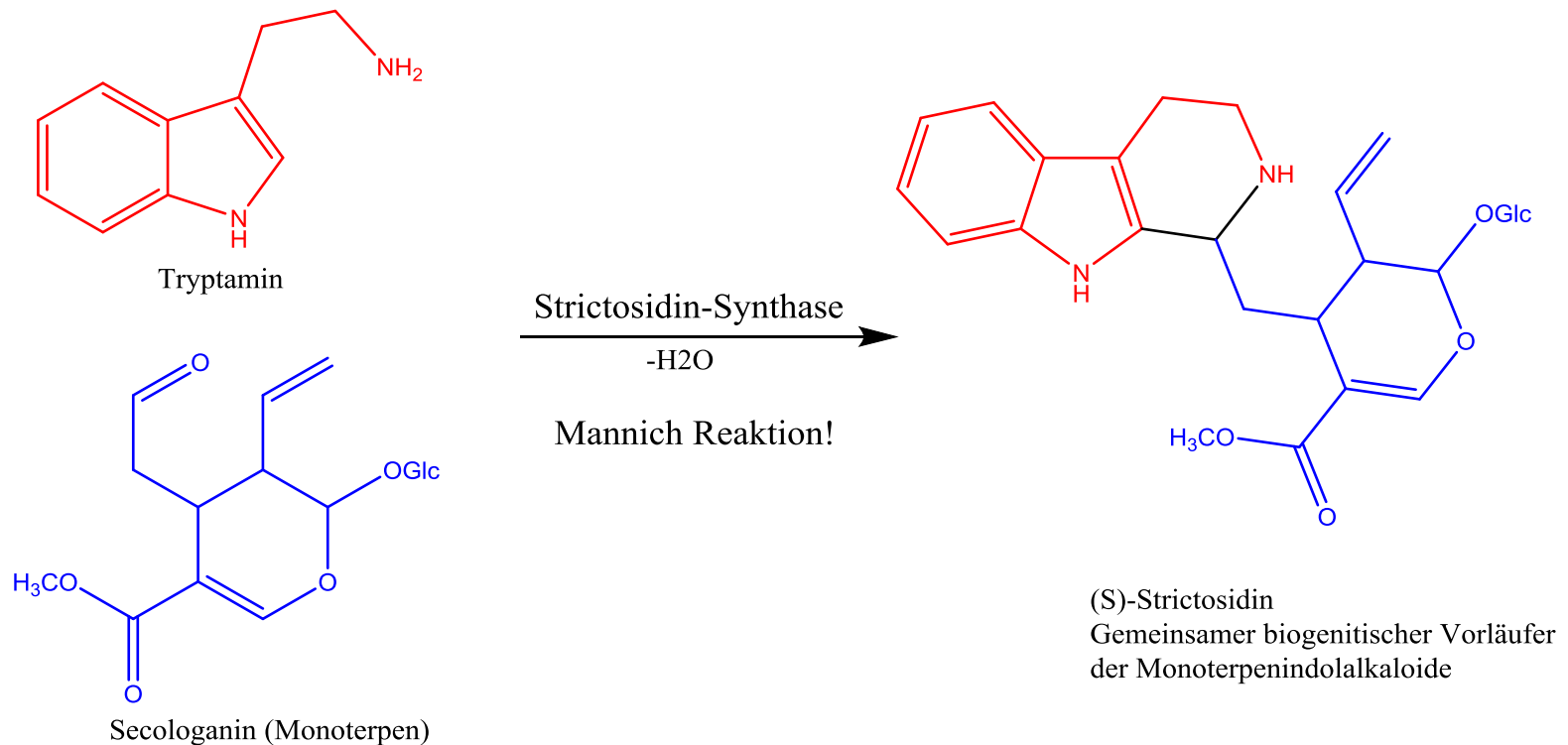
## 1. Decarboxylierung

Decarboxylierung einer Aminosäure → biogenes Amin



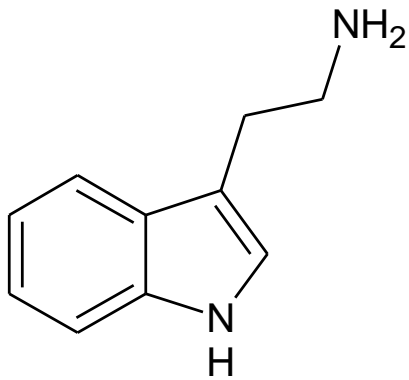
## 2. Konjugation

### Konjugation mit Nicht-Aminkomponente (nicht bei Protoalkaloiden)

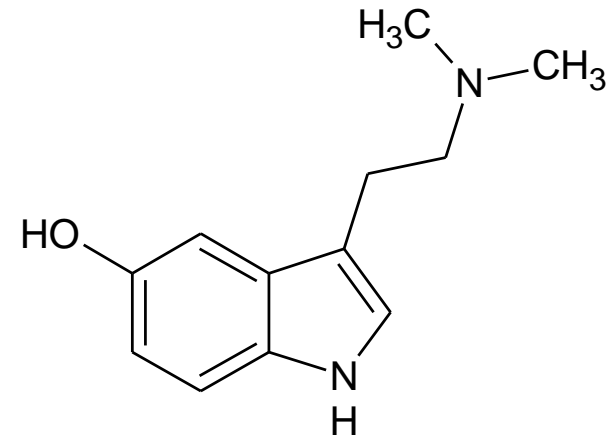
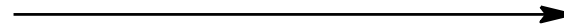




## 3. Modifikation

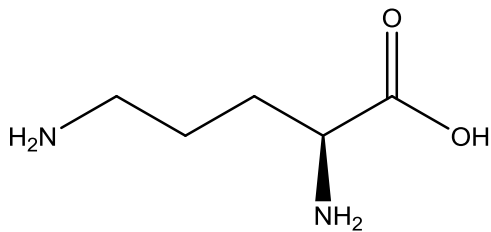


Modifikation

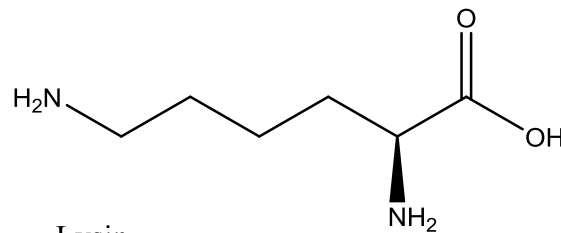


Protoalkaloid Bufotenin

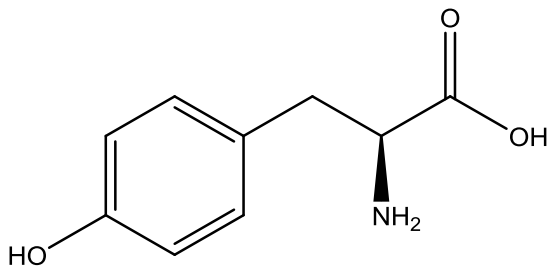
## Wichtige Aminosäuren als Biosynthesevorstufen



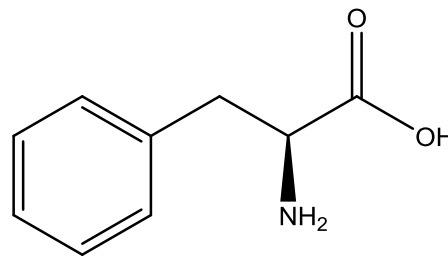
Ornithin  
(Tropanalkaloide)



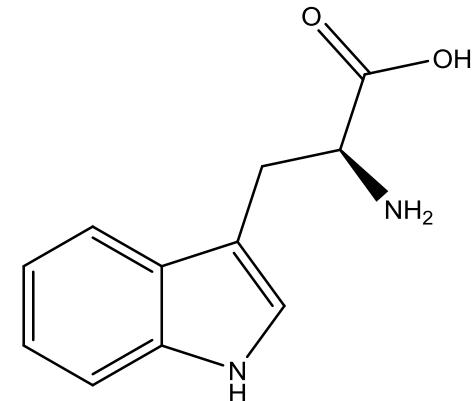
Lysin  
(Chinolizidin-, Pyridin-, Piperidinalkaloide)



Tyrosin  
(Benzylisochinolinalkaloide)

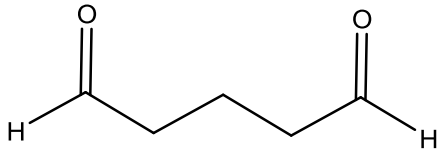


Phenylalanin  
(Ephedrin)

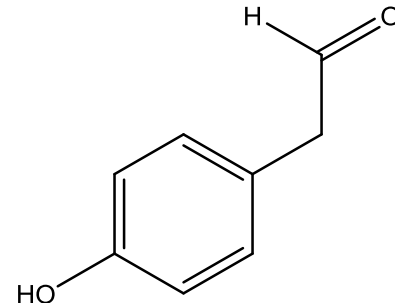


Tryptophan  
(Indol-, Mutterkornalkaloide, Chinin)

