

## Kulturgeschichtliches zu den Mohngewächsen (*Papaveráceae*)

Rolf Giebelmann<sup>1</sup>, Enno Logemann<sup>1</sup>, Torsten Arndt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Rechtsmedizin im Klinikum der Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Kuhstraße 30, D-17489 Greifswald

<sup>2</sup>Bioscientia GmbH, Konrad-Adenauer-Straße 17, D-55218 Ingelheim; arndt@bioscientia.de

Die Gattung *Eschscholzia* gehört zur Familie der Mohngewächse (*Papaveráceae*) [1]. Sie wurde 1821 nach dem Arzt, Botaniker und Zoologen Johann Friedrich Gustav von Eschscholtz (1793-1831) benannt. Er nahm 1815-1818 mit Adelbert von Chamisso (1781-1838) an einer Weltumseglung und von 1823-1826 an einer weiteren unter Otto von Kotzebue (1787-1846) teil. Dabei entdeckte Chamisso die Art *Eschscholzia californica* (Gold- oder Kappemohn) wieder, die bereits im Jahr 1792 vom amerikanischen Botaniker Archibald Menzies (1754-1824) beschrieben wurde [2]. Im Deutschen heißt sie auch „Schlafmützchen“, im Spanischen „Copa de oro“ (Goldene Kappe) und im Französischen „Bonnet-qui-tombes“ (über die Augen fallende Nachtmützen), weil die beiden Kelchblätter, die anfangs die Blüten umschließen, beim Aufblühen mützenförmig abgestreift werden [1] (Abb. 1, links unten).



„Roten  
Mohnes  
Blüten  
nahmst du  
viele,

Schöne  
Blumen, die  
der Sommer  
gab,

Brachst mit  
feiner Hand  
die feinen  
Stiele

Aus der  
Woge grüner  
Garben ab.“

Georg Heym  
(1887-1912)

Abb. 1. Californischer Mohn (*Eschscholzia californica*), Antelope Valley California Poppy Reserve, „Schlafmützchen-Blüte“ (Fotos: [http://de.wikipedia.org/wiki/Kalifornischer\\_Mohn](http://de.wikipedia.org/wiki/Kalifornischer_Mohn)).

Der Goldmohn wächst im Südwesten der USA und in Mexiko auf wüstenähnlichen Standorten. Berühmt ist das Antelope Valley California Poppy Reserve, ein Nationalpark am westlichen Rand der Mojawewüste in der Nähe von Los Angeles County, wo der wild wachsende Kalifornische Mohn zur Blütezeit mehrere Quadratkilometer mit seinen leuchtend orangegelben Blüten bedeckt. Er gab der Gegend den Namen „The Land of Fire“. (Abb. 1). Goldmohn ist die Wappenblume von Kalifornien. Er wird bis 60 cm hoch, hat mehrfach gefiederte Blätter mit blaugrünen, linealen Zipfeln und leuchtend orangegelbe Blütenkronenblätter [3-5].

Das Kraut enthält bis 0,4% Alkaloide. Hauptalkaloid ist Californidin (0,2%) neben u. a. Allocryptopin, Protopin und Eschscholtzin (nur in den oberirdischen Teilen) mit je 0,02-0,03% und Sanguinarin (Pseudochelerythrin), Chelerythrin (Toddalin) [4].