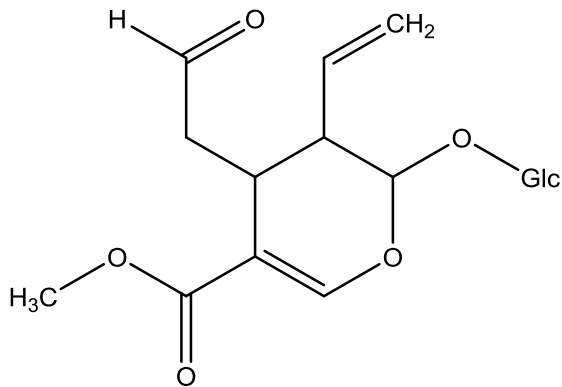
## Wichtige Nicht-Aminkomponenten



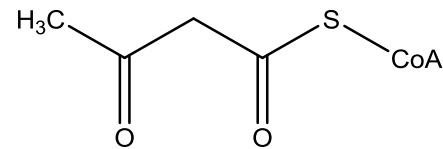
Glutardialdehyd aus Lysin  
(Chinolizidinalkaloide)



4-Hydroxyphenylacetaldehyd aus Tyrosin  
(Benzylisochinolinalkaloide)



Secologanin aus IPP/DMAPP  
(Monoterpenisochinolinalkaloide,  
Monoterpenindolalkaloide)



Acetoacetyl-CoA  
(Tropanalkaloide)

- Bildung des Grundkörpers
  - Wurzel (*Atropa*, *Nicotiana*)
  - Blätter (*Cinchona*)
  - Phloem, Milchröhren (*Papaver*)
- Modifikation beim Abtransport
  - Nicotin (Wurzel)
  - Nornicotin (-CH<sub>3</sub>) (Spross)
  - Indolvorstufen (Blätter)
  - Chinin, Cinchonin (Rinde)
- Speicherung im Zielorgan
  - Blätter, Wurzel, Rinde...
  - Ionenfallenmechanismus und/oder spez. Transport
- Rückführung der Alkaloide in den Stoffwechsel

→ *Unterschiede im Alkaloidmuster verschiedener Pflanzenteile!*

- Nahezu ausschließliche Verwendung der isolierten Reinstoffe (Morphin, Codein)
- Eingestellte Extrakte
- (Partialsynthetische) Derivate (Vinflunin (Javlor<sup>®</sup>))
- Leitstrukturen für Synthetika



- Meist **fest**e Stoffe (Ausn. Nicotin flüssig)
- Meist **farblos** (Ausn. Berberin gelb)
- **Bitterer Geschmack**

**Basizität** (außer Amide, N-Oxide, quartäre Ammoniumbasen, ...)

- $R_2-NH > R-NH_2 > R_3-N$

## Stickstoff

|                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| Primäre Amine        | $R-NH_2$ z.B. Norephedrin  |
| Sekundäre Amine      | $R_2-NH$ z.B. Ephedrin     |
| Tertiäre Amine       | $R_3-N$ z.B. Atropin       |
| Quart. Ammoniumbasen | $R_4-N^+$ z.B. Tubocurarin |

- Gesättigte hexacyclische Amine > aromatische Amine

## Stabilität

- **Hitzeinfluss**

Alkaloide sind durch Hitze zerlegbar!  
Ausnahme: Coffein (sublimierbar)

- **Reaktion mit Säuren**

Salzbildung

Ver. Säuren hydrolysieren Ester-Alkaloide  
(z.B. Atropin)



## Einfluss von Laugen

Verdünnte Laugen (z.B.  $\text{NH}_3$ )

- befreien die meisten Alkaloide aus ihren Salzen
- verursachen Isomerisierung (Racemisierung) von Alkaloiden  
z.B. Umwandlung von Hyoscyamin zu Atropin
- können auch Salze bilden mit Alkaloiden, die eine Carboxylgruppe  
beinhalten z.B. Narcein

Starke Laugen (z.B. wässrige NaOH und KOH)

- bilden Salze mit Phenol-Alkaloiden
- verursachen Hydrolyse von Ester-Alkaloiden (z.B. Atropin,  
Kokain und Physostigmin) und Amid-Alkaloiden (z.B. Colchicin)
- verursachen die Öffnung des Lactonringes

- **Protonierte Form**

- Wasserlöslich
- Mit Fällungsreagenzien nachweisbar (Dragendorff...)
- Ionenpaarbildung mit organischen Säuren möglich

- **Deprotonierte Form**

- - Löslich bzw. extrahierbar in lipophilen Lösungsmitteln
  - Membrangängig
- *pH-Wert-Wechsel zur Alkaloidanreicherung nutzen!*

## Anreicherungsverfahren A

- Durchfeuchten der Droge mit Ammoniak  
→ Alkaloide als freie Base
- Extraktion mit organischen Lösungsmitteln (Ether, Chloroform etc.)  
→ Extrakt: Alkaloidbasen und lipophile Neutralstoffe
- Einengen und Ausschütteln mit verd. Mineralsäure  
→ Alkaloidsalze gehen in wässr. Phase
- Alkalisieren der wässrigen Phase
- Ausschütteln mit Ether oder Chloroform
- Trocknen der org. Phase über Natriumsulfat
- Zur Trockne eindampfen

## Anreicherungsverfahren B

- Extraktion mit verdünnter Mineralsäure  
→ Extrakt: Alkaloidsalze, hydrophile Neutralstoffe, Säuren, Salze
- Ausschütteln mit lipophilem Lösungsmittel
- Alkalisieren  
→ Alkaloide als freie Basen
- Ausschütteln mit lipophilem Lösungsmittel  
→ Freie Alkaloidbasen gehen in org. Phase über
- Trocknen der org. Phase über Natriumsulfat
- Zur Trockne eindampfen

- Belladonnae folium,  
Stramonii folium
- Cinchonae cortex
- Ipecacuanhae radix
- Rauwolfiae radix
- Chelidonii herba
- Opii tinctura
- Ephedrae herba
- Fumariae herba
- Theae folium
- Naturstoffisolierungen:  
Coffein, Chinin, Piperin

## *Atropa belladonna*

(Schwarze Tollkirsche)



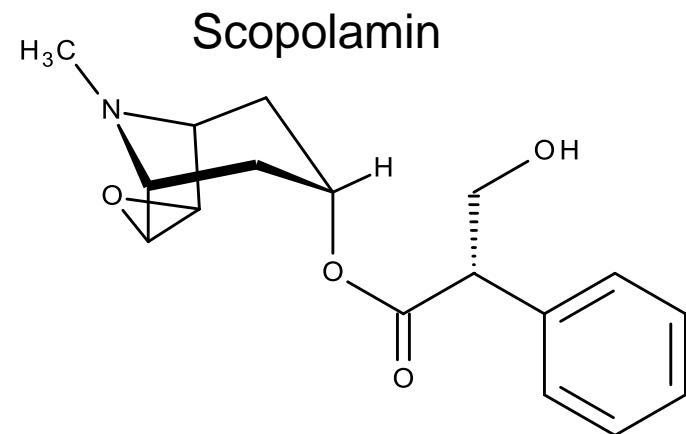
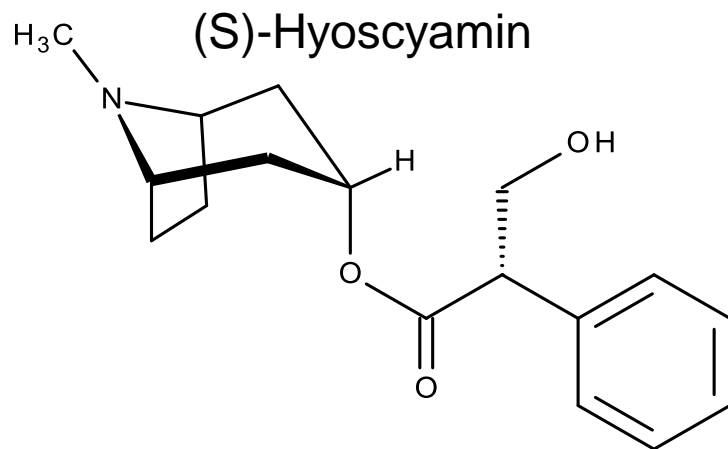
## *Datura stramonium*

(Weißer Stechapfel)



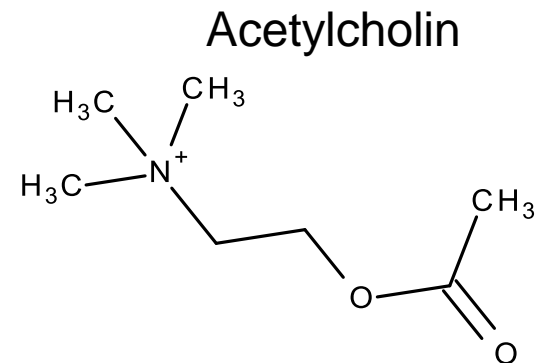
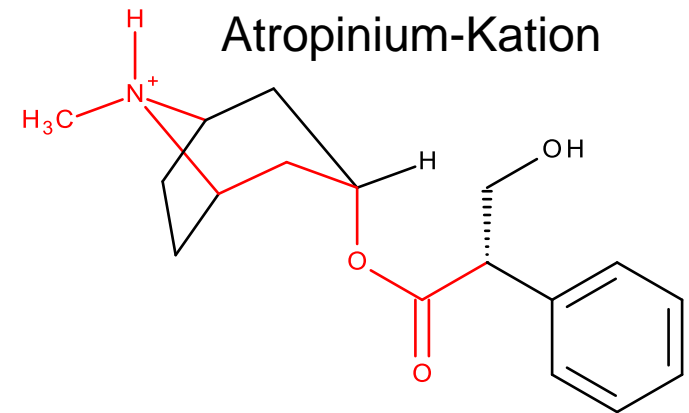
Alle Pflanzenteile enthalten Alkaloide,  
der Alkaloidgehalt schwankt von 0,5-2%.