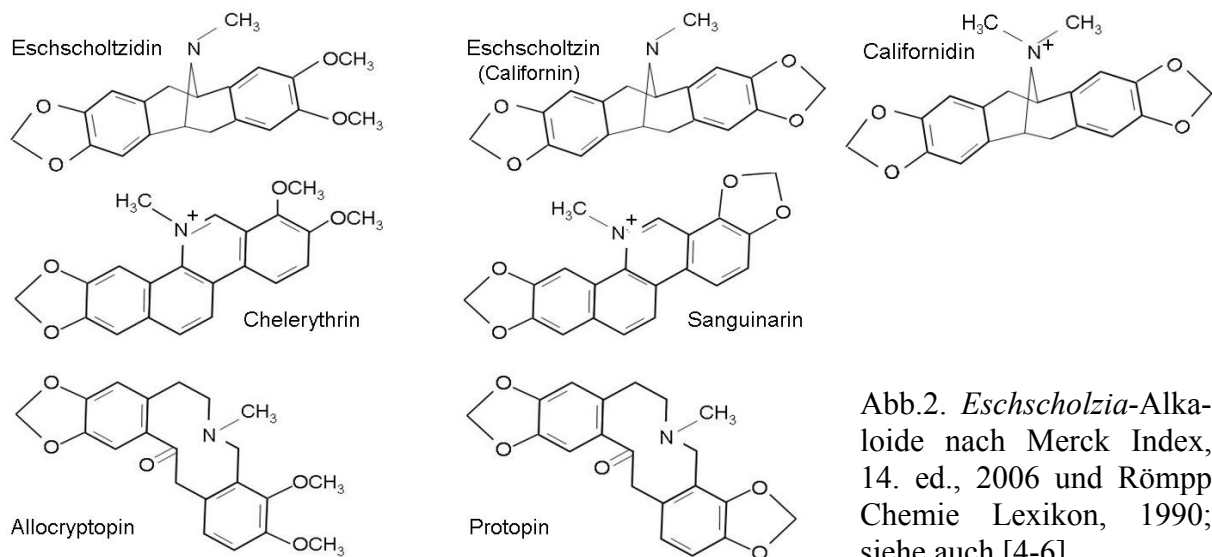


Abb.2. *Eschscholzia*-Alkaloide nach Merck Index, 14. ed., 2006 und Römpp Chemie Lexikon, 1990; siehe auch [4-6].

Der Goldmohn wurde bereits von den Ureinwohnern Amerikas als Rausch- und Heilmittel verwendet. Er gilt als „Legal High“ und Marihuana-Ersatz [4,5]. Verglichen mit Schlafmohn (*Papaver somniferum*, s. u.) hat er eine andere Wirkung auf das ZNS, wirkt mild psychoaktiv, krampflösend und analgetisch. Ein deutsches Patent beschreibt die Verwendung von *E. californica* Extrakten aus den oberirdischen Pflanzenteilen zur Behandlung von Depressionen [7]. In der Schweiz wurde 2008 ein Phytopharmakon zur Behandlung nervöser Anspannung und bei leichten Schlafproblemen zugelassen: Arkocaps Escholtzia Kapseln mit 300 mg Pulver von blühenden *E. californica* Kraut [8]. Weitere Präparationen in [4].

Schöllkraut (*Chelidonium majus*) aus der monotypischen Gattung *Chelidonium* wird bis 100 cm hoch, ist wollig behaart, bildet einen gelb-orangefarbenen Milchsaft und blüht von April-Oktober in lang gestielten Dolden mit goldgelber Blütenkrone an Wegen und Feldrainen [4]. Droge sind Blätter und Wurzel mit bis zu 20 Alkaloiden (u. a. Chelidonin, Chelerythrin, Sanguinarin und Coptisin), die in Menge und Zusammensetzung stark variieren [4]. Chelidonin wirkt sedativ, krampflösend und schwach analgetisch (Schöllkrauteinsatz bei Gallenwegserkrankungen) [4]. Sanguinarin wirkt antibiotisch (Antiplaquemittel in Zahnpflegemitteln) [4]. Die Anwendung des Milchsafts gegen Warzen hat dem Schöllkraut den Namen Warzenkraut eingebracht.



Abb. 3. Schöllkraut (*C. majus*), aus Thomè OW (1885-1905) Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz in Wort und Bild für Schule und Haus. (Repro: <http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de>).



Hornmohn (*Glaucium*) ist eine Gattung aus der Familie der Mohngewächse, nach Plinius d. Ä. (23/24-79) „eine dem Schöllkraut ähnliche Sippe mit blaugrün schimmernden Laubblättern und Milchsaft“. Gelber Hornmohn (*Glaucium flavum*, Abb.3) wächst im Mittelmeerraum auf



Schutzplätzen und in Strandnähe, trägt dickfleischige, kräftig grüne Laubblätter und blüht von Juni bis September zitronengelb. Hauptwirkstoffe sind das Aporphin-Alkaloid Glaucin neben O,O-Dimethylglaucin, Magnoforin und Glauciflavin [5,9]. In Bulgarien findet Glaucin als Antitussivum medizinische Anwen-

dung. Nebenwirkungen sind Halluzinationen, Erbrechen und Schwindelgefühle [9]. Roter Hornmohn (*Glaucium corniculatum*, Abb. 4) blüht rot oder orange, oft mit schwarzem Fleck im Grund.