- Familie: Solanaceae/Nachschattengewächse
- Hauptalkaloid ist (S)-(-)-Hyoscyamin, gefolgt von anderen Tropanalkaloiden wie Scopolamin, Apoatropin und Tropin
- Pharmazeutisch relevant ist das Racemat Atropin ((±)-Hyoscyamin)
- Scopolamin findet niedrig dosiert Anwendung in Pflastern gegen Reiseübelkeit (Zentral dämpfender Effekt)



## Parasympatholytikum

- Kompetitiver Antagonismus von Acetylcholin an M1-, M2- und M3-Rezeptoren
- Durch Blockade der muskarinergen Ach-Rezeptoren kommen Funktionen des Parasympathikus zum Erliegen
- Durch fehlenden Antagonismus des Sympathikus kann es zu überschießenden adrenergen Reaktionen kommen

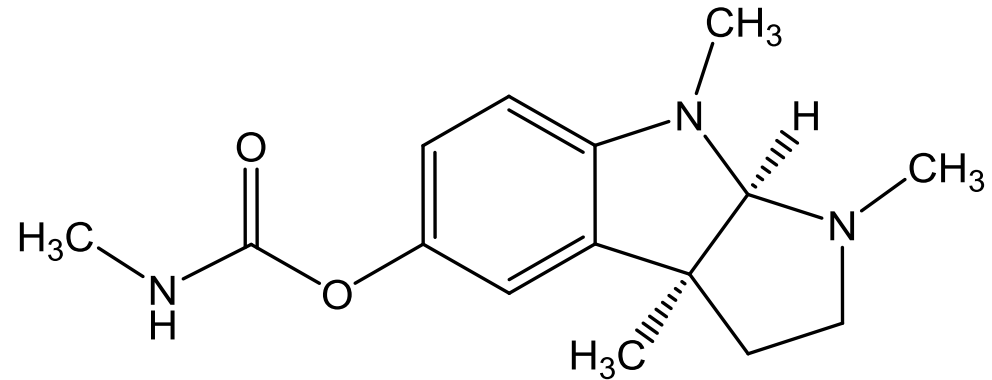




- Zur Ausschaltung der Akkommodationsfähigkeit des Auges für diagnostische Zwecke
- Hemmung der Sekretion des Magens und der Bauchspeicheldrüse
- Operationsvorbereitung
- Antidot bei Vergiftungen mit Insektiziden der Organophosphatgruppe und Nervengas (Autoinjector in Kombination mit Pralidoxim)
- Bradykarde Herzrhythmusstörung (Auch bei Betablockervergiftung)

## ■ Vergiftungssymptome

- Hautrötung
- Mydriasis
- Tachykardie
- Verwirrtheit und Halluzinationen
- Bewusstlosigkeit und Atemlähmung



Physostigmin

## ■ Antidot Physostigmin: Ind. Parasympathomimetikum

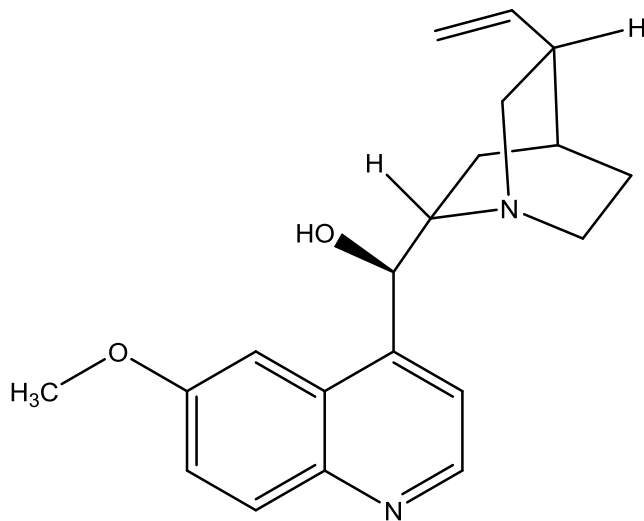
- Hauptalkaloid der Kalabarbohne (*Physostigma Venenosum*, *Fabaceae*)
- Hemmt kompetitiv die Acetylcholinesterase und erhöht dadurch die Acetylcholinkonzentration im synaptischen Spalt



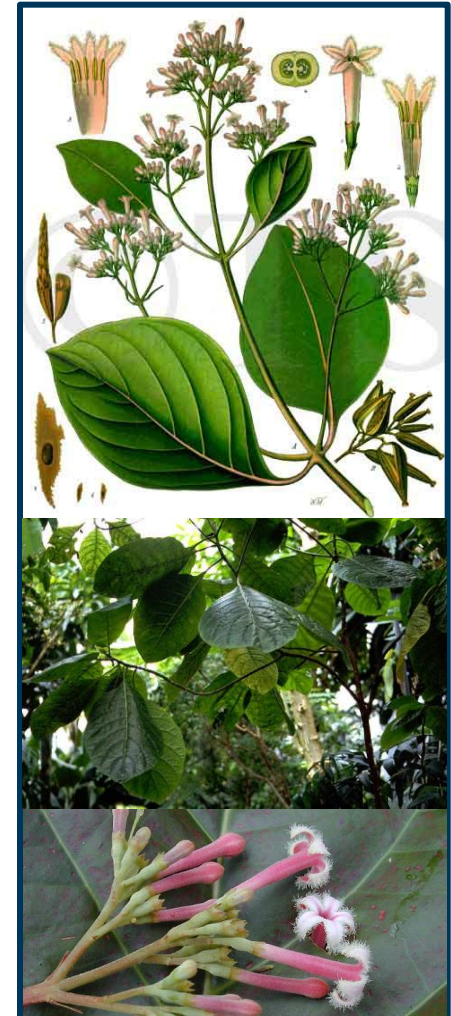
## Praktikumsversuch

- Anreicherung nach Verfahren A
- Gehaltsbestimmung durch indirekte Titration
  - Alkaloidbasen werden mit definierter Menge  $\text{H}_2\text{SO}_4$  versetzt
  - Säureüberschuss mit NaOH gegen Methylrot zurücktitrieren
- Beim letzten Aufreinigungsschritt wird mit Ammoniak alkalisiert. Ammoniak **muss** vor Zugabe der  $\text{H}_2\text{SO}_4$  vollständig durch abdampfen entfernt werden!

- *Cinchona pubescens*/Chinarindenbaum
- Rubiaceae/Rötegewächse
- Leitalkaloid Chinin
- Weitere: Cinchonidin, Cinchonin, Chinidin
- Droge findet als Bittermittel Anwendung



Chinin (3R, 4S, 8S, 9R)



## Anwendungen von Chinin

- **Bei Wadenkrämpfen** (Limptar® N)
  - Blockade von Ionenkanälen
  - Erregbarkeit der motorischen Endplatten nimmt ab
- **Malaria**
  - Hemmung der Häm-Polymerisation, Es kommt zur Akkumulation des für Schizonten toxischen Häms
  - Insbesondere bei der gefährlichen Malaria tropicana, verursacht durch Chloroquinresistente *Plasmodium falciparum*



## Anwendungen von Chinin

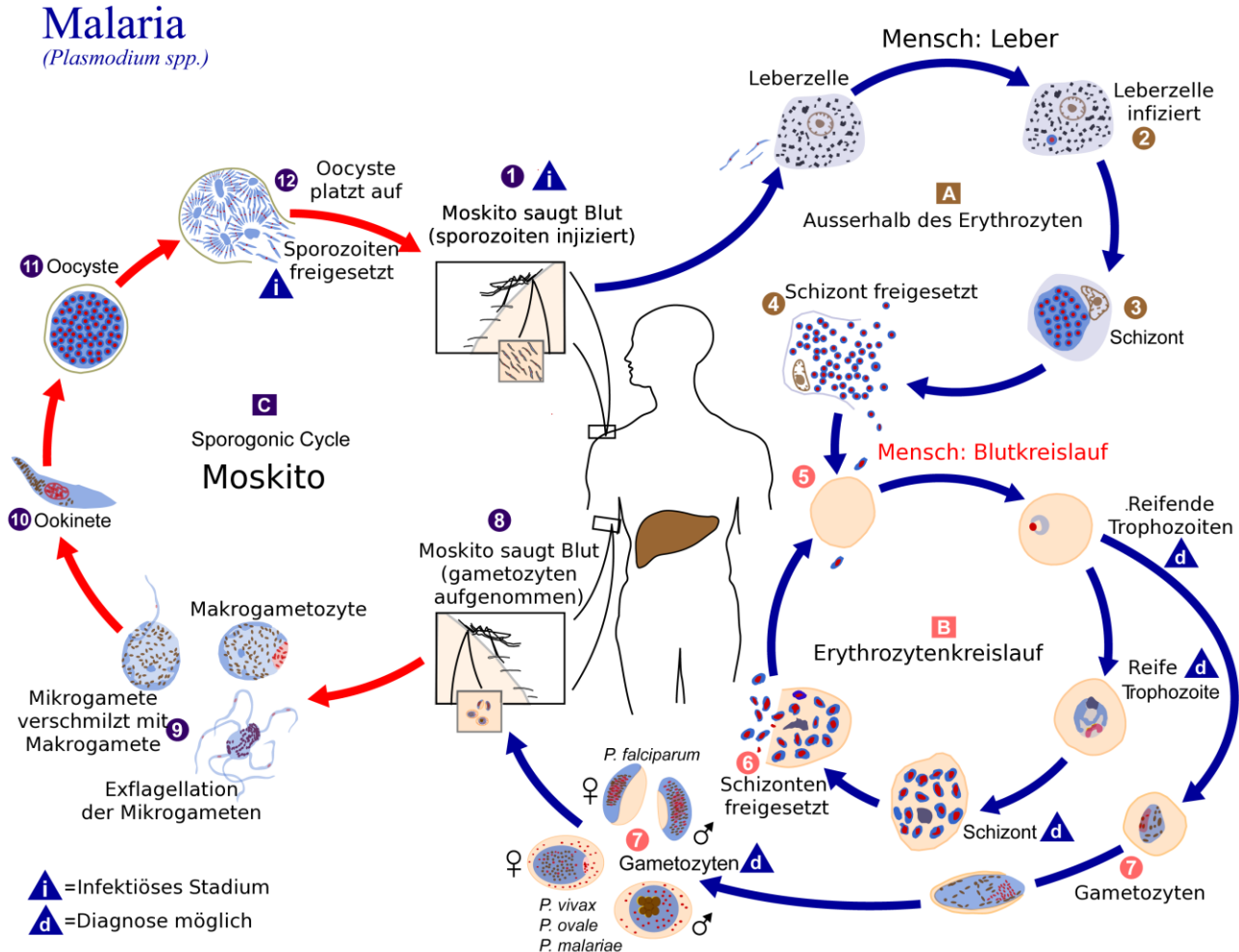
Chinin wirkt

**schizontocid** bei:

- Plasmodium malariae*,
- Plasmodium vivax*
- Plasmodium ovale*
- Plasmodium falciparum*

**gametocid** bei:

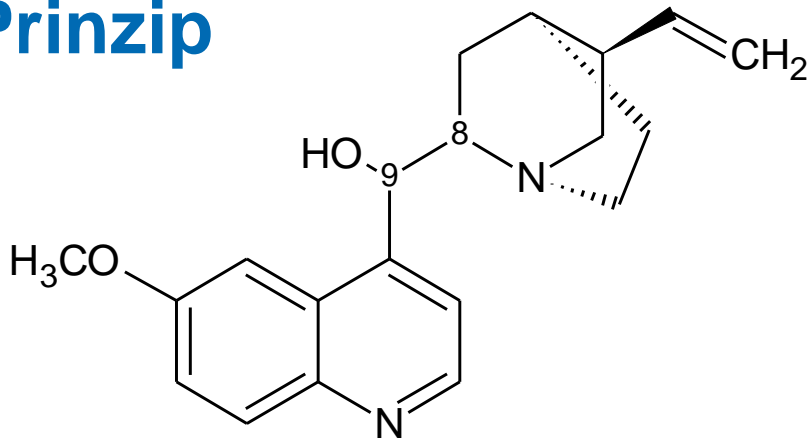
- Plasmodium Malariae*
- Plasmodium vivax*



## Praktikumsversuch

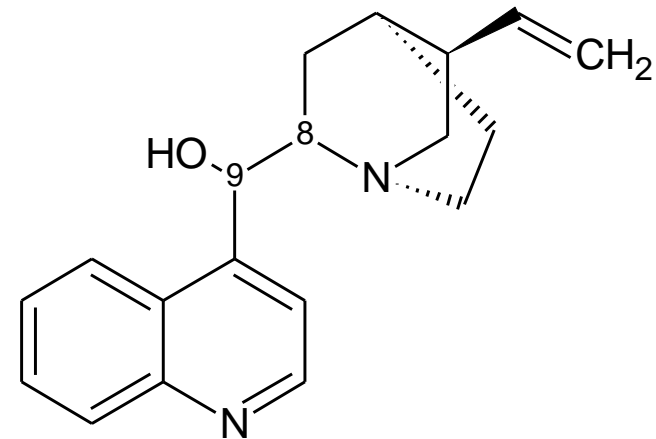
- Anreicherung nach Verfahren B, **aber**  
Alkaloide liegen in der Droge mit Gerbstoffen komplexiert vor!
- 30 min mit verd. HCl kochen, um Alkaloide aus Komplexen zu lösen
- Die Alkaloidfraktion wird bei zwei Wellenlängen photometrisch gemessen

## Prinzip



Chinin      8S, 9R  
Chinidin    8R, 9S

$$\lambda_{\max} = 348 \text{ nm}$$



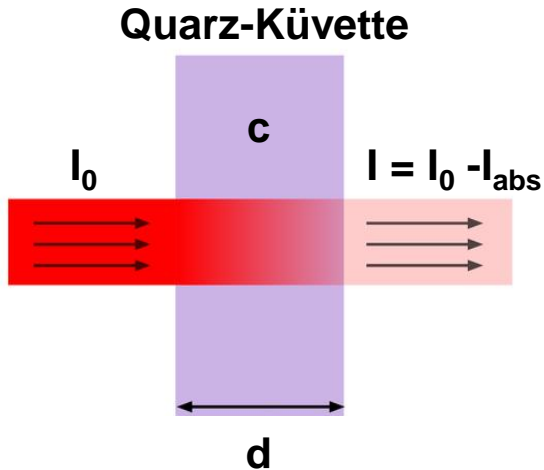
Cinchonidin      8S, 9R  
Cinchonin        8R, 9S

$$\lambda_{\max} = 316 \text{ nm}$$

- Beide Chromophore absorbieren bei 316 und 348 nm mit jeweils verschiedenen Absorptionskoeffizienten
- Unter der Voraussetzung, dass keine weiteren Substanzen maßgeblich an der Gesamtabsorption beteiligt sind, lassen sich die Gehalte beider Chromophore rechnerisch ermitteln (2 Gleichungen mit 2 Unbekannten)



## Theoretische Grundlagen



### Lambert-Beer Gesetz

$$A = -\log(I/I_0) = \varepsilon c d$$

A : Absorption

I : Intensität

$\varepsilon$  : molarer Absorptionskoeffizient [ $\text{L mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ]

c : Konzentration [ $\text{mol L}^{-1}$ ]

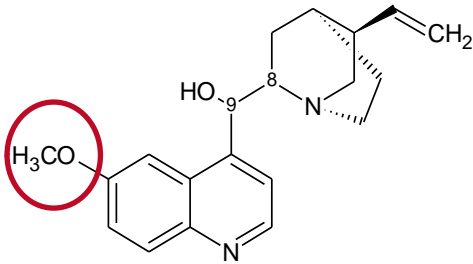
d : Schichtdicke [cm]

Der molare Absorptionskoeffizient ist nur bei genau einer Wellenlänge gültig!

Er ist am größten im Absorptionsmaximum und dort auch mit dem kleinsten Fehler behaftet!