Mexikanischer Stachelmohn (*Argemone mexicana*, Abb. 5) ist ein bis 100 cm hohes, einjähriges Mohngewächs mit zitronengelben-orangefarbenen Blüten. Giftig sind besonders der Milchsaft und die Samen, die Berberin, Protopin, Sanguinarin und Chelerythrin (Abb. 2) enthalten [5].



Abb. 3-6. Gelber und Roter Hornmohn (*Glaucium flavum*, oben und *Glaucium corniculatum*, Mitte), Mexikanischer Stachelmohn (*Argemone mexicana*, unten links) und Blutwurzeln (*Sanguinaria canadensis*, unten rechts). (Fotos: <http://de.wikipedia.org>; Zeichnung: Thomè OW (1885-1905) Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz in Wort und Bild für Schule und Haus. Repro: <http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de>).



Die Kanadische Blutwurz (*Sanguinaria canadensis*, lat. sanguis = Blut wegen des roten Wurzelsaftes) wächst als Bodendecker in Laubmischwäldern und blüht auf 12-15 cm langen Stielen von März bis Mai (Abb. 6). Droge ist vor allem der Wurzelstock, der bis zu 9%, in der Regel 3-4% (Trockengewicht), Benzylisochinolinalkaloide enthält. Hauptalkaloid ist Sanguinarin. Daneben kommen Allocryptopin, Chelerythrin, Dihydrosanguilutin, Protopin und Sanguidimerin in stark schwankenden Mengen und Zusammensetzungen vor [4]. Die pharmakologische Wirkung wird vor allem auf Sanguinarin zurück geführt. Dessen Antiplaque-Wirkung in Zahnpflegemitteln gilt als gesichert [4]. Die Droge soll außerdem expectorierende, spasmolytische, emetische, abführende und herzwirksame Eigenschaften besitzen [4].

Der Klatschmohn (*P. rhoeas*), eine ein- bis zweijährige, bis 90 cm hohe krautige Pflanze, blüht von Mai bis Juli auf Brachen und (Getreide)Äckern [4]. Droge sind die Blüten (Rhoeados flos) mit einem fetten Öl als Inhaltsstoff. Es enthält ca. 68% Linol- und 22% Ölsäure neben ca. 9% gesättigten Fettsäuren und vielen Alkaloiden (um 0,1%), aber keine Opium-Alkaloide. Hauptalkaloid ist Rhoeadin [4].