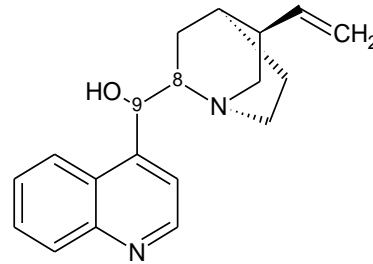
| Verschiebung | Effekt                        |
|--------------|-------------------------------|
| bathochrom   | $\lambda_{\text{max}}$ steigt |
| hypsochrom   | $\lambda_{\text{max}}$ sinkt  |
| hyperchrom   | $\varepsilon$ steigt          |
| hypochrom    | $\varepsilon$ sinkt           |

# UV-Photometrische Simultanbestimmung von Chinin-Typ und Cinchonidin-Typ Alkaloiden



Chinin 8S, 9R  
Chinidin 8R, 9S

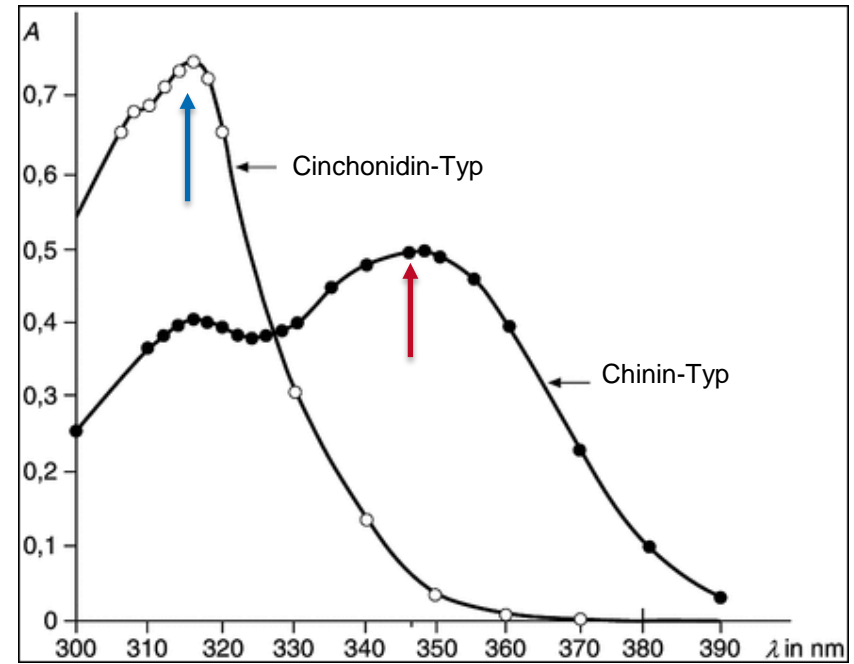
$\lambda_{\max} = 348 \text{ nm}$



Cinchonidin 8S, 9R  
Cinchonin 8R, 9S

$\lambda_{\max} = 316 \text{ nm}$

- Methoxy-Gruppe erhöht über +I-Effekt die Elektronendichte im Chinolinring und bedingt so eine bathochrome Verschiebung
- Der Unterschied der Absorptionskoeffizienten bei 316nm und 348nm kann genutzt werden um den prozentualen Anteil der beiden Alkaloidtypen zu ermitteln
- Es wird Chinin und Cinchonin CRS benötigt!
- Salzsäure im Lösungsmittel bedingt eine hyperchrome Verschiebung und erhöht dadurch die Empfindlichkeit

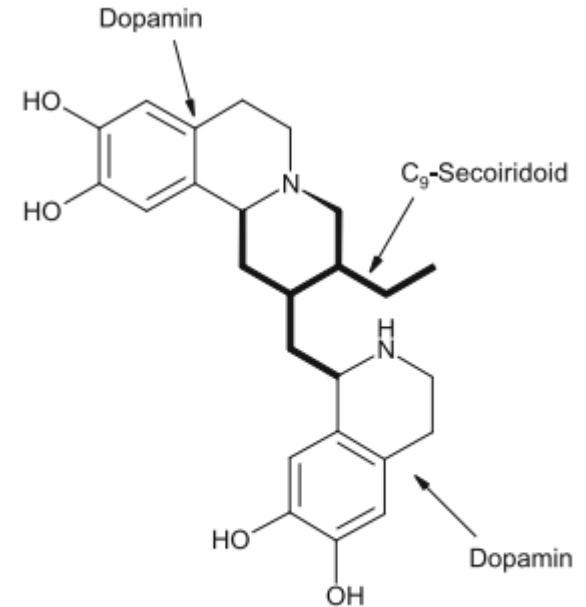


$$x = \frac{(A_{316} \cdot A_{348c}) - (A_{316c} \cdot A_{348})}{(A_{316q} \cdot A_{348c}) - (A_{316c} \cdot A_{348q})} \cdot \frac{100}{m} \cdot \frac{2}{1000}$$

$$y = \frac{(A_{316} \cdot A_{348q}) - (A_{316q} \cdot A_{348})}{(A_{316c} \cdot A_{348q}) - (A_{316q} \cdot A_{348c})} \cdot \frac{100}{m} \cdot \frac{2}{1000}$$

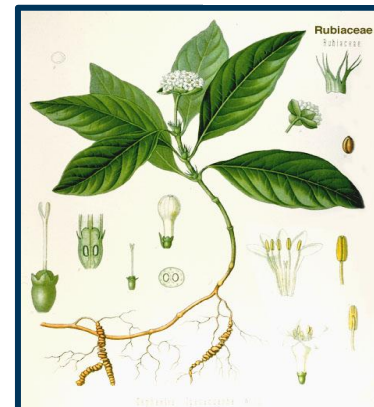
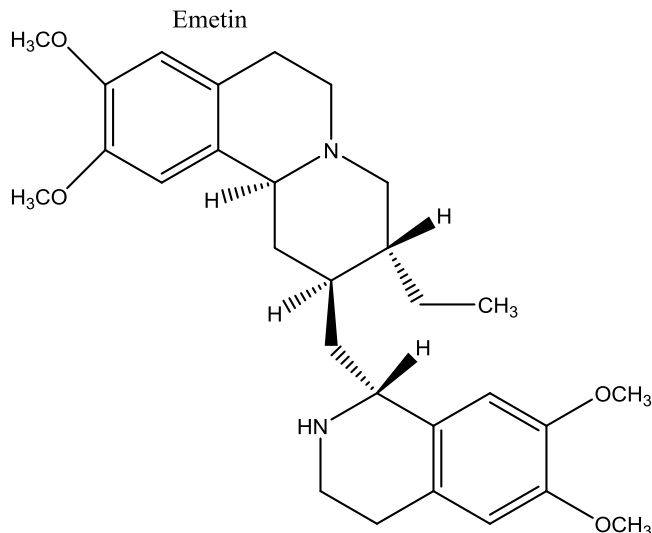
# Ipecacuanhae radix

- *Psychotria ipecacuanha* (*Cephaelis ipecacuanha*), Rubiaceae
- Alkaloide vom Benzo[g]chinolizidin-Typ
- Hauptalkaloide Emetin und Cephaelin
- Wurzel und Rhizom Gesamtalkaloidgehalt >2,0% berechnet als Emetin
- Expektorans (~50mg) / Emetikum (~200mg)
- Chemotherapie von komplizierter Amöbiasis



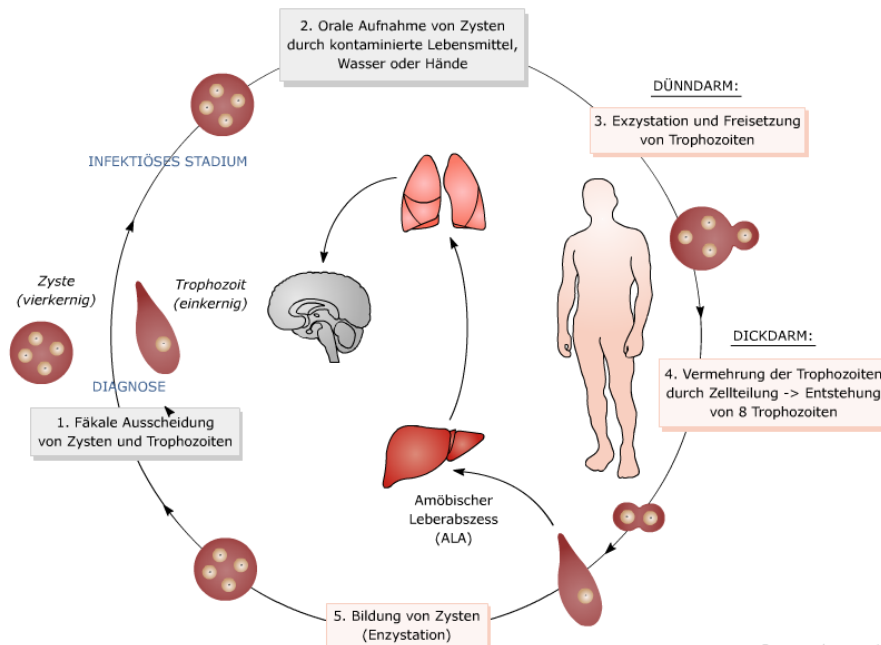
C-Skelett der Ipecacuanhaalkaloide

Aufbauprinzip: 2 Dopamin + 1 C<sub>9</sub>-Secoiridoid



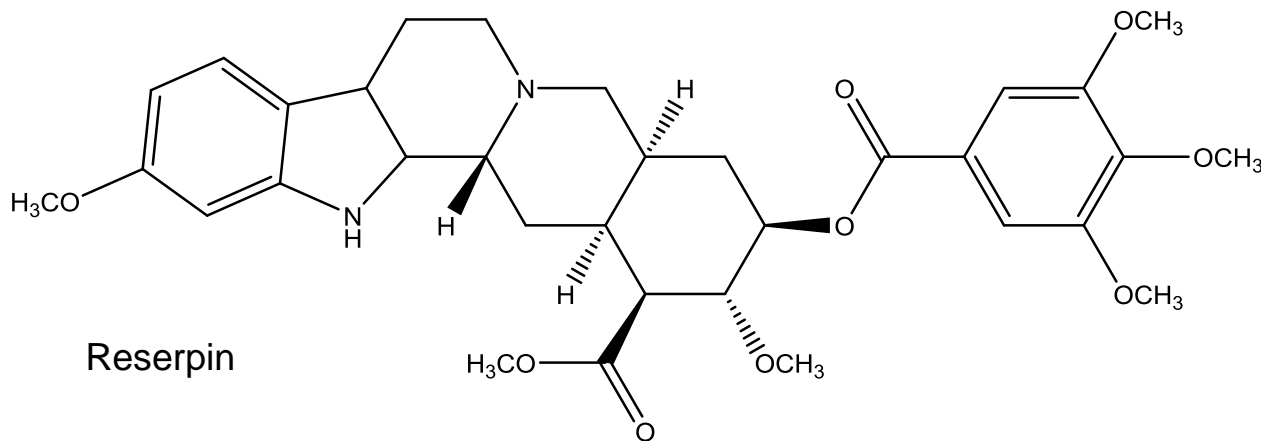
## Wirkmechanismus

- Direkte Reizung der Magenschleimhaut und Reizung des Brechzentrums in der Medulla oblongata
- Bronchialsekretion als Teil des Brechreflexes verantwortlich für expektorierende Wirkung
- Keine Reizung der Chemorezeptortriggerzone!
- Einsatz von eingestelltem Ipecacuanha Sirup vor allem bei Kindern, bei Erwachsenen findet Apomorphin Anwendung



- Wirksam gegen *Entamoeba histolytica* (Erreger der Amöbenruhr)
- Systemisch verabreichtes Emetin reichert sich in der Leber an und erreicht die **Leberabszesse**
- Inhibiert die eukaryotische Proteinbiosynthese durch Hemmung der Elongationsphase

- *Rauwolfia serpentina*, Apocynaceae
- Enthält Monoterpenindolalkaloide
- Gesamtalkaloidgehalt 0,8-2,0%
- Leitalkaloid Reserpin (gelbe Farbe)
- Antihypertonikum, Sedativum
- Droge nicht obsolet, da besser verträglich als Reinstoff

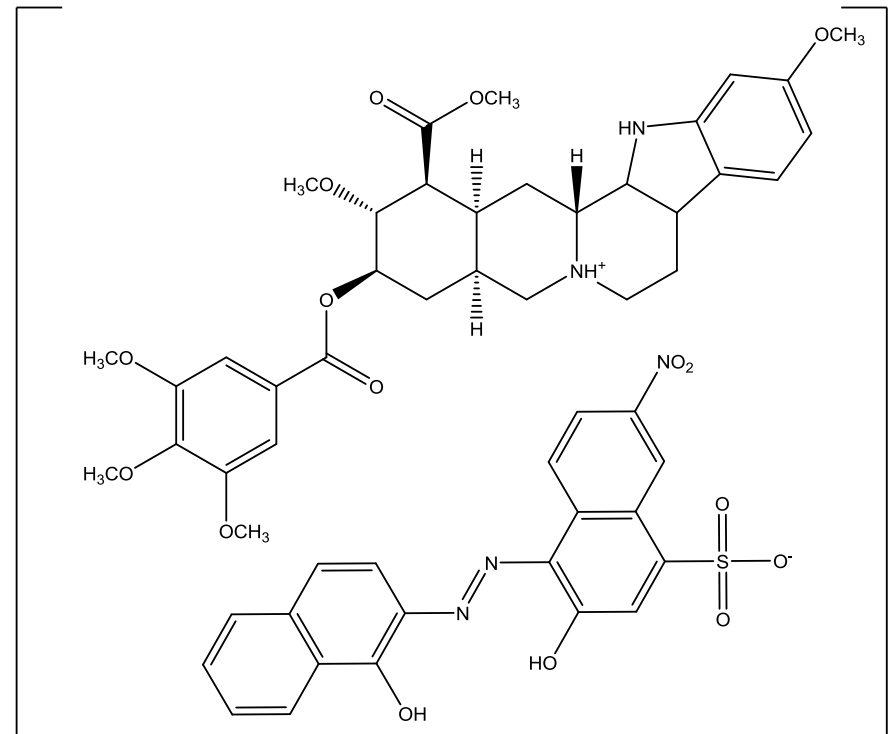


## Wirkung

- Inhibition der Monoamintransporter in den Membranen der Speichervesikel
- Depletation der Speichervesikel
- Dem Sympathikus steht weniger Noradrenalin zur Verfügung
- Antisymphotonikum
- Nebenwirkungen:
  - Durch Verringerung von Noradrenalin kann es zu cholinergen Nebenwirkungen kommen
  - Durch Verringerung von Dopamin kann es zu Extrapiramidalstörungen kommen
  - Durch Verringerung von Serotonin kann es zu depressiven Verstimmungen kommen

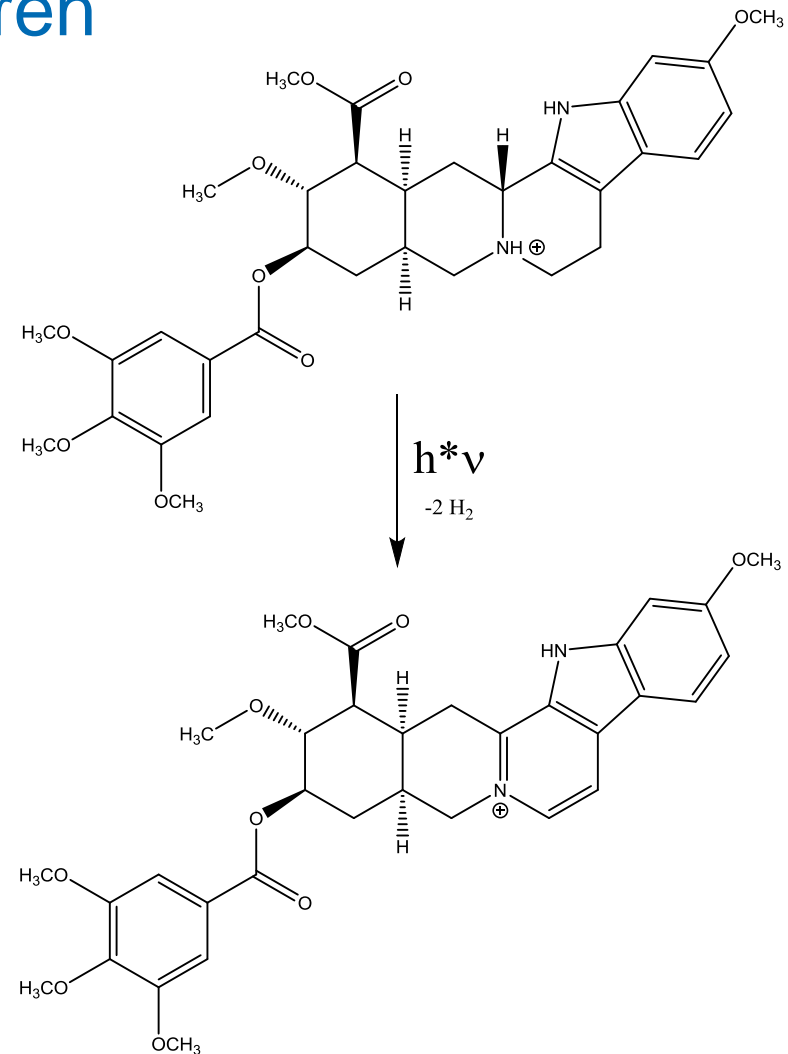
## Praktikumsversuch

- Basen werden durch Ammoniak freigesetzt
- Extraktion mit organischen Lösungsmitteln
- Komplexbildung mit Eriochrom-schwarz-T (**Pufferlösung einstellen!**)
- Ausschütteln des roten Komplexes in ein lipophiles Lösungsmittel
- Photometrische Quantifizierung bei 520nm



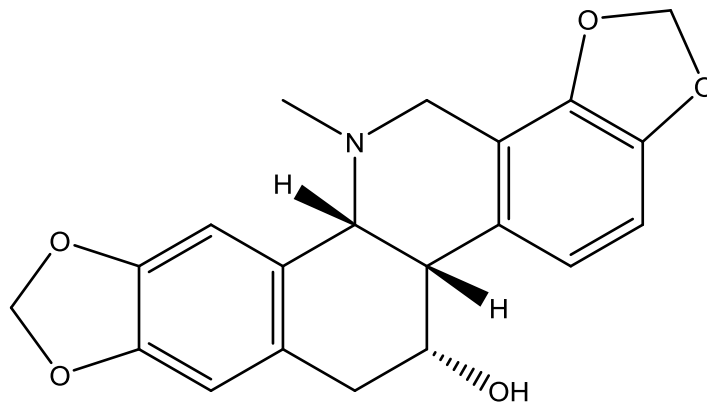
## Die wichtigsten Störfaktoren

- Falscher pH beim Puffer führt zur unvollständigen Extraktion des Komplexes
- Zu langsames Arbeiten, Komplex bleibt nicht lange stabil
- Arbeit soweit es geht unter Lichtausschluss, Reserpin wird lichtabhängig zerstört!