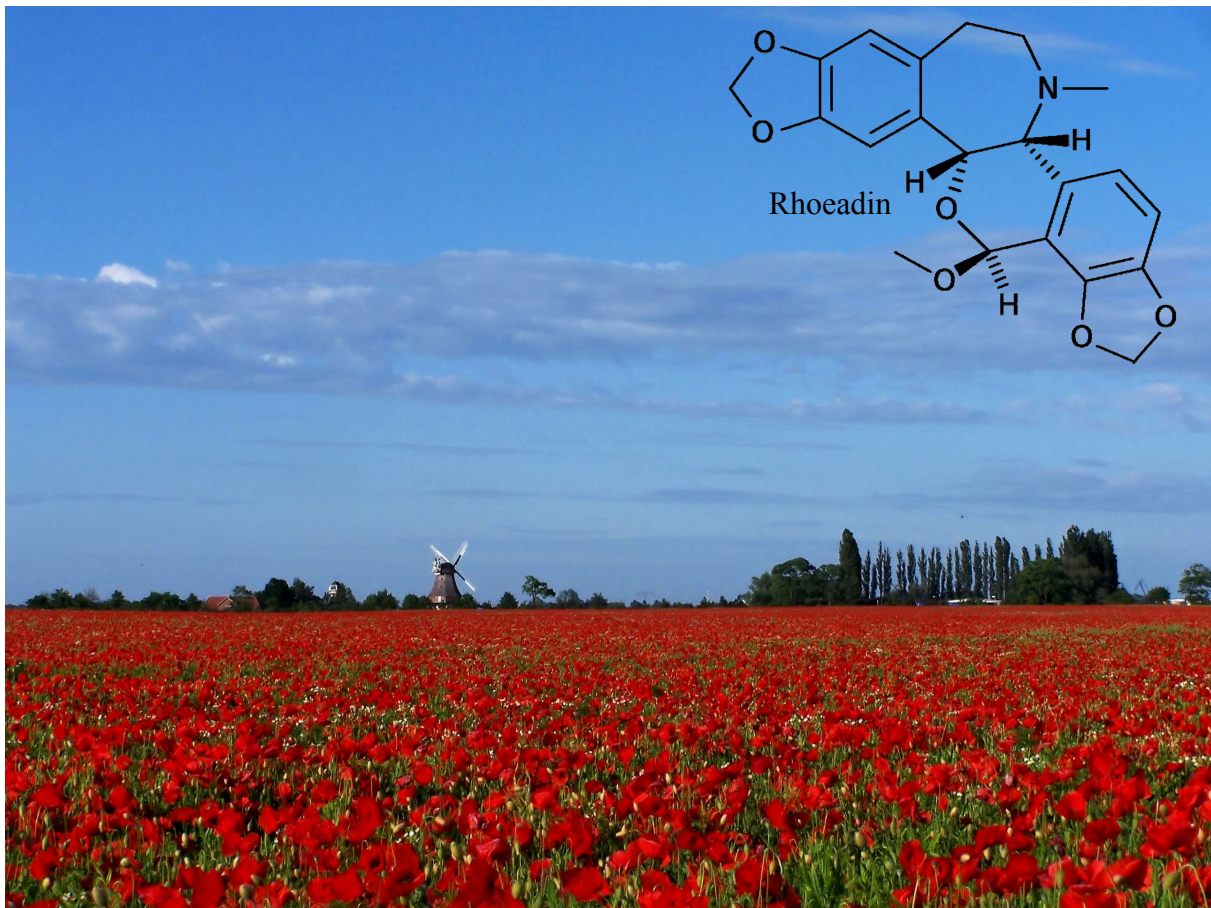


Abb. 7. Klatschmohn-Feld (*P. rhoeas*) bei Lichtenhagen (Foto mit freundlicher Genehmigung von Christian Pagenkopf, Rostock; Formel: <http://de.wikipedia.org/wiki/Rhoeadin>, 21.03.2012).

Die Droge wird als Teeaufguss (1g/Tasse), Schönungsmittel in Teemischungen und Farbkorigenz (Sirupus Rhoeados) verwendet [4]. In der Literatur sind Intoxikationsfälle bei Kindern und bei Säugetieren beschrieben, von denen Klatschmohn verzehrt wurde. So können bei Weidevieh bei Aufnahme größerer Mengen Klatschmohns während der Blütezeit unter anderem zentralnervöse Erregungen, Krämpfe und sogar Bewusstlosigkeit auftreten [10].

Arznei-Mohn (*Papaver bracteatum*), der „deckblättrige“ oder Armenische Mohn, enthält im Milchsaft viel Thebain (Abb. 10). Es wurde 1833 vom französischen Chemiker Pierre Joseph Pelletier (1788-1842) isoliert und leitet den Namen von der altägyptischen Stadt Theben ab. Die Strukturaufklärung (wie auch für Morphin und Codein) gelang Clemens Schöpf (1899-1970) [11,12]. Der hohe Thebain-Gehalt macht *P. bracteatum* für die pharmazeutische Industrie als Ausgangsmaterial für die Morphin- und Codeinsynthese interessant [5].

Türkischer Mohn (*P. orientale*), Orientalischer Mohn, gilt als beliebte Zierpflanze mit einer Wuchshöhe bis 100 cm und meist roten, aber auch weißen und orangefarbenen großen Blüten (Ø 10-15 cm). Der Kapsel- und Milchsaft enthält bis 3% Alkaloide, unter ihnen Oripavin und dessen Methylverbindung Thebain [5]. Thebain (Paramorphin) wirkt stärker narkotisch und weniger analgetisch als Morphin. Mit der 1. BtMÄndV (1984) wurde die Nutzung als Zierpflanze zugelassen.