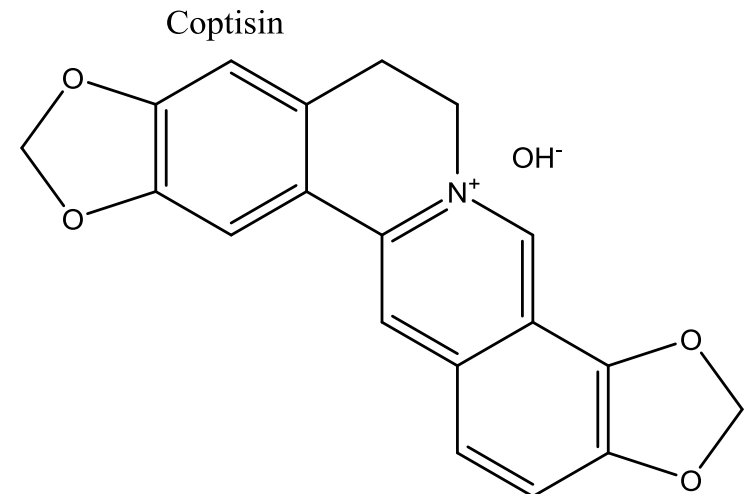




- *Chelidonium majus*, Papaveraceae
- Alkaloide vom Protoberberin-Typ
- Gesamtalkaloidgehalt >0,60%
- Leitalkaloid: (+)-Chelidonin
- Hauptalkaloid: Coptisin (80-90%!)
- Spasmolytikum für Galle und GI-Trakt
- Volksmedizinisch als Warzentherapeutikum



(+)-Chelidonin



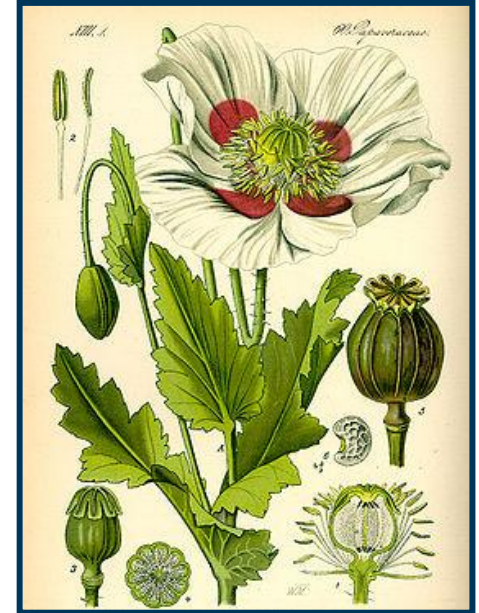
Coptisin

## Wirkung und Anwendung

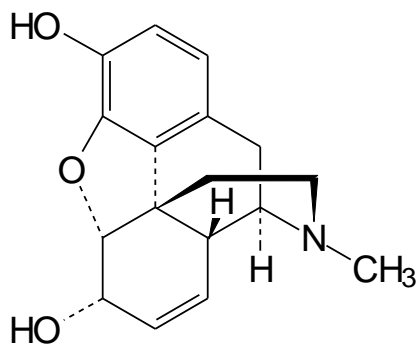
- Chelidonin wirkt spasmolytisch, jedoch viel weniger potent als Papaverin
- Extrakt enthält nicht genügend Chelidonin um die Wirkung zu erklären, aber Bitterstoffe, Flavone und insgesamt >20 verschiedene Alkaloide
- 2002 lagen 60 Fälle von UAW vor – darunter 40 Leberschädigungen, auch mit Todesfolge
- 2008 Widerruf der Zulassung aller Fertigarzneimittel mit mehr als 2,5mg/Tag Chelidonium Alkaloide
- Nach wie vor in Iberogast® und Cholhepan® N zur innerlichen Anwendung enthalten!
- Der gelb-orangene Milchsaft wird volksmedizinisch als Warzentherapeutikum eingesetzt



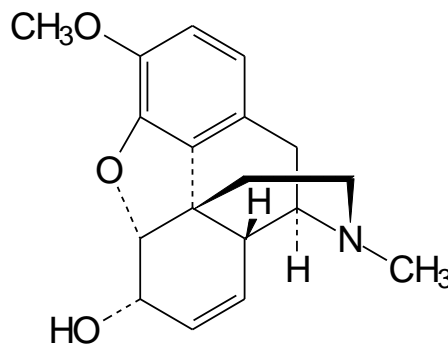
- *Papaver somniferum*, Papaveraceae
- Leitalkaloide: Morphin, Codein, Thebain
- (Roh-) Opium als Rauschgift
- Opii tinctura als Antidiarrhoikum
- Weitgehend obsolet, nur bei schwersten unkontrollierbaren Durchfällen



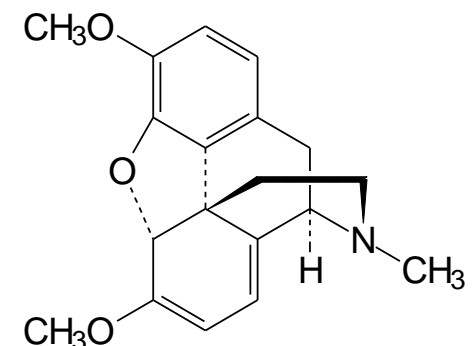
- Medizinische Verwendung ausschließlich der Reinstoffe
  - Morphin: starkes Analgetikum
  - Codein : Analgetikum und Antitussivum
- Alkaloide als Modellsubstanzen für Synthetica (Opioide, auch Loperamid!)
- Partialsynthese von Codein aus Thebain



Morphin



Codein

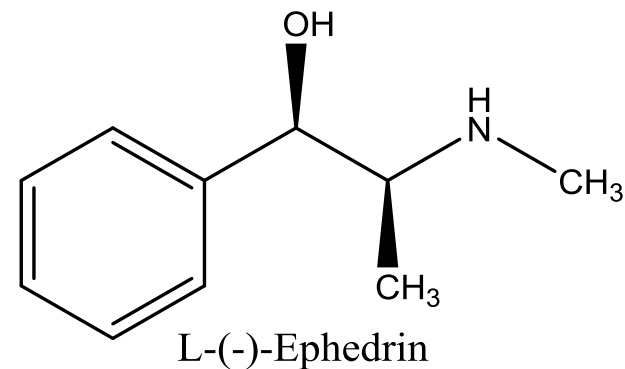
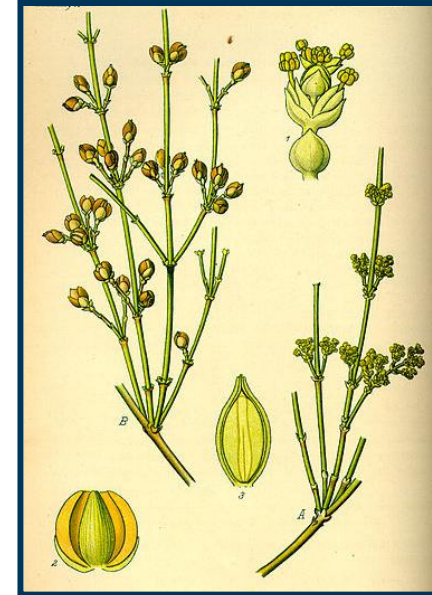


Thebain

# Ephedrae herba

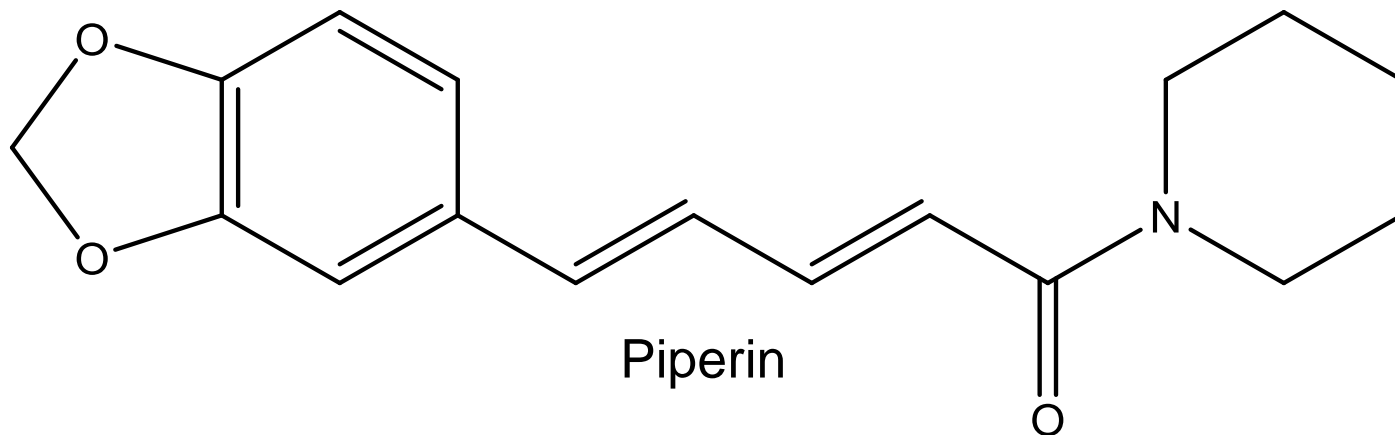
## Meerträubelkraut

- *Ephedra* spp., Ephedraceae
- Leitalkaloid (1*S*, 2*R*)-Ephedrin
- Anwendung bei Atemwegserkrankungen, Bronchospasmus (indirektes Sympathomimetikum, setzt Adrenalin und Noradrenalin frei)
- Doping-Liste IOC und Deutscher Sportbund!