Der Schlafmohn (*Papaver somniferum*, lat. somniferum = Schlaf bringend) stammt ursprünglich aus dem östlichen Mittelmeerraum und stellt eine der ältesten Kulturpflanzen dar. Er ist ein einjähriges Kraut mit einer Wuchshöhe von 30 cm bis 1,5 m und einer Pfahlwurzel. Endständig auf steifhaarigen Stielen befinden sich aufrechte Blüten mit zwei grünen Kelchblättern und vier weißen oder purpurfarbenen Kronenblättern, die am Grund lila, bläulichrot oder schwarz sind. Die Frucht ist eine vielfächerige Kapsel mit weißem Samen. Es gibt zahlreiche Zuchtsorten, die sich in ihrem Alkaloidgehalt unterscheiden. Details hierzu in [4].



Abb. 8. Schlafmohn (*Papaver somniferum*). (Zeichnung: Köhler's Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen und kurz erläuterndem Texte. Verlag Fr. Eugen Köhler, Gera-Untermhaus, 1883-1914; Reproduktion unter <http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/koehler>. Briefmarken: Sammlung Giebelmann, Fotos: T. Arndt).



Über den Schlafmohn sind die Schriften Legion [13-15]. Er war das Symbol des griechischen Traumgottes Morpheus, nach dem das Morphin (Struktur in Abb. 10) heißt. Kreta verehrte eine Mohn Göttin mit seherischen Fähigkeiten [5]. Auf Morpheus' Flügel nimmt Christoph August Tiedge (1752-1841) in seinem Epigramm „Bav“ spöttischen Bezug:

„Bav strebt ins Reich der Phantasie hinüber;  
Das Opium soll ihm dazu Flügel leihn,  
Jedoch der Mohnsaft ging in seine Schriften über,  
Denn seine Leser schlafen sein.“

Opium (griech. Opion, „Saft“; arab. Afium; pers. Afinu) wird aus den grünen Mohnkapseln durch Anritzen als erhärtender brauner Milchsaft gewonnen, der dann zu „Opiumbroten“ geknetet wird (Details in [4]). Als schmerzstillendes Therapeutikum setzten es bereits die Sumerer (etwa 3. Jahrtausend v. u. Z.), später auch die Ägypter und Griechen ein. So beschrieb Theophrastos von Eresos auf Lesbos (372-287 v. u. Z.) ein Verfahren zur Opiumgewinnung. Der griechische Arzt Nikandros aus Kolophon (um 200 v.u.Z.) nannte den Mohnsaft „Lacrimae papaveris“ und erwähnte als erster den Theriak, ein aus zahlreichen Komponenten bestehendes „Universalheilmittel“. Der berühmteste Arzt des Altertums Hippokrates von Kos (um 460-370 v. u. Z.) setzte Mohn als Heilmittel ein, wie es auch Celsus (um 50 v. u. Z.), Galen (ca. 131-201), Strabo (808-849), Avicenna (980-1037) und Paracelsus (1493-1541) beschrieben. Im Antidotum Mithridaticum war ebenfalls Opium enthalten. Es bezieht sich auf den König von Pontos, Mithridates VI Eupator (132-63 v. u. Z.). Paracelsus und der englische Arzt Thomas Sydenham (1624-1689) verwendeten eine „Laudanum“ genannte Opiumtinktur gegen Schmerzen, Erbrechen und Durchfall. Das Opiumalkaloid Laudanosin ist ein Benzylisochinolin-Derivat: N-Methyltetrahydropapaverin [3].

In den „Venetianischen Epigrammen“ meint Goethe (1749-1832) „Göttlicher Morpheus, umsonst bewegst du die lieblichen Mohne; Bleibt das Auge doch wach, wenn es Amor nicht schließt.“



Die missbräuchliche Verwendung von Rauchopium (Tschandu) ist hauptsächlich in Asien verbreitet. Die Beschreibung einer Opiumschänke auf Java ist bereits im 19. Jahrhundert von Friedrich Gerstäcker (1816-1872) überliefert. Ganz ähnliche Beobachtungen machte der Toxikologe Louis Lewin (1850-1929) in der „Chinatown“ von San Francisco [14].

Einer der bekanntesten europäischen Opiumraucher war Jean Cocteau (1889-1963). In seinem Gedicht „Batterie“ heißt es (dt. von K. Möckel):

„Sonne, ich bete dich an wie der Wilde  
Platt auf dem Bauch in fernem Gefilde (...)  
Buffalo Bill, Sonne, Zirkusstern, Funken,  
Stärker als Opium machst du trunken (...).“

Abb. 9. Opiumhöhle. Titelblatt des Le Petit Journal July 5, 1903. (Reproduktion unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Opiumh%C3%B6hle>).

In Europa war noch eine andere Form des Opiummissbrauchs zu beobachten, wie die „Bekennnisse eines Opiumessers“ von Thomas von Quincey (1785-1859) belegen. Der dort beschriebene „Morphinhunger“ ist ein typisches Entzugssymptom. Heinrich Heine (1797-1856) drückt 1855 in seinem Gedicht „Morphine“ eigene schmerzliche Erfahrungen aus:

„...Gut ist der Schlaf, der Tod ist besser – freilich das Beste wäre, nie geboren zu sein.“

Bei William Shakespeare (1564-1616) heißt es in „Othello“, 3. Aufzug, 3. Szene:

„Mohnsaft nicht, noch Mandragora,  
Noch alle Schlummerkräfte der Natur,  
Verhelfen je dir zu dem süßen Schlaf,  
Den du noch gestern hattest.“

Alkaloide können bis 25% zur Opiummasse beitragen. Sie sind größtenteils an Mekonsäure sowie an Fumarsäure, Milchsäure und Schwefelsäure gebunden und entstehen häufig erst im Trocknungsprozess durch Oxidation, Hydrolyse und Razemisierung. Etwa 20 Alkaloide sind genuin. Morphin, Codein (nach dem Mohn-„Kopf“, griech. kodeia), Thebain, Papaverin und Noscapin (alte Bez. Narcotin) sind die quantitativ wichtigsten [4] (Strukturen in Abb. 10). Friedrich Wilhelm Sertürner (1783-1841) isolierte 1806 das von ihm benannte Morphium (Morphin) als erstes Alkaloid überhaupt [16,17]. Der schottische Arzt Alexander Wood (1817-1884) injizierte als einer der Ersten Morphin subkutan. Massenverwendung erfuhr diese Therapie der Schmerzbekämpfung im amerikanischen Bürgerkrieg (1861 – 1865) sowie im Deutsch-Französischen Krieg (1870/71). Die korrekte Summenformel des Morphins ermittelte Auguste Laurent (1807-1855) im Jahr 1848. Bis zur gesicherten Konstitutionsformel vergingen noch 77 Jahre. Im Jahr 1952 gelang Marshall D. Gates und G. Tschudi die Totalsynthese des Morphins.

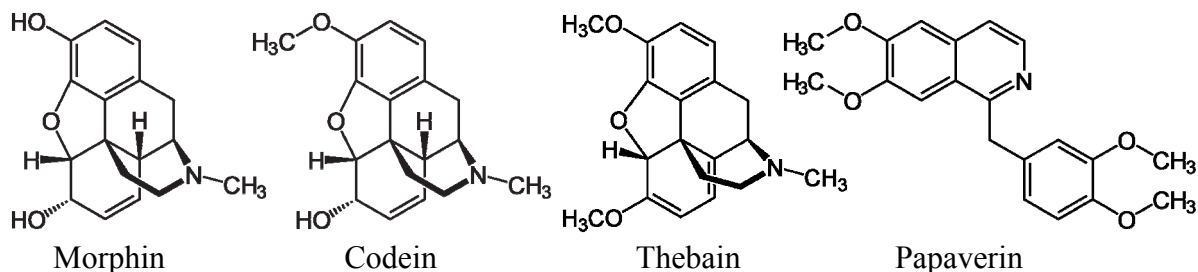
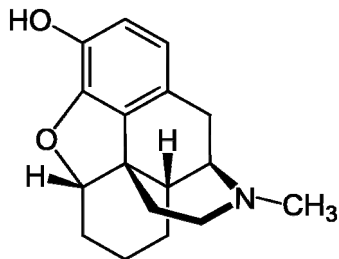


Abb. 10. Wichtige Opium-Alkaloide (Strukturformeln aus <http://de.wikipedia.org.../wiki/Morphin>, [.../wiki/Codein](http://de.wikipedia.org.../wiki/Codein), [.../wiki/Thebain](http://de.wikipedia.org.../wiki/Thebain), [.../wiki/Papaverin](http://de.wikipedia.org.../wiki/Papaverin), 21.03.2012).

Morphin und Eschscholtzin (= Californin, Abb. 2) und deren Derivate sind Benzyl-isochinolin-Alkaloide. Das Morphin-Molekül ist asymmetrisch, das Pavin-Molekül, von dem sich das Californin ableitet, ist symmetrisch [18].

Der Wirkstoff Morphin hat als Analgetikum auch in der heutigen Zeit noch eine große Bedeutung [4]. Neueste Forschungsergebnisse zeigen, dass Morphin auch von Säugetieren und dem menschlichen Organismus gebildet werden kann [19,20]. In den letzten Jahrzehnten wurden zahlreiche weitere, bei Mensch und Tier wirksame, endogene Opiode in ihrer chemischen Struktur aufgeklärt [21].

Die wichtigste medizinische Indikation für Codein basiert auf den antitussiven Eigenschaften dieses Wirkstoffs [4]. Da Codein nach Aufnahme im menschlichen Körper teilweise zu Morphin metabolisiert wird, werden hohe Dosen Codein von Opiatabhängigen oft missbräuchlich genutzt, wenn sie kein Heroin, Morphin oder ein anderes Substitutionsmittel zur Verfügung haben. Verglichen mit Morphin ist Codein weit weniger toxisch. Andererseits sind auch Todesfälle nach Einnahme hoher Dosen von Codein, oft in Kombination mit Alkohol und/oder anderen Medikamentenwirkstoffen in der Literatur beschrieben [22].



In jüngster Zeit ist in der Drogenszene ein stark wirksames Opioid mit dem Namen Krokodil, auch Krok genannt, bekannt geworden, das den Wirkstoff Desomorphin (Synonyme: Dihydrodesoxymorphin, Permonid® (Roche), Struktur in nebenstehender Abbildung) enthält. Die Synthese wurde in einem US-Patent beschrieben [23-25].

Abb. 11. Desomorphin (Strukturformel aus <http://de.wikipedia.org/wiki/Desomorphin>, 21.03.2012).

Im deutschen BtmG ist der Wirkstoff Desomorphin (= Dihydrodesoxymorphin) in die Anlage I (zu § 1 Abs.1) als nicht verkehrsfähiges Betäubungsmittel eingeordnet (BGBl I 2001, 1180-1186), in den USA in die US-Schedule I controlled substances. Die sedativen und analgetischen Wirkungen von reinem Desomorphin sind etwa 8 bis 10mal stärker als die des Morphin [4,26]. Bei der illegalen Herstellung auf der Basis von Codein, Iod und rotem Phosphor wird ein Rohprodukt erhalten, das mit stark toxischen Nebenprodukten verunreinigt ist. In Russland gilt Krokodil als Droge der Armen, ein oft tödlich wirkender Cocktail aus Codein, Benzin, Phosphor (aus Zündholzköpfen leicht zu präparieren) und Schwermetallen, der von den Junkies als Heroinersatz injiziert wird. Die grünlich-graue Verfärbung der Injektionsstelle ähnelt der einer Krokodilhaut (daher der Name). Die Injektion dieses unreinen Produktes kann zu schweren Gewebeschäden mit Nekrosen bis zu Gangränen und sogar zum Tod durch Organversagen führen [26,27]. So erhält der abschließende Spruch eine makabre Aktualität:

„Sende lethäischen Mohn zum Totengeschenke dem Orpheus.“

Vergil (70-19 v.u.Z.) Georgicon

## Literatur

- [1] Schmeil O, Fitschen J. Flora von Deutschland und angrenzender Länder, 94. Aufl. Edit. Seybold S, Quelle & Meyer, Wiebelsheim, 2009.
- [2] Genaust H. Etymologisches Wörterbuch der botanischen Pflanzennamen. 3. Aufl., Birkhäuser, Basel, 1996, Nachdruck Nikol, Hamburg, 2005.
- [3] Roth L, Daunderer M, Kormann K. Giftpflanzen Pflanzengifte. Nikol, Hamburg, 4. Aufl., 1994.
- [4] Hager ROM 2003. Hagers Handbuch der Drogen und Arzneistoffe. CD-ROM, Springer, 2003.
- [5] Rätsch C. Enzyklopädie der psychoaktiven Pflanzen. AT Verlag, Aarau, 2007.
- [6] Sidjimov AK. Biosynthesis of Isonorargemonine, Eschscholtzidine, and 4-Hydroxy-eschscholtzidine in *Thalictrum minus*. *Planta Medica* 1997;63:533-535.



- [7] WO/2000/027412 (18.05.2000) Boehringer Ingelheim International GmbH: Erf. Espe-  
rester, Anke: Verwendung von Extrakten von *Eschscholzia californica* zur Herstellung  
von Arzneimitteln zur Behandlung von Depressionen. PCT/EP1999/007147  
(25.09.1999).
- [8] <http://www.swissmedic.ch/zulassungen/00171/00181/00840/index.html?lang=de>
- [9] Meyer GMJ, Meyer MR, Wissenbach DK, Maurer HH. Studies on the Metabolism and  
toxicological detection of glaucine, an aporphine alkaloid from *Glaucium flavum* (Papa-  
veraceae), in rat urine using GC-MS and LC-MS<sup>n</sup>. Toxichem Krimtech 2011;78(Special  
issue):278-280.
- [10] Pahlow M. Das große Buch der Heilpflanzen. Überarbeitete Neuausgabe, Gräfe u. Unzer,  
München, 1999. siehe auch <http://de.wikipedia.org/wiki/Klatschmohn>, 07.03.2012.
- [11] Schöpf C. Die Konstitution der Morphinumalkaloide. Liebigs Ann Chem 1927;452(1):  
211-267.
- [12] Schöpf C. Zur Frage der Biogenese der Morphinumalkaloide. Naturwissenschaften 1952;  
39(11):241-243.
- [13] Giebelmann R. Genuß und Sucht – Kulturgeschichtlicher Streifzug. Shaker, Aachen,  
1997.
- [14] Giebelmann R. Toxische Inhaltsstoffe in Pflanzen und Pilzen. Naturwissenschaftliches  
und Kulturgeschichtliches. Shaker, Aachen, 1998.
- [15] Seefelder M. Opium, eine Kulturgeschichte, Antike, Arabien, China, Wirkungsweise,  
Chemie und Drogen heute. 3. Auflage, Nikol, Hamburg, 1996.
- [16] Piehler A. Leben und Werk des F. W. A. Sertürner. Dissertation, Medizinische Fakultät,  
Universität Leipzig 1999.
- [17] Kupfer A. Göttliche Gifte. Aufbau Taschenbuch Verlag, Berlin 2002.
- [18] Roth HJ. Symmetrische Alkaloide. Deutsche Apotheker Zeitung, 2010;150:2073-2076.
- [19] Kosterlitz HW. Biosynthesis of morphine in the animal kingdom. Nature 1987;330  
(6149):606.
- [20] Grobe N. Biosynthesis of morphine in mammals. Dissertation, Universität Halle-Witten-  
berg, Naturw. Fakultät I Biowissenschaften (2009); <http://digital.bibliothek.uni-halle.de/hs/content/>.
- [21] Hill RG. Endogeneous opioids and pain: a review. J R Soc Med 1981;74:448-450.
- [22] Clarke's Analysis of Drugs and Poisons, 3<sup>rd</sup> Edit., Moffat AC, Osselton MD, Widdop B,  
Galichet LY, eds, Vol 2, p. 845-847, Pharmaceutical Press, London (2004).
- [23] US Patent 1980972 Small, Lyndon Frederick, Morphine Derivative and Processes for its  
Preparation (19.7.1934).
- [24] Small LF, Yuen KC, Eilers LK. The catalytic hydrogenation of the halogenomorphides:  
dihydrodesoxymorphine-D. J Am Chem Soc 1933;55: 3863-3870.
- [25] Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis. Band 4, 5. Aufl., Berlin (1998).
- [26] <http://en.wikipedia.org/wiki/desomorphine>, 15.03.2012.
- [27] SPIEGELONLINE vom 11. Oktober 2011: Todesdroge Krokodil erreicht Deutschland  
<http://www.spiegel.de/panorama/justiz/0,1518,druck-791273,00.html>.