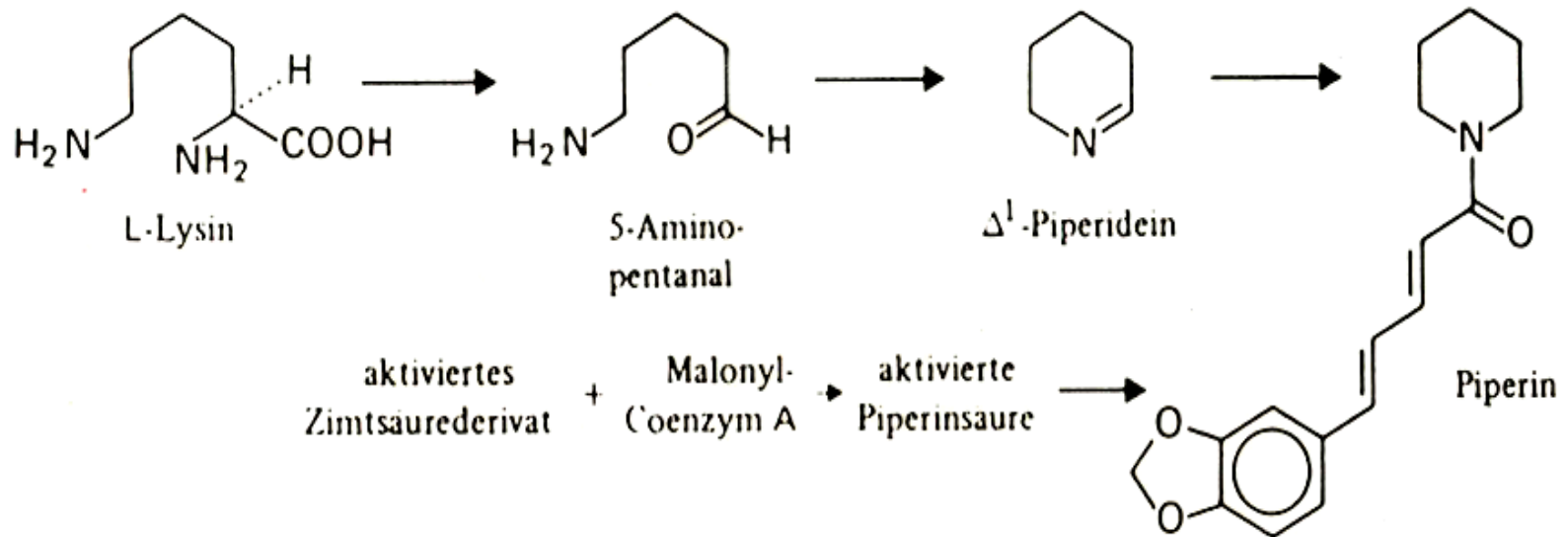


## Piperin

- *Piper nigrum*, Piperaceae
- Scharfer Geschmack noch bei einer Verdünnung von 1 : 200 000
- Scharfer Geschmack kommt durch Reizung von Thermo- und Schmerzrezeptoren zustande.



## Piperin - Biosynthese



Prinzip der Biogenese von Piperin

## Isolation Piperin

Droge

- 30 g frisch gemahlener Pfeffer werden in einer Soxhlet-Apparatur mit Ethanol 2 Stunden lang extrahiert

Rohextrakt

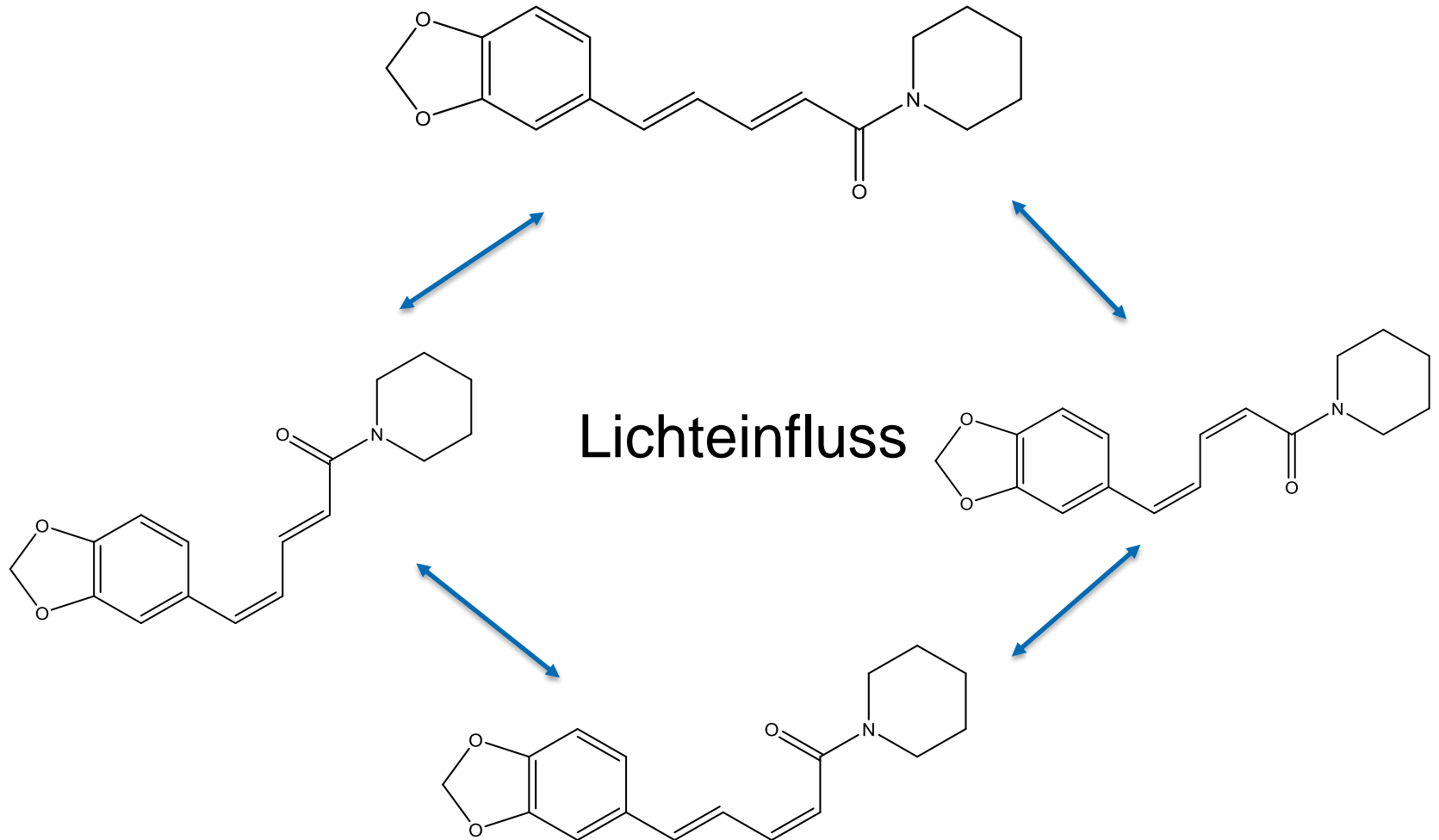
- Extrakt wird am Rotationsverdampfer zur Trockene eingengt
- Der Rückstand wird mit 15 mL 10%-iger ethanolischer Kalilauge aufgenommen und die unlöslichen Anteile abfiltriert
- Die Lösung wird über Nacht im Eisfach aufbewahrt

Piperin

- Die auskristallisierten gelben Nadeln werden abgenutscht, mit wenig (!) Wasser gewaschen und im Exsikkator getrocknet



# Isomerisierungsreaktionen bei Piperin!



Nur All-Trans Konfigurationen haben scharfen Geschmack!

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit !