



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

„Flüchtige Verbindungen und antimikrobielle Wirkung  
ausgewählter Harze und Balsame von A-J“

verfasst von

Lisa Takler

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Pharmazie (Mag.pharm.)

Wien, 2015

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 449

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Diplomstudium Pharmazie

Betreut von:

Doz. Mag. DDr. Sabine Krist



# Inhaltsverzeichnis

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| I. Einleitung.....                                        | 5   |
| II. Allgemeines zu Harzen, Balsamen und Gummiharzen ..... | 7   |
| III. Beschreibung ausgewählter Harze und Balsame .....    | 11  |
| 1. Balsame.....                                           | 11  |
| 1.1. Cabureibabalsam.....                                 | 11  |
| 1.2. Cativobalsam.....                                    | 14  |
| 1.3. Hardwickiabalsam.....                                | 17  |
| 2. Harze .....                                            | 20  |
| 2.1. Adlerholz.....                                       | 20  |
| 2.2. Akaroidharz.....                                     | 30  |
| 2.3. Aloeharz .....                                       | 34  |
| 2.4. Bernstein .....                                      | 40  |
| 2.5. Drachenblut.....                                     | 43  |
| 2.6. Fichtenharz.....                                     | 50  |
| 2.7. Föhrenharz .....                                     | 56  |
| 2.8. Guajakharz .....                                     | 60  |
| 2.9. Guayule .....                                        | 65  |
| 2.10. Haschisch.....                                      | 71  |
| 2.11. Hopfenharz .....                                    | 84  |
| 2.12. Jalapenharz .....                                   | 93  |
| 3. Gummiharze.....                                        | 98  |
| 3.1. Ammoniacum.....                                      | 98  |
| 3.2. Asafoetida .....                                     | 105 |
| 3.3. Galbanum .....                                       | 112 |
| 3.4. Guggul.....                                          | 117 |
| 3.5. Gummi arabicum .....                                 | 123 |
| 3.6. Gummigutt .....                                      | 127 |
| IV. Diskussion.....                                       | 133 |
| V. Abbildungsverzeichnis.....                             | 135 |
| VI. Literaturverzeichnis .....                            | 137 |
| Abstract .....                                            | 149 |
| Lebenslauf.....                                           | 150 |



# I. Einleitung

In dieser Diplomarbeit werden 21 Harze und Balsame vorgestellt und auf deren Synonyme, Stammpflanzen, allgemeine Beschreibung, Herkunft, Gewinnung, Inhaltsstoffe, Verwendung, antimikrobielle Wirkung und unerwünschte Wirkungen näher eingegangen. Der Schwerpunkt dieser Literaturdiplomarbeit liegt bei den flüchtigen Verbindungen und der antimikrobiellen Wirkung.

Harze und Balsame erlebten zu letzt Ende des 19. Jahrhunderts bis Anfang des 20. Jahrhunderts einen Aufschwung, wo viele Berichte und Bücher über deren Wirkung und Inhaltsstoffe geschrieben wurden. Die Namensgebung der Harze und Balsame sorgte schon damals für große Verwirrung, da es keine einheitlichen Bezeichnungen gab und für ein und dasselbe Harz viele Namen im Umlauf waren. Das Harz Drachenblut beispielsweise kann von drei verschiedenen Pflanzengattungen gewonnen werden, wodurch sich je nach Herkunftsland unterschiedliche Bezeichnungen ergeben (Langenheim 2003, S 441).

Harze und Balsame haben eine lange Tradition in der Volksheilkunde. Dennoch sind sie in den letzten hundert Jahren zunehmend in Vergessenheit geraten. Aufgrund ihrer klebrigen Eigenschaften wurden sie oftmals zur Herstellung von Heftpflastern oder Verbänden eingesetzt. Darüber hinaus wurden die Harze und Balsame gerne mit Schweineschmalz oder anderen fetten Grundlagen vermischt und somit Salben zur Wundheilung oder Hautreizungsmitteln hergestellt. Innerlich wurden sie als Abführmittel, Stomachikum, bei Atemwegserkrankungen und vielen anderen Krankheiten eingesetzt (Teuscher et al. 2004, S. 428).

Die heutige Verwendung der Harze und Balsame beschränkt sich leider oftmals auf die Anwendung als Räucherwerke oder als Parfümzusatz (Teuscher et al. 2004, S. 428). Glücklicherweise steigt mittlerweile wieder das Interesse an den Pflanzenausscheidungsprodukten und es werden wieder zunehmend Studien über mögliche Wirkungen publiziert. Das Ziel dieser Diplomarbeit war es einen Überblick über diese Anwendungsformen und speziell über die antimikrobielle Wirkung aufzuzeigen, deren Effekt oftmals auf das Vorhandensein von ätherischen Ölen zurückzuführen ist.

Aufgrund der weltweit zunehmenden Antibiotikaresistenz, die sich durch eine steigende Widerstandsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit der Bakterien gegen die gängigen Antibiotika auszeichnet, ist es umso wichtiger neue antimikrobielle Quellen zu erforschen (<http://www.euro.who.int/de/health-topics/disease-prevention/antimicrobial-resistance/antibiotic-resistance>). Viele der hier beschriebenen Harze und Balsame zeigen auf diesem Gebiet großes Potential und könnten in der Zukunft von großem medizinischem Wert sein.



## II. Allgemeines zu Harzen, Balsamen und Gummiharzen

### Definition:

Harze sind Vielkomponentengemische lipophiler, amorpher, fester und nichtflüchtiger Verbindungen. Sie werden vorwiegend von Pflanzen (selten auch Tieren) gebildet. Sofern sie in reiner Form vorliegen ist ihre äußere Erscheinung glasartig durchsichtig. Sie können aber auch von gelber, roter oder brauner Farbe sein. Harze sind gewöhnlich bei Raumtemperatur fest und verflüssigen sich durch zunehmendes Erhitzen (Teuscher et al. 2004, S. 427).

Balsame sind Harzmischungen, in denen das Harz gelöst im ätherischen Öl natürlich vorkommt (Teuscher et al. 2004, S. 427).

Gummiharze bestehen aus einer Mischung von Harzen und Balsamen in Schleimstofflösungen (Teuscher et al. 2004, S. 427).

### Beschreibung und Einteilung:

Harze und Balsame sind entweder Ausscheidungsprodukte gesunder Pflanzen oder sie dienen als Wundverschluss und werden erst nach einer Verletzung gebildet. Gesunde Pflanzen lagern ihr Harz in schizogenen oder auch schizolysigenen Ölbehältern und Ölgängen ab. Unter schizogenen Ölbehältern versteht man große, kugelige Hohlräume, die durch das Auseinanderweichen von Zellen gebildet werden. Solche schizogenen Ölbehälter werden vor allem von Umbelliferen zB *Asa foetida*, *Ammoniacum* etc. gebildet. Aber auch beispielsweise von der Familie der *Pinaceae*. Unter schizolysigenen Behältern versteht man die Bildung von Sekreträumen durch Auflösung von bestimmten Zellen. Balsame findet man vorwiegend in solchen schizolysigenen Behältern. Die wichtigsten Balsame findet man bei den *Caesalpiniaceae* (Hänsel und Sticher 2010, S. 101-102).

Aufgrund ihrer lipophilen Eigenschaften ist die Löslichkeit in Wasser nicht gegeben, allerdings lösen sich Harze und Balsame gut in apolaren Lösungsmitteln (z.B. Diethylether, Methylenchlorid und teilweise auch in Ethanol). Gummiharze hingegen weisen hydrophile Lösungseigenschaften auf und lösen sich nur zum Teil in lipophilen Lösungsmitteln. In Verbindung mit Wasser vereinigen sich Gummiharze zu einer Suspension. Harze im Allgemeinen verströmen keinen Geruch und sind auch geschmacklos. Allerdings enthalten einige ätherische Öle, die ihnen einen unverkennbaren Geruch verleihen (Teuscher et al. 2004, S. 427).

### Einteilung:

In der Literatur findet man viele Möglichkeiten die Harze einzuteilen. Ich beschränke mich hier auf die Einteilung nach Hunnius und Burger 1998, S. 643:

Nach Konsistenz:

- Hart-Harze (*Resinae*): z.B. Kolophonium, Mastix, Kopal, Sandarak
- Weich-Harze: z.B. Elemi, Terpentin, Copaivabalsam
- Gummiharze: z.B. Ammoniacum, Galbanum, Asa foetida
- Fossile Harze: z.B. Bernstein, Erdwachs

Nach Beschaffenheit:

- Terpenharze: bestehen vorwiegend aus Triterpenalkoholen und Resinolsäuren, z.B. Kolophonium, Dammar, Elemi
- Benzharze: beinhalten vorwiegend veresterte Phenylpropankörper, wie Zimtsäure, Ferulasäure, Lignane, Coniferylalkohol, Xanthone und Coumarinpolymerisate, z.B. Ammoniacum, Guajakharz
- Gummiharze: bestehen zu 1 – 2 ⅓ aus Terpen- und/oder Benzharz und der Rest aus ätherischen Ölen und Polysacchariden, z.B. Myrrhe

Vorkommen:

Harz liefernde Pflanzen und Bäume findet man weltweit im ganzen Pflanzenreich verstreut. Sowohl monokotyledone als auch dikotyledone Pflanzen und Koniferen sind in der Lage Harz zu produzieren. Die Ausnahme bilden Familien mit krautigen Gewächsen, hier findet man nur sehr selten harzbildende Pflanzen.

Zu den wichtigsten Familien gehören nach Steinegger und Hänsel 1972, S. 383:

- Pinaceae (z.B. Kolophonium, Kanadabalsam)
- Burseraceae (z.B. Elemi, Myrrhe, Weihrauch)
- Styracaceae (z.B. Benzoe)
- Anacardiaceae (z.B. Mastix)
- Fabiaceae/Papilionaceae (z.B. Perubalsam, Tolubalsam)
- Apiaceae/Umbelliferae (z.B. Galbanum, Ammoniacum, Asa foetida)

Gewinnung:

Ein großer Teil der sich im Handel befindlichen Harze sind reine Naturprodukte, die von den Menschen nur aufgesammelt werden müssen. Dazu zählen zum Beispiel das Akaroidharz, Myrrhe, Olibanum, usw.

Eine weitere Gruppe von Pflanzen produziert erst durch eine Verwundung von außen eine ausreichende Menge an Harz. Dazu zählen unter anderem das Adlerholz, Asa foetida, usw.

Darüber hinaus gibt es auch so genannte Kunstprodukte. Darunter versteht man Harze wie zum Beispiel das Drachenblut, welches aus den harzproduzierenden Pflanzenteilen ausgeschmolzen wird und anschließend in künstlichen Formen (Tränen, Stäbchen, Brocken) in den Handel kommt. Ein weiteres Beispiel hierfür wäre das Guajakharz,

welches durch Auskochen des Holzes oder durch Anbohren und anschließendem Erhitzen gewonnen wird.

Es gibt vielfältige Möglichkeiten der Harzgewinnung, die sich je nach Entstehungsort des Harzes im Pflanzenkörper ergeben (Wiesner 1869, S. 94-95).

## Inhaltsstoffe:

Harze bestehen chemisch gesehen aus einer Mischung aus terpenoiden Substanzen und aromatischen Verbindungen. Sie sind dadurch mit ätherischen Ölen vergleichbar. Die Hauptbestandteile sind nach Hunnius und Burger 1998, S. 643:

- Resinolsäuren (Harzsäuren): darunter versteht man hydroaromatische Di- und Triterpene, wie z.B. die Abietinsäure.
- Resinole (Harzalkohole): dazu gehören die Triterpenalkohole und Phenylpropanderivate
- Resinotannole: dazu werden Phenole sowie Hydroxyverbindungen mit Gerbstoffcharakter gezählt
- Resine: darunter versteht man Ester von Resinolsäuren und Resinolen
- Resene: eine Gruppe von indifferenten und amorphen Substanzen, welche häufig sauerstoffhaltig und kohlenstoffreich sind
- Andere Bestandteile: ätherische Öle, Bitterstoffe, Schleime, Gummen

## Verwendung:

Harze und Balsame können eine sehr lange traditionelle Verwendung aufweisen. Die alten Griechen nutzten die Klebrigkeit verschiedener Baumharze aus, um ihre Boote und Fässer abzudichten. Balsame erwiesen sich hier als besonders geeignet, da sie durch ihren Gehalt an ätherischem Öl länger zähflüssig und klebrig blieben. Da viele Harze und Balsame beim Verbrennen aromatische Düfte verströmen, wurden sie bei vielen Kulthandlungen und religiösen Zeremonien als Räuchersubstanzen verwendet. Die alten Ägypter benutzten des Weiteren Balsame (besonders den Mekkabalsam) zur Einbalsamierung ihrer Verstorbenen.

Auch ist bekannt, dass Harze und Balsame eine lange Tradition als Lack- und Farbmittel aufweisen können. Darüber hinaus wurden sie gerne zur Parfümierung und Aromatisierung von Speisen eingesetzt. Durch das Aufkommen der Automobilindustrie gewann zunächst Kautschuk zur Herstellung von Gummi an zunehmender Bedeutung. Jedoch wurde der Naturkautschuk bald durch Gummi auf Erdölbasis abgelöst (Munk 2008, S. 505-506).

Die heutige Verwendung beschränkt sich leider oftmals auf die Anwendung als Räucherwerk. Dem abziehenden Rauch werden nicht nur beruhigende und entspannende Wirkungen nachgesagt, sondern auch antiseptische und antimikrobielle Effekte. Besonders beliebt unter den Räucherharzen sind die Harze Weihrauch und Myrrhe. Das Terpenharz Weihrauch, das von den Stammpflanzen *Boswellia sacra* und *Boswellia*

*carteri* produziert wird, wird schon seit vorchristlicher Zeit zum Räuchern angewendet. Der Rauch wirkt entspannend, antibakteriell und führt durch eine Wirkung auf den Hypothalamus zu einer verringerten Atemfrequenz. Das Harz Myrrhe (*Commiphora molmol*) besteht vor allem aus Sesquiterpenen, die ebenfalls beim Räuchern ihre antibakterielle, entspannende und entzündungshemmende Wirkung entfalten (Geschwinde 2013, S. 949).

Die antibakterielle Wirkung des abziehenden Rauches vieler Harze wird auf das Vorhandensein von phenolischen Verbindungen, Aldehyden und niedermolekularen organischen Säuren zurückgeführt. Ein weiterer Aspekt, der zu der antibakteriellen Wirkung beiträgt, ist der austrocknende Effekt des Rauches, der wiederum das Wachstum der Bakterien behindert (Lück und Jäger 1995, S. 209).

### **Pharmazeutische Verwendung:**

Harze und Balsame wurden früher aufgrund ihrer Klebrigkeit zur Herstellung von Heftpflastern und Verbänden benutzt. Darüber hinaus wurden sie als Überzüge für Pillen und als Zusatzstoffe zu Hautreizmitteln verwendet. Ihre therapeutische Wirksamkeit ist oftmals auf die vorhandenen ätherischen Öle, Ester der Phenylacrylsäuren und die enthaltenen Benzencarbonsäuren zurückzuführen. Diese sind für die antiseptische, hautreizende, antiparasitäre und entzündungshemmende Aktivität vieler Harze und Balsame verantwortlich (Teuscher et al. 2004, S. 428).

Die frühere medizinische Bedeutung von Harzen und Balsamen ist leider vorwiegend in Vergessenheit geraten. Heute finden sie nur noch selten Anwendung. Darüber hinaus wurden die meisten Harze aus den Arzneibüchern herausgenommen, z. B. *Asa foetida* und Guajakharz (Teuscher et al. 2004, S. 428).

### III. Beschreibung ausgewählter Harze und Balsame

#### 1. Balsame

##### 1.1. Cabureibabalsam

Synonyme:

Cabreuvabalsam, Myrocarpus-Balsam, Baume du Pérou en coques (Schaer 1909)

Stammpflanzen:

Die Stammpflanzen des Cabureibabalsams sind zum einen *Myrocarpus fastigiatus* und *Myrocarpus frondosus* aus der Familie der *Fabaceae* (Schaer 1909). Zum anderen findet man in der Literatur ebenfalls aus der Familie der *Fabaceae* auch als Stammpflanze die Art *Myroxylon peruiferum* L. (Synonyme: *Myroxylon balsamum* (L.) Harms, *Toluijera peruifera* (L. f.) Bail (Custódio und Veiga-Junior 2012).

Beschreibung:

*Myrocarpus fastigiatus* und *Myrocarpus frondosus* sind beides große Urwaldbäume, die bis zu 25 Meter hoch und 1,5 Meter im Durchmesser messen können. Die Äste wachsen in die Breite und formen eine runde Baumkrone. Die Blätter sind wechselständig, die Blüten sind weiß und verströmen einen aromatischen Duft.

Durch eine Verwundung der Rinde fließt der dunkelbraune bis rötliche Balsam aus und erhärtet an der Luft in tränenförmigen Klumpen. Junge Bäume und Äste enthalten mehr Balsam als ältere Exemplare. Der Balsam verströmt einen balsamischen, benzoeartigen und schwach aromatischen Geruch und erinnert an Tolubalsam. Der Geschmack ist leicht bitter mit einer leichten Vanille- und Zimtnote. Die Konsistenz des frischen Cabureibabalsams ist weich wie Perubalsam,



Abb. 1: *Myrocarpus frondosus*

erhärtet aber zunehmend an der Luft.

Der Balsam löst sich in Alkohol und Kalilauge und bildet mit Wasser eine hellbraune, klare Flüssigkeit (Bley 1860, S. 309-316).

### Herkunft:

Die Stammpflanzen des Cabureibabalsams sind in Südamerika beheimatet und hier vor allem in den Staaten Brasilien, Paraguay und Argentinien (Custódio und Veiga-Junior 2012).

### Gewinnung:

Wie die meisten Harze und Balsame wird der Cabureibabalsam durch Einschnitte in die Rinde gewonnen. Durch diese Verletzung sondert der Baum den dunkelbraunen Balsam ab (Custódio und Veiga-Junior 2012).

### Inhaltsstoffe:

Die Bestandteile des Cabureibabalsams sind noch wenig erforscht. In einer Review von Custódio und Veiga-Junior wurden die wichtigsten Komponenten des Balsams zusammengefasst. Sie recherchierten einen Gehalt von 4,5 % flüchtigen Verbindungen. In der unten stehenden Tabelle sind ihre Erkenntnisse zusammengefasst.

|                                            |
|--------------------------------------------|
| <b>Benzoessäure und Zimtsäure-Derivate</b> |
| Zimtsäure                                  |
| Benzylalkohol                              |
| Benzylbenzoat                              |
| Zimtsäuremethylester                       |
| Benzoessäure                               |
| Zimtsäurebenzylester                       |
| <b>Terpene</b>                             |
| Farnesol                                   |
| Nerolidol                                  |
| <b>Andere Komponenten</b>                  |
| Vanillin                                   |

Tab. 1: Bestandteile des Cabureibabalsams nach Custódio und Veiga-Junior 2012

### Verwendung:

Der Cabureibabalsam ist heute ein nahezu in Vergessenheit geratener Balsam, der allerdings früher jahrhundertlang von den amerikanischen Ureinwohnern in Zentral- und Südamerika zur Behandlung von Asthma, Rheuma, Erkältungen und äußerlich zur Heilung von Wunden verwendet wurde. Die Indianer im Amazonasgebiet nutzten den Balsam auch zur Behandlung von Bronchitis, Tuberkulose, Kopfschmerzen und Abszessen (Custódio und Veiga-Junior 2012).

Der Balsam der Stammpflanze *Myrocarpus frondosus* wurde in Paraguay auch als Desinfektionsmittel, zur Wundheilung und zur Behandlung von Insekten- und Schlangenbissen angewendet.

Heute kommt das ätherische Öl (Cabreuvaöl), das aus dem Holz von *Myrocarpus frondosus* gewonnen wird, noch in der Parfümerie zur Anwendung (Anagnostou 2000, S. 324).

### Antimikrobielle Wirkung:

Es gibt leider bisher keine Studien über die antimikrobielle Wirkung des Cabureibabalsams.

### Unerwünschte Wirkungen:

Es gibt keine Aufzeichnungen über eventuelle Nebenwirkungen des Balsams.

## 1.2. Cativobalsam

Synonyme:

Cattevobalsam (Hager 1908, S. 120)

Stammpflanzen:

Der Cativobalsam stammt von der Stammpflanze *Prioria copaifera* Griseb. ab, welche zu der Familie der *Leguminosae* – *Caesalpinioideae* gezählt wird (Ehlers und Sandermann 1961).

Beschreibung:

Der Cativobaum *Prioria copaifera* ist ein großer Baum, der im Durchmesser ca. 150 cm erreichen kann und bis zu einer Höhe von 30 m hoch wachsen kann (Kalman 1938).

Der Baum weist einen schlanken Stamm auf, der zylindrisch wächst und bis hoch hinauf astfrei bleibt. Die Rinde ist grau, glatt und ca. 2 – 3 cm dick. Die Blätter sind langgestielt, ledrig, elliptisch und an den Enden zugespitzt. Das frische Splintholz ist weiß bis rosa gefärbt und färbt sich durch die Lagerung blassbraun. Das Kernholz hingegen ist hell- bis mittelbraun und von fast schwarzen Streifen durchzogen. Hier sind im Längsschnitt die zahlreichen axial verlaufenden Harzgänge erkennbar (Ehlers und Sandermann 1961). Der braune und stark klebrige Balsam fließt durch eine Verwundung oder Fällung des Baumes sofort aus und erinnert stark an den Kopaivabalsam. Obwohl er in zahlreichen organischen Lösungsmitteln löslich ist, löst er sich in Wasser praktisch gar nicht (Kalman 1938).



Abb. 2: *Prioria copaifera*

Herkunft:

*Prioria copaiifera* kommt in Reinbeständen in den Regenwäldern und Küstengebieten des Karibischen Meeres von Costa Rica bis Kolumbien vor. Weit verbreitet ist die Art in den Staaten Brasilien, Venezuela und Guayana (Ehlers und Sandermann 1961).

### Gewinnung:

Der Cativobalsam fließt durch Verwundung oder Fällung des Baumes in großen Mengen aus. Früher wurde der Balsam auch durch Anzapfen des Baumes gewonnen. Der Cativobaum ist sehr harzreich und liefert pro Baum etwa ein bis drei Gallonen Balsam (ca. 3 – 12 Liter). Der Cativobalsam wird heute leider nicht mehr verwendet und kam das letzte Mal Anfang des 20. Jahrhunderts in den Handel (Ehlers und Sandermann 1961).

### Inhaltsstoffe:

Der Cativobalsam enthält 75 – 80 % Harzsäuren (Resinolsäuren), 13 % unverseifbare Verbindungen, 2 % ätherisches Öl, 3 % Wasser und noch unidentifizierte Fremdsbstanzen. Der Cativobalsam enthält keine freien oder veresterten Derivate der Benzoe- oder Salizylsäure, sondern besteht zu 95 % aus der zyklischen Cativinsäure (C<sub>20</sub>H<sub>34</sub>O<sub>2</sub>), welche eine Diterpensäure darstellt, und deren Ester-Derivaten, den Cativylcativaten. Zu den Ester-Derivaten zählt der Methylester, Ethylester und Butylester (Kalman 1938).

Es gibt leider bisher keine weiteren Untersuchungen über den Cativobalsam und dessen Zusammensetzung.

### Verwendung:

Der Cativobalsam kam laut Aufzeichnungen zuletzt Anfang des 20. Jahrhunderts in den Handel und wurde aufgrund seiner hervorragenden Klebeeigenschaften zur Herstellung von Leim und Harzseifen verwendet sowie als Bindemittel in der Papierherstellung (Ehlers und Sandermann 1961).

Die Einheimischen behaupten laut alten Aufzeichnungen, dass sich der klebrige Balsam auch zum Fangen von Fledermäusen, Vögeln und anderen Kleintieren eignet. Darüber hinaus wurde er in der Volksmedizin zur Heilung von Wunden, bei Insektenstichen und als generelles Antiseptikum angewendet (Hess und Record 1950).

### Antimikrobielle Wirkung:

Es gibt bisher leider keine Studien über eine mögliche antimikrobielle Wirkung des Cativobalsams.

**Unerwünschte Wirkungen:**

Es gibt keine Aufzeichnungen über Nebenwirkungen.

### 1.3. Hardwickiabalsam



Abb. 3: Rindeneinschnitt bei *Hardwickia pinnata*

#### Synonyme:

Es sind keine anderen Bezeichnungen des Balsams bekannt.

#### Stammpflanzen:

Der Hardwickiabalsam wird von der Familie der *Caesalpiniaceae* produziert. Stammpflanze ist *Hardwickia pinnata* Roxb. ex DC, die allerdings auch unter den Bezeichnungen *Hardwickia binnata*/H. *binata* und *Kingiodendron pinnata* zu finden ist. In ihrem Heimatland Indien wird *Hardwickia binnata* auch als Malabar mohogany und Anjana bezeichnet (Iyer und Sudborough, 1918).

#### Beschreibung:

Der Baum *Hardwickia pinnata* kann eine Höhe von bis zu 36 Metern erreichen und im Umfang 4,5 Meter messen. Er gehört zu den wichtigsten holzliefernden Baumarten Indiens. Während das Splintholz schmal und weiß ist, ist das Kernholz dunkelbraun bis rot und mit violetten Streifen durchzogen. Da das Kernholz relativ hart ist, wird es vor allem zur Herstellung von Möbeln genutzt. Die Rinde ist rau, dunkelgrau und mit unregelmäßigen vertikalen Rissen versehen. Die Blätter sind klein, wechselständig, nierenförmig, graugrün und haben eine Länge von 2 – 6 cm. Die Blüten sind klein und von blass gelber bis grüner Farbe. Die Samen sind lederartig, länglich bis lanzenförmig und an den Enden verengt.

Im Kernholz des Baumes befinden sich große Mengen an Balsam, die man durch Einschnitte in das Kernholz gewinnen kann. Im Durchschnitt können pro Baum etwa 40 Liter Balsam geerntet werden. Der Balsam erinnert aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung und Beschaffenheit an den Kopaivabalsam, weshalb er früher als Ersatzmittel zur Anwendung kam. Sowohl im Geruch als auch im Geschmack ist er dem Kopaivabalsam sehr ähnlich. Allerdings ist seine Farbe dunkler. Der Hardwickiabalsam weist eine hochviskose Beschaffenheit auf. Die Farbe Balsams reicht von dunkelrot über dunkelbraun bis schwarz. Er ist löslich in Alkohol, Ether, Petroleum, Essigsäure, Kohlenstoffdisulfid und Terpentin. Während sich mit konzentrierter Schwefelsäure eine dunkelrote Lösung bildet, kommt es in Verbindung mit konzentriertem Ammoniak zu einer grünen und trüben Lösung (Iyer und Sudborough, 1918).



Abb. 4: *Hardwickia pinnata*

#### Herkunft:

Die Baumart *Hardwickia pinnata* ist in Indien beheimatet. Man findet die Bäume vor allem in den immergrünen Wäldern der Regionen Travancore, Tinnevely, Coimbatore, Malabar, Mysore und Canara (Iyer und Sudborough, 1918).

#### Gewinnung:

Der Hardwickiabalsam wird aus dem Kernholz von *Hardwickia pinnata* gewonnen. Die Durchschnittsmenge an Balsam pro Baum liegt bei ca. 40 Litern. Es gibt auch Aufzeichnungen aus denen hervorgeht, dass bereits bis zu 148 Liter Balsam aus einem einzigen Baum gewonnen werden konnten. Die Balsamgewinnung findet vorwiegend bei sehr alten Bäumen statt, die im Anschluss für die Holzgewinnung gefällt werden. Die Sammlung des Balsams findet in den Trockenmonaten Dezember bis Mai statt. Dazu wird eine tiefe Kerbe von 1,5 – 2 Meter über dem Boden in den Baum eingeschnitten und eine Art Metallschiene darunter angebracht, die den Balsam in ein am Boden stehendes Gefäß leitet (Iyer und Sudborough, 1918).

#### Inhaltsstoffe:

Der Hardwickiabalsam wird in eine säurehaltige (ca. 60 %) und in eine neutrale (ca. 40 %) Fraktion geteilt, wobei die neutrale Fraktion zu 90 % aus ätherischem Öl besteht. Der

Restanteil der neutralen Fraktion besteht aus nicht flüchtigen Verbindungen wie  $\beta$ -Sitosterol, Klovandiol und den Diterpenalkoholen Kolavenol und Kolavelool. Der säurehaltige Teil besteht aus Diterpensäuren wie z. B. der Hardwickiasäure (50 %), Kolavonsäure (5 %), Kolaveninsäure (20 %), Kolavenolsäure und Kolavinsäure. Das ätherische Öl besteht hauptsächlich aus Sesquiterpenen, die in der unten stehenden Tabelle angeführt sind (Misra et al. 1978).

| <b>Flüchtige Komponenten</b> | <b>Anteil</b> |
|------------------------------|---------------|
| (-)-Copaen                   | 4,5 %         |
| (-)-Caryophyllen             | 75 %          |
| Humulen                      | 13 %          |
| Caryophyllenoxid             | 2,5 %         |
| Caryophyllenalkohol          | 1 %           |
| Humulenoxid-I                | 0,5 %         |
| Humulenoxid-II               | 0,5 %         |
| Caryophyllenol-I             | 0,2 %         |
| Caryophyllenol-II            | 0,2 %         |
| Undefinierte Komponenten     | 3 %           |

Tab. 2: Flüchtige Verbindungen des Hardwickiabalsams (Misra et al. 1978)

### Verwendung:

Die Baumart *Hardwickia pinnata* ist vor allem für ihr Holz zur Herstellung von Möbeln bekannt. Damit das Holz schneller und effektiver trocknen kann, wird der Balsam vor der Fällung der Bäume entfernt. Dem Balsam an sich wird für gewöhnlich keine große Bedeutung zugeschrieben. Es gibt Überlieferung, dass er früher als Ersatzmittel für den Kopaivabalsam galt und bei Geschlechtskrankheiten wie Gonorrhö (Tripper) eingesetzt wurde. Darüber hinaus wurde er auch bei chronischer Zystitis (Blasenentzündung) verwendet (Gunaselvi et al. 2010).

### Antimikrobielle Wirkung:

Es sind bisher leider keine Studien über die antimikrobielle Wirkung des Hardwickiabalsams gemacht worden.

### Unerwünschte Wirkungen:

Es gibt keine Überlieferungen über unerwünschte Nebenwirkungen.

## 2. Harze

### 2.1. Adlerholz



Abb. 5: Adlerholz

#### Synonyme:

Aloeholz, Igelholz, Agarholz, Rosenholz, gaharu, gharu, gahur, oud, kalambac, chen xiang, jinkoh gridsanah (Nor Azah et al. 2008)

Oudh, kanankoh, kyara (Naef 2011)

#### Stammpflanzen:

Adlerholz wird von verschiedenen Pflanzen der Gattungen *Aquilaria* und *Gonystylus* produziert, die zu der großen tropischen Familie der *Thymelaeaceae* gehören (Langenheim 2003, S.448).

Nach Langenheim 2003, S.448:

*Aquilaria* ssp:

- *A. agallocha*
- *A. beccariana*
- *A. hirta*
- *A. malaccensis*
- *A. crassna*
- *A. sub-integra*

Nach Naef 2011 :

- *A. apiculata* Merr. (Philippinen)

- *A.baillonii* Pierre ex Lecomte (Kambodscha)
- *A. banaensis* P.H. (Vietnam)
- *A. citrinicarpa* Hallier (Philippinen)
- *A.cumingiana* (Decne.) Ridl. (Philippinen)
- *A. filaria* (Oken) Merr. (Philippinen)
- *A. khasiana* Hallier f. (Indien)
- *A. parvifolia* (Quisumb) Ding Hon (Philippinen)
- *A. rostrata* Ridl. (Malaysia)
- *A. rugosa* Kiet & Kessler (Vietnam)
- *A. sinensis* (Lour.) (China, Hainan Island, Hong Kong)
- *A. urdanetensis* (Elmer) Hallier f. (Philippinen)
- *A. yunnanensis* S.C. Huang (China, Yunnan)

Nach Langenheim 2003, S.448:

*Gonystylus* spp:

- *G. bancanus*

## Beschreibung:

Adlerholz ist ein harzhaltiges Produkt, das man vor allem in den Wäldern Südost-Asiens findet. Obwohl auch gesunde Bäume in der Lage sind das duftende Holz zu produzieren, sind doch meist die älteren Exemplare von Interesse, die durch eine Infektion von Mikroorganismen, chemische Induktion oder künstlich verwundet wurden. Durch die Verwundung kommt es zu einer Abwehrreaktion und in Folge zu einer Stimulierung der Harzproduktion. Dieser Fermentierungsprozess ist von außen nicht sichtbar. Man findet das wertvolle Harz oft bei sehr alten, verrotteten Bäumen. Nur bei wenigen Arten der Gattungen *Aquilaria* und *Gonystylus* kommt es zu einer solchen Infektion und auch nur bei einem von zehn Bäumen einer Population. Des Weiteren dauert es etwa zehn Jahre bis ein Baum überhaupt fähig ist, das wertvolle Harz bzw. Öl zu produzieren. Diese Umstände führen dazu, dass Adlerholz ein sehr teures Harz ist und je nach Qualität am Markt für etwa USD 10,000/kg – 100,000/kg (Stand: 2011) gehandelt wird. Der Preis von Adlerholz hängt von verschiedenen Faktoren ab wie der Stärke des Aromas, der Größe der Holzstücke, dem Harzgehalt und der Farbe.

Bevorzugt wird vor allem die Gattung *Aquillaria*, da das Harz von *Gonystylus* von niedrigerer Qualität ist. Gesundes Holz ist hell und weich, während das harzgetränkte Holz dunkel, hart und schwer ist. Die Farbe von Adlerholz reicht von bernsteingelb, braun bis schwarz. Es ist unlöslich in Wasser, Ether und Alkohol und löslich in Alkalien und besonders in Chloralhydrat. Es schmeckt bitter bis aromatisch und verbreitet beim Verbrennen einen angenehmen Geruch (Langenheim 2003, S 448-449, Naef 2011).



Abb. 6: *Aquilaria agallocha*

## Herkunft:

Der Adlerholzbaum ist vor allem in den tropischen Wäldern Südost-Asiens beheimatet. Man findet die Gattungen *Aquilaria* und *Gonystylus* vorwiegend in Malaysia, Vietnam, Kambodscha, Laos, Thailand und Butan (Langenheim 2003, S.449-450).

## Gewinnung:

Die Bewohner der südostasiatischen Wälder haben schon immer das Adlerholz sehr geschätzt und gesammelt. Mit zunehmender Beliebtheit stieg auch die Exportnachfrage. Die malaiische Bevölkerungsgruppe der Semelai zelebriert das Sammeln des Adlerholzes nach alten Bräuchen. Im Gegensatz zu anderen Harzen, wie zum Beispiel Dammar, ist das Sammeln des Adlerholzes traditioneller Weise begleitet von verschiedenen Ritualen und Aberglauben, um die richtigen Bäume mit gutem Holz ausfindig zu machen. Die Pilzflecken, die einen Hinweis auf das harzgetränktes Holz geben, treten in dornartigen Ablagerung an verschiedenen Teilen des Baumes auf. Man findet sie tief im Kernholz, aber auch nahe der Rinde, in den Wurzeln und auch in den Zweigen. Ältere Bäume mit Anzeichen einer Erkrankung erweisen sich als die besten Kandidaten. Trotz allem spielt das Glück die größte Rolle beim Sammeln (Langenheim 2003, S. 448-450).

Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde viel Adlerholz gesammelt, aber erst in den späten 1970er Jahren wurde das Adlerholz wieder für den Handel interessant. Diese große Zeitspanne des Nicht-Abholzens erlaubte den *Aquilaria* Bäumen sich zu erholen. Unglücklicherweise kam die große Nachfrage wieder und somit mussten die Semelai ihre hochgeschätzten Bäume großflächig roden (Langenheim 2003, S. 448-450).

In den 1970er Jahren wurde der Handel auf indonesisches Adlerholz aufmerksam mit Fokus auf Sumatra und Kalimantan. Die Staaten Singapur, Taiwan, Saudi-Arabien und die USA waren die größten Abnehmer (Langenheim 2003, S. 448-450).

Die Bevölkerungsgruppe der Kenyah im Norden Borneos wurde ebenfalls auf den wirtschaftlichen Wert des Adlerholzes aufmerksam. Schon bald war das Adlerholz die Haupteinnahmequelle für viele Haushalte. Die hohe Rendite verbunden mit der relativ wenigen Arbeit führte bald zu einer dramatischen Verringerung der Ressourcen. Es gab leider nur wenig Anreiz für die Bewohner, die Bäume zu erhalten und somit kam es zu einem Aussterben der *Aquilaria* Population in dieser Gegend. Die Bevölkerungsgruppe der Kenyah musste umsiedeln in das weiter nördlich gelegene Malaysien. Die Suche nach harzgetränktem Holz und damit verbunden der verschwenderische Umgang mit den vorhandenen Ressourcen führte dazu, dass die Gattung *Aquilaria* in vielen Teilen der südostasiatischen Wälder bereits ausgerottet wurde (Langenheim 2003, S. 448-450).

Mittlerweile wird der internationale Handel mit Adlerholz streng kontrolliert und es gibt mehrere Abkommen zum Schutz gefährdeter Arten. Um die Nachfrage weiterhin stillen zu können, werden verschiedene *Aquilaria*-Arten in mehreren asiatischen Ländern auf großen Anbauflächen kultiviert. Es wurden verschiedene Impftechniken entwickelt, um den Baum künstlich zu verwunden und somit an das begehrte Harz zu kommen. Die

Stämme von jungen Bäumen werden mechanisch verwundet und anschließend mit Pilzen, die man aus Adlerholz isolieren konnte, infiziert. Die Wunden werden mit Nägeln, Schrauben und Plastikröhren offen gehalten. Die Bäume können sich nach etwa 15-20 Monaten regenerieren und verströmen beim Verbrennen einen angenehmen Geruch (Jong et al. 2014, Naef 2011).

In Vietnam, auf der Insel Phu Quoc, wurden zu diesem Zweck im Jahr 2005 6000 Bäume der Art *A. crassna* angepflanzt (Naef 2011).

## Inhaltsstoffe:

Viele Studien haben gezeigt, dass die Hauptkomponenten des Adlerholzes Sesquiterpene und 2-(2-phenylethyl)Chromon-Derivate sind. Diese Verbindungen werden nur durch den verwundeten Baum produziert und sind ausschlaggebend für den einzigartigen Geruch (Jong et al. 2014).

In einer Studie aus dem Jahr 2014 wurde gesundes Holz mit dem verwundeten Adlerholz verglichen. Dazu wurde ein Methanol-Extrakt hergestellt, um die Inhaltsstoffe herauszulösen und anschließend wurden die Substanzen mittels GC-MS analysiert. Die Hauptkomponenten waren Chromon-Derivate, aromatische Verbindungen, Sesquiterpene, Monoterpene, Sterole und Fettsäuremethylester. Die aromatischen Verbindungen setzten sich vor allem aus Aldehyden, Phenolen, Ether und Keton-Gruppen zusammen. Gewisse Verbindungen wurden nur im infizierten Adlerholz und nicht im gesunden Holz gefunden, wie 2-(2-Phenylethyl)-Chromon-Derivative, 4-Phenyl-2-butanon, (1*S*,4*S*,7*R*)-1,4-Dimethyl-7-(prop-1-en-2-yl)-1,2,3,4,5,6,7,8-octahydroazulen [Guaien], 1,1,4,7-Tetramethyl-2,3,4,5,6,7,7a,7b-octahydro-1aH-cyclopropa[h]azulen-4a-ol [Palustrol] und 4-(4-Methoxyphenyl) butan-2-on [Anisylaceton]. Zusätzlich wurden noch Agarospirol, Alloaromadendre Oxide,  $\alpha$ -Elemol,  $\gamma$ -Eudesmol und Guaiol gefunden. Fettsäuren im Allgemeinen kommen in beiden Holztypen vor, aber 10-epi- $\gamma$ -eudesmol konnte nur im Harzgetränkten Adlerholz gefunden werden. Aristolene wurden im gesunden Holz im Ausmaß von 3,85% analysiert und im infizierten zu 5,36%. Während Caryophyllen-Oxide im gesunden Holz nur zu 11,25% vorkommen, findet man sie im Adlerholz zu 33% (Jong et al. 2014).

Insgesamt konnten 39 verschiedene Chromon-Derivate im infizierten Adlerholz identifiziert werden. Diese Verbindungen werden für die Echtheit und als Marker für die Qualitätskontrolle herangezogen. Diese Verbindungen sind größten Teils verantwortlich für den warmen, süßen, balsamischen, lang anhaltenden Geruch, wenn Adlerholz verbrannt oder erhitzt wird.

Eine Geruchsbeschreibung einiger Komponenten, die man im infizierten Adlerholz gefunden hat, findet sich in der unten stehenden Tabelle (Naef 2011):

| <b>Komponente</b>                                                            | <b>Geruchsbeschreibung</b>               |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| (5 <i>S</i> ,7 <i>S</i> ,10 <i>S</i> )-(-)-Selina-3,11-dien-9-on             | Frisch, süß, erinnert an blühende Blumen |
| (5 <i>S</i> ,7 <i>S</i> ,9 <i>S</i> ,10 <i>S</i> )-(+)-Selina-3,11-dien-9-ol | Holzige, süß, schwach                    |
| Selina-3,11-dien-14-ol                                                       | Floral, krautig, minzig                  |
| Selina-3,11-dien-14-al                                                       | Blumig, holzig, Nuance von Sandelholz    |
| Selina-4,11-dien-14-al                                                       | minzig                                   |

|                                                                                                                                                                    |                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| (+)-(4 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-Dihydrokaranon                                                                                                                       | Stark holzig, leicht kampferartig, rauchig                             |
| (+)-(4 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-Karanon                                                                                                                              | Holzige, Amber-ähnlich                                                 |
| Eremophila-9,11-dien-8-on                                                                                                                                          | Süß, rauchig, wie Dihydrokaranon, rauchig                              |
| <i>rel</i> -(3 <i>R</i> ,7 <i>R</i> ,9 <i>R</i> ,10 <i>S</i> )-9,10-Dimethyl-6-methylen-4-oxatricyclo[7.4.0.03,7]tridec-1-en, (8,12-Epoxyeremophila-9,11(13)-dien) | Leicht holzig mit einem Vetiver-Charakter                              |
| Dehydro-jinkoh-eremol                                                                                                                                              | Holzige, balsamisch, bitter                                            |
| (-)-Guaia-1(10),11-dien-15-al                                                                                                                                      | Holzige, kampferartig, wie $\beta$ -Damascenon                         |
| (-)-Guaia-1(10),11-dien-15-Carboxylsäure                                                                                                                           | Schwach holzig, harmonisiert mit den anderen Komponenten beim Erhitzen |
| (-)-Guaia-1(10),11-dien-15,2-olid                                                                                                                                  | Kraftvoll, lang anhaltend, holzig, mit süßer Note                      |
| Jinkohol                                                                                                                                                           | Sehr holzig                                                            |
| Jinkohol II                                                                                                                                                        | Holzige, schwach kampferartig, typisch Adlerholz                       |
| Agarospirrol, (2 <i>R</i> ,5 <i>R</i> ,10 <i>R</i> )-a, a, 6,10-tetramethyl-spiro [4,5]dec-6-en-2-methanol                                                         | Scharf, holzig, pfeffrig                                               |
| Oxo-agarospirrol = Baimuxinal                                                                                                                                      | Holzige, balsamisch                                                    |
| <i>rel</i> -(5 <i>R</i> ,10 <i>R</i> )-2-Isopropyliden-10-methyl-spiro[4.5]dec-6-en-6-carbaldehyd (Vetispira-2(11), 6-dien-14-al)                                  | Holzige, süß, rauchig, typisch Adlerholz, sehr schwach                 |
| <i>rel</i> -(1 <i>R</i> ,2 <i>R</i> )-9-Isopropyl-2-methyl-8-oxatricyclo[7.2.1.01,6]dodec-5-en (2,14-Epoxy-vetispir-6-en)                                          | Nahezu geruchlos                                                       |
| Methyldehydroabietat                                                                                                                                               | Grün, wie Galbanum                                                     |

Tab. 3: Geruchsbeschreibung einiger Komponenten des Adlerholzes nach Naef 2011

In der folgenden Tabelle findet man alle gefundenen flüchtigen Inhaltsstoffe, die mittels GC-MS detektiert werden konnten (Jaget et al. 2014):

| <b>Komponenten</b>                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2-Propion-säure,2-methyl-,ethylester                                                                                                                                                                                    |
| 2(3H)-Furanon,dihydro-Benzaldehyd                                                                                                                                                                                       |
| 3(2H)-Furanon,4-hydroxy-2,5-dimethyl- 2-Methoxyphenol [ <i>Guaiacol</i> ]                                                                                                                                               |
| 4-Phenyl-2-butanon [ <i>Benzylaceton</i> ]                                                                                                                                                                              |
| Benzenpropion-Säure, methylester                                                                                                                                                                                        |
| 1,3-Dimethoxy-2-hydroxybenzen [ <i>Syringol</i> ]                                                                                                                                                                       |
| 2-Methoxyhydroquion                                                                                                                                                                                                     |
| Benzenpropionsäure                                                                                                                                                                                                      |
| 4-Hydroxy-3-methoxybenzaldehyd [ <i>Vanillin</i> ]                                                                                                                                                                      |
| 2H-1-Benzopyran-2-on,3,4-dihydro-Phenol,2-methoxy-4-propyl-1H-Cyclopropa[a]naphthalen,1a,2,4,5,6,7,7a,7b-octahydro-1,1,7,7a-tetramethyl-, (1 <i>aR</i> ,7 <i>R</i> ,7 <i>aR</i> ,7 <i>bS</i> )-[(-)- <i>Aristolon</i> ] |
| 4-(4-methoxyphenyl) butan-2-on [ <i>Anisylaceton</i> ]                                                                                                                                                                  |
| Alloaromadendrenoxid                                                                                                                                                                                                    |

|                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Caryophyllenoxid                                                                                                                                             |
| $\alpha$ -Elemol                                                                                                                                             |
| (1 <i>S</i> ,4 <i>S</i> ,7 <i>R</i> )-1,4-Dimethyl-7-(prop-1-en-2-yl)-1,2,3,4,5,6,7,8-octahydroazulen [ <i>Guaien</i> ]                                      |
| 1,1,4,7-tetramethyl-2,3,4,5,6,7,7a,7b-octahydro-1aH-cyclopropa[h]azulen-4a-ol [ <i>Palustrol</i> ]                                                           |
| 2-propanon,1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)- $\gamma$ -Gurjunenepoxid                                                                                           |
| 2,6,6,9-Tetramethyl-1,4-8-cycloundecatrien [ <i>Humulen</i> ]                                                                                                |
| Agarospirrol                                                                                                                                                 |
| Guaiol                                                                                                                                                       |
| Benzophenon                                                                                                                                                  |
| $\gamma$ -Eudesmol                                                                                                                                           |
| 2-Butanon,4-(4-hydroxyl-3-methoxyphenyl)- Phenol, 4-(3-hydroxy-1-propenyl)-2-methoxy-6-Isopropenyl-4,8a-dimethyl-1,2,3,4,5,6,7,8,8a-octahydro-napthalen-2-ol |
| 3,7-Cyclodecadien-1-methanol, $\alpha$ ., $\alpha$ ., 4,8-tetramethyl-, [s-(Z-Z)]                                                                            |
| Benzenpropionsäure, 2,5-dimethoxy                                                                                                                            |
| Hexadecansäure, methyl ester                                                                                                                                 |
| 9-Octadecansäure, methyl ester, (E)- 8-Napthol, 1-(benzyloxy)- 2-(2-phenylethyl) chromon derivate                                                            |
| Stigmastanol                                                                                                                                                 |
| Stigmast-5-en-3-ol                                                                                                                                           |
| Stigmasterol                                                                                                                                                 |

Tab. 4: Flüchtige Verbindungen des Adlerholzes nach Jaget et al. 2014

In einer weiteren Studie aus dem Jahr 2014 konnte in vitro aus dem Adlerholz von *Aquilaria agallocha* die starken Pflanzengifte Cucurbitacin E und I isoliert werden. Terpenoide Verbindungen werden von Pflanzen als Immunantwort gegen verschiedene Pathogene (Krankheitserreger) gebildet. Es konnte gezeigt werden, dass diese Verbindungen sowohl antimikrobiell als auch antitumoraktiv sind. Cucurbitacine konnte man bisher auch aus diversen chinesischen Heilkräutern isolieren. Man konnte bereits herausfinden, dass sie die Beweglichkeit von Krebszellen stören und auch im Tiermodell gegen Brustkrebszellen zytotoxisch wirken (Chen et al. 2014).

2009 wurde eine Studie über die Inhaltsstoffe des ätherischen Öls des Adlerholzes von *A. crassna* durchgeführt. Als Extraktionsmethoden wählte man einerseits die klassische Wasserdampfdestillation (WD), die allerdings 7-10 Tage in Anspruch nimmt. Andererseits führte man die Extraktion mit überkritischem CO<sub>2</sub> (supercritical fluid carbon dioxide extraction (SFE)) und nochmals mit überkritischem CO<sub>2</sub>, aber mit Ethanol als Co-Solvent (SFE+co) durch. Bei der Wasserdampfdestillation konnte man 0.2% Öl gewinnen und bei den anderen Extraktionen jeweils 0.06% und 0.014% Öl. Die unten stehende Tabelle gibt einen Überblick über die gefundenen Inhaltsstoffe (Wetwitayaklung et al. 2009):

| Komponenten         | %    |      |        | Komponenten           | %    |     |        |
|---------------------|------|------|--------|-----------------------|------|-----|--------|
|                     | WD   | SFE  | SFE+co |                       | WD   | SFE | SFE+co |
| p-Methoxyphenol     | 1.51 | 0.26 | 0.23   | Humulen               | 0,23 | -   | 0,14   |
| p-Vinylphenol       | -    | -    | 0,05   | p-Methoxybenzylaceton | 0,27 | -   | 0,06   |
| Benzylaceton        | -    | -    | 0,12   | Drima-7,9(11)-dien    | 0,39 | -   | 0,04   |
| p-Vinylguaiacol     | -    | -    | 0,15   | $\beta$ -Agarofuran   | 0,39 | -   | -      |
| 3,4-Dimethoxyphenol | -    | 0.54 | 3,70   | $\alpha$ -Selenin     | 0,60 | -   | -      |

|                               |      |      |      |                                               |      |       |       |
|-------------------------------|------|------|------|-----------------------------------------------|------|-------|-------|
| Vanillin                      | -    |      | 0,27 | Tridecanal                                    | 0,49 | -     | -     |
| $\gamma$ -Selinen             | 13,6 | 0,29 | 1,02 | $\delta$ -Guaien                              | 0,33 | 0,11  | 0,16  |
| $\alpha$ -Bulnesen            | 0,93 | 0,10 | 0,41 | Tetradecansäure                               | 0,49 | 0,39  | 0,43  |
| Dodecansäure                  | 0,75 | 0,29 | 0,82 | Guaia-1(10),11-dien-9-on                      | 0,11 | 1,23  | 0,91  |
| Norketoagarofuran             | 1,21 | -    | -    | Selina-4,11-dien-14-al                        | 0,81 | 14,25 | 13,39 |
| Epoxybulnesen                 | 5,25 | 0,33 | 1,06 | Guaia-1(10),11-dien-15-ol                     | 0,80 | 0,31  | 0,36  |
| Guaiol                        | 0,49 | 0,11 | 0,32 | Selina-3,11-dien-14-oic Säure                 | 0,10 | 1,23  | 1,10  |
| Tetradecanal                  | 8,61 | 1,46 | 3,03 | 2-Hexadecan                                   | 0,22 | 0,59  | 0,59  |
| 10-epi- $\gamma$ -eudesmol    | 8,95 | 1,52 | 3,09 | Dihydrokaranon                                | 0,21 | 0,70  | 0,33  |
| $\gamma$ -Eudesmol            | 7,18 | 1,63 | 3,12 | Guaia-1(10),11-dien-15-oic Säure              | -    | 1,03  | 0,83  |
| 1,5-Epoxy-nor-ketoguaiene     | 2,30 | 0,50 | 1,05 | Oxo-agarospirol                               | 0,53 | 2,90  | 2,56  |
| Valerianol (kusunol)          | 4,87 | 0,69 | 1,62 | Pentadecansäure                               | -    | 0,40  | 0,82  |
| Agarospirol                   | 3,66 | 1,31 | 2,14 | Hexadecanol                                   | -    | 2,03  | 1,26  |
| Jinkho-eremol                 | 2,31 | 0,14 | 0,26 | 2-Hydroxyguaia-1(10),11-dien-15-oic Säure     | 0,65 | 0,83  | 0,49  |
| Tridecansäure                 | 1,24 | 0,23 | 0,36 | Hexadecansäure                                | -    | 1,07  | 0,86  |
| Dehydrojinkho-eremol          | 0,73 | 0,14 | 0,40 | 1,5-Diphenyl-2-penten                         | -    | -     | 0,20  |
| Selina-3,11-dien-9-on         | 8,78 | 1,85 | 3,46 | Oleanolsäure                                  | -    | 0,35  | 0,61  |
| Pentadecanal                  | 0,82 | 0,62 | 1,00 | Oktadecansäure                                | -    | 3,18  | 1,38  |
| Rotundon                      | 1,47 | 0,79 | 0,84 | 2-[2-(4-Methoxyphenyl)ethyl]chromon           | -    | -     | 0,24  |
| Selina-3,11-dien-9-ol         | 0,47 | 0,80 | 0,82 | $\gamma$ -Sitosterol                          | -    | 2,29  | 0,89  |
| Selina-4,11-dien-14-oic Säure | 0,20 | -    | -    | 6-Methoxy-2-(2-(4-methoxyphenyl)ethyl)chromon | -    | 0,25  | 0,08  |
| Selina-3,11-dien-14-al        | 4,00 | 1,73 | 1,95 | Campesterol                                   | -    | 2,93  | 1,69  |
| 9,11-Eremophiladien-8-on      | 0,31 | -    | -    | Stigmasta-5,22-dien-3ol                       | -    | 0,60  | 0,28  |

Tab. 5: Inhaltsstoffe des ätherischen Öls von *A. crassna* (Wetwitayaklung et al. 2009)

## Verwendung:

Adlerholz ist ein duftendes Holz mit einem warmen, süßen, balsamischen, lang anhaltenden Geruch, das bereits zu biblischen Zeiten bei religiösen Zeremonien eingesetzt wurde und auch als Arznei- und Gewürzzubereitung verwendet wurde. *Aquilaria sinensis* war in China schon in der Antike in Gebrauch und wird mittlerweile durch *A. agallocha* ersetzt. Verschiedene Studien konnten bereits dem Harz eine Antitumoraktivität nachweisen und somit ist Adlerholz eine wichtige Forschungssubstanz in der Krebsheilkunde (He et al. 2005).

Die Antitumoraktivität wird vor allem auf terpenoide Bestandteile und die Cucurbitacine E und I zurückgeführt, welche auf Brustkrebszellen zytotoxisch wirken (Chen et al. 2014).

Adlerholz wird in der orientalischen Medizin gern als Sedativum verwendet. Der Benzolextrakt konnte in einer Studie von 1996 eine Verlängerung der Schlafenszeit von Mäusen bewirken, die mit Hexobarbital behandelt wurden. Des Weiteren konnte ein hypothermischer Effekt der Rektaltemperatur, eine Reduktion der spontanen Motilität und ein schmerzlindernder Effekt bei den Mäusen nachgewiesen werden. Nach eingehender Untersuchung des Benzolextraktes erwiesen sich die Substanzen Agarofuran und Jinkoh-Eremol als besonders geeignet auf dem Gebiet der Nervenheilkunde. Es konnte eine positive Auswirkung auf das zentrale Nervensystem sowie auf das peritoneale und intrazerebrovaskuläre System nachgewiesen werden. Die beiden Substanzen sind in der Lage sowohl das durch Metamphetamin als auch die durch Apomorphin induzierte spontane Motilität zu reduzieren. Der Spiegel der Homovanillinsäure im Gehirn stieg an, während die Monoamine und andere Metabolite unverändert blieben. Ähnliche Resultate konnten bei Mäusen mit der Substanz Chlorpromazin erzielt werden. Deshalb können die Substanzen Jinkoh-Eremol und Agarofuran als potente Neuroleptika angesehen werden (Okugawa et al. 1996).

Adlerholz ist ein wichtiger Bestandteil einer pharmazeutischen Zubereitung der traditionellen Thai Medizin, die den Namen „Krisanaglan“ trägt. Die Zubereitung wirkt einerseits krampflosend und soll auch ein gutes Antidiarrhoikum (Mittel gegen Durchfallerkrankungen) sein. Wegen seiner kardiovaskulären und kreislaufanregenden Wirkung wird es auch bei Menschen verwendet, die in Ohnmacht gefallen sind. Laut der Thai Volksmedizin wird das Adlerholzes als wirksames Mittel gegen Infektionskrankheiten, Dysenterie (Ruhr) und Hautkrankheiten eingesetzt (Kamonwannasit et al. 2013).

In der traditionellen malaysischen Medizin wird das Adlerholz zur Behandlung von Schwäche, Schmerzen im Magen oder in der Brust, bei Schwellungen oder auch als Stärkungsmittel für Frauen nach der Geburt verwendet (Nor Azah et al. 2008).

In China, Tibet und der traditionellen Ayurvedischen Medizin spielt das Adlerholz eine wichtige Rolle zur Heilung diverser Krankheiten. Es wird hier als Aphrodisiakum, Sedativum, Carminativum, bei Husten, Rheuma und hohem Fieber eingesetzt. Ferner ist das ätherische Öl in der Parfümeriebranche für seine warme und balsamische Note bekannt (Naef 2011).

### Antimikrobielle Wirkung:

Im Jahr 2011 wurde eine Studie von Ciu et al. publiziert, die die antimikrobielle Wirkung und Antitumor-Aktivität von endophytischen Pilzen untersuchte, die im Stamm der Pflanze *Aquilaria sinensis* vorkommen. Das Pflanzenmaterial wurde in zwei verschiedenen Regenwäldern in China gesammelt. Insgesamt konnten 28 endophytische Pilze aus dem Adlerholz entnommen werden, die man in 14 Gattungen und 4 taxonomischen Klassen (*Sordariomyceten*, *Dothideomyceten*, *Saccharomyceten* und *Zygomyceten*) einteilen konnte. Die Überprüfung der antimikrobiellen Wirkung wurde mit Hilfe verschiedener Testkeime und der Agardiffusionsmethode festgestellt. Zum einen wurde das gram-negative Bakterium *Escherichia coli* und zwei gram-positive Bakterien (*Bacillus subtilis* und *Staphylococcus aureus*) verwendet. Des Weiteren wurden

auch die drei pathogenen Pilze *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans* und *Aspergillus fumigatus* als Testkeime herangezogen. Die Antitumor Aktivität wurde mit fünf humanen Krebszelllinien (HepG2, MCF7, SKVO3, HL-60 und 293-T) und mit Hilfe der MTT-Probe (3-(4,5-Dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) getestet. Von den 28 getesteten endophytischen Pilzen zeigten 13 (46,4%) eine antimikrobielle Wirkung und waren zumindest gegen einen Testkeim wirksam. Allerdings konnte kein Pilz alle 6 pathogenen Mikroorganismen im Wachstum hemmen. Ein hoher Prozentsatz der Pilze (28,6%) war stark wirksam gegen *C. albicans*, jedoch konnte keine Wirksamkeit gegen *C. neoformans* festgestellt werden.

Eine Antitumor Aktivität konnte bei 23 Proben ermittelt werden, die zumindest gegen eine Krebszelllinie wirksam waren. 7 (25%) der getesteten endophytischen Pilze zeigten eine hemmende Wirkung gegen HepG2, 11 (39%) gegen MCF7, 19 (67,9%) gegen SKVO3 und 12 (42,9%) gegen 293-T-Zellen. Die geringste Zytotoxizität wurde gegen die Krebszelllinien HepG2 und HL-60 erreicht.

Fazit dieser Studie war, dass die vorkommenden endophytischen Pilze des Adlerholzes potentielle Kandidaten in der Arzneimittelbranche sein könnten (Ciu et al. 2011).

In einer Studie von Wetwitayaklung et al. aus dem Jahr 2009 wurden einerseits die Inhaltsstoffe (siehe oben) und die antimikrobielle Wirkung des ätherischen Öls von *Aquilaria crassna* untersucht. Die Überprüfung der antimikrobiellen Wirkung dieses ätherischen Öles erfolgte gegen die Testkeime *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* und *Candida albicans*. Zunächst wurden die Bakterien in Trypton-Soja-Agar (TPA) und der Pilz in Sabouraud-Dextrose-Agar (SDA) inkubiert. Anschließend wurde die minimale Hemmkonzentration bestimmt, die bei der geringsten Konzentration des ätherischen Öles, noch eine sichtbare Wachstumshemmung zeigt. Als Referenzstandards wurden das Antibiotikum Doxycyclin und das Antimykotikum Clotrimazol herangezogen.

Die unten stehende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse:

| Methode/Standards       | Minimale Hemmkonzentration |               |                   |
|-------------------------|----------------------------|---------------|-------------------|
|                         | <i>S. aureus</i>           | <i>E.coli</i> | <i>C.albicans</i> |
| Wasserdampfdestillation | 0.5 mg/mL                  | > 2 mg/mL     | 1 mg/mL           |
| SFE-Extraktion          | 1 mg/mL                    | > 2 mg/mL     | 2 mg/mL           |
| SFE+Co-Solvens          | 0.5 mg/mL                  | > 2 mg/mL     | 2 mg/mL           |
| Doxycyclin              | 62.5 ng/mL                 | 4 µg/mL       | -                 |
| Clotrimazol             | -                          | -             | 40 µg/mL          |

Tab. 6: Antimikrobielle Wirkung des ätherischen Öls von *A. crassna* (Wetwitayaklung et al. 2009)

Sowohl das Öl der Wasserdampfdestillation als auch der Extrakte zeigte eine geringere antimikrobielle Aktivität als die Standard-Substanzen. Die SFE und SFE+Co-Solvent Extrakte konnten *C.albicans* bei derselben Konzentration (2mg/ml) hemmen, allerdings war die SFE+Co-Solvent Methode bei der Hemmung von *S. aureus* besser. Obwohl die Wasserdampfdestillation eine sehr zeit-und energieaufwändige Methode ist, war sie in dieser Studie den anderen Extraktionsmethoden im Hinblick auf die antimikrobielle Wirkung doch überlegen (Wetwitayaklung et al. 2009).

**Unerwünschte Wirkungen:**

Es sind bislang keine Nebenwirkungen oder Allergien das Adlerholz betreffend bekannt. 2013 gab es eine Studie, in der man die akute Toxizität des Blätterextraktes von *Aquilaria crassna* untersuchte. Das Experiment erfolgte nach den OECD-Richtlinien. Mäusen wurde eine Dosis von 2000 mg/kg und 15000 mg/kg Körpergewicht verabreicht. Die Mäuse wurden anschließend gut überwacht und nach 14 Tagen die Organe entnommen. Es konnte keine Abnormalität oder Toxizität festgestellt werden (Kamonwannasit et al. 2013).

## 2.2. Akaroidharz



Abb. 7: Akaroidharz

### Synonyme:

*Resina acaroides*, Xanthorrhoeaharz, Botanybaygummi, Grasbaumgummi, Erdschellack, Blackboy-gum, Nuttharz (Wiesner 1927, S. 346)

### Stammpflanzen:

Das Akaroidharz wird von verschiedenen Stammpflanzen der Gattung *Xanthorrhoea* produziert, welche zu der Familie der *Xanthorrhoeaceae* gezählt wird (Langenheim 2003, S. 391).

Folgende Stammpflanzen produzieren das Harz nach Langenheim 2003, S. 391:

- *Xanthorrhoea resinifera* (*X. resinosa*, *X. hastilis*)
- *X. arborea*
- *X. semiplana* subsp. *tateana*
- *X. preissii*
- *X. australis*
- *Xanthorrhoea johnsonii*

### Beschreibung:

Von den so genannten Grasbäumen sind 28 Arten bekannt, wobei 5 für die Harzproduktion sehr wichtig sind. Die Bäume sind immergrün, wachsen nur sehr langsam

und können eine Höhe von bis zu 6 Metern erreichen. *Xanthorrhoea johnsonii* wächst zum Beispiel nur 0.88cm pro Jahr. Des Weiteren können die Grasbäume ein Alter von mehreren hundert Jahren erreichen. Ihre grasähnlichen Blätter, die auch namensgebend sind, verbleiben sehr lange am Stamm und geben Schutz vor Verdunstung und Bränden.

Das von mehreren Stammpflanzen der Gattung *Xanthorrhoea* gebildete Akaroidharz ist sowohl in roter als auch gelber Farbe erhältlich. Das gelbe Harz wird von *Xanthorrhoea resinifera* produziert und das rote Harz stammt von *X. arborea*, *X. semiplana subsp. tateana*, *X. preissii*. Darüber hinaus produziert *X. australis* ein rotbraun gefärbtes Harz (Langenheim 2003, S. 391).

Das gelbe Akaroidharz wird in Form von rundlichen ca. 3 cm Durchmesser umfassenden Stücken oder Bruchstücken, die einen benzoeartigen Geruch aufweisen gehandelt. Das Aussehen des roten Harzes ist glänzend mit rot bis braun gefärbten Splittern. Der Geruch ist ebenfalls charakteristisch aromatisch. Beide Harze sind in Alkohol leicht löslich, in Äther und Chloroform teilweise löslich (Wiesner 1927, S. 347).



Abb. 8: *Xanthorrhoea latifolia*

### Herkunft:

Heimat der Familie der *Xanthorrhoeaceae* ist Australien, besonders Kangaroo Island, das sich im Süden Australiens befindet (Langenheim 2003, S. 391).

### Gewinnung:

Das Harz befindet sich in Form von Kügelchen im Stamm der Pflanze und kann durch direkte Sonneneinstrahlung oder Feuer an der Basis der Blätter austreten.

Für die großtechnische Gewinnung des Akaroidharzes werden die Pflanzen gestutzt und die abgestorbenen Blätter entfernt. Anschließend werden die Blätter in eine Überdrehmaschine eingebracht, in welcher mittels Sieb das Harz abgetrennt wird.

Heutzutage ist es üblich die gesamte Baumkrone abzuschneiden. Obwohl dieser Vorgang sehr gravierend ist, erholen sich die Pflanzen nach einer gewissen Zeit und fangen erneut an zu wachsen und Blätter zu bilden (Langenheim 2003, S. 391).

### Inhaltsstoffe:

Allgemein kann man sagen, dass das Akaroidharz zu etwa 4-12% aus Holzfasern und mineralischen Bestandteilen und zu etwa 3-10% aus flüchtigen Verbindungen besteht.

Eine Studie über die Zusammensetzung des Harzes von *Xanthorrhoea preissii*, *X. australis* und *X. hastile* hat ergeben, dass sich vorwiegend Hydroxy- und Methoxyflavanon-Derivate, einige Derivate von 2-Methyl-2,3-dihydronaphto-(1,8-bc)pyran-5-ol, C6C3-Verbindungen, Zimtalkohol, p-Cumarsäure und Chrysophanin-Säure im Harz befinden. Der Blütenstand von *X. australis* enthält keine Flavonoide, aber p-Cumarsäure, Chrysophanin-Säure und Aloeemodin. Gelbes und rotes Harz unterscheiden sich in ihren Inhaltsstoffen. *X. hastile* beinhaltet keine Naphthopyran-Derivate und das Harz ist hauptsächlich ein Polymer (Birch und Dahl 1974). Die unten stehende Tabelle gibt einen Überblick über alle bisher gefundenen Inhaltsstoffe von sowohl gelbem als auch rotem Akaroidharz.

| Inhaltsstoffe                        | Vorkommen                                                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Citronellol                          | <i>X. hastile</i> , <i>X. preissii</i>                                         |
| Zimtsäure                            | <i>X. hastile</i> , <i>X. australis</i>                                        |
| Zimtsäuremethylester                 | <i>X. hastile</i>                                                              |
| Zimtalkohol                          | <i>X. hastile</i>                                                              |
| p-Cumarsäure                         | <i>X. hastile</i> , <i>X. preissii</i> , <i>X.reflexa</i> , <i>X. tateana</i>  |
| Methyl-p-coumarat                    | <i>X. hastile</i>                                                              |
| p-Methoxy-Zimtsäure                  | <i>X. hastile</i>                                                              |
| Methyl-p-Methoxy-cinnamat            | <i>X. hastile</i>                                                              |
| Cinnamyl cinnamat                    | <i>X. hastile</i>                                                              |
| Cinnamyl-p-coumarat                  | <i>X. hastile</i>                                                              |
| Cinnamyl-p-methoxycinnamat           | <i>X. hastile</i>                                                              |
| 2-Hydroxy-4-methoxyacetophenon       | <i>X. tateane</i> , <i>X. preissii</i> , <i>X. arborea</i> , <i>X. reflexa</i> |
| 2-Hydroxy-4,6-dimethoxyacetophenon   | <i>X. tateane</i> , <i>X. preissii</i> , <i>X. arborea</i> , <i>X. reflexa</i> |
| 4,2'-Dihydroxy-4'-methoxychalcon     | <i>X. australis</i> , <i>X. reflexa</i>                                        |
| 2'-Hydroxy-4,6'-dimethoxychalcon     | <i>X. preissii</i>                                                             |
| 2'-Hydroxy-4,4',6'-trimethoxychalcon | <i>X. preissii</i>                                                             |
| 2'-Hydroxy-3,4,4'-trimethoxychalcon  | <i>X. reflexa</i>                                                              |
| 5,7-Dimethoxyflavanon                | <i>X. preissii</i>                                                             |
| 7,4'-Dihydroxyflavanon               | <i>X. arborea</i>                                                              |
| 7-Hydroxy-4'-methoxyflavanon         | <i>X. reflexa</i>                                                              |
| 5,7,4'-Trihydroxyflavanon            | <i>X. preissii</i> , <i>X. arborea</i>                                         |
| 7,4'-Dihydroxy-5-methoxyflavanon     | <i>X. preissii</i>                                                             |
| 5-Hydroxy-7,4'-dimethoxyflavanon     | <i>X. preissii</i>                                                             |
| 5,7,4'-Trimethoxyflavan              | <i>X. preissii</i>                                                             |
| Chrysophanin-Säure                   | <i>X. australis</i>                                                            |
| Xanthorrhoein                        | <i>X. preissii</i> , <i>X. reflexa</i>                                         |
| Xanthorrhoeol                        | <i>X. preissii</i> , <i>X. arborea</i>                                         |

Tab. 7: Komponenten des Akaroidharzes (Birch und Dahl 1974)

Bei einer genaueren Untersuchung von *Xanthorrhoea hastilis* konnte eine allergiepräventive Wirkung festgestellt werden. Zu den Inhaltsstoffen, die man dafür verantwortlich macht, zählen einerseits ein neu entdecktes Flavonoid, das 3,5-Dihydroxy-7,4-dimethoxyflavanon. Des Weiteren konnten zwei neue Chalcone, 3,5,2-Trihydroxy-4,4-dimethoxychalcone und 5,2-Dihydroxy-3,4,4-trimethoxychalcon, isoliert werden. Weitere Komponenten mit allergiepräventiver Wirkung sind 5-Hydroxy-7,3,4-

trimethoxyflavanon, 3-Hydroxy-7,4-dimethoxyflavanon, Liquiritigenin 7-methyl-ether, 4,2-Dihydroxy-4-methoxychalcon und Sakuranetin (Ogawa et al. 2007).

### Verwendung:

Bei den Australischen Eingeborenen hat die Verwendung des Akaroidharzes eine lange Tradition. Aborigines nutzten das Harz zur Waffenherstellung, um beispielsweise Speerspitzen zu befestigen. Des Weiteren nutzten die Ureinwohner die *Xanthorrhoea*-Arten auch als Nahrungsmittelquelle. Die Knollen wurden gegessen, während der Nektar der Blüten zur Herstellung eines süßen Getränkes verwendet wurde (Cock und Kalt 2010). Hauptsächlich wurde das Harz als Lack verwendet. Wegen seiner Farbe und Löslichkeit in Alkohol wurde es zum Streichen von Holz (z.B. Mahagoni) und auch als Lack für Leder benützt. Des Weiteren wurde es auch zum Leimen von Papier anstelle von Kolophonium verwendet. Das rote Akaroidharz wurde auch zur Herstellung von Pikrinsäure herangezogen. Das seltener vorkommende gelbe Harz von *X. resinifera* wurde auch medizinisch verwendet zur Herstellung von Pflastern und als Seifenzusatz (Langenheim 2003, S 392).

Früher wurde das Akaroidharz auch in der Lebensmittelbranche als Zusatzstoff angewendet. Das gelbe Akaroidharz kam beispielsweise als Glasurmittel von Röstkaffee zur Anwendung (Schormüller 1965, S. 1214).

### Antimikrobielle Wirkung:

Bisher gibt es keine Studien über die antimikrobielle Wirkung des Akaroidharzes.

### Unerwünschte Wirkungen:

Es sind keine Nebenwirkungen bekannt.

## 2.3. Aloeharz



Abb. 9: Aloeharz

### Synonyme:

Aloelatex, Aloeklumpen, kristalline Aloe, pulverförmige Aloe, Mossel Bay prime aloe (Grace 2011)

### Stammpflanzen:

Die große Gattung Aloe umfasst in etwa 600 Arten und wird zu der Familie der *Xanthorrhoeaceae* gezählt. Nur wenige Arten davon sind auch von medizinischem Interesse und dienen als Produzenten für den Aloelatex. Die Stammpflanzen des Aloeharzes sind zum einen die in Südafrika vorkommenden Arten *Aloe ferox* Miller, *A. africana* Miller und *A. spicata* Baker. Des Weiteren die asiatische Art *A. chinensis* Baker, die amerikanische Art *A. barbadensis* Miller (Synonym: *Aloe vera*) und die in Europa vorkommende Art *A. arborescens* Miller (Ebadi 2002, S. 163).

### Beschreibung:

Die Gattung Aloe zeichnet sich durch mehrjährige, saftige Pflanzen aus mit dreieckigem Stamm und flachem Wurzelsystem. Die Pflanzen können 80 – 100 cm hoch wachsen und unter günstigen Bedingungen bis zu 50 Jahre alt werden. Die fleischigen, erbsengrünen und gezackten Blätter werden rund 30 – 50 cm lang und an der Basis ca. 10 cm breit. Die

Aloe-Arten sind sehr robust und können sowohl bei hohen Temperaturen von 40° C als auch bei niedrigen Temperaturen bis knapp unterhalb des Gefrierpunkts überleben. Die Aloe-Arten produzieren in ihren Blättern zwei verschiedene medizinisch interessante Produkte, die bereits seit Jahrhunderten verwendet werden. Zum einen in den Parenchymzellen im Inneren des Blattes das Aloegel. Dieses Gel ist farblos, geschmacklos und besteht zu 99 % aus Wasser und Polysacchariden. Das Aloeharz oder Aloelatex hingegen wird in den inneren Epidermalzellen/perizyklischen Zellen unterhalb der Blattrinde produziert. Frischer Aloelatex ist gelb, schmeckt bitter und ist für seine laxierende (abführende) Wirkung bekannt. Der Latex wird im Zuge der Verarbeitung getrocknet und verändert dadurch seine Farbe. Das eingetrocknete Aloeharz weist schließlich eine gelbgrüne bis rotschwarze Farbe auf (Sahu et al. 2013). Das Aloeharz löst sich in Alkalien, konzentrierter Essigsäure, absolutem Alkohol, Glycerin und in heißem Ethanol. In Wasser ist es nur teilweise löslich und in Ethylether praktisch unlöslich (Celestino et al. 2013).



Abb. 10: *Aloe barbadensis* Miller

### Herkunft:

Die Aloe-Arten sind in Süd- und Ostafrika sowie in warmen Gebieten in Asien, Zentralamerika (Barbados-Inseln) und Europa (Sizilien) beheimatet (Ebadi 2002, S. 163).

### Gewinnung:

Die Gewinnung des Aloeharzes erfolgt durch querverlaufende Einschnitte in die Blätter nahe der Basis. Anschließend werden die Blätter schräg gehalten und der Latex fließt aus den perizyklischen Zellen und manchmal auch aus den angrenzenden Parenchymzellen langsam aus. Dieser Prozess kann bis zu sechs Stunden dauern. Es darf kein Druck auf die Blätter ausgeübt werden, ansonsten wird der Latexsaft mit dem schleimigen Aloegel verunreinigt, welches sich im Inneren der Blätter befindet. Der frisch ausfließende Latex ist gelb und schmeckt bitter. Als Aloeharz wird der eingedickte Latex verstanden. Der Latex wird entweder durch Hitze (über Feuer) eingetrocknet oder durch langes Stehenlassen in Kanistern. Die Farbe des entstehenden Harzes reicht von gelbgrün bis rotschwarz (Ebadi 2002, S. 164).

### Inhaltsstoffe:

Die Aloeblätter im Allgemeinen bestehen zu 10 – 40 % aus Anthrachinonderivaten, zu 30 % aus Aloegel (Schleim), zu 10 – 63 % aus harzigen Substanzen und zu 25 % aus Zucker (Reynolds 2004, S. 226).

Der eingedickte Aloelatex besteht hauptsächlich aus phenolischen Verbindungen wie Chromonen, Anthrachinonen und Anthronderivaten. Diese Verbindungen sind für die laxierende Wirkung verantwortlich und kommen nicht in den Parenchymzellen vor, die das Aloegel liefern.

Die meisten bisher gefundenen Chromone sind 8-C-Glucosyl-7-hydroxy-5-methyl-2-propyl-4-chromon-Derivate. Dazu zählen die Aglykone Aloeson, 7-O-Methylaloeson, Aloesol, 7-O-Methylaloesol, Furoaloeson, 7-Hydroxy-2,5-Dimethylchromon, 8-C-Glucosylnoreugenin und Chremnochromon. Das wichtigste Chromon ist die Verbindung Aleosin und dessen Derivate, z.B 7-O-Methylaloesin und 7-O-Glucosylaloesin.

Bei den Anthrachinonen sind die Derivate von 1,8-Dihydroxy-3-methyl-anthrachinon (Chrysophanol) und 3,8-Dihydroxy-1-methyl-anthrachinon (Aloesaponarin II) am häufigsten vertreten. Zu den Chrysophanol-Derivaten gehören die Verbindungen Chrysophanol-8-methylether, Aloeemodin, Helminthosporin, Nataloemodin, Nataloemodin-8-methylether und Isoxanthorin. Zu den Aloesaponarin II-Derivaten zählen die Substanzen Aloesaponarin I, Laccainsäure-D-methylester und Deoxyerythrolaccain. Die Anthrone sind die Hauptkomponenten des Aloeharzes. Die Verbindungen Barbaloin (Aloin) und Homonataloin kommen ausschließlich im Aloeharz vor. Barbaloin ist ein Bitterstoff und wurde als C-Glycosid von Aloeemodin charakterisiert. Barbaloin kommt je nach Aloe-Art zu 3 – 35 % im Latex vor und ist der Hauptinhaltsstoff. Die wichtigsten C-Glycosid-Anthrone sind Aloin A (Barbaloin) und sein Epimer Aloin B (Isobarbaloin), Aloesin und Aloeresin A (Reynolds 2004, S. 54-65).

In einer Studie von Magwa et al. wurde der Blätterextrakt von *Aloe ferox*, der sowohl das Gel als auch das Aloeharz beinhaltet, mit Hilfe der GC/MS untersucht und die flüchtigen Verbindungen identifiziert. Es konnten 0,18 % ätherisches Öl mit den Hauptinhaltsstoffen 1,3,6-Octatrien (23.87%), 3-Cyclohexen-1-acetaldehyd- $\alpha$ -4-dimethyl (9.51%), 2,4-Decadien-1-ol-(E, E) (7.45%) und 2-Heptanol (7.31%) gewonnen werden. Insgesamt konnten 21 Verbindungen gefunden werden, die 99,9 % des ätherischen Öls ausmachen.

| Komponente                                             | Anteil % |
|--------------------------------------------------------|----------|
| 2-Heptanol                                             | 7.31     |
| Cyclopentancarboxylsäureethylester                     | 1.33     |
| 3-Methyl-1-hexanol                                     | 2.59     |
| 3, 5-Dimethyl-(2, 4-dimethyl-4-hexan)-2-hexen          | 1.33     |
| 5-methyl-(5-methyl-2-heptanol)-2-heptanol              | 3.92     |
| 7-Methylocta-1,3(Z)-5(E)-trien                         | 1.28     |
| 1,3,6-Octatrien                                        | 23.87    |
| 5-Isoprenyl-2-methyl-2-vinyltetrahydrofuran (Herboxid) | 1.16     |
| $\Delta^3$ -Caren                                      | 3.44     |
| 5-(1-Methylpropyliden)-1,3-Cyclopentadien              | 4.07     |
| 1-Methyl-(2,5-dihydrotoluen)-1,4-cyclohexadien         | 3.70     |
| 2, 4-Decadien-1-ol, (E, E)                             | 7.45     |
| 1-Methyl-2-(2-propenyl)-benzen                         | 3.78     |
| E-3-Hexenylbutanoat                                    | 1.06     |
| $\alpha$ -4-Dimethyl-3-Cyclohexen-1-acetaldehyd        | 9.51     |
| Syn-2-Hydroxy-6-methylen-dicyclo[2, 2, 2]-octan        | 2.28     |

|                                                            |      |
|------------------------------------------------------------|------|
| Bornylen                                                   | 5.24 |
| Vitispiran                                                 | 1.16 |
| Theaspiran A ich glaube der Unterschied ist (E/Z), wird in | 3.23 |
| Theaspiran A                                               | 2.39 |
| 2-Tridecanon                                               | 2.52 |

Tab. 8: Ätherisches Öl des Blätterextraktes von *Aloe ferox*  
nach Magwa et al. 2006

### Verwendung:

Aus der Gattung Aloe können drei Produkte gewonnen werden.

Das Aloeharz (Latex) ist für seine laxierende Wirkung bekannt. Dieser Effekt ist auf den hohen Gehalt an Antrachinonen zurückzuführen. Diese führen zu einem verstärkten Wassereinstrom in das Darmlumen und hemmen die Absorption von Elektrolyten im Dickdarm. Dadurch wird die Darmperistaltik erhöht und die Stuhlauscheidung beschleunigt. Die Aloepflanze wird aufgrund dieser Wirkung als Abführmittel bei Verstopfung eingesetzt oder bei Bedingungen, die einen weichen Stuhl erforderlich machen, wie z.B. bei Analfissuren, Hämorrhoiden oder nach rektalen chirurgischen Eingriffen. Äußerlich wird das Aloeharz auch gelegentlich bei Verbrennungen oder oberflächlichen Hautverletzungen verwendet.

Das Aloegelee hat eine sehr lange Tradition in der afrikanischen, asiatischen und amerikanischen Volksmedizin als topische Zubereitung zur Heilung von Wunden und Hauterkrankungen wie Psoriasis und Genitalherpes. Innerlich wurde es zur Behandlung von Diabetes, erhöhtem Cholesterinspiegel und Magenbeschwerden eingesetzt.

Der Aloeblätterextrakt (Latex + Gel) ist Gegenstand einiger Studien zur Behandlung von Asthma (Afzal et al. 1991), Krebserkrankungen (Manna und McAnalley 1993, Kim et al. 1999, Shamaan et al. 1998, Schörkhuber et al. 1998) und AIDS (Kahlon et al. 1991, Werbach und Murray 1994) (Reynolds 2004, S. 222, 227).

### Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie von Pandey und Mishra wurde der Blätterextrakt von *Aloe barbadensis* gegen zahlreiche Bakterien untersucht. Es wurde die antibakterielle Wirksamkeit eines Ethanol-Extraktes und eines Wasser-Extraktes mit Hilfe der Agardiffusionsmethode gegen die Bakterien *Enterococcus bovis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Morganella morganii* und *Klebsiella pneumoniae* durchgeführt.

| Bakterium                 | Hemmzone (mm)   |                             | Minimale Hemmkonzentration des Ethanolextraktes (mg/ml) |
|---------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------|
|                           | Ethanol-Extrakt | Wasser-Extrakt <sup>1</sup> |                                                         |
| <b>gram-positive B.</b>   |                 |                             |                                                         |
| <i>Enterococcus bovis</i> | 30.0±3.21       | 4.0                         | 0,5                                                     |

|                               |            |     |      |
|-------------------------------|------------|-----|------|
| <i>Staphylococcus aureus</i>  | 20.67±0.67 | 3.0 | 0,5  |
| <b>gram-negative B.</b>       |            |     |      |
| <i>Escherichia coli</i>       | 9.67±0.33  | 3,0 | 10,0 |
| <i>Proteus vulgaris</i>       | 17.67±0.33 | 4,0 | 0,5  |
| <i>Proteus mirabilis</i>      | 19.33±0.33 | 4,0 | 0,5  |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 26.33±1.33 | 4,0 | 0,1  |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i>  | 8.0±1.0    | 4,0 | 10,0 |
| <i>Morganella morganii</i>    | 24.0±1.0   | 4,0 | 0,3  |

<sup>1</sup> es wurde keine statistische Analyse durchgeführt

Tab. 9: Antibakterielle Wirkung des Blätterextraktes von *Aloe barbadensis* (Pandey und Mishra 2010)

Wie aus der Tabelle ersichtlich war die Wirksamkeit des Ethanol-Extraktes im Allgemeinen gegen die gram-positiven Bakterien besser. Bei den gram-negativen Bakterien war die antibakterielle Wirkung gegen das Bakterium *Pseudomonas aeruginosa* am stärksten. Der Wasser-Extrakt konnte im Vergleich zum Ethanol-Extrakt nur sehr geringe Effekte erzielen. Das liegt wahrscheinlich daran, dass sich die für die Wirksamkeit wichtigen Anthrachinone in Wasser nur sehr schlecht lösen. Anthrachinone haben eine ähnliche Wirkung wie das Antibiotikum Tetracyclin und hemmen die bakterielle Proteinbiosynthese. Im Allgemeinen erweist sich der ethanolische Blätterextrakt von *Aloe barbadensis* als ein potenter antibakterieller Pflanzenextrakt (Pandey und Mishra 2010).

In einer Studie von Nidiry et al. wurde die antifungale Wirkung der *Aloe vera* Pflanze untersucht. Es wurde der Effekt des Aloelates, Hexan-, Ethylacetat- und Methanol-Extraktes der Blätter gegen die Pilze *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum capsici* und *Fusarium solani* miteinander verglichen. Darüber hinaus wurden auch die isolierten Verbindungen Aloin und Aloeemodin gegen den Pilz *Colletotrichum gloeosporioides* getestet. Zur Ermittlung der antifungalen Wirksamkeit wurden die Extrakte bzw. Verbindungen in verschiedenen Konzentrationen getestet und die Hemmung des Myzelwachstums beobachtet.

| Pilz                                  |                     | Konzentration % | Hemmung des Myzelwachstums % |
|---------------------------------------|---------------------|-----------------|------------------------------|
| <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> | Hexan-Extrakt       | 0,2             | 9,9 ± 0,2                    |
|                                       |                     | 0,5             | 11,3 ± 0,0                   |
|                                       | Ethylacetat-Extrakt | 0,2             | 12,5 ± 0,0                   |
|                                       |                     | 0,5             | 16,4 ± 0,1                   |
|                                       | Methanol-Extrakt    | 0,2             | 17,6 ± 0,1                   |
|                                       |                     | 0,5             | 22,0 ± 0,0                   |
|                                       | Aloelates           | 0,2             | 14,0 ± 0,0                   |
|                                       |                     | 0,5             | 21,6 ± 0,0                   |
|                                       | Aloin               | 0,050           | 40,2 ± 0,1                   |
|                                       |                     | 0,1             | 47,8 ± 0,1                   |
|                                       |                     | 0,2             | 53,1 ± 0,2                   |
|                                       | Aloeemodin          | 0,025           | -                            |
| 0,05                                  |                     | 13,3 ± 0,1      |                              |
| <i>Colletotrichum capsici</i>         | Hexan-Extrakt       | 0,2             | 5,9 ± 0,1                    |

|                        |                     |     |            |
|------------------------|---------------------|-----|------------|
|                        |                     | 0,5 | 7,1 ± 0,1  |
|                        | Ethylacetat-Extrakt | 0,2 | 8,7 ± 0,0  |
|                        |                     | 0,5 | 14,8 ± 0,0 |
|                        | Methanol-Extrakt    | 0,2 | 10,6 ± 0,1 |
|                        |                     | 0,5 | 18,5 ± 0,1 |
|                        | Aloelatex           | 0,2 | 7,8 ± 0,1  |
|                        |                     | 0,5 | 13,1 ± 0,1 |
| <i>Fusarium solani</i> | Hexan-Extrakt       | 0,2 | -          |
|                        |                     | 0,5 | 2,8 ± 0,1  |
|                        | Ethylacetat-Extrakt | 0,2 | -          |
|                        |                     | 0,5 | 7,9 ± 0,1  |
|                        | Methanol-Extrakt    | 0,2 | -          |
|                        |                     | 0,5 | 9,8 ± 0,0  |
|                        | Aloelatex           | 0,2 | -          |
|                        |                     | 0,5 | 5,2 ± 0,0  |

Tab. 10: Antifungale Wirkung von Aloelatex, Hexan-, Ethylacetat- und Methanol-Extraktes von *Aloe vera*-Blättern sowie der isolierten Verbindungen Aloin und Aloemodin (Nidiry et al. 2011)

Wie die Ergebnisse dieser Studie zeigen, konnte der Methanol-Extrakt gegen die *Colletotrichum*-Arten die beste Wirkung erzielen. Bei einer Konzentration von 0,2 % konnte kein Effekt gegen den Pilz *Fusarium solani* ausgerichtet werden. Insgesamt konnten die polaren Lösungsmittlextrakte (Ethylacetat und Methanol) eine stärkere Hemmung des Myzelwachstums von *Fusarium solani* bewirken. Die Verbindungen Aloin und Aloemodin konnten ebenfalls eine moderate antifungale Wirkung gegen den Pilz *Colletotrichum gloeosporioides* aufweisen (Nidiry et al. 2011).

### Unerwünschte Wirkungen:

Aloelatex kann wie andere Abführmittel auch Bauchbeschwerden wie Blähungen, Krämpfe und Bauchschmerzen verursachen. Eine weitere Nebenwirkung wäre die Verfärbung des Urins, welcher bei einem sauren pH-Wert orange wird und bei einem alkalischen pH-Wert eine rotviolette Farbe annimmt. Das wird durch die renale Ausscheidung der Hydroxyanthracenderivate verursacht. Eine Überdosierung von Aloelatex kann zu einer Nierenentzündung, Erbrechen, blutigem Durchfall mit Schleim und einer hämorrhagischen Gastritis (blutigen Magenschleimhautentzündung) führen. Eine längere Verwendung von Aloelatex führt zu wässrigem Durchfall und somit zu einem Ungleichgewicht der Elektrolytwerte. Diese Situation wiederum führt zu Müdigkeit, Muskelschwäche, Gewichtsverlust, psychischen Störungen, Steatorrhoe (Fettstuhl), EKG-Anomalien und Nierenfunktionsstörungen (Reynolds 2004, S. 238).

## 2.4. Bernstein



Abb. 11: Bernstein

Synonyme:

Succinit, *Succinum*, *Electrum*, Elektrum, Argstein (Hunnius und Burger 1998, S. 229)

Stammpflanzen:

Die botanische Abstammung des fossilen Harzes Bernstein ist sehr umstritten. Untersuchungen kamen zu dem Ergebnis, dass die Familien *Sciadopityaceae* (Gattung: *Sciadopitys*), *Cupressaceae* (Gattung: *Metasequoia*) und *Pinaceae* (Gattung: *Pinus* und *Pseudolarix*) in Frage kommen. Man geht allerdings davon aus, dass die Familie der *Pinaceae* mit der Art *Pinus succinifera* (Bernsteinkiefer) als Stammpflanze zu definieren ist (Wolfe et al. 2009).

Beschreibung:

Das fossile Harz Bernstein stammt von verschiedenen ausgestorbenen Nadel- und Laubbäumen ab. Die ältesten Funde stammen aus der Zeit des Devon (400 – 350 Millionen Jahre) und des Karbon (350 – 280 Millionen Jahre). Die umfangreichsten Funde sind allerdings 65 – 58 Millionen Jahre alt. Die Harzergüsse der Bäume lassen sich auf einen Krankheitsbefall zurückführen. Durch den zunehmenden Feuchtigkeitsentzug dichte das Harz ein und bildete schließlich feste, amorphe Gesteinsformationen. Viele der Bernsteinstücke weisen Einschlüsse von kleinen Organismen (Insekten) auf. Bernstein kommt in unterschiedlichen Farben und Formen vor. Die Farbtöne reichen von weiß,

gelb, rot, grün bis hin zu braun, blau und schwarz. Darüber hinaus gibt es auch Harze mit Silber- oder Goldglanz. Das Aussehen des Harzes führte dazu, dass Bernstein das erste edelsteinähnliche Schmuckstück wurde. Das bislang älteste gefundene Schmuckstück aus Bernstein wurde in Niedersachsen gefunden und ist ca. 30 000 Jahre alt.

Bernstein ist ein sehr leichtes Harz mit einem spezifischen Gewicht von 1,05 – 1,10 g/cm<sup>3</sup>. Das Harz ist brennbar und hat seinen Schmelzpunkt bei 375° C (Hoffmann 2012, S. 44). Es ist unlöslich in Wasser und nur teilweise löslich in Alkohol, Ether, Chloroform und Schwefelkohlenstoff (Irion 1955, S. 187).



Abb. 12: *Pinus succinifera*

### Herkunft:

Bernstein ist ein weitverbreitetes Harz, welches sowohl in Europa (hier besonders auf Sizilien und in Deutschland), aber auch in Russland, der Ukraine und in Rumänien gefunden wurde. Die umfangreichsten Funde konnte man im Ostseeraum vorfinden (Hoffmann 2012, S. 44).

### Gewinnung:

In der Jungsteinzeit wurde das fossile Harz eine begehrte Handelsware und verbreitete sich rasch von der Ostsee aus bis nach Ägypten. Zu dieser Zeit gab es viele Bernsteinfunde, was mit der Bildung des Litorinameeres (ein nacheiszeitlicher Anstieg des Meeresspiegels führte zu einer Versalzung des damals mit Süßwasser gefüllten Ostseebeckens) zusammenhängt. Damals war es möglich den Bernstein am Strand einfach aufzusammeln (Hoffmann 2012, S. 44).

Heute wird nach dem Bernstein im Wasser gefischt oder in der Nähe der Küste danach gegraben oder gebaggert (Hoppe 1977, S. 229). Der im Handel angebotene Bernstein stammt heute überwiegend aus Kaliningrad (Russland). Hier befinden sich große Vorkommen des Harzes in Küstennähe in einer Tiefe von bis zu 10 Metern. Der Abbau findet hier im Tagebau statt (Gerber 2009, S. 15).

### Inhaltsstoffe:

Bernstein ist ein fossiles Harz, welches ein Gemisch aus Harzsäuren und Harzalkoholen darstellt. Das Harz besteht zu 12,5 % aus Abietinsäure und zu ca. 6 % aus Abietol (Harzalkohol). Des Weiteren kommen d-Borneolester, etwa 4 % Succino-Sylvinsäureester und ca. 65 % Succinoresen im Harz vor. Darüber hinaus besteht

Bernstein zu ca. 2 % aus Bernsteinsäureester, 3 % Succinoresinol und Diabetinsäure (Hoppe 1977, S. 229).

Eine Untersuchung von Urbanski und Molak ergab, dass das Harz Bernstein zu 2 – 5 % aus flüchtigen Verbindungen besteht. Das ätherische Öl setzt sich aus Monoterpenen (vor allem  $\Delta^3$ -Caren), Monoterpenalkoholen (Fenchenol, Borneol, Iso-Borneol, 1,8-Cineol und 1,4-Cineol), Ketonen (Campher, Pulegon), aromatischen Kohlenwasserstoffen (*o*-, *m*-, *p*-Cymen) sowie terpenoiden und nicht-terpenoiden Verbindungen zusammen (Urbanski und Molak 1984).

### Verwendung:

Bernstein wurde schon vor tausenden Jahren als edelsteinähnliches Schmuckstück von Menschen getragen. Darüber hinaus konnte man in einer jungpaläolithischen Höhle Felsbilder finden, deren Ockerfarben zerriebener Bernstein zugesetzt wurde. Aus der Steinzeit gibt es zahlreiche Schmuckstücke (Anhänger), die wohl eher von Männern als Jagdamulett getragen wurden und erst später von Frauen als Schmuck getragen wurden. Ebenso wurden steinzeitliche Waffen und Figuren aus Bernstein hergestellt (Hoffmann 2012, S. 44).

In der Volksmedizin wurde das Bernsteinöl, welches man durch Destillation der Bernsteinabfälle herstellte, als Tinktur verwendet um Bronchitis und Keuchhusten zu behandeln sowie als krampfstillendes Mittel. Darüber hinaus wurde Bernstein im Mittelalter auch gerne als Räuchermittel angewendet.

Technisch verwendet wurde das Harz zur Herstellung von Bernsteinlacken und Bernsteinfirnissen, welche als Fußboden- und Schleiflacke verwendet wurden. Heute versteht man unter der Bezeichnung „Bernsteinlack“ nur mehr eine Qualitätsbezeichnung für besonders widerstandsfähigen Lack (Hoppe 1977, S. 229).

### Antimikrobielle Wirkung:

Es gibt bisher keine Studien über eine mögliche antimikrobielle Wirkung des Harzes Bernstein.

### Unerwünschte Wirkungen:

Es sind keine Nebenwirkungen bekannt.

## 2.5. Drachenblut



Abb. 13: Drachenblut

### Synonyme:

*Sanguis Draconis*, *Gummi Sanguis Draconis*, Palmendrachenblut, Ostindisches Drachenblut, Blutharz, Türkenblut (Hunnius und Burger 1998, S. 442)

Zanzibar Drachenblut, dam-ul-akh-wain (Langenheim 2003, S. 441)

Arleia, Ian huiqui (Ecuador), Yawar gradwascca (Peru), Sangre de Drago/Grado, Jerang or Djerang (Indonesien), Longxuejie (China), Kirin-kakketsu (Japan), Padauk (Gupta et al. 2008)

### Stammpflanzen:

Die Bezeichnung Drachenblut wurde für ein tiefrotes oder rubinrotes Harz von zwei verschiedenen Monocotyledonen verwendet. Zum einen für die Gattung *Dracaena* (*Convallariaceae*) und zum anderen auch für die Gattung *Daemonorops* (*Arecaceae*). Allerdings war der Name Drachenblut auch für eine dicotyle Pflanze gebräuchlich, die zur Gattung *Croton* (*Euphorbiaceae*) zählt. Diese Umstände machen es sehr schwierig den morphologischen Ursprung von älter gesammelten Exemplaren des Harzes zu ermitteln (Langenheim 2003, S 441).

Heute wird vor allem die Gattung *Dracaena* mit den Arten *Dracaena cambodiana* und *D. cochinchinensis* und die Gattung *Deamonorops* verwendet (Gupta et al. 2008).

Stammpflanzen nach Gupta et al. 2008:

*Croton* spp.

*Croton draco* Schltdl. & Cham.  
*Croton lechleri* Müll. Arg.  
*Croton draconoides* Müll. Arg.  
*Croton urucurana* Baill.  
*C. xalapensis* Kunth  
*Croton gossypifolium* Vahl  
*Croton erythrochilus* Müll. Arg.  
*Croton palanostigma* Klotzsch

Daemonorops spp.

*Daemonorops draco* (Willd) Blume  
*D. didymophylla* Becc.  
*D. micracantha* (Griff.) Becc.  
*D. motleyi* Becc.  
*D. rubra* (Reinw. ex Blume) Blume  
*D. propinqua* Becc.

Dracaena spp.

*Dracaena draco* (L.) L.  
*D. cinnabari* Balf. f.  
*D. cochinchinensis* (Lour.) S.C. Chen  
*D. cambodiana* Pierre ex Gagnep

Pterocarpus spp. Fabaceae

*P. officinalis* Jacq.

## Beschreibung:

Der Name Drachenblut von *Dracaena cinnabari* kommt erstmals bei Dioscorides, Plinius den Älteren und anderen antiken Dichtern vor. Plinius zufolge beruht der Name Drachenblut auf einer Schlacht zwischen einem Elefanten und einer Drachen-ähnlichen Kreatur. Der Kampf führte dazu, dass sich das Blut der beiden Tiere vermischte. Dem Harz wurde eine magische Wirkung nachgesagt und es wurde für seine angebliche medizinische Wirkung von den Griechen, Römern und Arabern sehr geschätzt (Langenheim 2003, S 441).

Da das Harz von verschiedenen Pflanzen stammen kann, kann es sich auch in seiner Beschaffenheit unterscheiden. Allgemein kann man jedoch sagen, dass es sich bei Drachenblut um ein Harz von dunkelroter Farbe und fester Konsistenz handelt.



Abb. 14: *Dracaena draco*

Zerriebenes Harz hat eine karminrote Farbe, ist spröde, undurchsichtig, geruch- und geschmacklos und die Bruchstücke sind kaum glänzend. Bei Wärme beginnt es zu schmelzen, verbreitet einen Storax-ähnlichen Geruch und ist leicht entzündlich. Drachenblut ist in Äther, Weingeist und fetten Ölen gut löslich und führt zu einer schönen roten Verfärbung (Giese 1811, S. 494).

### Herkunft:

Das Harz von *Dracaena cinnabari* stammte von der Insel Socotra, wo es aus den Pflanzenstängeln in Form von Tränen austritt und nach einer Regenperiode geerntet wird. Während der Zeit des römischen Reiches wurde das Harz von den Arabern nach Europa über Bombay oder manchmal über Zanzibar transportiert, was zu den Namen Zanzibar Drachenblut führte. Der arabische Name dam-ul-akh-wain ist nach wie vor gebräuchlich in diesen Regionen. Andere Arten, wie *D. schizantha*, traten an der somalischen Küste auf und das Harz von *Dracaena draco* wurde auf den Kanarischen Inseln gesammelt. Die Palmengattung *Daemonorops* stammt von Borneo, Sumatra und Malaysien, wobei Sumatra der Hauptproduzent von Drachenblut war. Die Gattung *Croton* verteilt sich von Mexiko über Zentralamerika bis zu Teilen von Südamerika (Langeheim 2003, S. 441-444).

Das heute im Handel erhältliche Drachenblut stammt einerseits aus Südost-Asien von der Gattung *Daemonorops* ab oder andererseits aus China von den Arten *Dracaena cambodiana* und *D. cochinchinensis*. *D. cambodiana* ist ein immergrüner 5-15m hoch wachsender Baum, den man erst in den 1970er Jahren im Süden Chinas in den Provinzen Hainan und Yunnan entdeckte (Ou et al. 2013).

### Gewinnung:

Das Harz von *Daemonorops spp.* befindet sich in spröden Schichten, die dachziegelartig an der Oberfläche der unreifen Früchte angeordnet sind. Die unreifen Früchte, die etwa der Größe einer Kirsche entsprechen, werden gesammelt und getrocknet. Man verwendet nur die unreifen Früchte, da die Früchte beim Reifeprozess Risse bekommen und somit das Harz austritt. Nach dem Trocken der Früchte wird das harzhaltige Pulver durch Hitze weich gemacht und kann anschließend in stockförmige Stücke oder kiloschwere Kuchen geformt werden (Langenheim 2003, S. 443).

Um an das Harz von *Croton spp.* und *Dracaena spp.* zu gelangen, muss man den Baum fällen oder zumindest verwunden. Anschließend kann man das saftige, dunkelrote Harz gewinnen (Gupta et al. 2008).

### Inhaltsstoffe:

Die Inhaltsstoffe des Harzes Drachenblut variieren sehr stark je nach Herkunft, da es mehrere Stammpflanzen gibt.

Im Harz von *Croton spp.* und im speziellen von *Croton lechleri* hat man das Alkaloid Taspine isoliert. Im Weiteren konnte man Diterpene, phenolische Komponenten und Proanthocyanidine finden, die ca. 90% des Harzes ausmachen. Im Saft kommen auch Catechine, Epicatechine, Gallocatechine, Clerodane Diterpenoide inklusive Korberin A und B, Dihydrobenzofuran, Ligane und 3',4-O-dimethylcedrusin vor (Pergue et al. 1979). In der folgenden Tabelle findet man die flüchtigen Komponenten, die man mit Hilfe der GC/MS-Analyse gefunden hat:

| <b>Komponenten</b>    |
|-----------------------|
| Ethylacetat           |
| Ethylpropionat        |
| 2-Methylbutanol       |
| 2-Methyl-butyl-acetat |
| 3-Methyl-butyl-acetat |
| Propylacetat          |
| Eucalyptol            |
| 1-Butyl acetat        |
| 3-Methyl-2-pentanol   |

Tab. 11: Flüchtige Verbindung des Harzes von *Croton lechleri* (Pieters et al. 1993)

Weitere Inhaltsstoffe sind Pinene, Camphene, Eugenol, Linalool, Pektinsäure, Tannin, Vanillin (Bellesia et al. 1996). Auch Antioxidantien wie Dihydrohardwickiate oder Sinacutine konnten gefunden werden (Desmarchelier et al. 1997).

Das Harz von *Dracaena draco* weist 21 phenolische Komponenten inklusive Phenylpropanol, Chalcone, Flavanoide und Zimtalkohol auf. Des Weiteren konnte man auch Phytoalexine isolieren, die eine fungizide Wirkung besitzen (Langenheim 2003, S. 443).

Das phenolische Harz von *Daemonorops ssp.* beinhaltet zu mehr als 50% den Alkohol Dracoeresinotannol. Ferner treten Benzylessigsäureester, Dracorsene, Zimtsäure und Flavanoide auf. Alle phenolischen Komponenten einschließlich der bekannten Verbindungen Dracorhin und Dracorubin, die für die roten Pigmente im Harz verantwortlich sind, entstehen durch Oxidation aus den Komponenten 5-Methoxyflavon-7-ol und 5-Methoxy-6-methylflavan-7-ol. Obwohl das Harz hauptsächlich phenolische Bestandteile aufweist, konnten auch Diterpensäuren nachgewiesen werden. Interessanterweise wurden auch Pimarsäure und Abietinsäuren gefunden, die charakteristisch für Kiefernharze sind (Langenheim 2003, S.443).

Verwendung:

Historische Verwendung:

Das karminrote Harz wurde bereits in der Antike sehr hoch geschätzt und dort als Färbemittel für Lacke, Zahnpasten, Pflaster und Tinkturen eingesetzt. Des Weiteren wurde der harzhaltige Saft, den man durch Anritzen der Rinde und des Stammes von *Dracaena cinnabari* erhielt, verwendet, um Horn anzufärben, damit es wie Schildpatt aussieht. Die Menschen in Socotra (einer Inselgruppe im nordwestlichen Indischen Ozean) nutzten das Harz einerseits um Wolle und Töpferwaren zu färben und andererseits um ihren Atem zu erfrischen oder als Lippenstift. In China wurden Möbelstücke, Papier und Plakate gefärbt um beispielsweise Hochzeiten oder das Chinesische Neujahrsfest zu feiern (Gupta et al. 2008).

Auch in der heutigen Zeit wird das Harz noch als Lack für Violinen, Duftharz, Körperöl, in der Foto-Industrie oder als Zusatz zu roter Tinte verwendet (Gupta et al. 2008).

#### Ethnomedizinische Verwendung:

Drachenblut wurde von den Griechen, Römern und Arabern sehr vielfältig in der Medizin eingesetzt. Für die Bewohner von Socotra war das Harz (*Dracaena*) ein Allheilmittel und wurde zur Heilung von Wunden und als Gerinnungsmittel eingesetzt. Des Weiteren wurde eine fiebersenkende Wirkung und Hilfe bei Diarrhoe überliefert. Die Menschen nutzten das Harz auch zur Behandlung von Geschwüren in Mund, Hals und Magen-Bereich und auch zur Behandlung von Hauterkrankungen wie Ekzemen. Offensichtlich war auch die antivirale Wirkung den Menschen in der Antike bereits bekannt, denn das Harz wurde auch zur Heilung von viralen Atemwegserkrankungen und Magen-Darm-Infekten eingesetzt. Das Harz von *Dracaena*-Arten beinhaltet viele adstringierende Inhaltsstoffe und wurde als Muskelrelaxans verwendet. In der traditionellen chinesischen Medizin kommt das Harz von *Daemonorops* zur Stimulierung der Blutzirkulation, zur Gewebereinigung und zur Behandlung von Knochenbrüchen und Verstauchung zum Einsatz. In Peru und anderen lateinamerikanischen Staaten war vor allem der Saft von *Croton*-Arten sehr beliebt. Oral eingenommen wurde es zur Behandlung von Durchfall und Cholera eingesetzt und topisch zur Linderung von Hämorrhoiden und Knochenbrüchen. Der Saft von *Croton lechleri* wurde zur Beschleunigung der Wundheilung nach einer Fehlgeburt und auch als Badezusatz zur Geburtsvorbereitung verwendet. *Croton* Saft im Allgemeinen wurde zur Wundheilung, bei Magengeschwüren, als Antidiarrhoikum, Antirheumatikum, als Entzündungshemmer und sogar zur Bekämpfung von Krebserkrankungen eingesetzt (Gupta et al. 2008).

#### Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie aus dem Jahr 2012 prüfte man die antimikrobielle Wirkung zweier neu entdeckter Flavanderivate Cambodianin D und E und zwei bereits bekannter Flavane (2S)-7,40-dihydroxy-6,8-dimethylflavan und (2S)-7,30-dihydroxy-40-methoxy-8-methylflavan, die man mit Hilfe eines Ethanolextraktes aus der Pflanze *Dracaena cambodiana* isolierte. Die antimikrobielle Aktivität der vier Komponenten wurde gegen das Bakterium *Staphylococcus aureus* (SA) und einen Methicillin resistenten Stamm (MRSA) mit der Agardiffusionsmethode getestet. Sterile Filterpapierscheiben (6mm Durchmesser) wurden jeweils mit den 4 Komponenten getränkt und dann auf aseptischen Agarplatten appliziert. Als Positivkontrolle wurde Kanamycin verwendet. Als Nachweis der antimikrobiellen Aktivität wurden nach 24stündiger Inkubation bei Raumtemperatur

die Durchmesser der Hemmhöfe einschließlich der 6mm Filterpapierscheibendurchmesser gemessen.

Die unten stehende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse.

| Komponente                                    | SA   | MRSA |
|-----------------------------------------------|------|------|
| Cambodianin D                                 | 13,0 | 10,0 |
| Cambodianin E                                 | 16,0 | 11,5 |
| (2S)-7,40-dihydroxy-6,8-dimethylflavan        | 15,0 | 11,0 |
| (2S)-7,30-dihydroxy-40-methoxy-8-methylflavan | -    | -    |
| Kanamycinsulfat                               | 26,0 | 20,0 |

Tab. 12: Antimikrobielle Wirkung einiger Flavane von *Dracaena cambodiana* (Chen et al. 2012)

Die Flavane Cambodianins D, Cambodianins E und (2S)-7,40-dihydroxy-6,8-dimethylflavan zeigten eine gute antibakterielle Aktivität gegen *Staphylococcus aureus* und den Methicillin resistenten Stamm. Bei dem letzten Flavan (2S)-7,30-dihydroxy-40-methoxy-8-methylflavan konnte man keine antimikrobielle Aktivität nachweisen (Chen et al. 2012).

In dieser Studie aus dem Jahr 2011 wurde die antioxidative und antimikrobielle Aktivität des Drachenblutharzes von *Dracaena cinnabari* in vitro untersucht. Das Ziel dieser Studie war es, die Eignung des Harzes als natürliches Konservierungsmittel zu untersuchen, um eine sichere Anwendung des Harzes in der Lebensmittelbranche zu gewährleisten. Die Konservierung von Lebensmitteln verfolgt den Zweck das Aussehen und die Eigenschaften der Lebensmittel möglichst lange zu erhalten. Aus diesem Grunde kommen natürliche, chemische und künstliche Konservierungsstoffe zum Einsatz. Im Hinblick auf Unverträglichkeiten und der negativen Auswirkungen von chemischen Zusätzen, ist die Identifizierung natürlicher Konservierungsmittel sehr sinnvoll. Zur Herstellung der Pflanzen-Extrakte wurden drei verschiedene Lösungsmittel unterschiedlicher Polarität verwendet (Petrolether, Dichlormethan und Methanol). Die antimikrobielle Wirkung der Extrakte wurde mit Hilfe verschiedener auf Lebensmittel wachsenden pathogenen Keimen festgestellt. Die Untersuchung erfolgte mit der Agardiffusionsmethode gegen die gram-positiven Bakterien: *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus* und die gram-negativen Bakterien: *Shigella flexneri*, *Salmonella enteritidis*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli* und *Pseudomonas aeruginosa*. Die fungizide Wirkung wurde an *Candida albicans* und *Aspergillus flavus* getestet. Die phytochemische Analyse ergab, dass das Drachenblut-Harz, welches mit Dichlormethan extrahiert wurde, die stärkste antimikrobielle Wirkung zeigte. Es konnten alle Testkeime, außer *Salmonella enteritidis*, erfolgreich gehemmt werden. Der Methanol-Extrakt konnte ähnliche Effekte erzielen, nur der Petrolether-Extrakt zeigte eine geringe (vernachlässigbare) Hemmkonzentration. Der Dichlormethan-Extrakt (hier war der Gehalt an phenolischen Komponenten, Flavonoiden und Flavonolen am höchsten) kann als potentielles neues Konservierungsmittel in der Lebensmittelbranche in Betracht gezogen werden (Gupta et al. 2011).

In einer weiteren Studie aus dem Jahr 2011 wurden 49 endophytische Pilze von verschiedenen Drachenblut-Arten charakterisiert und im Hinblick auf ihre antimikrobielle und krebshemmende Wirkung untersucht. Die Analyse wurde gegen sechs pathogene

Mikroorganismen und fünf Tumorzelllinien durchgeführt. Auch hier wurde die Agardiffusionsmethode zur Analyse der antimikrobiellen Aktivität verwendet. Die Tests wurden gegen zwei gram-positive Bakterien (*Bacillus subtilis* und *Staphylococcus aureus*) und ein gram-negatives Bakterium (*Escherichia coli*) durchgeführt. Des Weiteren wurden drei pathogene Pilze verwendet: *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans* und *Aspergillus fumigates*. Die Antitumor Aktivität wurde mit Hilfe der Zelllinien: HepG2, MCF7, SKVO3, HL-60 und 293-T ermittelt. Die Analyse der 49 getesteten endophytischen Pilze ergab, dass 20 (40,8%) eine antimikrobielle Wirkung zeigten und zumindest gegen einen pathogenen Mikroorganismus wirksam waren. 14,3% hemmten *E. coli*, 16,3% *B. subtilis*, 18,4% *S. aureus* und 18,4% der endophytischen Pilze inhibierten *C. albicans*, 8,2% *C. neoformans* und 14,3% *A. fumigates*. Hervorzuheben ist auch, dass alle der 20 Proben, die eine antimikrobielle Wirkung zeigten, von *Dracaena*-Arten stammten. Eine Antitumor Aktivität konnte bei 35 (71,4%) gefunden werden. Die Ergebnisse zeigen also, dass endophytische Pilze von Drachenblut-Proben wertvolle Bioaktivitäten aufweisen (Cui et al. 2011).

### Unerwünschte Wirkungen:

Bisher sind keine Nebenwirkungen oder Allergien von dem Harz Drachenblut bekannt. Die „American Herbal Products Association“ listet *Sangre de Drago* (*Croton*) als ein Klasse 1 Produkt auf, was bedeutet, dass es bedenkenlos bei sachgemäßer Anwendung konsumiert werden kann (Gupta et al. 2008).

## 2.6. Fichtenharz



Abb. 15: Fichtenharz

### Synonyme:

*Resina pini*, Burgundy pitch, Poix de Bourgogne, *Resina burgundica alba*, *Resina burgundica flava*, *Therebinthina cocta*, Burgunderharz, Wasserharz, Waldweihrauch, Weißharz, weißes Pech, Gallipot, Barras, Burgunderpech, Scharharz (Schmidt 1901, S. 1269)

### Stammpflanzen:

Das Fichtenharz wird von der Stammpflanze *Picea abies* L. Karsten produziert, die zu der Familie der *Pinaceae* (Kieferngewächse) gezählt wird. Die Familie der *Pinaceae* umfasst insgesamt 12 Gattungen und 200 Arten, womit sie die größte Familie der Gymnospermaen bildet.

Die Stammpflanze *Picea abies* ist auch unter der Bezeichnung *Picea excelsa* bekannt und wird im Deutschen sowohl Gemeine Fichte, Gewöhnliche Fichte, Rotfichte und auch als Rottanne bezeichnet (Baltisberger et al. 2013, S. 70).

### Beschreibung:

*Picea abies* (Gemeine Fichte, Rottanne) ist ein bis zu 50 Meter hoch wachsender und bis zu 600 Jahre alt werdender wichtiger Waldbaum, der großflächig als Monokultur kultiviert wird. Seine Nadeln kommen einzeln vor, sind spitz und im Querschnitt vierkantig. Die Zapfen bilden sich an den Zweigspitzen und fallen als Ganzes von den

Bäumen ab. Die Samen verteilen sich durch ein Spreizen der Schuppen (Baltisberger et al. 2013, S. 70).

Das Fichtenharz oder Burgunderharz ist unter sehr vielen Bezeichnungen bekannt und wird in vielen Wäldern Europas und Amerikas durch Anschneiden oder Einritzen der Bäume gewonnen. Als Fichtenharz wird die harzige Masse bezeichnet, die nach Verletzen der Bäume austritt und nach anschließendem Eintrocknen und Verdunsten des Terpentinöls übrig bleibt. Diese Harzmasse, welche als *Resina communis* bezeichnet wird, beinhaltet noch viele Verunreinigungen und ist von spröder Konsistenz. Die Harzstücke sind nicht durchscheinend, von gelber bis rötlicher Farbe und duften leicht nach Terpentin. Der Geschmack ist aromatisch und sehr bitter. Das gereinigte Rohharz (*Resina pini*) wird durch Einschmelzen und anschließendes Kolieren gewonnen. Dazu wird das Harz zunächst über Wasserdampf geschmolzen und anschließend mit Musselin (Stoff) koliert, um Verunreinigungen abzutrennen. Als Scharharz wird jenes Harz bezeichnet, welches durch das Verletzen der Bäume von Rotwild durch Scharren an der Rinde austritt. Das Harz ist im Allgemeinen glänzend, eher weich und kann mit den Händen geknetet werden. Bei einer Temperatur von 100° C schmilzt es zu einer nahezu durchsichtigen Masse. Das Harz ist in Ether, Isopropylalkohol und Aceton fast vollkommen löslich (Irion 1955, S. 461).



Abb. 16: *Picea abies*

### Herkunft:

Die gemeine Fichte ist sehr weit verbreitet. Man findet sie in nahezu ganz Europa, außer auf der britischen Insel sowie auf der Iberischen Halbinsel. Darüber hinaus findet man sie auch in Amerika und Asien. In Europa bevorzugt sie das Mittel- und Hochgebirge sowie ein feuchtes und kühles Klima (Heidler 2008, S. 8).

### Gewinnung:

Die Harzverteilung im Baum *Picea abies* ist sehr ungleichmäßig. Prinzipiell kann man sagen, dass am harzreichsten das Wurzelholz und der Erdstamm (bis 2 Meter über dem Boden) und am harzärmsten der astlos gewordene Stamm ist. Darüber hinaus steigt die Harzmenge mit dem Alter des Baumes und mit einem warmen Klima. Die Fichte enthält im Vergleich zu anderen Baumarten wie Kiefern (21,1 kg Harz) oder Lärchen (18,3 kg) eher wenig frisches Harz pro Kubikmeter Splintholz, nämlich in etwa 9,4 kg Harz. Zur Harzgewinnung werden die Fichten zunächst verwundet. Diese Risse sind relativ tief und ragen in etwa acht bis sechzehn Jahresringen tief in den Baumstamm hinein. Das ausfließende terpentinreiche Harz wird anschließend in Körben gesammelt. Als

Fichtenharz bezeichnet man die harzige Masse, die nach Abdunsten oder Abdestillieren des Terpentinöls zurückbleibt (Wiesner 1927, S. 208, 209).

### Inhaltsstoffe:

Beim Fichtenharz werden zwei verschiedene Formen unterschieden. Zum einen gibt es ein Harz, welches durch Verwundung des Baumes austritt. Dieses besteht hauptsächlich aus Monoterpenen und Harzsäuren. Die Aufgabe dieses Harzes besteht darin den Baum vor dem Austrocknen zu schützen und ihn gegen Insekten widerstandsfähig zu machen. Etwa 3 – 4 Wochen nach der eigentlichen Verwundung bildet der Baum zum dauerhaften Schutz das sogenannte Überwallungsharz oder auch Kallusharz. Dieses Harz soll die Wunde so lange oberflächlich vor äußeren Einflüssen bewahren bis der Baum durch das jährliche Wachstum die Wunde dauerhaft verschließt. Dieses Harz besteht hauptsächlich aus Lignanen und Hydroxyzimtsäure-Derivaten. Darüber hinaus konnten im Kallusharz keine Harzsäuren gefunden werden. Die Unterscheidung dieser zwei Harzformen ist sehr schwierig, aber im Allgemeinen kann man sagen, dass das Kallusharz von dunklerer Farbe ist und nicht bitter schmeckt (Holmbom et al. 2008).



Abb. 17: Harzformen von *Picea abies*

In einer Studie von Holmbom et al. wurden die zwei Harzformen mit Hilfe der GC-MS untersucht. Es wurden vier verschiedene Kallusharze und zwei Ölharze miteinander verglichen. In der unten stehenden Tabelle sind die Ergebnisse aufgelistet.

| Komponenten                  | Kallusharz (Anteil in %) |      |      |      | Ölharz (Anteil in %) |      |
|------------------------------|--------------------------|------|------|------|----------------------|------|
|                              | 1                        | 2    | 3    | 4    | 5                    | 6    |
| Pinoresinol                  | 11,8                     | 18,6 | 11,9 | 10,4 | -                    | -    |
| Lariciresinol                | 3,2                      | 8,6  | 7,3  | 6,1  | -                    | -    |
| Secoisolariciresinol         | 1,4                      | 1,8  | 2,4  | 2,5  | -                    | -    |
| Lariciresinolcoumarat        | 4,1                      | 5,9  | 6,7  | 5,0  | -                    | -    |
| Unidentifizierte Lignanester | 3,9                      | 3,0  | 3,9  | 3,0  | -                    | -    |
| <i>p</i> -Coumarsäure        | 14,7                     | 7,7  | 12,7 | 13,1 | -                    | -    |
| Ferulasäure                  | 0,7                      | 0,3  | 0,6  | 0,5  | -                    | -    |
| Kaffeesäure                  | 1,0                      | 0,4  | 1,1  | 1,1  | -                    | -    |
| Pimarsäure                   | -                        | -    | -    | 0,2  | 1,4                  | 1,2  |
| Sandaracopimarsäure          | -                        | -    | -    | 0,2  | 2,9                  | 2,9  |
| Isopimarsäure                | 0,2                      | 0,2  | 0,2  | 0,7  | 5,8                  | 3,4  |
| Palustrinsäure               | 0,2                      | 0,1  | 0,3  | 0,7  | 10,1                 | 11,7 |

|                                        |     |     |      |      |      |      |
|----------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Levopimarsäure und Dehydroabietinsäure | 0,3 | -   | 0,4  | 1,6  | 35,2 | 29,2 |
| Abietinsäure                           | 0,2 | 0,1 | 0,2  | 0,6  | 4,1  | 3,7  |
| Neoabietinsäure                        | -   | -   | 0,2  | 0,3  | 4,0  | 2,2  |
| Nicht identifiziert                    | 8,0 | 6,6 | 10,1 | 11,9 | 11,5 | 14,3 |

Tab. 12: Vergleich der Inhaltsstoffe von Kallusharz und Ölharz (Holmbom et al. 2008)

Während das Ölharz die typischen Harzsäuren beinhaltet, findet man im Kallusharz vor allem die Lignane Pinoresinol, Lariciresinol, Secoisolariciresinol, Lariciresinolcoumarat und die *p*-Coumarsäure (Holmbom et al. 2008).

Das Fichtenharz beinhaltet etwa 25 – 30 % flüchtige Monoterpene und einen geringen Prozentsatz an Sesquiterpenen. Die wichtigsten Monoterpene sind  $\alpha$ -Pinen,  $\beta$ -Pinen und  $\Delta$ -3-Caren, welche im Verhältnis 3:2:1 vorkommen. Darüber hinaus ist auch Limonen ein wichtiger Bestandteil (Uusitalo et al. 2008).

### Verwendung:

Das Fichtenharz war bereits im antiken Rom und Griechenland bekannt und wurde sowohl gewerblich als auch medizinisch benutzt. Damals diente es zur Herstellung von Firnissen (Schutzanstriche), Siegellacken, Kitten, Harzseifen und auch zum Leimen von Papier (Wiesner 1927, S. 229).

Medizinisch verwendet wurde es vor allem äußerlich zur Wundheilung und gegen Infektionen. Dazu wurden Harzsalben hergestellt, die man durch Kochen des Harzes mit Butter oder anderen tierischen Fetten erzeugte. Diese volksmedizinische Verwendung lässt sich über Jahrhunderte zurückverfolgen und wurde hauptsächlich in Lappland, Schweden und Finnland praktiziert (Rautio et al. 2007).

In einer Studie von Sipponen et al. wurde die positive Wirkung einer Harzsalbe aus *Picea abies* auf Druckgeschwüre der Haut getestet. Die Studie wurde mit ursprünglich 37 Patienten durchgeführt, die Druckgeschwüre des Grades II - IV aufwiesen. Die Patienten wurden über einen Zeitraum von sechs Monaten beobachtet. Die Studie beenden konnten allerdings nur 13 Patienten der Harzgruppe und 9 Patienten der Kontrollgruppe. Grund für das Ausscheiden der Patienten waren sowohl Todesfälle (3 in der Harzgruppe und 4 in der Kontrollgruppe) sowie Operationen und freiwilliges Ausscheiden ohne Angaben von Gründen. In der Harzgruppe konnten 12 der 13 (92 %) Geschwüre geheilt werden, während in der Kontrollgruppe nur bei 4 der 9 (44 %) Geschwüre eine Heilung erzielt werden konnte. Die Forscher kamen zu dem Ergebnis, dass die traditionelle Anwendung von Harzsalben durchaus ihre Berechtigung hat (Sipponen et al. 2008).

### Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie von Rautio et al. wurde die antifungale Wirkung des Fichtenharzes von *Picea abies* ermittelt. Die Untersuchung erfolgte mit Hilfe des Agarplattendiffusionstests und der Elektronenmikroskopie. Als Testkeime dienten *Candida*-Pilze, Dermatophyten und opportunistische Pilze. Bei den Dermatophyten wurden vor allem *Trichophyten*-Arten ausgewählt, die für Nagelpilzkrankungen und Hautinfektionen in den westlichen Ländern verantwortlich sind. Für die Untersuchung wurde das gereinigte Fichtenharz einerseits mit einer Salbengrundlage (10 %, 20 %, 30 % und 40 %) und andererseits mit Kuhmilchbutter (50 %) vermischt. Die Salbengrundlage setzte sich aus 17 % Sorbitanoleat, 2 % Hydroxyethylcellulose und 81 % Wasser zusammen. Die unten stehende Tabelle zeigt die Hemmung der Pilze bei einer Harzkonzentration von 50 % in Butter.

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| <b>Pilze</b>                        |    |
| <i>Candida albicans</i>             | -  |
| <i>Candida glabrata</i>             | -* |
| <i>Candida krusei</i>               | -* |
| <i>Candida parapsilosis</i>         | -  |
| <i>Candida dubliniensis</i>         | -  |
| <i>Candida tropicalis</i>           | -  |
| <b>Dermatophyten</b>                |    |
| <i>Trichophyton rubrum</i>          | +  |
| <i>Trichophyton mentagrophytes</i>  | +  |
| <i>Trichophyton tonsurans</i>       | +  |
| <i>Microsporum canis</i>            | +  |
| <i>Epidermophyton floccosum</i>     | +  |
| <b>Opportunistische Pilzarten</b>   |    |
| <i>Fusarium solani</i>              | -  |
| <i>Chrysosporium keratinophilum</i> | -  |

-: kein Effekt, -\*: geringer Effekt, +: Hemmzone ersichtlich

Tab. 13: Hemmung der Pilze bei einer Harzkonzentration von 50 % in Kuhmilchbutter (Rautio et al. 2012)

Wie die Resultate zeigen ist das Harz nur stark wirksam gegen Dermatophyten und kann gegen die anderen Pilze keine Wirkung erzielen. Die Salbengrundlage mit 10% Harzanteil konnte ebenfalls eine Wirkung gegen Dermatophyten erzielen, jedoch eine schwächere im Gegensatz zu den höheren Konzentrationen. Die Harzsalbe mit 20 % Fichtenharzanteil und die Buttermischung mit 50 % konnte gleichwertige Ergebnisse erzielen (Rautio et al. 2012).

In einer weiteren Studie von Rautio et al. wurde die antibakterielle Wirkung des Fichtenharzes untersucht. Es wurden sowohl gram-positive als auch gram-negative Bakterien getestet. Die Untersuchung erfolgte mit Hilfe des Agarplattendiffusionstests und Ermittlung der minimalen Hemmkonzentration. Der Test wurde in vitro durchgeführt, wobei man die Bakterien sowohl im FAB-Medium (fastidious anaerobe broth) allein wachsen ließ, als auch im FAB-Medium mit Harzzusatz. Die Ergebnisse befinden sich in der unten stehenden Tabelle.

|                                | FAB-Medium | FAB+Harz | MIC % |
|--------------------------------|------------|----------|-------|
| <b>gram-positive Bakterien</b> |            |          |       |

|                                                          |     |     |      |
|----------------------------------------------------------|-----|-----|------|
| <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923                  | +++ | -   | 0,4  |
| <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA) NEQAS 4937/98        | +++ | -   | 0,4  |
| <i>Staphylococcus epidermidis</i> ATCC 49461             | +++ | -   | 0,4  |
| <i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212                  | +++ | -   | 0,6  |
| <i>Enterococcus faecalis</i> (VRE) (vanB) EARSS UA605/01 | +++ | -   | 0,4  |
| <i>Enterococcus faecalis</i> EARSS UA1527/01             | +++ | -   | 0,4  |
| <i>Streptococcus pyogenes</i> (A) ATCC 19615             | +++ | -   | 0,2  |
| <i>Streptococcus agalactiae</i> (B) NEQAS 6098/01        | +++ | -   | 0,2  |
| <i>Arcanobacterium haemolyticum</i> LABQ 237/95          | +   | -   | N.A. |
| <b>gram-negative Bakterien</b>                           |     |     |      |
| <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922                       | +++ | +++ |      |
| <i>Enterobacter cloacae</i> ATCC 23355                   | +++ | ++  |      |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 13883                  | +++ | +++ |      |
| <i>Proteus vulgaris</i> ATCC 8427                        | +++ | -   |      |
| <i>Proteus mirabilis</i> ATCC 12453                      | +++ | +++ |      |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853                 | +++ | +++ |      |

+++ : starkes Wachstum, ++ : moderates Wachstum, - : kein Wachstum, N.A.: nicht analysiert

Tab. 14: Antibakterielle Wirkung des Fichtenharzes von *Picea abies* (Rautio et al. 2007)

Wie die Resultate zeigen, ist das Harz gut wirksam gegen gram-positive Bakterien. Bei den gram-negativen Bakterien konnte nur eine Wirkung gegen *Proteus vulgaris* erzielt werden. Da vor allem Gram-positive Bakterien für die Infektionen von Wunden verantwortlich gemacht werden, lässt sich somit die traditionelle Anwendung bei Wunden erklären (Rautio et al. 2007).

### Unerwünschte Wirkungen:

Über unerwünschte Wirkungen des Fichtenharzes ist relativ wenig bekannt. Die einzige bekannte Nebenwirkung ist eine Kontaktdermatitis, die allerdings sehr selten auftritt. Diese Nebenwirkung ist auf den Inhaltsstoff Abietinsäure zurückzuführen, die bekannterweise allergenes Potential besitzt. Im Finnischen Institut für Arbeitsmedizin wurden im Zeitraum von 1976 – 1999 nur fünf Fälle einer allergischen Hautreaktion gemeldet. Des Weiteren gab es eine präklinische Untersuchung des National Public Health Institutes in Finnland, in der man die chemischen Komponenten des gereinigten Harzes mit Hilfe des Ames-Tests untersuchte. Das negative Ergebnis lässt vermuten, dass das Harz weder mutagene noch karzinogene Eigenschaften besitzt. Darüber hinaus gibt es keine Überlieferungen aus der Volksmedizin über mögliche schädliche Wirkungen (Sipponen et al. 2008).

## 2.7. Föhrenharz



Abb. 18: Föhrenharz

### Synonyme:

Kiefernharz, Kiefern balsam, Weißes Harz, Waldrauch, weißes Pech (Dierbach 1836, S. 175)

Kolophonium, *Pix graeca*, *Resina Colophonium*, *Terebinthinae resina*, Geigenharz (Hunnus und Burger 1998, S. 437)

### Stammpflanzen:

Das Föhrenharz wird von zahlreichen *Pinus*-Arten produziert, die zu der Familie der *Pinaceae* gezählt werden. Zu den Hauptlieferanten gehören die Arten *Pinus pinaster* Aiton, *Pinus silvestris* L., *Pinus nigra* Arnold, *P. palustris* Mill. sowie die Arten *P. caribaea* Morelet und *P. taeda* L. (Hunnus und Burger 1998, S. 1654).

### Beschreibung:

Die Föhre ist ein weitverbreiteter Nadelbaum, der vor allem auf der Nordhalbkugel der Erde vertreten ist. Sie wächst auf Sandböden, Mooren, Felsschutthängen und sogar auf Lehm Böden. Die Föhre wächst bis zu 40 Meter hoch und kann im Umfang 5 – 10 Meter einnehmen. Die Rinde junger Bäume ist grau und weist schuppige Furchen auf. Die Borke ist oftmals rotbraun. Die Nadeln werden etwa 5 – 7 cm lang und wachsen immer paarweise pro Schaft. Die Kiefernzapfen verweilen oft drei Jahre am Baum, bevor sie ihre Samen freigeben (Richter 2015. S. 58).

Das Föhrenharz bzw. Kiefernharz wird von lebenden Bäumen nach einer Verletzung der Rinde freiwillig ausgeschieden. An der Luft beginnt das Harz auszukristallisieren und bildet eine honigartige Masse, die oftmals mit Nadeln oder Borkenstücken verunreinigt ist. Aus diesem Rohharz kann man anschließend durch Wasserdampfdestillation Terpentinöl gewinnen. Der Rückstand des Harzes wird als Kolophonium bezeichnet (Stephan 2012, S. 9).

Das Föhrenharz stellt eine gelbliche bis bräunliche krustenförmige Masse dar, die selten auch rötliche Verfärbungen aufweist. Die Beschaffenheit des Harzes ist eher hart bis halbweich und verströmt einen terpeninartigen Geruch. Der Geschmack ist bitter. Das Harz hat seinen Schmelzpunkt bei etwa 100°C und ist in Alkohol, Eisessig, Aceton, Methanol und Amylalkohol leicht löslich. In Petroleumether ist es hingegen nur sehr schwer löslich (Wiesner 1927, S. 221, 227).



Abb. 19: *Pinus nigra*

### Herkunft:

Das Föhrenharz wird von verschiedenen *Pinus*-Arten produziert, die sehr verbreitet vorkommen. In Deutschland und Russland wird die Art *Pinus sylvestris* zur Harzgewinnung genutzt, während in Österreich vor allem *Pinus nigra* zur Anwendung kommt. Des Weiteren findet man die Strandkiefer (*Pinus pinaster*) im westlichen Mittelmeergebiet und in Südwest-Frankreich. In Nordamerika hingegen kommen die Arten *Pinus pinaster*, *Pinus caribaea* und *Pinus taeda* vor (Hunnus und Burger 1998, S. 1654).

### Gewinnung:

Das Föhrenharz wird von den Nadelbäumen nach dem Zufügen einer Verletzung freiwillig ausgeschieden. Dazu wird die Rinde der Bäume auf einer Fläche von etwa 30 cm entfernt und anschließend ein Blechrohr befestigt, welches das Harz in ein darunter liegendes Sammelrohr leitet. Dieses Rohharz wird anschließend in einem Destillationswerk gereinigt. Die Reinigung erfolgt mit Hilfe von Filtern und Absetztanks, um Verunreinigungen wie Nadeln oder Borkenteile abzutrennen. In weiterer Folge erfolgt die Aufspaltung des Rohharzes mit Wasserdampf bei einer Temperatur von ca. 100° C. Dadurch wird das flüchtige Terpentinöl herausgelöst. Als Rückstand bei der Destillation bleibt das glasartige, gelb bis braune Kolophonium übrig (Stephan 2012, S. 14).

### Inhaltsstoffe:

Föhrenharz besteht zu ca. 70 – 85 % aus Harz (Kolophonium), welches hauptsächlich aus Abietinsäure und Pimarsäure besteht und zu ca. 15 – 30 % aus dem flüchtigen Terpentinöl (Hunnius und Burger 1998, S. 1654).

Der Gehalt an Terpentinöl variiert in den verschiedenen Kiefernarten. Am höchsten ist der Gehalt im noch lebenden Baum. Beim Austritt des Harzes aus dem Baum verdunstet ein beträchtlicher Teil. Wird das Harz nach ca. 1 Tag aus dem Sammelgefäß eingesammelt, beträgt der Terpentinegehalt durchschnittlich noch 24 % (Stephan 2012, S. 15).

Das flüchtige Terpentinöl wird durch Wasserdampfdestillation gewonnen und ist je nach Herkunft linksdrehend (zB. französisches Öl) oder rechtsdrehend (zB. amerikanisches Öl). Das Öl besteht zu 65 – 70 % aus (-)- und (+)- $\alpha$ -Pinen und zu 30 – 33 % aus (-)- und (+)- $\beta$ -Pinen sowie anderen Monoterpenen wie Dipenten (DL-Limonen), Limonen, Camphen, Linalool, Bornylacetat, Cymol, Cadinen und je nach Herkunft auch aus  $\Delta^3$ -Caren (Hunnius und Burger 1998, S. 1654).

Als Kolophonium wird das Harz bezeichnet, welches als Rückstand bei der Terpentinöldestillation übrig bleibt. Die Zusammensetzung variiert auch hier je nach Herkunft.

| <b>Bestandteile</b> | <b>Anteil in %</b> |
|---------------------|--------------------|
| Abietinsäure        | 7,7-14,4           |
| Laevopimarsäure     | 53,7-65,6          |
| Dextropimarsäure    | 6,3-13,1           |
| Dehydroabietinsäure | 15,5               |
| Neoabietinsäure     | 8,0-17,5           |

Tab. 15: Zusammensetzung des Kolophoniums nach Stephan 2012, S.16

## Verwendung:

Föhrenharz wurde aufgrund seiner wasserabweisenden Eigenschaften lange Zeit als Dichtungsmaterial verwendet. Bereits in der Antike wurde das Harz im Schiffsbau oder zur Auskleidung von Fässern benutzt (Stephan 2012, S. 9).

Das Harz Kolophonium wird wegen seiner klebrigen als auch haftverstärkenden Eigenschaften sowohl medizinisch als auch technisch genutzt. In der Zahnmedizin wird es zur Zubereitung von Abdruckpasten oder Zahnzement verwendet. In der Pharmazie wird es als hautreizender Zusatzstoff Salben und Pflastern beigemischt, um rheumatische Schmerzen zu lindern. Technische Verwendung findet es sowohl in der Lackindustrie, bei der Herstellung von Pflastern als auch als Haftvermittler bei der Herstellung von Bogenhaaren von Saiteninstrumenten (Hunnius und Burger 1998, S. 437).

Das Terpentinöl findet ebenfalls medizinische und technische Anwendung. In der Volksmedizin wird es schon lange äußerlich für Einreibungen gegen Schmerzen des rheumatischen Formenkreises eingesetzt, sowie innerlich und äußerlich zur Linderung von Erkrankungen der Bronchien. Hierfür wird das Terpentinöl mit heißem Wasser vermischt und der Dampf inhaliert. Mittlerweile wird anstatt des Terpentinöls aber eher

auf Latschenkieferöl oder Eukalyptusöl zurückgegriffen. Eine weitere volksmedizinisch Anwendung ist die Verwendung des Öls als Zusatzstoff zu Furunkelsalben und Salben zur Linderung von Hauterkrankungen. Darüber hinaus wurde das Öl auch parenteral zur unspezifischen Reizkörpertherapie angewendet. Technisch verwendet wurde es vor allem zur Herstellung von Pflastern, Lacken, Firnissen Lösungsmitteln und als Reinigungsmittel (Hunnius und Burger 1998, S. 1654).

### Antimikrobielle Wirkung:

Es gibt bisher keine Studien über eine mögliche antimikrobielle Wirkung des Föhrenharzes.

### Unerwünschte Wirkungen:

Bei sensiblen Menschen kann es gelegentlich zu einer Kontaktdermatitis oder Asthma bei Kontakt mit dem Harz Kolophonium kommen. Verantwortlich dafür dürfte der Inhaltsstoff Dehydroabietinsäure sein (Eisenbrand et al. 2006, S. 620).

## 2.8. Guajakharz



**Guajakharz**  
**Guaiaac resin**

Abb. 20: Guajakharz

Synonyme:

*Lignum vitae*, *Lignum guajaci*, *Lignum sanctum*, Guajakholz, Franzosenholz, Pockholz  
(Hunnius und Burger 1998, S. 624)

Stammpflanzen:

Das Guajakharz stammt von der kleinen Gattung *Guaiacum* ab und gehört zur Familie der *Zygophyllaceae*.

Stammpflanzen sind sowohl *Guaiacum officinale* als auch *Guaiacum sanctum*  
(Langenheim 2003, S.447).

Beschreibung:

Die Familie der *Zygophyllaceae* umfasst etwa 25 Gattungen und 240 Arten und ist in tropischen, subtropischen und warm bis gemäßigten Gebieten weit verbreitet. In Pakistan sind 8 Gattungen und 22 Arten vertreten. Die Pflanzenfamilie liefert das begehrte *Lignum vitae* (*Guaiacum officinale*), Gewürze und einige Zierpflanzen (Dastagir et al. 2012).

Guajakharz wird aus dem Kernholz der Arten *Guaiacum sanctum* und *Guaiacum officinale* gewonnen. Es handelt sich dabei um bis zu 15 m hoch wachsende, immergrüne Bäume. Das Harz beginnt sich bei Temperaturen von ca. 90°C zu verflüssigen und kann somit durch Ausschmelzen aus dem Guajakholz oder durch Auskochen mit Salzwasser gewonnen werden. Die Farbpalette des rohen Handelsprodukts reicht von dunkelgrün bis braunschwarz. Es handelt sich um amorphe, spröde bis glänzende Bruchstücke, die oft mit Holz und Rindenstücken verunreinigt sind. Beim Erwärmen entsteht ein benzoeartiger Geruch. Des Weiteren ist das Harz unlöslich in Wasser und leicht löslich (bis auf die Verunreinigungen) in Chloroform, Ether, Alkalilauge, Pentanol und Ethanol. Durch den Zusatz von Eisen(III)-chlorid zu einer alkoholischen Lösung des Guajakharzes kommt es zu einer Blaufärbung durch die Bildung von Guajakblau (Hänsel et al. 2010, S.1096).

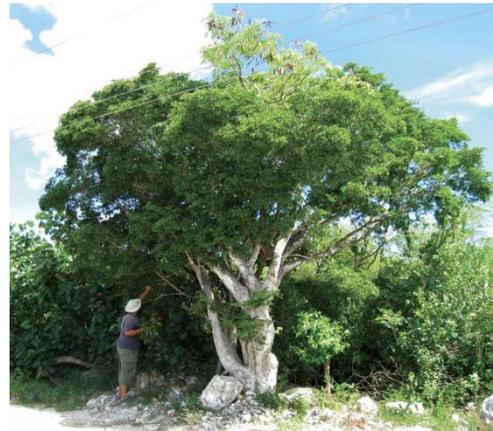


Abb. 21: *Guaiacum sanctum*

### Herkunft:

Die Arten *Guaiacum officinale* und *Guaiacum sanctum* sind vor allem im nördlichen Südamerika beheimatet, wobei sie besonders in Venezuela und Kolumbien zu finden sind. Des Weiteren vertreten sind die Arten in Mittelamerika und auf den Westindischen Inseln, hier vor allem auf den Bahamas und Haiti (Hänsel et al. 2010, S.1095ff.)

### Gewinnung:

Das Guajakholz, das auch Pockholz genannt wird, gehört zu den härtesten verfügbaren Handelshölzern. Der Kernholzanteil beträgt in etwa 18-25%. Trotzdem ist es möglich an das Harz durch Anritzen des Stammes zu gelangen. Eine weitere Möglichkeit wäre ein Loch in den Baumstamm zu bohren und diesen Teil zu verbrennen. Dadurch erreicht man, dass das Harz aus dem Loch herausfließt. Das Harz kann auch durch Auskochen mit Salzwasser oder durch Extraktion mit Lösungsmitteln erhalten werden. In den Handel gelangt das Harz meist in Form großer Blöcke (Langenheim 2003, S.447).

Des Weiteren ist es möglich an das Harz durch Ausschmelzen zu gelangen, da es sich bei einer Temperatur von 90°C verflüssigt (Hänsel et al. 2010, S.1096).

### Inhaltsstoffe:

Das Guajakharz und seine Zusammensetzung wurde leider nur unvollständig analysiert. Guajakholz besteht aus Kernholz und Splintholz. Das Harz ist der Hauptwirkstoff und wird in unregelmäßigen Zonen ähnlich den Jahresringen gespeichert. Das Kernholz enthält bis zu 25% Harz und das Splintholz beinhaltet ca. 2-3% (Geske, Patent No.:US 7,494,672 B2, 2009).

Das Harz besteht aus verschiedenen Harzsäuren des Furoguajacin-Typs ( $\alpha$ - u.  $\beta$ -Guajaconsäure) und dessen 4'-Methylether. Des Weiteren finden sich auch 2 Lignane mit einem Furanring. Tetrahydrofurane kommen relativ häufig vor, während sich die Furanstruktur nur recht selten findet. Im Harz zu finden sind auch die (-)-Guajaretsäure, meso-Dihydroguajaretsäure und meso-Nordihydroguajaretsäure (NDGA) (Hänsel et al. 2010, S. 1096).

Weitere Inhaltsstoffe wären das Phenol Guajakol, Vanillin, Spuren von Saponinen, ätherische Öle, Sesquiterpenalkohole, Alkaloide, Triterpensaponine und die Oleanolsäure (Geske, Patent No.:US 7,494,672 B2, 2009).

## Verwendung:

Das Holz des Guajakbaumes wird schon seit langer Zeit medizinisch genutzt. Seine Verwendung hat eine lange Tradition bei verschiedenen indianischen Stämmen in Mittel- und Südamerika. Das Holz erreichte zu Beginn des 16. Jahrhunderts Spanien und verbreitete sich von dort aus auf ganz Europa. Hier war es unter den Namen „*Lignum sanctum*“ (heiliges Holz) bekannt. Eine Abkochung des Holzes wurde zur Behandlung gegen Syphilis eingesetzt. Im Laufe der Zeit wurde es auch zur Behandlung zahlreicher anderer Krankheiten herangezogen, wie zum Beispiel rheumatoide Arthritis, Asthma, Tuberkulose und Malaria. Durch die Verwendung als Heilmittel gegen die Pocken, erhielt es den Namen Pockholz (Genske, Patent No.:US 7,494,672 B2, 2009).

Sowohl das Holz als auch das Harz von *Guaiacum officinale* und *Guaiacum sanctum* wurden in der Vergangenheit einige Male in die U.S. Pharmacopeia aufgenommen. Heute findet das Harz in Amerika nur noch in der Lebensmittelbranche als Zusatzstoff Verwendung. In den Gebieten, in denen *Guaiacum officinale* beheimatet ist, wurde das Holz von den Menschen gerne zur Linderung von Hautkrankheiten und Gicht eingesetzt. In Europa wurde es vor allem neben der Behandlung von Syphilis auch gegen Halsschmerzen verwendet und war in Form von Lutschtabletten im Handel. Des Weiteren wurde das Harz im Jahr 1990 in die Britische Pharmacopeia aufgenommen als Mittel gegen chronische rheumatoide Arthritis. Heute (Stand 2014) ist es weder im Britischen noch im Europäischen Arzneibuch enthalten. Guajakharz wird auch in der Veterinärmedizin als innerliches Antiseptikum verwendet (Langenheim 2003, S.447).

Guajakharz wurde früher auch in Dosen von 0,1-0,3g als mildes Laxantium und schwaches Diuretikum verwendet. Des Weiteren wurde eine 2% Lösung des Harzes in 99%iger Essigsäure oder in Alkohol als ein Reagens auf Oxidasen, Peroxidasen und oxidierende Stoffe allgemein verwendet. Insbesondere wird es auch heute noch zum Nachweis von okkultem Blut im Stuhl verwendet. Dazu wird eine Stuhlprobe mit einem Tropfen Guajakharzreagens und einem Tropfen Wasserstoffperoxidlösung (10%)

versetzt. Wenn es innerhalb von 30 Sekunden zu einer grünblau Färbung kommt, gilt der Test als positiv. Allerdings ist die Fehlerquote bei dieser Methode sehr hoch (Hänsel et al. 2010, S.1096).

Guajakholz wurde während des ersten und zweiten Weltkriegs umfassend gerodet und kam in der Schiffbau-Industrie zur Anwendung, da das Holz sehr robust ist und nicht leicht absplittert. Ferner muss es aufgrund des hohen Harzgehaltes nicht nachbehandelt werden. Das Holz ist sehr langlebig und wurde deshalb zum Bau von Halterung für Schiffsschrauben verwendet. Eine weitere Verwendungsmöglichkeit fand das Guajakholz beim Bau von Eisenbahnschienen (Scurlock 1987, S. 89).

### Antimikrobielle Wirkung:

Im Hinblick auf eine zunehmende Antibiotika-Resistenz gab es im Jahr 2010 eine Studie, die *Guaiacum*-Arten auf ihre antimikrobielle Wirkung hin untersuchten. Es wurden dazu verschiedene *Guaiacum* Pflanzen von unterschiedlichen geografischen Regionen miteinander verglichen. Einerseits wurde *Guaiacum sanctum* von Costa Rica und Florida und andererseits *Guaiacum officinale* von Puerto Rico analysiert. Eine antimikrobielle Austestung wurde mit *Guaiacum* Blätter-Extrakt gegen das gram-positive Bakterium *Bacillus subtilis* durchgeführt. Um die antimikrobielle Aktivität der zwei *Guaiacum*-Arten zu testen wurden unterschiedliche Methoden ausgewählt. Die Extrakte wurden sowohl in reiner Form als auch verdünnt getestet. Sie wurden filtriert und die Zeit ermittelt in der es zum eigentlichen Absterben des Bakteriums kam. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass der Blätter-Extrakt von *Guaiacum* das Wachstum von *Bacillus subtilis* verhindern kann. Der Extrakt von *G. sanctum* aus Costa Rica zeigte die höchste Aktivität, in unverdünnter Form. *G. sanctum* aus Florida hingegen zeigte eine durchwegs stabile Aktivität selbst bei einer Verdünnung von 1:32 (Melebari 2010, S. 3).

Jüngste Forschungen haben gezeigt, dass durch die Zugabe von Guajakol, ein farbloses Öl gewonnen aus Guajakharz, die oberflächliche Wundversorgung gefördert werden kann. In einer Studie aus dem Jahr 2009 wurde daher die antimikrobielle Wirkung eines neuen, optimierten Enzymsystems getestet. Das Glucose-Oxidase-Lactoperoxidase-Guaiacol (GLG)-System wurde gegen eine Reihe Antibiotika-resistenter Bakterien analysiert. Unter der Verwendung der minimalen Hemmkonzentration (MIC 90), der minimalen bakteriziden Konzentration (MBC) und einer Wachstums-Kinetik-Analyse wurde die antimikrobielle Aktivität festgestellt. Ebenso wurde die Zytotoxizität mit Hilfe eines auf Alginat-basierten Wundverbandes ermittelt. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass alle Bakterien-Stämme anfällig für das GLG-Enzymsystem waren. Es konnte gezeigt werden, dass bereits sehr niedrige Konzentrationen von GLG ausreichen, um die Bakterien einerseits in ihrem Wachstum zu hindern und andererseits gleich abzutöten (MIC 90 = MBC). Ebenso konnte bei dieser Konzentration keine Zytotoxizität gegenüber Fibroblasten oder Keratinozyten festgestellt werden. Diese Studie zeigt somit dass, GLG eine gute Alternative zu topischen Antibiotika und anderen antimikrobiellen Wundgelen darstellt (De Smet et al., *Wounds - A Compendium of Clinical Research and Practice*, 3.Ausgabe, Band 21, 2009, S.65-73).

## Unerwünschte Wirkungen:

Guajakharz zeigt in den gebräuchlichen Dosierungen nur sehr selten Nebenwirkungen und wird als Harz mit geringer Toxizität eingestuft. Bei sensiblen Menschen kann eine Kontakt-Dermatitis auftreten. Des Weiteren kann es bei hohen oralen Dosen zu Bauchkrämpfen, Durchfall oder anderen GI-Beschwerden kommen. Der LD-50-Wert von Guajakharz wurde bei Ratten mit einer oralen Einnahme von über 5000mg/kg Körpergewicht ermittelt (Duke 1929, S.357).

## 2.9. Guayule



Abb. 22: Guayule Gummi

### Synonyme:

Mexikanischer Gummi, yerba de hule, yule (Bajaj 1996, S. 258)

### Stammpflanzen:

Das Harz Guayule wird von der mehrjährigen Pflanze *Parthenium argentatum* produziert, die zu der Familie der *Asteraceae* gezählt wird. Die Gattung *Parthenium* umfasst insgesamt sechzehn Arten, wobei der Strauch *Parthenium argentatum* die einzige Art der Gattung ist, die im Stande ist das Harz Guayule zu produzieren (Langenheim 2003, S. 450).

### Beschreibung:

Guayule (*Parthenium argentatum*) ist ein mehrjähriger, wildwachsender sowie trocken- und krankheitsresistenter Strauch. Er zeichnet sich durch seine dichten Zweige und behaarten, schmalen und silbernen Blätter aus. Des Weiteren kann er bis zu einem Meter hoch wachsen. *Parthenium argentatum* ist eine der wenigen Pflanzen, die in der Lage sind, sowohl ein Harz als auch Naturkautschuk zu produzieren. Obwohl die Guayule-

Pflanze erst mit sechs Jahren ausgewachsen ist, kann man dennoch bereits nach zwei Jahren das Harz beziehungsweise den Naturkautschuk ernten (Bajaj 1996, S. 258).

Guayule ist in erster Linie aufgrund des Kautschuk-Vorkommens bekannt. Die Produktion des kautschukhaltigen Milchsafte tritt in erster Linie in den Parenchymzellen des Cytosols von Sprossachse und Wurzeln auf. Die Kautschukpartikeln, welche in der primären Rinde und im Mark auftreten, findet man in den Epithelzellen, welche auch die Harzkanäle auskleiden. Bei der Produktion von einem Kilogramm Kautschuk fällt ebenso ein Kilogramm oder sogar mehr Harz als Nebenprodukt an. Das Harz muss anschließend abgetrennt werden, da der Harzanteil zu einer Qualitätsminderung des Kautschuks führt (Evert et al. 2009, S. 454).

Das Harz findet man in den Kanälen und benachbarten Zellen der Rinde. Durch eine Verletzung von außen kommt es zum Austritt des Harzes. Aufgrund des gemeinsamen Auftretens von Harz und Kautschuk war es wichtig eine praktische Verwertung des Harzes zu finden, um die teuren Produktionskosten des Kautschuks zu verringern. Die Erträge und auch die Zusammensetzung des Harzes schwanken allerdings und hängen unter anderem mit dem Anbau und Erntedatum zusammen. Man konnte bereits herausfinden, dass große Mengen an Harz in jenen Sträuchern zu finden sind, die besonders viele Blätter aufweisen. Des Weiteren produzieren junge Sträucher mehr Harz als ältere Exemplare. Auch saisonale Effekte konnten festgestellt werden. Das Vorkommen von Triterpenoiden im Harz schwankt nur geringfügig, im Gegensatz zu dem Vorkommen von Sesquiterpenestern, die großen saisonalen Schwankungen ausgesetzt sind (Langenheim 2003, S. 452).



Abb. 23: *Parthenium argentatum*

#### Herkunft:

Guayule (*Parthenium argentatum*) ist ein mehrjähriger Strauch, der in der Chihuahuan Wüste im Norden Mexikos und im Südwesten Amerikas beheimatet ist (Langenheim 2003, S. 450).

#### Gewinnung:

Der Strauch *Parthenium argentatum* ist eine der wenigen Arten, die in der Lage sind sowohl Harz als auch Kautschuk zu produzieren. Das Harz ist ein wichtiges Nebenprodukt bei der Herstellung von Kautschuk. Für jeden produzierten Kilogramm Kautschuk fällt ein Kilogramm oder sogar mehr als Harz an. Durch selektive

Pflanzenzüchtungen konnten die Erträge sowohl von Kautschuk als auch von dem Harz gesteigert werden. Die Kautschukkonzentration der Frischpflanze beträgt in etwa 5–7 % und führt somit zu einem Ertrag von 200–1000 kg/ha. Die Harzkonzentration beläuft sich auf einen Bereich von 5,2–9,8 %.

Obwohl der Strauch erst mit sechs Jahren ausgewachsen ist, ist es sinnvoll das Harz bereits nach zwei Jahren zu ernten, da hier die Erträge am höchsten sind. Zu diesem Zweck wird die Pflanze abgeschnitten und anschließend zermahlen. Um an die harzhaltigen Komponenten zu gelangen, muss die gemahlene Pflanze beziehungsweise das Kautschuk-Harz-Gemisch mit Aceton extrahiert werden. Die Ernte ist das ganze Jahr über möglich (Pascual-Villalobos und López 2013).

### Inhaltsstoffe:

Das Harz besteht größtenteils aus Fettsäure-Triglyceriden und einer komplexen Mischung aus Terpenen und sesquiterpenoiden Bestandteilen. Als organische Säuren konnten Zimtsäure, *p*-Anissäure, Palmitinsäure, Stearinsäure, Ölsäure, Linolsäure und Linolensäure identifiziert werden. Weitere Komponenten sind die Sesquiterpenester wie Guayulin A, B, C und D sowie die triterpenoiden Ester Argentatin A, B und C. Des Weiteren kommen auch Polyphenole wie Tannine und Flavonoide im Harz vor. Andere wichtige chemische Bestandteile sind die flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen wie Isopren mit  $\alpha$ - und  $\beta$ -Pinen als Hauptkomponenten (Nakayama 2005).

|                                               |                                     |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Flüchtige Verbindungen (3-5 %)</b>         | $\alpha$ - und $\beta$ -Pinen       |
|                                               | Camphen                             |
|                                               | $\alpha$ - und $\beta$ -Phellandren |
|                                               | Sabinen                             |
|                                               | $\beta$ -Myrcen                     |
| <b>Nicht-flüchtige Verbindungen (95-97 %)</b> |                                     |
| wasserlöslich                                 | Bornylacetat                        |
|                                               | Zimtsäure                           |
|                                               | Polyphenole                         |
|                                               | Polysaccharide                      |
| wasserunlöslich                               | $\beta$ -Ocimen                     |
|                                               | Limonen                             |
| Fettsäure-Triglyceride (20-25 %)              | Linolsäure (60-65 %)                |
|                                               | Linolensäure (10-15 %)              |
|                                               | Palmitinsäure (10 %)                |
|                                               | Ölsäure (10 %)                      |
|                                               | Stearinsäure (1 %)                  |
| Wachs                                         |                                     |
| Sesquiterpene                                 | Guayulin A, B, C, D                 |
|                                               | Partheniol                          |
| Triterpene                                    | Argentatin A, B, C, D, E, F, G, H   |
| Alkaloide                                     | Guayulamin A, B                     |

Tab. 16: Hauptkomponenten des Harzes Guayule nach Nakayama 2005

Erst vor ein paar Jahren konnten Pyridinalkaloide im Harz einer Hybridsorte von *Parthenium argentatum* x *P. tomentosum* nachgewiesen werden. Die Alkaloide wurden als (±)-N-[4-(1-Aminoethyl) phenyl]-4-[3-methylbutenylidylidyl]-1, 4-dihydropyridin (Guayulamin A) und (±)-N-[4-(1-Aminoethyl) phenyl]-4-[4-methylpentenylidylidyl]-1, 4-dihydropyridin (Guayulamin B) identifiziert (Maatooq und Hoffmann 2002). In der Studie sind leider keine Mengenangaben.

In einer weiteren Studie von Maatooq et al. konnten aus dem Harz der Hybridsorte *Parthenium argentatum* x *P. tomentosum* ebenfalls vier neue triterpenoide Bestandteile und Lupeol nachgewiesen werden. Bis zu diesem Zeitpunkt waren nur sechs verschiedene Triterpene des Guayule Harzes bekannt. Diese Terpene waren Incanilin, Argentatin A, B, C und D sowie Isoargentatin B. All diese triterpenoiden Inhaltsstoffe waren C30-oxygenierte Cycloartane oder Lanost-8-en-Derivate. Die vier neu entdeckten triterpenoiden Bestandteile konnten als 16, 24-Epoxy-3a-hydroxylanost-8-en (Argentatin E), 16, 24-Epoxy-25-hydroxycycloart-1, 11, 22-trien-3-on (Argentatin F), 16,24-Dihydroxycycloart-20, 25-dien-3-on (Argentatin G) sowie 16, 24-Dihydroxycycloart-25-en-3-on (Argentatin H) identifiziert werden (Maatooq et al. 2002).

## Verwendung:

Die Art *Parthenium argentatum* ist vor allem auf Grund ihres Kautschuk-Gehaltes bekannt. Die Eigenschaften des Kautschuks sind der Kautschukpflanze *Hevea brasiliensis* sehr ähnlich. Die Guayule-Pflanze erlangte in Amerika im zweiten Weltkrieg zunehmende Bedeutung, als die Hauptversorgung mit Gummi von *Hevea brasiliensis* aus Südostasien abgeschnitten war und die Amerikaner gezwungen wurden ihren eigenen Kautschuk aus der Art *Parthenium argentatum* herzustellen. Obwohl die Herstellung des Naturkautschuks sehr erfolgreich war, wurde die Produktion nach Beendigung der Krise bald wieder eingestellt. Mitte der 1990er Jahre stieg das Interesse an Guayule wieder, als viele Fälle von Latexallergien als Reaktion auf *Hevea brasiliensis* bekannt wurden. Als Folge der Entdeckung, dass Guayule keine Kontakallergien hervorruft, stieg wieder das Interesse und die Pflanze wurde zunehmend erforscht (Nakayama 2005).

Zum einen wurde das Harz mit Kunststoffbindern vermischt, um Verbundplatten hoher Dichte herzustellen, die gegen Termiten resistent sind. Es hat sich gezeigt, dass das Harz auf Grund der Anwesenheit von terpenoiden und sesquiterpenoiden Bestandteilen eine insekten-und termitenabwehrende Wirkung hat. Aus diesem Grund wurden auch Holzsorten mit dem natürlichen Holzschutzmittel imprägniert, um sie gegen Insekten widerstandsfähiger zu machen.

Des Weiteren kann das Guayule-Harz auch zu Kaminanzündern, Briketts und Pellets zu 10 % des Trockengewichtes zugefügt werden, um die Energiegewinnung zu erhöhen. Die harzhaltige Bagasse (Abfallprodukt bei der Latexherstellung) könnte auch in flüssigen Kraftstoff umgewandelt werden und mit Hilfe der Pyrolyse-Technologie ist es möglich einen Diesel-ähnlichen Kraftstoff zu erzeugen.

Das Harz kann auch mit Epoxy-Polymeren kombiniert werden, um leicht abziehbare Beschichtungen herzustellen. Diese Beschichtungen dienen als Schutz für Flugzeuge, Schiffe oder Industrieanlagen (Nakayama 2005).

Eine weitere Verwendungsmöglichkeit ist die Nutzung des Harzes zur Mikroverkapselung bioaktiver, flüchtiger Stoffe für Nicht-Nahrungsmittelzwecke. Es wurden Mikrokapselformulierungen mit einem Anteil von 1 % Guayule-Harz hergestellt und die Freisetzungsraten von Linalool über einen Zeitraum von vierzehn Tagen gemessen. Die Ergebnisse zeigten, dass durch die Zugabe von Guayule-Harz die Porosität (Größe der Poren) reduziert werden konnte (Pascual-Villalobos und López 2013).

In einer Studie nach Parra-Delgado et al. wurde die zytotoxische Wirkung der Triterpene Argentatin A und B getestet.

Das Harz beinhaltet etwa 20 % Argentatin, einschließlich Argentatin A und B. Zur Überprüfung der zytotoxischen Wirkung wurden Argentatin A und B gegen fünf Krebszelllinien (K562, PC-3, MCF-7, U251 und HCT-15) mit Hilfe des Sulforhodamin B-Testes getestet. Dieser Test wird in vielen klinischen Studien zur Ermittlung der wachstumshemmenden Wirkung auf Krebszellen verwendet. Als Positivkontrolle wurde Doxorubicin verwendet.

Zur Ermittlung der zytotoxischen Wirkung wurde der IC-Wert bestimmt. Dieser gibt an, bei welcher Konzentration 50 % der Krebszellen inhibiert (blockiert) werden.

| Verbindungen | IC-50 (µM) ±SEM (Standardfehler des Mittelwertes) |                    |                   |                  |                    |
|--------------|---------------------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|--------------------|
|              | U251 (ZNS)                                        | PC-3<br>(Prostata) | HCT-15<br>(Kolon) | MCF-7<br>(Brust) | K562<br>(Leukämie) |
| Argentatin A | 27.34 ± 1.00                                      | 20.22 ± 3.44       | 31.70 ± 1.10      | 27.03 ± 4.40     | 38.61 ± 4.47       |
| Argentatin B | 36.4 ± 6.79                                       | 33.41 ± 3.71       | 24.14 ± 5.58      | 33.06 ± 5.95     | 79.38 ± 0.08       |
| Doxorubicin  | 0.09 ± 0.02                                       | 0.32 ± 0.02        | 0.23 ± 0.01       | 0.14 ± 0.01      | 0.28 ± 0.01        |

Tab. 17: Zytotoxische Wirkung der Triterpene Argentatin A und B (Parra-Delgado et al. 2005)

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl Argentatin A als auch B in der Lage waren, alle fünf getesteten Krebszelllinien in ihrem Wachstum zu hemmen. Insgesamt gesehen zeigte Argentatin A eine potentere Wirkung, insbesondere gegen das Prostata-Karzinom (Parra-Delgado et al. 2005).

### Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie nach Maatooq et al. wurde die antifungale Wirkung des Harzes von der Hybridsorte *Parthenium argentatum* x *P. tomentosum* getestet. Zu diesem Zweck wurden Sesquiterpene vom Eudesman-Typ herangezogen. Es konnten insgesamt sechs eudesmanoide Sesquiterpene aus dem Guayule-Harz isoliert werden, wobei fünf davon neu waren. Die neu entdeckten Verbindungen waren 2-Methoxy-eudesma-1,4,6-trien-3-on (Argentone); 2-Methoxy-15-nor-eudesma-1,4,6-trien-3-on (15-nor-Argentone); 2-Methoxy-15-hydroxy-eudesma-1,4,6-trien-3-on (15-hydroxy-Argentone); 2-Methoxy-eudesma-1,4,6-trien-3,8-dion (8-oxo-Argentone) und 2-Methoxy-15-nor-eudesma-1,4,6-trien-3,8-dion (8-oxo-15-nor-Argentone). Die bereits bekannte Verbindung war 11-Hydroxy-eudesma-4-en-3-on (Carisson). Die antifungale Wirkung wurde mit den Pilzen *Aspergillus niger* und *Aspergillus fumigatus* getestet. Amphotericin B diente als Positivkontrolle.

| Verbindung                               | Hemmung in %                     |     |     |                                      |     |     |
|------------------------------------------|----------------------------------|-----|-----|--------------------------------------|-----|-----|
|                                          | <i>Aspergillus niger</i> (mg/ml) |     |     | <i>Aspergillus fumigatus</i> (mg/ml) |     |     |
|                                          | 0,25                             | 0,5 | 1,0 | 0,25                                 | 0,5 | 1,0 |
| Argenton                                 | 80                               | 100 | 100 | 100                                  | 100 | 100 |
| 15-nor-Argenton                          | 30                               | 100 | 100 | 100                                  | 100 | 100 |
| 15-hydroxy-Argenton                      | 0                                | 30  | 65  | 55                                   | 100 | 100 |
| 8-oxo-Argenton                           | 0                                | 55  | 70  | 100                                  | 100 | 100 |
| 8-oxo- 15-nor-Argenton                   | 0                                | 65  | 75  | 100                                  | 100 | 100 |
| Carisson                                 | 0                                | 30  | 60  | 30                                   | 80  | 100 |
| Lösungsmittel (0.05 ml EtOAc-EtOH/1 : 1) | 0                                |     |     | 0                                    |     |     |
| Amphotericin B (32 mg/ml)                | 46 %                             |     |     | 46 %                                 |     |     |

Tab. 18: Antifungale Wirkung des Harzes von *Parthenium argentatum* x *P. tomentosum* (Maatooq et al. 1996)

Wie die Ergebnisse zeigen, konnte die antifungale Wirkung des Harzes nachgewiesen werden, wobei höhere Konzentrationen bessere Resultate lieferten. Bei der geringsten Konzentration von 0,25 mg / ml zeigte Argenton eine 100 % ige Hemmung von *Aspergillus fumigatus* und eine 80 % ige Hemmung von *A. niger* (Maatooq et al. 1996).

#### Unerwünschte Wirkungen:

Das Sesquiterpen Guayulin A, eine Komponente des Guayule-Harzes, stand lange Zeit im Verdacht eine Typ IV-Allergie (Kontaktdermatitis) auslösen zu können. Diese Vermutung konnte allerdings durch eine Studie von Cornish et al. widerlegt werden. Zur Überprüfung einer Sensibilisierung oder Reizung wurden unterschiedliche Konzentrationen von Guayulin A und des reinen Harzes angewendet. Normalerweise beträgt die Guayulin A-Konzentration im Harz 1-10 %. Bei Mäusen wurde der lokale Lymphknotentest (LLNA) angewendet und bei Meerschweinchen kam der Patch-Test zum Einsatz. Des Weiteren wurden sowohl Mäuseohren als auch Kaninchenohren mit den verschiedenen Konzentrationen von Guayulin A und des Harzes behandelt. Die Forscher kamen zu dem Ergebnis, dass keine Sensibilisierung oder Irritation auf Grund von Guayulin A aufgetreten ist. Das Harz zeigte erst bei einer Konzentration von über 10 % Guayulin A eine Irritation der Haut, jedoch war auch hier keine Sensibilisierung zu beobachten (Cornish et al. 2009).

Es gibt bisher noch keine Studien über die orale Anwendung und eventuelle Nebenwirkungen des Guayule-Harzes.

## 2.10. Haschisch



Abb. 24: Haschisch

### Synonyme:

Dope, Gage, Ganja, Gras, Gunjah, Maconha, Pot, Riefer, Grünes und dem Herkunftsland entsprechende Bezeichnungen mit Farbe: schwarzer Afghane, roter Libanese.  
Hasch, Kiff, Kraut, Bhang, Brown, Grass, Mary Warner, Muggles, Piece, Shit, Skunk, Stoff, Tea, Weed, Wood, Bon, Bendsch  
(<http://www.druginfopool.de/rauschmittel/cannabis.html>).

### Stammpflanzen:

Die Taxonomen (biologische Forscher, die sich mit der Einordnung von Lebewesen/Pflanzen in systematische Kategorien befassen) sind sich bezüglich der Stammpflanzen von *Cannabis* nicht ganz einig. Einige Botaniker bezeichnen *Cannabis sativa*, die zu der Familie der *Cannabaceae* gezählt wird, als die einzige Art, die jedoch in sehr variablen Formen auftreten kann. Andere differenzieren ganz klar zwischen *Cannabis sativa* und *Cannabis indica*. Diese Taxonomen rechtfertigen ihre Differenzierung aufgrund der unterschiedlichen Morphologie, des unterschiedlichen geographischen Vorkommens und des unterschiedlich stark ausgeprägten Aromas. Des Weiteren wurden auch andere Arten von *Cannabis* als Stammpflanzen vorgeschlagen, wobei hier nur die Art *C. ruderalis* anerkannt wurde. *C. ruderalis* wird aber von vielen Taxonomen als Synonym für *C. sativa* angesehen. Die meisten Botaniker haben mittlerweile *Cannabis sativa* als einzig vorkommende Art anerkannt, die in zwei Unterarten vorkommen kann. Die Unterarten sind einerseits *Cannabis sativa* subsp. *sativa* und *Cannabis sativa* subsp. *indica*, wobei letztere die größten Mengen an Harz produziert (Hillig 2004).

## Beschreibung:

Cannabis wird aus der Hanfpflanze der Gattung *Cannabis* gewonnen. Sie ist eine der ältesten Arzneipflanzen der Welt und die am häufigsten illegal verwendete Pflanze weltweit. *Cannabis sativa* ist eine einjährige Nutzpflanze, die eine Höhe von bis zu 5 Metern erreichen kann und einen Lebenszyklus von 4 – 8 Monaten (Frühling bis Herbst) aufweist. Die besten Wachstumsbedingungen herrschen bei einem nährstoffreichen Boden, reichlich Wasser und einem sonnigen, milden Klima (ElSohly 2007, S. 1).

Wenn das extrahierte Harz der weiblichen Pflanzen verwendet wird, spricht man von Haschisch. Werden allerdings die harzhaltigen getrockneten Blütentrauben und blüthenahen Blätter als Ganzes verwendet, spricht man von Marihuana. Die Stammpflanze *Cannabis sativa subsp. indica* beinhaltet die größten Mengen an Harz, welches aus den Trichomen (THC-haltigen Drüsenhaaren) der Blüten und Blattkelche weiblicher Pflanzen gewonnen wird. Diese Drüsenhaare (Trichome) scheiden ein Harz aus, welches über 30 Cannabinoide und zahlreiche duftende Mono- und Sesquiterpene beinhaltet. Für die psychoaktive Wirkung der Pflanze bzw. des Harzes ist das Cannabinoid- $\Delta$ 1-Tetrahydrocannabinol ( $\Delta$ 1-THC) verantwortlich, welches über 50 % des Harzes ausmachen kann und auch als  $\Delta$ 9-THC bezeichnet wird. Hanfpflanzen, die an warmen Standorten wachsen, produzieren besonders viel Harz und somit THC. Das Tetrahydrocannabinol an sich hat einen recht milden Geruch. Das typische Aroma von Haschisch entsteht beim Erhitzen durch das Entweichen flüchtiger Terpene. Das Aroma wird als Amber-Duft beschrieben, der eine sinnliche Note besitzt und an Moschus erinnert (Langenheim 2003, S. 421-423).



Abb. 25: *Cannabis sativa subsp. sativa*

Haschisch ist ein braunes Weichharz, das in Wasser unlöslich ist und auf Platinblech rückstandslos verbrennt. Das Harz löst sich in Ethanol, Ether, Chloroform, Benzol, Benzin, Aceton und Essigether unter Bildung einer goldgelben Farbe (Fischer 2013, S. 293).

## Herkunft:

Die Hanfpflanze der Gattung *Cannabis* wächst überall auf der Welt. Sie ist sehr stark verbreitet und wächst in manchen Ländern sogar als Unkraut am Straßenrand. Die Hauptanbauländer sind Marokko und Afghanistan. Die Pflanze stellt keine hohen Ansprüche und ist sehr anpassungsfähig. Man findet sie sowohl nahe dem Meeresspiegel als auch auf 2000 Meter Höhe am Himalaya.

Um einen möglichst hohen Harzgehalt und THC-Gehalt zu erreichen, wird allerdings ein warmes und trockenes Klima bevorzugt. Es scheint, dass bei diesen Klimabedingungen die Bildung der Trichome verstärkt stattfindet. Man geht davon aus, dass die Trichome

der Pflanze sowohl Schutz vor Pflanzenfressern als auch als Schutz vor dem Austrocknen bieten. In Experimenten konnte gezeigt werden, dass Pflanzen, die an warmen Standorten wuchsen, bis zu zehnmal mehr THC produzieren konnten als andere (Langenheim 2003, S. 423).

### Gewinnung:

Unter Haschisch versteht man das extrahierte Harz der Pflanze *Cannabis sativa*. Das Harz wird aus den Drüsenhaaren der Blüten und Blattkelche gewonnen. Die reifen weiblichen Pflanzen werden zunächst getrocknet und anschließend gesiebt. Danach erhält man durch Auspressen eine mittelharte grünliche bis bräunliche Harzmasse, die sich durch Erwärmen zunehmend erweicht (Marchini et al. 2014).

Um reines Haschisch zu erhalten, versetzt man den alkoholischen Extrakt mit Alkalien, um die Harzsäuren, Chlorophyll und das fette Hanföl abzutrennen. Das erhaltene Produkt wird als Haschisch purum bezeichnet (Fischer 2013, S. 293).

### Inhaltsstoffe:

In der Hanfpflanze *Cannabis sativa* konnten bisher 483 (Stand: 2007) verschiedene Inhaltsstoffe identifiziert werden. Darunter befinden sich mehr als 60 Cannabinoide und mehr als 140 Terpenoide. Unter der Gruppe der Cannabinoide versteht man C<sub>21</sub>-Terpenphenole, die bisher nur in der Cannabispflanze gefunden werden konnten. Da mittlerweile auch viele synthetische Cannabinoide auf dem Markt sind, bezeichnet man die Cannabinoide aus der Hanfpflanze als Phytocannabinoide. Besonders hervorzuheben ist hier einerseits das Delta-9-Tetrahydrocannabinol ( $\Delta$ -9-THC), welches für die psychoaktive Wirkung verantwortlich ist und den sogenannten Rauschzustand hervorruft. Und andererseits das Cannabidiol, welches eine antikonvulsive, anxiolytische und antipsychotische Wirkung hat.

Die Inhaltsstoffe des Cannabisharzes lassen sich grob in zwei Gruppen unterteilen. Zum einen in cannabinoide Inhaltsstoffe und zum anderen in nicht-cannabinoide Inhaltsstoffe. Die Cannabinoide machen bis zu 80 % des Harzes aus, wobei der Gehalt an  $\Delta$ -9-THC bis zu 15 % betragen kann. Nicht-cannabinoide Komponenten sind Flavonoide, Spiroindane, Dihydrostilbene, Dihydrophenanthrene, Sterole und Alkaloide (ElSohly 2007, S. 17-23).

Eine Auflistung aller bisher gefundenen Phytocannabinoide inklusive ihrer pharmakologischen Wirkung findet sich in der unten stehenden Tabelle nach ElSohly 2007, S. 18-27:

| Komponenten                                               | Pharmakologische Wirkung        |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|
| $\Delta$ -7-cis-iso-Tetrahydrocannabinol                  |                                 |
| $\Delta$ -8-Tetrahydrocannabinol ( $\Delta$ -8-THC)       | ähnlich wie THC, aber schwächer |
| $\Delta$ -8-Tetrahydrocannabinolsäure ( $\Delta$ -8-THCA) |                                 |

|                                                                                                                      |                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinol (THC)                                                                               | euphorisierend, analgetisch, entzündungshemmend, antioxidativ, antiemetisch                 |
| $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinol C4 (THC-C4)                                                                         |                                                                                             |
| $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinolsäure A (THCA-A)                                                                     |                                                                                             |
| $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinolsäure B (THCA-B)                                                                     |                                                                                             |
| $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinolsäure C4 (THCA-C4)                                                                   |                                                                                             |
| $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinolcol (THC-C1)                                                                         |                                                                                             |
| $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinolcolinsäure (THCA-C1)                                                                 |                                                                                             |
| $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabivarin (THCV)                                                                            | analgetisch, euphorisierend                                                                 |
| $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabivarininsäure (THCVA)                                                                    |                                                                                             |
| 10-Ethoxy-9-hydroxy-delta-6a-tetrahydrocannabinol                                                                    |                                                                                             |
| 10-oxo-delta-6a-tetrahydrocannabinol (OTHC)                                                                          |                                                                                             |
| 3,4,5,6-Tetrahydro-7-hydroxy-alpha-alpha-2-trimethyl-9-n-propyl-2,6-methano-2H-1-benzoxocin-5-methanol (OH-iso-HHCV) |                                                                                             |
| 8,9-Dihydroxy-delta-6a-tetrahydrocannabinol                                                                          |                                                                                             |
| Cannabichromanon (CBCN)                                                                                              |                                                                                             |
| Cannabichromen (CBC)                                                                                                 | entzündungshemmend, antibiotisch, antifungal, analgetisch                                   |
| Cannabichromensäure (CBCA)                                                                                           |                                                                                             |
| Cannabichromvarin (CBCV)                                                                                             |                                                                                             |
| Cannabichromvarinsäure (CBCVA)                                                                                       |                                                                                             |
| Cannabicitran (CBT)                                                                                                  |                                                                                             |
| Cannabicyclol (CBL)                                                                                                  |                                                                                             |
| Cannabicyclolinsäure (CBLA)                                                                                          |                                                                                             |
| Cannabicyclovarin (CBLV)                                                                                             |                                                                                             |
| Cannabidiol (CBD)                                                                                                    | anxiolytisch, antipsychotisch, analgetisch, entzündungshemmend, antioxidativ, antispastisch |
| Cannabidiol-C4 (CBD-C4)                                                                                              |                                                                                             |
| Cannabidiol-monomethylether (CBDM)                                                                                   |                                                                                             |
| Cannabidiolsäure (CBDA)                                                                                              | antibiotisch                                                                                |
| Cannabidiolcol (CBD-D1)                                                                                              |                                                                                             |
| Cannabidivarin (CBDV)                                                                                                |                                                                                             |
| Cannabidivarininsäure (CBDVA)                                                                                        |                                                                                             |
| Cannabielson (CBE)                                                                                                   |                                                                                             |
| Cannabielsonsäure A (CBEA-A)                                                                                         |                                                                                             |
| Cannabielsonsäure B (CBEA-B)                                                                                         |                                                                                             |
| Cannabifuran (CBF)                                                                                                   |                                                                                             |
| Cannabigerol (CBG)                                                                                                   | antibiotisch, antifungal, analgetisch,                                                      |

|                                                      |                                                          |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                                      | entzündungshemmend                                       |
| Cannabigerol-monomethylether (CBGM)                  |                                                          |
| Cannabigerolsäure (CBGA)                             | antibiotisch                                             |
| Cannabigerolsäure-monomethylether (GBGAM)            |                                                          |
| Cannabigerovarin (CBGV)                              |                                                          |
| Cannabigerovarinsäure (CBGVA)                        |                                                          |
| Cannabinodiol (CBND)                                 |                                                          |
| Cannabinodivarin (CBVD)                              |                                                          |
| Cannabinol (CBN)                                     | sedativ, antibiotisch, antikonvulsiv, entzündungshemmend |
| Cannabinol-C2 (CBN-C2)                               |                                                          |
| Cannabinol-C4 (CBN-C4)                               |                                                          |
| Cannabinolinsäure (CBNA)                             |                                                          |
| Cannabinol-methylether (CBNM)                        |                                                          |
| Cannabiorcol (CBN-C1)                                |                                                          |
| Cannabiripsol (CBR)                                  |                                                          |
| Cannabitriol (CBT)                                   |                                                          |
| Cannabitriolvarin (CBTV)                             |                                                          |
| Cannabivarin (CBV)                                   |                                                          |
| Dehydrocannabifuran (DCBF)                           |                                                          |
| Delta-9-cis-tetrahydrocannabinol (cis-THC)           |                                                          |
| Ethoxycannabitriolvarin (CBTVE)                      |                                                          |
| Trihydroxy-delta-9-tetrahydrocannabinol (tri-OH-THC) |                                                          |

Tab. 19: Auflistung aller Phytocannabinoide inklusive ihrer pharmakologischen Wirkung nach ElSohly 2007, S. 18-27

In einer Studie von Marchini et al. wurde das Harz von *Cannabis sativa* (Haschisch) und seine flüchtigen Verbindungen untersucht. Die Untersuchung erfolgte mit Hilfe der Headspace-Festphasenmikroextraktion (HS-SPME) gekoppelt mit der Gaschromatographie (GC-MS, GC x GC-MS). Es wurden insgesamt vier verschiedene Harzproben untersucht. Im ätherischen Öl des Harzes befanden sich große Mengen an Monoterpenen und Sesquiterpenen. Unter den Monoterpenen fand man vor allem  $\alpha$ - und  $\beta$ -Pinen sowie  $\beta$ -Myrcen und Limonen. Bei den Sesquiterpenen dominierten vor allem  $\beta$ -Caryophyllen und  $\alpha$ -Humulen. Interessanterweise konnten die Autoren ein neues Monoterpen identifizieren, welches ebenfalls zu den Hauptkomponenten des ätherischen Öls gehört. Die Komponente 1-Vinyl-5,5-dimethyl[2.1.]bicyclohexan wurde in den Harzproben durchschnittlich zu 10,4 % gefunden und von den Autoren als *Hashishen* bezeichnet.

In der unten stehenden Tabelle sind alle identifizierten flüchtigen Verbindungen des Cannabisharzes aufgelistet:

| Komponente         | Harz Nr.1 Anteil % | Harz Nr.2 Anteil % | Harz Nr.3 Anteil % | Harz Nr.4 Anteil % |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 2,4-Hexadien       | -                  | -                  | 0,05               | -                  |
| 1-Acetylcyclohexen | -                  | 0,06               | -                  | 0,02               |
| Cyclofenchen       | 0,04               | -                  | -                  | -                  |

|                                              |       |       |       |       |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Heptan-2on                                   | 0,05  | 0,03  | -     | 0,10  |
| Bornylen                                     | 0,05  | -     | -     | 0,02  |
| Hashishen                                    | 11,95 | 10,30 | 10,07 | 10,06 |
| $\alpha$ -Pinen                              | 19,40 | 14,04 | 19,68 | 18,03 |
| (5H)-Furanon-5,5-dimethyl-Ester              | -     | -     | -     | 0,04  |
| $\alpha$ -Fenchen                            | 0,30  | 1,44  | 0,19  | 1,67  |
| Camphen                                      | 3,04  | 0,33  | 2,59  | 0,95  |
| Thuja-2,4(10)-dien                           | 0,19  | 0,06  | 0,22  | 0,11  |
| Verbenen                                     | 0,09  | -     | 0,04  | 0,08  |
| Sabinen                                      | -     | -     | 0,06  | 0,09  |
| 6-Methylhept-5-en-2-on                       | 0,33  | 0,28  | 0,13  | 0,46  |
| $\beta$ -Pinen                               | 2,55  | 1,87  | 4,70  | 3,83  |
| $\beta$ -Myrcen                              | 3,87  | 0,37  | 1,86  | 8,70  |
| Nonanal                                      | 0,25  | -     | -     | -     |
| $\alpha$ -Phellandren                        | 0,08  | 0,14  | 0,07  | 0,73  |
| $\Delta$ -3-Caren                            | 0,44  | -     | 0,10  | -     |
| $\alpha$ -Terpinen                           | 0,13  | 0,06  | 0,09  | 0,40  |
| 2-Ethylhexan-1-ol                            | -     | -     | -     | 0,06  |
| p-Cymen                                      | 1,75  | 0,47  | 0,49  | 1,45  |
| Limonen                                      | 5,43  | 1,68  | 3,00  | 9,10  |
| Benzylalkohol                                | -     | -     | -     | 0,75  |
| Eucalyptol                                   | 0,83  | 1,58  | 1,11  | 0,91  |
| $\gamma$ -Terpinen                           | -     | 0,06  | 0,08  | 0,48  |
| Cis-Linalloloxid                             | -     | -     | -     | 0,01  |
| Cis-Sabinen                                  | 0,10  | 0,13  | 0,08  | 0,09  |
| $\alpha$ -Terpinolen                         | 0,04  |       | 0,06  | 0,80  |
| Trans-Linalloloxid                           | 0,06  | 0,07  | 0,03  | 0,05  |
| p-Cymenen                                    | 0,11  | 0,13  | 0,05  | 0,64  |
| Fenchon                                      | 0,17  | 0,13  | 0,08  | 0,02  |
| (E)-2-Methyl-6-methylen-octa-3,7-dien-2-ol A | 0,18  | 0,31  | 0,47  | 0,65  |
| Linalool                                     | 0,68  | 0,76  | 0,40  | 0,52  |
| Perillen                                     | 0,09  | -     | 0,07  | 0,20  |
| 6-Methylhepta-3,5-dien-2- on                 | 0,05  | 0,08  | 0,04  | 0,06  |
| Trans-Sabinenhydrat                          | 0,03  | -     | 0,03  | 0,02  |
| 2-Methyl-6-methylen-octa- 3,7-dien-2-ol B    | 0,19  | 0,24  | 0,13  | 0,25  |
| Exo-Fenchol                                  | 1,55  | 1,88  | 1,08  | 0,92  |
| trans-Mentha-2,8-dien-1-ol                   | 0,03  | 0,06  | 0,06  | 0,05  |
| trans-Pinenhydrat                            | 0,09  | 0,19  | 0,11  | 0,10  |
| 4-Acetyl-1- methylcyclohexen                 | 0,22  | 0,19  | 0,16  | 0,15  |
| Ipsdienol                                    | 0,05  | 0,12  | 0,12  | 0,12  |
| Trans-Pinocarveol                            | 0,37  | 0,62  | 0,35  | 0,42  |
| Nopinon                                      | 0,03  | 0,07  | -     | 0,04  |
| 2-Methyl-6-methylenocta- 1,7-dien-3-ol       | 0,24  | 0,40  | 0,64  | 0,91  |
| Camphor                                      | -     | -     | -     | 0,14  |
| Decanal                                      | 0,30  | -     | -     | -     |

|                                |       |       |       |      |
|--------------------------------|-------|-------|-------|------|
| cis-Mentha-2,8-dien-1-ol       | 0,15  | 0,23  | -     | 0,17 |
| Camphenhydrat                  | 0,08  | 0,13  | 0,07  | 0,02 |
| Mentha-1,5-dien-8-ol           | -     | -     | 0,05  | 0,08 |
| Pinocamphon                    | 0,03  | 0,06  | -     | 0,04 |
| Pin-2(10)-en-3-on              | 0,04  | 0,08  | 0,07  | 0,07 |
| Borneol                        | 0,75  | 0,56  | 0,37  | 0,22 |
| p-Mentha-1,8-dien-4-ol         | 0,09  | 0,73  | 0,35  | 0,59 |
| Terpinen-4-ol                  | 0,15  | 0,22  | 0,13  | 0,14 |
| p-Cymen-8-ol                   | 0,14  | 0,21  | 0,10  | 0,16 |
| Dodecan                        | -     | 0,05  | 0,04  | 0,10 |
| trans-Mentha-1(7),8-dien- 2-ol | 0,07  | 0,11  | 0,06  | 0,10 |
| $\alpha$ -Terpineol            | 0,55  | 0,67  | 0,33  | 0,30 |
| Myrtenol                       | 0,11  | 0,20  | 0,11  | 0,15 |
| Myrtenal                       | -     | 0,09  | 0,04  | 0,06 |
| Fenchylacetat                  | -     | -     | -     | 0,01 |
| trans-Carveol                  | 0,05  | 0,07  | 0,04  | 0,05 |
| cis-Mentha-1(7),8-dien-2- ol   | 0,04  | 0,04  | -     | 0,04 |
| Carvon                         | -     | -     | -     | 0,02 |
| Tridecan                       | -     | 0,21  | -     | 0,01 |
| Undecanal                      | 0,12  | -     | -     | -    |
| Bornylacetate                  | -     | 0,06  | 0,04  | 0,04 |
| Piperitenon                    | 0,06  | -     | 0,05  | 0,01 |
| $\alpha$ -Cubeben              | 0,04  | 0,08  | -     | -    |
| Piperitenonoxid                | 0,05  | -     | -     | 0,01 |
| $\alpha$ -Ylangen              | 0,39  | 0,47  | 0,38  | 0,26 |
| $\alpha$ -Copaen               | 0,16  | 0,09  | 0,22  | 0,12 |
| Tetradecan                     | 0,03  | 0,04  | -     | 0,01 |
| Longicyclen                    | -     | 0,16  | -     | -    |
| Biphenyl                       | -     | -     | 0,04  | -    |
| Dodecanal                      | 0,10  | -     | -     | -    |
| $\beta$ -Bourbonen             | 0,04  | 0,04  | -     | 0,02 |
| Sativen                        | -     | 0,16  | 0,18  | -    |
| Cis- $\alpha$ -Bergamoten      | -     | -     | -     | 0,34 |
| Isocaryophyllen                | 2,27  | 2,53  | 1,61  | 1,01 |
| $\alpha$ -Santalen             | 0,33  | 0,08  | 0,12  | 0,23 |
| Longifolen                     | -     | 1,45  | 0,11  | -    |
| $\beta$ -Caryophyllen          | 12,43 | 19,50 | 19,46 | 9,68 |
| trans- $\alpha$ -Bergamoten    | -     | -     | 0,33  | 0,46 |
| Caryophyllen, exo              | 0,06  | 0,13  | 0,10  | 0,67 |
| $\alpha$ -Guaien               | -     | 0,81  | 0,84  | 0,06 |
| Geranylaceton                  | -     | 0,03  | -     | -    |
| (Z)- $\beta$ -Farnesen         | -     | -     | 0,16  | 0,18 |
| Guaia-6,9-dien                 | 0,14  | 0,43  | 0,10  | 0,07 |
| Caryophyll-3-en                | 0,36  | 0,60  | 0,15  | 0,21 |
| 1-Dodecanol                    | 0,08  | -     | -     | -    |
| $\alpha$ -Humulen              | 4,32  | 6,80  | 6,49  | 3,48 |
| 9-epi-(E)-Caryophyllen         | 1,31  | 1,85  | 1,13  | 1,88 |
| Valencen                       | 0,13  | -     | 0,17  | 0,10 |

|                                    |      |      |      |      |
|------------------------------------|------|------|------|------|
| $\alpha$ -Curcumen                 | 0,13 | 0,80 | 0,09 | 0,14 |
| Vetiselinen                        | -    | -    | -    | 0,12 |
| Pentadecan                         | 0,03 | -    | -    | -    |
| $\alpha$ -Muurolen                 | 0,14 | -    | -    | -    |
| Selina-4,11-dien                   | 0,36 | 1,29 | 0,55 | 0,20 |
| $\beta$ -Selinen                   | 1,12 | 1,40 | 1,61 | 1,61 |
| $\beta$ -Bisabolen                 | -    | -    | -    | 0,09 |
| $\alpha$ -Selinen                  | 0,51 | 0,87 | 0,51 | 0,19 |
| $\alpha$ -Bulnesen                 | 0,06 | 1,22 | 1,43 | 0,27 |
| $\delta$ -Cadinen                  | 0,20 | 0,46 | 0,37 | -    |
| Spirovetiva-1(10),7(11)- dien      | -    | 0,04 | -    | -    |
| trans-Calamenen                    | 0,08 | 0,06 | 0,04 | -    |
| Eremophila-1(10),7(11)- dien       | 0,12 | 0,36 | 0,21 | 0,02 |
| $\alpha$ -Bisabolen                | 0,04 | 0,14 | 0,23 | -    |
| Selina-4(15),7(11)-dien            | 0,07 | 0,79 | 0,64 | 0,04 |
| Nerolidol                          | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,03 |
| $\alpha$ -Calacoren                | 0,03 | 0,12 | 0,08 | 0,03 |
| Selina-3,7(11)-dien                | 0,08 | 0,38 | 0,76 | 0,07 |
| Diethylphthalat                    | 1,18 | 2,05 | 0,33 | 1,84 |
| Hexadecan                          | 0,05 | -    | -    | -    |
| Caryophylleneoxid                  | 0,67 | 0,56 | 0,31 | 0,27 |
| Tetradecanal                       | 0,11 | -    | -    | -    |
| Humuleneoxid                       | 0,22 | 0,18 | 0,10 | 0,08 |
| Methyl-dihydrojasmonat, trans-     | 0,03 | -    | -    | -    |
| Caryophylla-4(12),8(13)- dien-5-ol | 0,23 | 0,43 | 0,18 | 0,10 |
| Hexadecan-1-ol                     | 0,09 | -    | -    | -    |
| Caryophylla-3,8(13)-dien- 5-ol A   | 0,17 | 0,25 | 0,09 | 0,05 |
| Caryophylla-3,8(13)- dien-5-ol B   | 0,09 | 0,12 | 0,05 | 0,03 |
| Heptadecan                         | 0,09 | -    | -    | 0,04 |
| Pentadecanal                       | 0,12 | -    | -    | -    |
| Palmitinsäure                      | 0,05 | -    | -    | -    |
| Octadecan                          | 0,08 | -    | -    | 0,01 |
| Hexadecanal                        | 0,12 | -    | -    | -    |
| Farnesol                           | 0,05 | -    | -    | -    |
| Diisobutylphthalate                | 0,56 | -    | -    | 0,10 |
| Nonadecen                          | 0,19 | -    | -    | -    |
| Hexadecan-1-ol                     | 0,08 | -    | -    | -    |
| Nonadecan                          | 0,49 | 0,08 | 0,05 | 0,12 |
| Heptadecanal                       | 0,08 | -    | -    | -    |
| Methylpalmitat                     | 0,08 | 0,06 | -    | -    |
| (E,E)-Farnesylaceton               | 0,46 | -    | -    | -    |
| Dibutylphthalat                    | 0,09 | 0,11 | 0,03 | 0,04 |
| Eicosan                            | 0,12 | -    | -    | 0,01 |
| Octadecanal                        | 0,05 | -    | -    | -    |
| Eneicosan                          | 0,14 | 0,03 | -    | 0,03 |
| Octadecan-1-ol                     | 0,13 | -    | -    | -    |
| Docosan                            | 0,08 | -    | -    | -    |
| Tricosan                           | 0,04 | -    | 0,06 | -    |

|                 |      |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|
| Diocetyl adipat | 0,36 | 0,92 | 0,14 | 0,63 |
| Squalen         | -    | 3,19 | -    | -    |

Tab. 20: Flüchtige Verbindungen des Cannabisharzes nach Marchini et al. 2014

## Verwendung:

Die Verwendung von *Cannabis sativa* hat eine sehr lange Tradition und lässt sich aufgrund archäologischer Funde in Europa und im Mittleren Osten bis in die Antike zurückverfolgen. Damals wurde das Kraut zur Herstellung von Fasern und somit Kleidung genutzt. Die narkotisierende Wirkung des Harzes war damals ebenfalls schon bekannt und wurde in magisch-religiösen Zeremonien angewendet. Medizinisch wurde das Cannabisharz zu dieser Zeit gegen verschiedene Beschwerden wie Vergesslichkeit oder auch gegen Malaria eingesetzt. Der chinesische Eroberer Shên-Nung erwähnte bereits 2000 Jahre vor Christus Cannabis in seinem Kräuterbuch *Pên-ts'ao* als ein Mittel, welches „die Psyche befreit“. Einige Zeit später warnten allerdings andere Schriftsteller, dass es ein Befreier der Sünden sei. In der chinesischen *Pharmakopoeia Rh-Ya* wurde Cannabis bereits im 15. Jahrhundert vor Christus für schamanistische Zwecke erwähnt. Im 2. Jahrhundert nach Christus wurde Cannabis mit Wein vermischt und Patienten als Anästhetikum vor Operationen verabreicht. Ab dem 10. Jahrhundert nach Christus wurde das Cannabisharz in China oftmals als schmerzstillendes Mittel verwendet. In Kleinasien wurde Cannabis vor allem für rituelle Zwecke benutzt. Es diente den Skythen sowohl zur Heilung der Kranken als auch bei Zeremonien zur Beerdigung der Toten. Die medizinische Verwendung und das medizinische Interesse wurden verstärkt in der Zeit um 1840 - 1900 geweckt. Damals wurde viel geforscht und über 100 Studien zum Thema Cannabis veröffentlicht. Besonders Marihuana erfreute sich medizinischer Beliebtheit und wurde bis 1941 legal verwendet. Im Jahr 1941 wurde es dann auch aus der *U.S Pharmakopoeia* und dem nationalen *Formularium* herausgenommen. Marihuana wurde damals als gefährliche und gewalterzeugende Droge eingestuft, die auf eine Stufe mit Heroin und Cocain gestellt wurde. Das Cannabinoid  $\Delta$ -9-THC wurde erstmals 1965 entdeckt, womit ein kontrolliertes Dosieren ermöglicht wurde. Zu dieser Zeit erforschte man auch die zahlreichen medizinischen Verwendungsmöglichkeiten. Heute ist das Cannabinoid  $\Delta$ -9-THC in vielen Staaten nur als streng rezeptpflichtiges Suchtgiftpräparat erhältlich. Die Indikationen sind recht vielfältig. Zum einen ist es ein wirksames Analgetikum und Antikonvulsivum und kann den Augeninnendruck bei Glaukompatienten senken. Zum anderen ist es ein sehr wirkungsvolles Antiemetikum, welches vor allem Krebspatienten während einer Chemotherapie helfen kann (Langenheim 2003, S. 424-425).

In einer Studie von Pertwee wurden die Cannabinoide von *Cannabis sativa* im Hinblick auf neue medizinische Verwendungsmöglichkeiten untersucht. Es ist bereits bekannt, dass es mindestens zwei (ein dritter möglicher Rezeptor wurde von Ryberg et al. 2007 gefunden) Cannabinoidrezeptor-Typen gibt. Zum einen gibt es die CB1-Rezeptoren, die vorwiegend auf peripheren und zentralen Neuronen entdeckt wurden und zum anderen die CB2-Rezeptoren, die man vor allem auf Immunzellen lokalisieren konnte. Des Weiteren konnte man auch endogene (körpereigene) Liganden dieser Cannabinoidrezeptoren, die sogenannten Endocannabinoide identifizieren. Den Wissenschaftlern gelang es bereits selektive CB1 und CB2-Rezeptoragonisten zu

entwickeln, die auch bereits klinisch verwendet werden. Zum Beispiel finden  $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinol und Nabilon Verwendung als Antiemetika und Appetitanreger. Weitere Möglichkeiten zur Anwendung von CB1- und CB2-Rezeptoragonisten wären die Linderung chronischer Schmerzen, die Behandlung von Bronchialasthma oder die Therapie des Glaukoms, die Unterdrückung von Muskelspasmen bei MS (Multipler Sklerose), Behandlung von Schizophrenie oder auch die Therapie kognitiver Störungen. Aufgrund der vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten wäre es wünschenswert, Medikamente zu entwickeln, die keine psychoaktive Wirkung mehr besitzen, aber dennoch ihr Wirkpotential beibehalten (Pertwee 1999).

In einer weiteren Studie wurde das nicht-psychoaktive Cannabinoid Cannabidiol (CBD) auf eine mögliche Antitumoraktivität getestet. Aufgrund der Tatsache, dass die Cannabinoide wegen ihrer psychoaktiven Wirkung nur selten medizinisch verwendet werden, untersuchte man Cannabidiol, welches keine dieser Wirkungen zeigt. In der Studie wurde die antiproliferative Wirksamkeit von Cannabidiol in vitro gegen zwei humane Gliomzellen (U87 und U373) getestet. Bereits durch die Zugabe von Cannabidiol zum Kulturmedium kam es zu einem konzentrationsabhängigen dramatischen Abfall des mitochondrialen, oxidativen Metabolismus und der Lebensfähigkeit von Gliomzellen. Bereits nach 24 Stunden konnte ein IC-50 Wert von 25  $\mu$ M ermittelt werden. Der antiproliferative Effekt von Cannabidiol wurde teilweise durch den CB2-Rezeptorantagonist SR144528 und Tocopherol verhindert. Im Gegensatz dazu hatte der CB1-Rezeptorantagonist SR141716 keine hemmende Auswirkung auf den antiproliferativen Effekt. Des Weiteren konnte im Rahmen dieser Studie gezeigt werden, dass der antiproliferative Effekt von Cannabidiol im Zusammenhang mit einer Apoptoseinduktion (Anregung zum programmierten Zelltod) steht. Eine Einmalgabe von 0,5mg Cannabidiol pro Maus zeigte eine signifikante Wachstumshemmung von implantierten U87 Gliomzellen. Zusammenfassend kann man also sagen, dass Cannabidiol in Zukunft ein mögliches antineoplastisches Arzneimittel werden könnte (Massi et al. 2013).

### Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie von Appendino et al. wurde die antibakterielle Wirkung ausgewählter Cannabinoide der Pflanze *Cannabis sativa* untersucht. Um eine Aussage über die Struktur-Wirkungs-Beziehung zu erhalten, wurden die fünf wichtigsten Cannabinoide (Cannabidiol, Cannabichromen, Cannabigerol,  $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinol und Cannabinol) sowie ihre jeweiligen Acylierungs- und Alkylierungsprodukte, eine Auswahl ihrer synthetischen Carbon-Vorstufen (Pre-Cannabinoide) und synthetischen Isomere (anormale Cannabinoide) ausgewählt. Zur Testung der antibakteriellen Wirkung wurde eine Gruppe klinisch relevanter *Staphylococcus aureus*-Stämme herangezogen. Darunter befinden sich die wichtigsten Methicillinresistenten Stämme EMRSA-15 und EMRSA-16 sowie SA-1199B, ein multiresistenter Stamm, welcher den Effluxmechanismus NorA überexprimiert. SA-1199B besitzt darüberhinaus eine Gyrase-Mutation, die in Kombination mit NorA zu einer erhöhten Resistenz gegenüber Fluoroquinolone führt. Des Weiteren wurde der Makrolid-resistente Stamm RN4220, der Tetracyclin-resistente Stamm XU212 sowie der Standard-Teststamm ATCC25923 ausgewählt.

Die Ergebnisse befinden sich in der unten stehenden Tabelle und zeigen die minimale Hemmkonzentration (MIC) in µg/ml (Appendino et al. 2008):

| Komponente                            | <i>Staphylococcus aureus</i> |         |       |           |          |          |
|---------------------------------------|------------------------------|---------|-------|-----------|----------|----------|
|                                       | SA-1199B                     | RN-4220 | XU212 | ATCC25923 | EMRSA-15 | EMRSA-16 |
| Pre-cannabidiol                       | 2                            | 2       | 2     | 2         | 2        | 2        |
| Cannabidiol                           | 1                            | 1       | 1     | 0,5       | 1        | 1        |
| Cannabichromene                       | 2                            | 2       | 1     | 2         | 2        | 2        |
| Pre-cannabigerol                      | 4                            | 2       | 4     | 4         | 2        | 4        |
| Cannabigerol                          | 1                            | 1       | 1     | 1         | 2        | 1        |
| Pre-Δ9-Tetrahydrocannabinol           | 8                            | 4       | 8     | 4         | 8        | 4        |
| Δ9-Tetrahydrocannabinol               | 2                            | 1       | 1     | 1         | 2        | 0,5      |
| Cannabinol                            | 1                            | 1       | 1     | 1         | 1        | -        |
| anormales (synthetisches) Cannabidiol | 1                            | 1       | 1     | 1         | 1        | 1        |
| anormales Cannabigerol                | 2                            | 1       | 0,5   | 1         | 2        | -        |
| Carmagerol                            | 32                           | 32      | 16    | 16        | 16       | 32       |
| Olivetol                              | 64                           | 64      | 64    | 128       | 64       | 64       |
| Norfloxacin                           | 32                           | 1       | 4     | 1         | 0,5      | 128      |
| Erythromycin                          | 0,25                         | 64      | >128  | 0,25      | >128     | >128     |
| Tetracyclin                           | 0,25                         | 0,25    | 128   | 0,25      | 0,125    | 0,125    |
| Oxacillin                             | 0,25                         | 0,25    | 128   | 0,125     | 32       | 128      |

- ... nicht getestet

Tab. 21: Antibakterielle Wirkung ausgewählter Cannabinoide der Pflanze *Cannabis sativa*

Wie die Ergebnisse zeigen, konnten alle fünf Haupt-Cannabinoide (Cannabidiol, Cannabichromen, Cannabigerol, Δ-9-Tetrahydrocannabinol und Cannabinol) eine antibakterielle Wirkung aufweisen, mit Werten der minimalen Hemmkonzentration zwischen 0,5 - 2 µg/ml. Die Aktivität gegen den multiresistenten Stamm SA-1199B sowie die Stämme EMRSA-15 und 16 waren bemerkenswert und lassen sich mit den Standard-Antibiotika für diese Stämme vergleichen. Die Auswertung der Struktur-Wirkungsbeziehung ergab, dass die Aktivität tolerant gegenüber dem Prenyl-Rest und seiner Position im Vergleich zum n-Pentyl-Rest (anormale Cannabinoide) ist sowie auch gegenüber der Carboxylierung des Resorcinol-Restes (Pre-Cannabinoide). Im Gegensatz dazu führte die Methylierung sowie Acetylierung der phenolischen Hydroxylgruppe sowie die Veresterung der Carboxylgruppe der Pre-Cannabinoide und die Einführung eines zweiten Prenyl-Restes zu einer Verminderung der antibakteriellen Wirkung. Aufgrund der hohen Verfügbarkeit von *Cannabis sativa* und ihrer Cannabinoide könnte die Hanfpflanze in Zukunft zu einer interessanten Quelle für antibakterielle Arzneimittel und Konservierungsmittel werden (Appendino et al. 2008).

In einer Studie nach Van Klingerden und Ham wurde die antibakterielle Wirkung der Cannabinoide Δ-9-Tetrahydrocannabinol (THC) und Cannabidiol (CBD) aus der

Stammpflanze *Cannabis sativa* ermittelt. Der Test erfolgte durch die Ermittlung der minimalen Hemmkonzentration (MIC) von vier gram-positiven Bakterien (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus milleri* und *Streptococcus faecalis*) und drei gram-negativen Bakterien (*Escherichia coli*, *Salmonella thyphi* und *Proteus vulgaris*). Als Nährmedien fungierten einerseits normaler Agar pH 7,4 (RIV) und zum Teil andererseits eine Mischung aus normalem Agar pH 7,4 (RIV) und 5 % defibriniertem Pferdeblut.

Die Ergebnisse befinden sich in der unten stehenden Tabelle:

| Bakterium                     | Minimale Hemm-Konzentration |     |                        |       |
|-------------------------------|-----------------------------|-----|------------------------|-------|
|                               | „normaler“ Agar (µg/ml)     |     | Pferdeblutagar (µg/ml) |       |
|                               | THC                         | CBD | THC                    | CBD   |
| <i>Staphylococcus aureus</i>  | 2-5                         | 1-5 | 20-50                  | 20-50 |
| <i>Streptococcus pyogenes</i> | 5                           | 2   | 50                     | 50    |
| <i>Streptococcus milleri</i>  | 2                           | 1   | 50                     | 50    |
| <i>Streptococcus faecalis</i> | 5                           | 5   |                        |       |
| <i>Escherichia coli</i>       | >100                        |     |                        |       |
| <i>Salmonella thyphi</i>      | >100                        |     |                        |       |
| <i>Proteus vulgaris</i>       | >100                        |     |                        |       |

Tab. 22: Antibakterielle Wirkung von  $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinol (THC) und Cannabidiol (Van Klingerer und Ham 1976)

Wie die Ergebnisse zeigen, liegt die minimale Hemmkonzentration von  $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinol und Cannabidiol bei den gram-positiven Bakterien bei einem Wert von 1 – 5 µg/ml, was eine bakterizide Wirkung darstellt. Im Gegensatz dazu ist die antibakterielle Wirkung im Pferdeblutagar streng reduziert. Gram-negative Bakterien scheinen gegen Tetrahydrocannabinol und Cannabidiol resistent zu sein (Van Klingerer und Ham 1976).

### Unerwünschte Wirkungen:

Haschisch ist neben Alkohol das weltweit am meisten verwendete Rauschmittel. Haschisch wird meist geraucht (Joint, Wasserpfeife, Pfeife) oder oral in Form von Keksen, Kuchen, Tee etc. eingenommen. Die Wirkung von Haschisch ist stark dosisabhängig. Eine Einnahme von 50 µg/kg THC (Tetrahydrocannabinol) inhalativ oder 120 µg/kg oral führen zu milder Sedation und Euphorie. Bei einer Einnahme von 100 µg/kg inhalativ oder 240 µg/kg oral kommt es bereits zu Wahrnehmungsstörungen, Desorientiertheit, verändertem Zeit- und Raumgefühl und Halluzinationen. Bei 300 – 600 µg/kg oral aufgenommenem THC kommt es zu Symptomen wie Übelkeit, Erbrechen, Schwindel, Gliederschwere, Verlängerung der Reaktionszeit, Mundtrockenheit, Sprachstörungen und psychischer Abhängigkeit.

Die somatischen Symptome umfassen eine gesteigerte Pulsfrequenz, gerötete und geschwollene Augen, Husten bis hin zu Asthma, Kältegefühl der Extremitäten, Bewegungsunruhe und Hyperglykämie.

Zu den psychischen Symptomen gehören Heiterkeit und Gleichgültigkeit, Hemmungslosigkeit, verändertes Zeit- und Raumgefühl, Nachlassen des Urteilsvermögens, verstärkte Reizbarkeit und Verwirrtheit.

Des Weiteren kommt es zu additiven Effekten in Kombination mit Alkohol. Haschisch sollte keinesfalls mit trizyklischen Antidepressiva kombiniert werden, da es hier zu Herzrhythmusstörungen kommen kann. Eine Kombination mit Barbituraten oder Opioiden führt zu einer gesteigerten Sedierung.

Obwohl Haschisch zu keiner körperlichen Abhängigkeit führt, kann es dennoch zu einer psychischen Abhängigkeit führen (Platz 2013, S. 201-202).

## 2.11. Hopfenharz



Abb. 26: Lose Doldenblätter von *Humulus lupulus* mit Harzkügelchen

### Synonyme:

Das Hopfenharz wird aus den zapfenähnlichen Fruchtständen (Strobuli) gewonnen. Andere Bezeichnungen für diese Hopfenzapfen sind nach Chadwick et al. 2006:

- Chinesisch/Japanisch: bijuhua, pijuhua, shemahua, xiangshehau, xianshema
- Englisch: hops, hop strobiles, hopp, hoppel, hymele
- Französisch: houblon, vigne du Nord
- Deutsch: Hopfen, Hopfenzapfen
- Italienisch: luppolo, orticaccio, vite near
- Latein: *Strobuli Lupuli*, *Humuli*
- Slawisch: Hmelj
- Spanisch: betiguera, hombrecillo, lúpulo, vidarra

### Stammpflanzen:

Die Familie der Cannabaceae umfasst nur zwei Gattungen, nämlich die Gattungen *Cannabis* und *Humulus*. Zur Gattung *Humulus* werden drei Arten gezählt. Die Hauptstammpflanze für das Hopfenharz ist die Art *Humulus lupulus* L. Die zwei anderen Arten sind *Humulus japonicus* Siebold & Zucc und *Humulus yunnanensis* Hu, welche aber keine Bittersubstanzen oder Xanthohumol-Derivate produzieren können. Die Art *Humulus lupulus* wird in fünf Unterarten differenziert, die sich aufgrund ihrer morphologischen Charakteristika und geographischen Herkunft unterscheiden. Die Unterart *Humulus lupulus* var. *lupulus* findet man vor allem in Europa. Die Art *H.*

*lupulus* var. *cordifolius* ist in Japan zu finden und die Arten *H. lupulus* var. *neomexicanus*, var. *pubescens* und var. *lupuloides* sind in Nordamerika beheimatet (Zanoli und Zavatti 2008).

Die Namen *Humulus americanus* Nutt, *H. neomexicanus* Rydb., *H. volubilis* Salisb., *H. vulgaris* Gilib., *Lupulus communis* Gaertn. und *L. humulus* Mill. sind als Synonyme der Art *H. lupulus* anzusehen (Chadwick et al. 2006).

## Beschreibung:

Die Art *Humulus lupulus* ist eine mehrjährige Pflanze, die jedes Jahr im Frühling aus den Rhizomen eines unterirdischen Wurzelstockes nachwächst. Die zweihäusige, sich windende Kletterpflanze kann bis zu 6 – 9 Meter hochwachsen. Der Name *Lupus* stammt aus dem Lateinischen und bedeutet Wolf. Der Ursprung des Namens *Humulus* leitet sich wahrscheinlich von dem Wort Humus ab, was eine Assoziation zu dem nährreichen Boden ist, auf dem die Pflanze wächst. Die Blätter der Pflanze sind dunkelgrün, herzförmig, rau und mit langen Stielen. Da die Pflanze zweihäusig ist, befinden sich die weiblichen und männlichen Blüten auf unterschiedlichen Pflanzen. Die männlichen Blüten kennzeichnen sich durch lange Trauben (7,5 – 12 cm lang). Die weiblichen Blütenstände hingegen sind die sogenannten Hopfenzapfen (2,5 – 5 cm), welche die trockenhäutigen Deckblätter tragen. Diese wiederum sind von sandkorngroßen Drüsenhaaren besetzt, die das gelbe bis rötliche Harz ausscheiden. Die Hopfendrüsen beinhalten in etwa 50 – 80 % des in Ethanol löslichen weichen Harzanteils. Das Harz kann durch Abklopfen oder Schütteln der Hopfenzapfen (Strobuli) gewonnen werden. Die Harzfraktion besteht aus dem in Hexan löslichen Weichharz und dem in Hexan unlöslichen Hartharz. Die Ernte erfolgt im August bis September, wenn sich die Farbe der Strobuli von hellgrün zu gelbbraun verfärbt (Zanoli und Zavatti 2008).

Die Pflanze *Humulus lupulus* und ihr Hopfen sind weltweit bekannt für die Herstellung von Bier. Die weiblichen Blütenstände (Strobuli), welche zahlreiche Polyphenole und Acylphloroglucinole beinhalten, sind wichtig um das Bier haltbar zu machen und ihm sein charakteristisches Aroma zu verleihen. Abgesehen von der Bierherstellung wurde der Hopfen auch schon seit langer Zeit in der Volksmedizin genutzt. Der Hopfen wurde in Form eines Tees als Einschlafmittel verabreicht, als ein mildes Sedativum und auch als ein Stomachikum bei Magenbeschwerden (Chadwick et al. 2006).



Abb. 27: *Humulus lupulus*

## Herkunft:

Der Ursprung der Gattung *Humulus* wird in China vermutet, da man dort alle Arten der Gattung vorfinden konnte. Man geht davon aus, dass durch Migration die Gattung in Japan, Amerika und Europa angesiedelt wurde. Die Art *Humulus lupulus* ist eine weitverbreitete Art in Zentraleuropa und hat sich von hier aus auf Staaten mit gemäßigttem Klima ausgebreitet. Heute findet man sie auch in Nord- und Südamerika, Südafrika und Australien (Zanoli und Zavatti 2008).

### Gewinnung:

Die Ernte der Hopfenzapfen erfolgt von August bis September, wenn sich die Farbe der Zapfen von hellgrün zu gelbbraun verfärbt und somit die Reife gewährleistet ist. Unmittelbar nach der Ernte werden die Strobili durch künstliche Wärme getrocknet, um eine Reduzierung des Wassergehaltes von ausgehend 65 – 80 % zu 8 – 10 % Wasseranteil zu erreichen. Anschließend werden die Zapfen zu kleinen Pellets mit 5 – 8 mm Durchmesser und einer Länge von ca. 25 mm gepresst, um einerseits eine Reduzierung der Oberfläche und andererseits Schutz vor chemischen Oxidationen zu gewährleisten. Das Harz befindet sich in den Hopfendrüsen, die durch Abklopfen oder Schütteln der Hopfenzapfen gewonnen werden. Die Hopfendrüsen enthalten etwa 50 - 80 % des in Hexan löslichen Weichharzes, welches die Bittersäuren und deren Umlagerungsprodukte enthält. Der Rest der Harzfraktion besteht aus dem in Hexan unlöslichen Hartharz, welches Oxidationsprodukte und lipophile Flavonoide enthält. Im frühen 19. Jahrhundert erfolgte die Extraktion des Harzes mit Wasser, Ethanol, Dampf oder auch Schwefelkohlenstoff. Durch die zunehmende Erforschung der Bestandteile des Harzes und seiner lipophilen Komponenten wurden ab dann effektivere Lösungsmittel wie Aceton, Chloroform, Alkohol oder Hexan verwendet. Aufgrund der Angst vor schädlichen Lösungsmittelrückständen kam man auf die überkritische Kohlendioxidmethode, die sich besonders dazu eignet, das weiche Harz zu extrahieren (Zanoli und Zavatti 2008).

Hopfen wurde schon seit der Antike für die Bierherstellung verwendet. Die frühesten Aufzeichnungen über eine Kultivierung von Hopfen stammen aus dem 8. – 9. Jahrhundert nach Christus. In Deutschland wurde der Hopfen erstmals in Hallertau angebaut (Gerhäuser 2005).

### Inhaltsstoffe:

Das Harz wird aus den Drüsenhaaren der Hopfenzapfen gewonnen. Die allgemeinen Bestandteile der Hopfenzapfen sind in der unten stehenden Tabelle nach Mander und Liu 2010, S. 975 zusammengefasst.

| <b>Bestandteile</b>    | <b>Anteil % (w/w)</b> |
|------------------------|-----------------------|
| $\alpha$ -Bittersäuren | 2 – 17                |
| $\beta$ -Bittersäuren  | 2 – 10                |
| Ätherisches Öl         | 0,5 - 3               |

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Polyphenole und Tannine | 3 – 6   |
| Monosaccharide          | 2       |
| Aminosäuren             | 0,1     |
| Proteine                | 15      |
| Lipide und Fettsäuren   | 1 – 5   |
| Pektine                 | 2       |
| Asche und Salz          | 10      |
| Zellulose und Lignin    | 40 – 50 |
| Wasser                  | 8 - 12  |

Tab. 23: Bestandteile des Hopfenharzes nach Mander und Lui 2010, S. 975

Das Hopfenharz gliedert sich in zwei Harzfraktionen. Zum einen erhält man das in Hexan lösliche Weichharz und zum anderen das hexanunlösliche Hartharz. Das Weichharz wird auch als Lupulin bezeichnet und beinhaltet sowohl die  $\alpha$ -Bittersäuren (Humulone) als auch die  $\beta$ -Bittersäuren (Lupulone), welche Phloroglucinol-Derivate darstellen. Die  $\alpha$ -Bittersäuren bestehen hauptsächlich aus Humulon (30 – 70 %), Co-Humulon (20 – 65 %) und Adhumulon (10 – 15 %), die sich nur in ihren Seitenketten unterscheiden. Die  $\beta$ -Bittersäuren werden von Lupulon (30 – 55 %), Co-Lupulon und Adlupulon gebildet. Neben den bereits genannten Haupt-Bittersäuren gibt es auch noch Posthumulon/Postlupulon, Prähumulon/Präulupulon und Adprähumulon. Die  $\alpha$ -Bittersäuren sind wichtig für die Qualität des Hopfens bei der Bierherstellung. Darüber hinaus stabilisieren sie den Bierschaum und bieten Schutz vor bakteriellem Befall. Bei hohen pH-Werten und erhöhter Temperatur kommt es zu einer Isomerisierung der  $\alpha$ -Bittersäuren zu den stärker bitter schmeckenden Iso- $\alpha$ -Säuren (Chadwick et al. 2006).

Das Hartharz besteht vor allem aus Oxidationsprodukten der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Bittersäuren und lipophilen Flavonoiden. Der Anteil des Hartharzes nimmt mit der Lagerung zu. Ein gut untersuchter Bestandteil des Hartharzes ist das Chalkon (aromatisch, ungesättigtes Keton) Xanthohumol, welches beim Trockenprozess in 8-Phenylnaringenin übergeht. Dieses wiederum wird für die sedative und estrogene Wirkung des Hopfens verantwortlich gemacht. Die Oxidationsprodukte Humulinon und Hulupon sind sowohl Bestandteile des Weichharzes und als auch des Hartharzes. Im Gegensatz dazu konnten die Oxidationsprodukte Tricycloxyisohumulon A, Tricycloxyisohumulon B und 4'-Hydroxyallohumulinon nur im Hartharz gefunden werden (Taniguchi et al. 2014).

In einer Studie nach Naya und Kotake wurde das ätherische Öl des Weichharzes Lupulin von ausgesuchten Hopfen-Sorten untersucht. Die Untersuchung erfolgte mit Hilfe der GC-MS, wobei als Pflanzenmaterial fünf verschiedene Sorten dienten. Die Sorten sind der unten stehenden Tabelle zu entnehmen:

| Sorte           | Herkunft    | Ätherisches Öl % |
|-----------------|-------------|------------------|
| Saaz            | Tschechien  | 2,2              |
| Hallertau       | Deutschland | 1,8              |
| Northern Brewer | Deutschland | 2,2              |
| Yakima          | Amerika     | 2,2              |
| Shinshu-wase    | Japan       | 1,7              |

Tab. 24: Anteil des ätherischen Öls aus ausgesuchten Hopfen-Sorten (Naya und Kotake 1972)

Das Weichharz Lupulin wurde aus den Hopfenzapfen heraus extrahiert und anschließend gemahlen. Bei der Untersuchung von 10 mg Lupulin konnten über fünfzig Verbindungen identifiziert werden. Dies entspricht in etwa 97 % des ätherischen Öls.

Eine Auflistung über die gefundenen flüchtigen Verbindungen befindet sich in der unten stehenden Tabelle.

| Komponente                                             | Sorte  |             |                   |          |                |
|--------------------------------------------------------|--------|-------------|-------------------|----------|----------------|
|                                                        | Saaz % | Hallertau % | Northern Brewer % | Yakima % | Shinshu-wase % |
| Methylisobutylketon                                    | 0,33   | 0,80        | 0,05              | -        | 0,08           |
| Dimethylvinylcarbinol                                  | 0,40   | 0,97        | 0,64              | 0,71     | 0,27           |
| $\alpha$ -Pinen                                        | 0,03   | 0,04        | 0,13              | 0,38     | 0,06           |
| Isobutyl-Isobutyrat                                    | -      | 0,06        | 0,29              | 0,13     | 0,39           |
| $\beta$ -Pinen                                         | 0,36   | 0,46        | 0,71              | 1,09     | 0,86           |
| 2-Methyl-1-butanol                                     | -      | -           | -                 | -        | 0,67           |
| Methylhexanoat                                         | -      | -           | 0,15              | -        | -              |
| Myrcen                                                 | 29,44  | 24,09       | 42,67             | 52,03    | 73,41          |
| 2-Methylbutyl-Isobutyrat                               | -      | 0,26        | 1,85              | 2,13     | 3,15           |
| Limonen                                                | 0,05   | 0,16        | 0,29              | 0,49     | 0,38           |
| $\beta$ -Phellandren                                   | 0,05   | 0,12        | 0,30              | 0,45     | 0,41           |
| Methyl-5-Methylhexanoat                                | -      | -           | -                 | 0,61     | -              |
| 3-Methyl-2-buten-1-ol                                  | 0,06   | -           | 0,29              | -        | 0,09           |
| 2,2,7,7-Tetramethyl-1,6-dioxaspiro-(4,4)-nona-3,8-dien | 0,11   | 0,08        | 0,92              | -        | -              |
| $\beta$ -Ocimen                                        | -      | -           | -                 | 0,61     | 0,17           |
| Methylheptanoat                                        | 0,13   | 0,14        | 0,30              | 0,18     | 0,07           |
| Methyl-4-methyl-2-hexenoat                             | 0,19   | 0,26        | 0,39              | 0,44     | -              |
| 2-Methylbutyl-2-methylbutyrat                          | -      | -           | -                 | -        | 0,22           |
| 2-Methylbutylisovalerat                                | -      | -           | 0,12              | 0,15     | 0,05           |
| Methyl-6-methylheptanoat                               | 0,16   | 0,05        | 0,18              | 0,36     | 0,18           |
| 2-Nonanom                                              | 0,18   | 0,18        | 0,08              | -        | -              |
| Methyloctanoat                                         | 0,11   | 0,18        | 0,14              | 0,35     | 0,02           |
| 4,4-Dimethylcrotonlacton                               | 0,09   | 0,37        | 0,05              | 0,05     | 0,07           |
| Methyl-7-methyloctanoat                                | -      | -           | -                 | 0,12     | -              |
| Hexylisobutyrat                                        | -      | -           | 0,02              | -        | -              |
| 2-Decanon                                              | 0,15   | -           | -                 | -        | -              |
| Linalool                                               | 0,40   | 0,51        | 0,30              | 0,23     | 0,55           |
| Methylnonanoat                                         | 0,17   | -           | 0,09              | 0,10     | -              |
| $\alpha$ -Cubeben                                      | -      | 0,05        | 0,03              | -        | 0,03           |
| 9-Methyldecanon                                        | 0,29   | 0,04        | 0,07              | -        | 0,06           |

|                         |       |       |       |       |      |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| $\alpha$ -Ylängen       | 0,27  | 0,20  | 0,17  | 0,24  | 0,09 |
| Methyl-8-methylnonanoat | 0,39  | -     | 0,43  | 0,32  | 0,20 |
| $\alpha$ -Copaen        | -     | 0,59  | -     | -     | -    |
| 2-Undecanon             | 0,67  | 0,60  | 0,52  | 0,20  | 0,07 |
| Methyldecanoat          | -     | -     | -     | 0,23  | -    |
| Methyl-4-decanoat       | 0,81  | 0,25  | 0,33  | 0,86  | 0,09 |
| Myrtenol                | 0,24  | -     | -     | -     | -    |
| Isocaryophyllen         | 0,22  | -     | -     | -     | -    |
| Caryophyllen            | 8,73  | 13,08 | 10,44 | 9,68  | 3,68 |
| Humulen                 | 28,84 | 41,72 | 29,38 | 20,47 | 5,29 |
| $\beta$ -Farnesen       | 16,19 | -     | -     | -     | -    |
| Nerol                   | -     | -     | -     | -     | 0,10 |
| $\gamma$ -Muurolen      | 1,10  | 1,89  | 1,04  | 0,61  | 0,49 |
| Germacren-D             | 0,53  | 1,01  | 0,74  | 0,79  | -    |
| $\beta$ -Selinen        | -     | -     | -     | -     | 1,73 |
| $\alpha$ -Muurolen      | 0,68  | 0,93  | -     | -     | -    |
| $\alpha$ -Selinen       | -     | -     | 0,62  | 0,87  | 1,98 |
| $\beta$ -Bisabolen      | 0,29  | -     | -     | -     | -    |
| $\delta$ -Cadinen       | 2,03  | 3,68  | 2,35  | 1,53  | 1,29 |
| $\delta$ -2-Cadinen     | 0,16  | 0,22  | 0,16  | 0,08  | 0,06 |
| $\alpha$ -Cadinen       | 0,32  | -     | 0,16  | -     | 0,46 |
| 2-Tridecanon            | 0,24  | 0,36  | 0,23  | 0,34  | -    |
| Galamenen               | 0,05  | 0,12  | 0,07  | -     | 0,02 |
| $\alpha$ -Galacoren     | 0,03  | 0,11  | 0,06  | 0,06  | 0,02 |
| Caryophyllenoxid        | 0,16  | 0,29  | 0,07  | 0,04  | -    |
| Humulenepoxid-1         | 0,11  | 0,42  | 0,05  | -     | -    |
| Humulenepoxid-2         | 0,62  | 1,72  | 0,29  | 0,11  | 0,05 |
| Epi-Cubenol             | -     | 0,07  | 0,03  | -     | -    |
| Humulol                 | 0,09  | 0,06  | 0,02  | -     | -    |
| $\gamma$ -Eudesmol      | 0,03  | -     | -     | -     | -    |
| T-cadinol               | 0,15  | 0,17  | 0,11  | -     | 0,08 |
| T-muurolol              | 0,04  | -     | 0,02  | -     | -    |
| $\delta$ -Cadinol       | -     | 0,04  | 0,05  | -     | -    |
| $\alpha$ -Eudesmol      | 0,22  | -     | 0,07  | -     | -    |
| $\alpha$ -Cadinol       | 0,10  | 0,17  | 0,09  | -     | 0,19 |
| Humulenol-2             | 0,18  | 1,46  | 0,11  | -     | -    |
| Humulendioxid           | -     | 0,21  | -     | -     | -    |

Tab. 25: Flüchtige Verbindungen ausgesuchten Hopfen-Sorten (Naya und Kotake 1972)

Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, unterscheiden sich die getesteten Sorten in Bezug auf ihre Zusammensetzung zum Teil erheblich. Die Sorte Saaz zeichnet sich durch ihren hohen Anteil an  $\beta$ -Farnesen aus. Die Sorte Hallertau hingegen ist charakterisiert durch ihren geringen Anteil an Myrcen und hohen Anteil an Humulen. Im Gegensatz zur Sorte Shinshu-wase, die sich durch ihren hohen Gehalt an Myrcen und ihren geringen Gehalt an Humulen auszeichnet. Die Sorte Northern Brewer ist der Sorte Hallertau sehr ähnlich und die Sorte Yakima ähnelt der Sorte Shinshu-wase (Naya und Kotake 1972).

## Verwendung:

*Humulus lupulus* wurde erstmals von Plinius dem Älteren (79 – 23 v. Chr.) erwähnt. Damals wurden die Blätter und Blüten zur Erzeugung eines braunen Farbstoffes verwendet. Des Weiteren kamen die Blüten als Gewürz und Parfüm zur Anwendung. Die Kultivierung von Hopfen erfolgte ab dem 9. Jahrhundert vor Christus. Zunächst wurde er nur als Konservierungsmittel bei der Bierherstellung verwendet. Man erkannte allerdings schnell, dass er sich sowohl zur Schaumstabilisierung als auch als bitterer Geschmacksträger eignet. Die medizinische Verwendung des Hopfens hat eine ebenso lange Tradition. Er wurde als Teegetränk als mildes Sedativum bei Einschlafschwierigkeiten und Nervosität eingesetzt. Darüber hinaus wurde er bei Ruhelosigkeit, zur Appetitanregung, bei Kopf-, Ohr- und Zahnschmerzen, Neuralgien und als Digestivum verwendet. Dem Hopfen wurden auch diuretische, antispastische und aphrodisierende Effekte nachgesagt. Die amerikanischen Ureinwohner benutzten den Hopfen als Antirheumatikum, Analgetikum, als Entzündungshemmer bei Lungenentzündungen und tranken ein Dekokt des Hopfens bei Eingeweideschmerzen und Fieber. In China wurde der Hopfen ebenfalls bei Schlaflosigkeit, Schmerzen und Appetitlosigkeit verwendet. Darüber hinaus verwendeten die Chinesen einen alkoholischen Auszug zur Behandlung von Lepra, Tuberkulose und bakterieller Dysenterie. Eine topische Anwendung erfolgte bei Hautkrankheiten, Muskel- und Nervenschmerzen (Zanoli und Zavatti 2008).

Heute wird der Hopfen neben seiner weltweiten Anwendung als Konservierungsmittel (in Form eines wässrigen Hopfenextraktes) und Aromastoff bei der Bierherstellung auch als Phytopharmakon in Form eines Teegetränks oder fertigen Arzneispezialitäten bei Verspannungen, Unruhe und Schlafstörungen verwendet. Auf die sedative Wirkung von *Humulus lupulus* wurde man aufmerksam indem man beobachtete, dass Hopfenpflücker sehr schnell ermüdeten. In der folgenden Studie wurde die sedative Wirkung von zwei Hopfen-Extrakten (enthanolisches Extrakt und CO<sub>2</sub>-Extrakt) bei Mäusen untersucht. Als Testparameter wurden die Bewegungsaktivität, die Narkotika-induzierte Wirkung, die Körpertemperatur und das Elevated-Plus-Maze Labyrinth gewählt. Die Resultate der Studie zeigten, dass bei beiden Extrakten bei einer Dosis von 100 – 200 mg/kg ein deutlicher Rückgang der Bewegungsaktivität beobachtet werden konnte. Darüber hinaus konnte die durch Ketamin (Narkotikum) induzierte Schlafphase durch beide Extrakte signifikant verlängert werden und die Körpertemperatur konnte durch das CO<sub>2</sub>-Extrakt um mindestens 1° C gesenkt werden. Keine Wirkung konnte bei dem Elevated-Plus-Maze Labyrinth (kreuzförmiges Labyrinth zur Messung der Angst) festgestellt werden, woraus man schlussfolgern kann, dass die Hopfen-Extrakte keine anxiolytische Wirkung auf die Mäuse ausüben konnten. Die Sinnhaftigkeit der traditionellen Verwendung bei Nervosität und Schlafstörungen konnte durch diese Studie bestätigt werden (Schiller et al. 2006).

## Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie nach Srinivasan et al. wurde die antimikrobielle Wirkung ausgewählter Hopfen-Inhaltsstoffe gegen ein Bakterium (*Escherichia coli*), fünf Pilze (*Rhizopus*

*nigricans*, *Aspergillus niger*, *Mucor genevensis*, *Penicillium roqueforti* und *Penicillium chrysogenum*) und sechs Protozoen (*Paramecium caudatum*, *Euglena sp.*, *Tetrahymena pyriformis*, *Polytomella papillata*, *Amoeba proteus*, *Chaos sp.*) getestet. Als Inhaltsstoffe wurden die im Harz vorkommende  $\beta$ -Säure (Lupulone), Iso- $\alpha$ -Säure (Isohumulon), Tetrahydroiso- $\alpha$ -Säure und Xanthohumol gewählt.

Die Überprüfung der antimikrobiellen Wirkung erfolgte mit Hilfe des Plattendiffusionstests und Ermittlung der minimalen Hemmkonzentration.

Die Ergebnisse zeigten, dass die Wirkung gegen Protozoen (Ciliaten und Flagellaten) stark dosisabhängig war. Die  $\beta$ -Säure erwies sich als wirksam in einem Konzentrationsbereich von 0,1 – 0,5  $\mu\text{g/ml}$  und die Tetrahydroiso- $\alpha$ -Säure in einem Bereich von 0,2 – 0,5  $\mu\text{g/ml}$ , ausgenommen für *P. papillata* waren 20  $\mu\text{g/ml}$  erforderlich. Die Amöben zeigten eine große Resistenz gegen die Hopfen-Inhaltsstoffe. Die geringste Konzentration, um *A. proteus* zu hemmen lag bei 500  $\mu\text{g/ml}$ . Für *Chaos sp.* konnte eine minimale Hemmkonzentration von 50  $\mu\text{g/ml}$  für die  $\beta$ -Säure und 100  $\mu\text{g/ml}$  für Tetrahydro- $\alpha$ -Säure ermittelt werden. Die beste Wirkung konnte mit Xanthohumol gegen die Protozoen *P. caudatum* (0,05  $\mu\text{g/ml}$ ) und *Chaos sp.* (5  $\mu\text{g/ml}$ ) gezeigt werden.

Die Hopfen-Inhaltsstoffe konnten nur eine geringe fungizide Aktivität aufweisen. *R. nigricans* und *P. roqueforti* konnte durch die  $\beta$ -Säure und Tetrahydroiso- $\alpha$ -Säure bei einer Konzentration von 200  $\mu\text{g/ml}$  gehemmt werden, wohingegen die anderen Pilze keine Wirkung zeigten. Xanthohumol zeigte nur eine Wirkung gegen *R. nigricans* und die Iso- $\alpha$ -Säure erwies sich gar nicht wirksam gegen Pilze.

Darüber hinaus konnte auch keine Wirksamkeit gegen *E. coli* nachgewiesen werden (Srinivasan et al. 2004).

Eine Studie nach Mizobuchi und Sato untersuchte die fungizide und bakterizide Wirkung von Hopfen-Bittersäuren, die man aus dem Weichharz von *Humulus lupulus* isolierte. Die Überprüfung erfolgte durch Ermittlung der minimalen Hemmkonzentration mit Hilfe des Plattendiffusionstests mit Humulon ( $\alpha$ -Säure), Lupulon ( $\beta$ -Säure) und deren Derivaten, die sich nur durch die Seitenketten unterscheiden. Die Resultate sind in der unten stehenden Tabelle aufgelistet.

| Komponenten               | Testorganismen                                          |                                                 |                                              |                                                |                                             |                                                   |                                      |
|---------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                           | <i>Trichophyton mentagrophytes</i> ( $\mu\text{g/ml}$ ) | <i>Trichophyton rubrum</i> ( $\mu\text{g/ml}$ ) | <i>Candida albicans</i> ( $\mu\text{g/ml}$ ) | <i>Fusarium Oxysporum</i> ( $\mu\text{g/ml}$ ) | <i>Mucor rouxiinus</i> ( $\mu\text{g/ml}$ ) | <i>Staphylococcus aureus</i> ( $\mu\text{g/ml}$ ) | <i>E. coli.</i> ( $\mu\text{g/ml}$ ) |
| Humulon                   | 100                                                     | 100                                             | >200                                         | >200                                           | 100                                         | 6,25                                              | >200                                 |
| Lupulon                   | >200                                                    | 200                                             | >200                                         | >200                                           | >200                                        | 3,13                                              | >200                                 |
| Tetrahydrohumulon         | 50                                                      | 12,5                                            | >200                                         | 200                                            | 25                                          | 3,13                                              | >200                                 |
| Humuloquinon              | 25                                                      | 12,5                                            | >200                                         | 100                                            | 50                                          | 25                                                | >200                                 |
| Hexahydrolupulon          | 200                                                     | 200                                             | >200                                         | >200                                           | 100                                         | 1,57                                              | >200                                 |
| Tetrahydro-4-deoxyhumulon | 200                                                     | 100                                             | >200                                         | >200                                           | 100                                         | 25                                                | >200                                 |
| Humulinsäure              | >200                                                    | >200                                            | >200                                         | >200                                           | >200                                        | 200                                               | >200                                 |
| Isohumulon                | >200                                                    | >200                                            | >200                                         | >200                                           | >200                                        | 25                                                | >200                                 |
| Hulupon                   | >200                                                    | >200                                            | >200                                         | >200                                           | >200                                        | >200                                              | >200                                 |
| Isohumulinsäure           | >200                                                    | >200                                            | >200                                         | >200                                           | >200                                        | >200                                              | >200                                 |
| Phlorisovalerophenon      | 100                                                     | 50                                              | 200                                          | 200                                            | 200                                         | 50                                                | >200                                 |

|                                        |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 3-Isopentenyl-phlorisovalerophenon     | 6,25 | 12,5 | 50   | 50   | 12,5 | 25   | >200 |
| 4-Deoxyhumulon                         | 200  | 200  | >200 | >200 | 200  | 25   | >200 |
| 3,3-Diisopentenyl-phlorisovalerophenon | 100  | 50   | >200 | >200 | >200 | 25   | >200 |
| Isopentenylphloroglucin                | 200  | 200  | >200 | >200 | 200  | 100  | >200 |
| (±)-Humulon                            | 100  | 100  | >200 | >200 | 100  | 6,25 | >200 |
| 3-Isopentenyl-phloracetophenon         | 50   | 25   | 100  | 100  | 50   | 100  | >200 |
| Acetohumulon                           | 100  | 50   | >200 | 100  | 100  | 25   | >200 |
| Griseofulvin                           | 6,25 | 6,25 | >200 | >200 | >200 | >200 | >200 |

Tab. 26: Fungizide und bakterizide Wirkung der Hopfenbittersäuren (Mizobuchi und Sato 1985)

Wie die Ergebnisse dieser Studie zeigen, ist die Wirkung von Humulon stärker als die von Lupulon gegen *Trichophyton* und *Mucor* spp. Es konnte gezeigt werden, dass durch eine Hydrierung der Isopentenylseitenkette eine verstärkte Hemmung zu beobachten ist. Das synthetische Humulon wies die gleiche Aktivität wie das natürliche auf, aber insgesamt eine schwächere Wirkung im Vergleich zu Acetohumulon. Unter den Isopentylderivaten zeigte Humuloquinon die stärkste Aktivität und die Komponente 3-Isopentenylphlorisovalerophenon konnte von allen getesteten Verbindungen die beste antimikrobielle Wirkung erzielen (Mizobuchi und Sato 1985).

### Unerwünschte Wirkungen:

Die Pflanze *Humulus lupulus* kann bei empfindlichen Personen zu allergischen Reaktionen führen. Es konnten vor allem Atemwegsprobleme wie trockener Husten und Atemnot beobachtet werden. Darüber hinaus konnte man bei Personen, die in einer Brauerei arbeiten, eine Verringerung des Atemvolumens zusammen mit immunologischen Reaktionen (erhöhter IgE-Wert) feststellen. Bei empfindlichen Personen kann es zu einer Kontaktdermatitis durch das Berühren von frischem oder getrocknetem Hopfen kommen. Abgesehen davon wurde bis jetzt kein Fall einer allergischen Reaktion durch die therapeutische Einnahme von Hopfen-Präparaten veröffentlicht. Toxikologische Untersuchungen an Mäusen ergaben einen LD-50-Wert für oral eingenommenen Hopfen von 500 – 3500 mg/kg. Eine 4-wöchige Einnahme von Xanthohumol zeigte bei Mäusen ebenfalls keine Beeinträchtigungen der Organfunktionen oder des Stoffwechsels (Zanoli und Zavatti 2008).

Frische Hopfenzapfen können die sogenannte Hopfenpflückerkrankheit auslösen. Dabei kommt es zu Symptomen wie Schläfrigkeit, Kopfschmerzen, Konjunktivitis, Gelenksbeschwerden oder Blasen auf der Haut (Hänsel und Sticher 2010, S. 975).

## 2.12. Jalapenharz



Abb. 28: Jalapenknolle

Synonyme:

*Resina Jalapae*, Jalapa (Hunnius und Burger 1998, S. 729)

Stammpflanzen:

Das Jalapenharz stammt von der Gattung *Ipomoea* ab, die zur Familie der *Convolvulaceae* gehört. Die folgenden Pflanzen sind in der Lage das Harz zu produzieren:

nach Pereda-Miranda et al. 2006:

- *Ipomoea purga* (Wender) Hayne
- *I. orizabensis* (Pelletan) Lebed. ex Steud.
- *I. stans* Cav.
- *I. jalapa* (L.) Pursh
- *I. batatas* (L.) Lam.
- *I. simulans* Hanbury

nach Langenheim 2003, S. 418:

- *I. jalapa*
- *I. simulans*

Beschreibung:

Der botanische Name der Familie *Convolvulaceae* (Windengewächse) leitet sich von dem lateinischen Wort *convolvere* ab, was so viel bedeutet wie „ineinander verflochten“. Dieser Umstand beschreibt das charakteristische Wachstumsmuster dieser immergrünen und mehrjährigen Familie, bei der sich die Reben um ihren Träger herumschlingen. Das deutlichste anatomische Merkmal dieser Familie ist die Anwesenheit von Zellen, die Glycoretine (Convolvulaceenharze) absondern. Diese Zellen befinden sich im Blatt- und Blütengewebe, Samen und im Periderm der Wurzelknollen. Als Hauptstammpflanze für das Jalapenharz wurde mittlerweile *Ipomoea purga* festgelegt. Der Name „Jalapa“ wurde gewählt, weil man das Jalapenharz in großen Mengen in der Region Xalapa in Veracruz (Mexiko) entdeckte. Die abführende Wirkung der Jalapenknolle wurde allerdings auch bei weiteren Arten der Gattung *Ipomoea* festgestellt. Besonders hervorzuheben ist hier die Art *I. orizabensis*, die oft als Ersatz oder Streckmittel für das echte Jalapenharz verwendet wurde und deshalb den Namen falsche Jalapa oder mexikanische Scammony erhielt (Pereda-Miranda et al. 2006).

Das Jalapenharz wird aus den unterirdisch wachsenden Pflanzenknollen (knollig verdickte Nebenwurzeln) gewonnen. Die frischen Knollen sind außen von braunschwarzer Farbe und innen milchig-weiß. Die Größe der Knollen variiert je nach Alter von der Größe einer Walnuss bis zu der Größe einer mittelgroßen Rübe. Die Jalapenknollen werden traditionell über Feuer getrocknet und anschließend pulverisiert. Die pulverisierten Knollen weisen eine graue bis braune Farbe auf. Das enthaltene Harz (2 - 20 %) wird anschließend durch Ausziehen mit Ethanol gewonnen. Der Geruch des Harzes ist eher schwach, aber rauchig und süßlich. Der Geschmack ist süßlich bis scharf und kratzig (King et al. 1905, S. 1084).



Abb. 29: *Ipomoea purga*

### Herkunft:

*Ipomoea purga*, die Hauptstammpflanze, wurde erstmals in Xalapa in Veracruz entdeckt. Des Weiteren findet man sie in an den Ostabhängen der Cordilleren (Mexiko). *Ipomoea orizabensis*, eine weitere Stammpflanze, ist in den tropischen Regionen des mexikanischen Golfes beheimatet. *I. stans*, ebenfalls eine Stammpflanze, kommt im mexikanischen Hochland verbreitet vor (Pereda-Miranda et al. 2006).

Die Jalapenknollen, die auch als Jalapas bezeichnet werden, wurden erstmals Mitte des 15. Jahrhunderts von spanischen Erkundern von der neuen Welt nach Europa gebracht. Bis ins späte 16. Jahrhundert wurde vergeblich versucht die Pflanze *I. purga* in den botanischen Gärten in England, Frankreich und Deutschland zu kultivieren. Den Briten gelang es aber die Art in Jamaika, Südamerika, auf Ceylon und in Indien erfolgreich zu kultivieren. Da alle Jalapa-Pflanzenknollen, die von den Spaniern exportiert wurden, aus den natürlichen Vorkommen der Jalapa-Xico Region in Veracruz stammten, wurde auch in Veracruz um 1880 die Art *I. purga* verstärkt kultiviert (Langenheim 2003, S. 418).

## Gewinnung:

Die harzhaltigen Jalapenknollen können das ganze Jahr über gesammelt werden. Die Monate März und April eignen sich besonders zum Sammeln der Knollen, da zu diesem Zeitpunkt die jungen Triebe erscheinen. Die gesammelten Knollen werden anschließend traditionell in Taschen über Feuer getrocknet, wo sie entweder als ganze Knollen getrocknet oder in Scheiben geschnitten werden. Die getrockneten Knollen werden im Anschluss pulverisiert. Das Pulverisieren kann durch das Vermischen mit Weinstein, Milchzucker oder anderen Hartsalzen erleichtert werden und man erhält ein feineres Pulver. Das Harz erhält man indem man zunächst das Pulver beziehungsweise die grob geschnittenen Teile der Knollen mit Wasser vermischt und somit Anteile von Zucker, Gummi und Farbstoffen entfernt. Anschließend kann man das Harz mit siedendem Ethanol extrahieren (King et al. 1905, S. 1085).

## Inhaltsstoffe:

Die Pflanzenknollen beinhalten etwa 2 - 20 % Harz und ca. 19 % Zucker. Des Weiteren kommen Phytosterole, Gummi, Mannitol und Scopoletin vor (Hunnus und Burger 1998, S. 729).

Das Harz setzt sich größtenteils aus zwei verschiedenen Glycosid-Harzen zusammen. Zum einen beinhaltet es Convolvulin (ca. 55 %) und zum anderen Jalapin (ca. 7 %). Convolvulin ist unlöslich in Ether, Chloroform, Petroleum, Terpentin, Wasser etc., aber leicht löslich in Alkohol, Essigsäure, Essigsäureester und kalter Salpetersäure. Convolvulin ist ein hartes Harz, welches eine weiße Farbe aufweist und geruch- und geschmacklos ist. Jalapin ist ein weiches Harz und für den scharfen Geruch und Geschmack verantwortlich. Es ist sowohl in Ether als auch in alkalischen Lösungen löslich. Diese Harze werden als Convolvulaceanharze (Glykoretine) bezeichnet, die sich aus Oxyfettsäuren und glykosidisch gebundenen Zuckern zusammensetzen (King et al. 1905, S. 1085; Hager 1958, S. 904).

Eine alkalische Hydrolyse des Harzes ergibt in etwa 74 % Rhamnoconvolvulinsäure. Des Weiteren beinhaltet das Harz ca. 9 % Tiglinsäure, ca. 7 % Exogensäure, ca. 1,4 % Methylethylelessigsäure und ca. 7,6 % Isovaleriansäure. Weitere Inhaltsstoffe sind Ipuranol, ein Sitosteringlykosid, sowie Fucose,  $\beta$ -Methyläsculetin, Palmitinsäure, Stearinsäure und andere Säuren (Hoppe 1975, S. 491).

Die Harzglykoside sind die wichtigsten Bestandteile des Jalapenharzes, da sie für die laxierende Wirkung verantwortlich sind. Diese Harzglykoside zeichnen sich einerseits durch das Vorhandensein von kurzkettigen, flüchtigen Säuren und andererseits durch langkettige Hydroxyfettsäuren und Zucker aus. Durch alkalische Hydrolyse werden die Esterbindungen gespalten und die kurzkettigen, flüchtigen Säuren freigesetzt. Zur gleichen Zeit kommt es zur Bildung von glykosidischen Säuren, die durch eine weitere Säurehydrolyse gespalten werden können und zu Hydroxyfettsäuren und Zuckern umgewandelt werden können (Benz und Santesson 1973, S. 235-236).

In der unten stehenden Tabelle sind die Säuren und Zucker aufgelistet, die in den Harzglykosiden von *Ipomoea purga* gefunden werden konnten:

| Flüchtige Säuren              | Hydroxyfettsäuren               | Zucker         |
|-------------------------------|---------------------------------|----------------|
| Essigsäure                    | 7-OH-C10                        | D-Glucose      |
| Propionsäure                  | 11-OH-C14 (Convolvulinsäure)    | L-Rhamnose     |
| Dimethylelessigsäure          | 11-OH-C16 (Jalapinsäure)        | D-Fucose       |
| Methylethylelessigsäure       | 3,12-di-OH-C18 (Operculinsäure) | D-Quinovose    |
| Isobuttersäure                | 3,11-di-OH-C14 (Ipurolinsäure)  | 6-Deoxy-Gulose |
| β-Methyl-β-Hydroxybuttersäure | Tri-OH-C14 (Brasiliolsäure)     |                |
| α-Methylbuttersäure           |                                 |                |
| Isovaleriansäure              |                                 |                |
| Tiglinsäure                   |                                 |                |
| 4-oxo-Caprylsäure             |                                 |                |
| Exogensäure                   |                                 |                |

Tab. 27: Säuren und Zucker der Harzglykoside nach Bendz und Santesson 1973, S. 235-236

## Verwendung:

Die harzhaltigen Jalapenknollen werden in Mexiko vor allem als wirksames Laxativum eingesetzt und finden sich hier in einigen OTC (over the counter) Präparaten. Die wichtigsten Stammpflanzen mit abführender Wirkung sind einerseits die Hauptstammpflanze *Ipomoea purga* sowie auch *I. orizabensis*, die auch als „falsche Jalap“ bezeichnet wird und oft als Streckmittel zum Einsatz kommt. Eine weitere wichtige Stammpflanze mit abführender Wirkung ist *I. stans*, welche man vor allem im mexikanischen Hochland vorfindet.

Die Art *I. stans* wird in der Volksmedizin auch zur Behandlung von Nierenentzündungen, Gallenstörungen und auch bei Epilepsie zur Reduzierung von Anfällen eingesetzt. In Kombination mit anderen Heilpflanzen wird *I. stans* auch zur Linderung von Nervenkrankheiten verwendet.

Die harzhaltigen Jalapenknollen im Allgemeinen werden neben ihrer Hauptverwendung als Abführmittel auch als Antihelminthikum und Galaktogogum zur Förderung der Milchabsonderung der Brustdrüsen verwendet. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist die Linderung von abdominalem Fieber, Ruhr, bei einem Hydrocephalus, Meningitis, Tumore oder auch Hautkrankheiten. Dazu werden etwa 2 cm der Wurzelknolle abgeschnitten und mit einem Liter Wasser abgekocht. Die übliche Empfehlung wäre dann den kalten Sud vor dem Schlafengehen zu trinken (Pereda-Miranda et al. 2006).

Eine weitere Anwendungsform wäre die gepulverte Wurzel Droge oral zu sich zu nehmen. Für die Wirkung als Stomachikum werden mehrmals täglich ca. 0,05 – 0,2 g eingenommen. Die starke Wirkung als Drastikum erreicht man hingegen mit 0,5 – 2 g der gepulverten Droge. Hierfür gibt es bereits fertige Kapselpräparate, die 0,4 g der Wurzelverreibung beinhalten (Madaus 1938, S. 1654).

### Antimikrobielle Wirkung:

Es gibt bisher keine Studien zu Jalapenharz, die eine antimikrobielle Wirkung betreffen.

### Unerwünschte Wirkungen:

Das Jalapenharz gehört zu den sogenannten Drastika, da die abführende Wirkung mit erheblichen Unterleibsschmerzen einhergeht. Des Weiteren ist die Darmentleerung mit zahlreichen wässrigen Stuhlabgängen verbunden, was zu starken Wasserverlusten führen kann. Wenn die maximale Einzeldosis von 4,5 Gramm pro Tag überschritten wird, kann es zu einer schweren Gastroenteritis kommen. Aufgrund dieser Nebenwirkungen sollte das Jalapenharz nur selten und in geringen Dosen zur Anwendung kommen (Steinegger und Hänsel 2013, S. 68).

## 3. Gummiharze

### 3.1. Ammoniacum



Abb. 30: Ammoniacum

Synonyme:

*Gummi Ammoniacum*, *Gummiresina Ammoniacum*, Ammoniakgummi, Armenisches Gummi (Hunnius und Burger 1998, S. 431)

Ushaq, Vasha, Persisches Ammoniacum (Delnavazi et al. 2014)

Kandal, Koma-Kandal (Takallo et al. 2013)

Stammpflanzen:

Das Gummiharz Ammoniacum wird von der Pflanze *Dorema Ammoniacum* gebildet, die zu der Gattung *Dorema D.* Don gezählt wird. Diese kleine Gattung, die zur Familie der *Apiaceae* (*Umbelliferae*) gehört, umfasst nur sieben Arten, von denen auch nur die Arten *Dorema Ammoniacum* und *D. aucheri* in der iranischen Flora weiter verbreitet sind (Delnavazi et al. 2014).

Charakteristisch für die Familie der Doldenblütler (*Apiaceae*) sind aromatische Pflanzen mit hohlen Stängeln. Die Familie umfasst insgesamt 113 Gattungen und 316 Arten, wobei nur 75 Arten endemisch sind (Hosseini et al. 2014).

## Beschreibung:

Das Gummiharz Ammoniacum wird von der Pflanze *Dorema ammoniacum* gebildet. Der Name Ammoniacum soll vom Tempel Ammon in Libyen stammen, wo es früher häufig gesammelt wurde (Langenheim 2003, S. 413).

*D. Ammoniacum* ist eine mehrjährige, grüne Pflanze mit großen Wurzeln. Die Pflanze wird in etwa 240 bis 300 cm hoch und nimmt an der Basis einen Durchmesser von 3 cm ein. Des Weiteren zeichnet sich die Pflanze durch ca. 60 cm große gefiederte Blätter mit flaumigen Stielen aus. Die kugeligen Dolden sitzen auf kurzen Stielen und haben weiße Blüten. Die Früchte weisen eine elliptische Form auf mit einem flachen und breiten Rand. Die Wurzeln sind lang und dick, innen weiß und außen von schwarzer Farbe. Das Gummiharz findet man vor allem in den Hohlräumen der Wurzeln, des Stängels und der Blattstiele. Der milchig aussehende Saft kann im Frühling oder Frühsommer durch leichtes Verletzen der Pflanze geerntet werden (Hosseini et al. 2014).

Das Harz kommt in zwei Formen in den Handel. Einerseits als reines und hochwertiges Produkt in Tränenform oder andererseits als brockenförmiges Produkt, welches Verunreinigungen von Stängeln, Früchten oder Erde enthalten kann. Das tränenförmige Harz ist gelblich bis bräunlich, mehr oder weniger rund und weist eine Größe von etwa 1 Zoll (ca. 2,5 cm) auf. Das Harz ist bei Raumtemperatur hart und erweicht zunehmend beim Erwärmen. Der Geruch ist eigenartig penetrant und der Geschmack ist recht bitter und erinnert an Terpentin. In Alkohol ist es nicht vollständig löslich und in Verbindung mit Wasser bildet das Harz eine milchige Emulsion (Howes 1950).

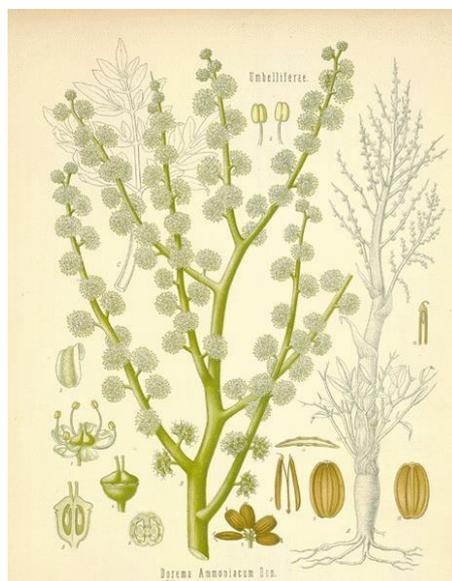


Abb. 31: *Ammoniacum dorema*

## Herkunft:

Die Pflanze *Dorema ammoniacum* ist vor allem im Zentrum des Irans in den Provinzen Yazd, Isfahan, Semnan und Kerman beheimatet. Des Weiteren findet man sie auch in Afghanistan und im Norden Indiens (Takallo et al. 2013).

## Gewinnung:

Das Gummiharz Ammoniacum befindet sich in den Hohlräumen der Wurzeln, dem Stängel und in den Blattstielen der Pflanze *D. ammoniacum*. Das milchige Harz tritt entweder durch Aufplatzen der Pflanze selbst oder durch leichte Punktationen ausgelöst durch Insekten oder Käfer aus den Pflanzenteilen aus. In den meisten Fällen erhärtet es

bereits durch den Kontakt mit Luft an der Austrittswunde oder es rinnt den Stängel hinunter. Eine künstliche Verwundung durch Menschen erfolgt nur selten. Das Harz kann im Frühling oder Frühsommer in der Wildnis geerntet werden (Hosseini et al. 2014).

## Inhaltsstoffe:

Das Gummiharz Ammoniacum beinhaltet im Allgemeinen etwa 60-70 % Harz (Salicylsäureester), 10-20 % wasserlösliche Polysaccharide und ca. 0,1-0,3 % ätherisches Öl. Die Hauptkomponente des Harzes ist die phenolische Substanz Ammoresinol. Die Hauptkomponenten des ätherischen Öls sind Linalool, Linalylacetat und Citronellylacetat (Behpour et al. 2011).

In einer Studie von Takallo et al. wurden die Inhaltsstoffe des ätherischen Öls von *D. ammoniacum* genau untersucht. Zu diesem Zweck wurde eine Wasserdampfdestillation der Blüten, Stängeln und Wurzeln der Pflanze durchgeführt. Anschließend wurden die erhaltenen ätherischen Öle der einzelnen Pflanzenbestandteile mit Hilfe der GC und GC-MS analysiert und verglichen. Im ätherischen Öl der Blüten konnte man insgesamt dreißig Komponenten (95,4 %) identifizieren, in den Stängeln einundzwanzig Komponenten (93,37 %) und zwölf Komponenten (90,3 %) in den Wurzeln. Die Hauptkomponenten in den Blüten waren  $\delta$ -Cadinen (11,58 %) und  $\alpha$ -Himachalen (7,71 %). Das Stängelöl bestand hauptsächlich aus  $\delta$ -Cadinen (16,24 %), Ligulooxid (8,69 %) und  $\delta$ -Amorphen (8,43 %). In den Wurzeln fand man als Hauptkomponenten 3-n-Butyl-Phthalid (62,49 %), Benzylbutanoat (6,57 %) und Liguloxid (5,15 %). Im Allgemeinen weist das ätherische Öl der Blüten, Stängeln und Wurzeln mehr Sesquiterpene als Monoterpene auf.

In der unten stehenden Tabelle sind alle flüchtigen Verbindungen des ätherischen Öls von *D. ammoniacum*, die mit Hilfe der GC und GC-MS detektiert werden konnten, aufgelistet (Takallo et al. 2013):

| Komponenten          | Blüten % | Stängel % | Wurzeln % |
|----------------------|----------|-----------|-----------|
| $\alpha$ -Pinen      | 6,73     | -         | -         |
| Camphen              | 1,55     | -         | -         |
| $\beta$ -Pinen       | 0,80     | -         | -         |
| Myrcen               | -        | 0,92      | -         |
| <i>p</i> -Cymen      | 1,12     | 0,74      | -         |
| Limonen              | 4,61     | 3,74      | -         |
| $\beta$ -Phellandren | 0,94     | 2,59      | 0,75      |
| (E)- $\beta$ -Ocimen | 1,28     | -         | -         |
| Terpinolen           | 1,10     | 1,46      | -         |
| Thymolmethylether    | 2,41     | 1,03      | -         |
| Carvorolmethylether  | 0,31     | -         | -         |
| Bornylacetat         | 1,11     | -         | -         |
| $\alpha$ -Cubeben    | 0,33     | -         | -         |
| $\alpha$ -Copaen     | 4,23     | 3,73      | -         |
| Aristolen            | 2,08     | 1,48      | -         |
| $\alpha$ -Gurjunen   | 0,93     | -         | -         |

|                               |             |              |             |
|-------------------------------|-------------|--------------|-------------|
| $\beta$ -Caryophyllen         | 0,63        | -            | -           |
| $\beta$ -Gurjunen             | 0,38        | -            | -           |
| Aromadendren                  | 1,01        | -            | -           |
| $\alpha$ -Guaien              | 6,14        | 3,45         | 2,20        |
| Benzylbutanoat                | -           | -            | 6,57        |
| $\alpha$ -Himachalen          | 7,71        | 6,41         | 2,37        |
| Alloaromadendren              | 3,90        | 2,52         | 0,91        |
| Dehydroaromadendran           | 2,53        | 2,70         | 1,33        |
| $\alpha$ -Amorphen            | 4,54        | 5,04         | 1,20        |
| $\beta$ -Selinen              | 5,21        | 6,62         | 2,41        |
| $\alpha$ -Muurolen            | 3,44        | 4,09         | -           |
| $\alpha$ -Selinen             | 5,27        | 7,21         | 2,34        |
| $\delta$ -Amorphen            | 6,88        | 8,43         | 2,58        |
| $\delta$ -Cadinen             | 11,58       | 16,24        | -           |
| Luguloxid                     | 6,15        | 8,69         | 5,15        |
| (E)-Nerolidol                 | 0,50        | 1,57         | -           |
| 3-n-Butylphthalid             | -           | -            | 62,49       |
| <b>Bestandteile insgesamt</b> | <b>95,4</b> | <b>93,37</b> | <b>90,3</b> |

Tab. 28: Flüchtige Verbindungen des ätherischen Öls von *D. ammoniacum* (Takallo et al. 2013)

## Verwendung:

Bereits im 5. Jahrhundert vor Christus wurde das Gummiharz Ammoniacum sehr geschätzt und von Hippokrates beschrieben. Hippokrates erkannte den medizinischen Wert des Harzes als Expectorans und Spasmolytikum. Auch in der heutigen Zeit wird es in Indien und in der westlichen Medizin noch als Expectorans regelmäßig verwendet. Des Weiteren findet sich ein Eintrag in der aktuellen britischen Pharmakopoeia (4. Ausgabe), wo Ammoniacum als krampflösendes und schleimlösendes Präparat zur Behandlung von chronischer Bronchitis und hartnäckigem Husten eingesetzt wird (Langenheim 2003, S. 413).

In der iranischen traditionellen Volksmedizin werden dem Gummiharz sehr vielfältige Wirkungen zugesprochen. Es kommt hier unter anderem als Analgetikum, Stimulans, Abführmittel und Antihelminthikum zum Einsatz. Ebenso wird es zur Behandlung von Magenbeschwerden, spastischen Schmerzen, Hauterkrankungen und als Expectorans verwendet.

In der westlichen und indischen Medizin wird das Harz Ammoniacum vor allem zur Behandlung von chronischer Bronchitis und Asthma eingesetzt. Hier steht die krampflösende und schleimlösende Wirkung im Vordergrund. Eine weitere Einsatzmöglichkeit des Gummiharzes ist die Behandlung von Erkältungen durch teeartige Aufgüsse, wobei hier die schweißtreibende Wirkung sehr geschätzt wird. In der heutigen Zeit gibt es viele Untersuchungen der Pflanze *D. ammoniacum* bezüglich seiner antibakteriellen, antifungalen (Kumar et al. 2006), antioxidativen (Delnavazi et al. 2014) und zytotoxischen (Yousefzadi et al. 2011 konnte eine geringe zytotoxische Wirkung des ätherischen Öls der Früchte feststellen) Wirkungen (Delnavazi et al. 2014).

In der Vergangenheit gab es Hinweise, dass gewisse Inhaltsstoffe im Gummiharz von *D. ammoniacum* Hemmstoffe der Acetylcholinesterase (AChE) sein könnten. Es ist weitläufig bekannt, dass kognitive Störungen oft im Zusammenhang mit einem cholinergen Defizit im Gehirn stehen. Zur Behandlung dieser Erkrankungen werden unter anderem Acetylcholinesterase-Hemmer verwendet.

Aus diesem Grund wurde an der Universität Wien eine Studie durchgeführt, deren Ziel es war die aktiven Inhaltsstoffe von Ammoniacum mit dieser Hemm-Aktivität zu isolieren. Insgesamt konnte man vier Verbindungen isolieren und charakterisieren. Die erste Verbindung ist 2'S,5'S)-2'-ethenyl-5'-(3-hydroxy-6-methyl-4-oxohept-5-en-2-yl)-7-methoxy-2'-methyl-4*H*-spiro[chromen-3,1'-cyclopentan]-2,4-dion, welche ein Analogon von Doremone darstellt. Die zweite und dritte Verbindung ist (2'S,5'R)-2'-ethenyl-5'-[(2*R*,4*R*)-4-hydroxy-6-methyl-3-oxohept-5-en-2-yl]-7-methoxy-2'-methyl-4*H*-spiro[chromen-3,1'-cyclopentan]-2,4-dion (Doremone A) und (4*E*,8*E*)-1-(2,4-dihydroxyphenyl)-5,9,13-trimethyltetradeca-4,8,12-trien-1-on (Dshamiron). Die vierte Verbindung wurde als 4,7-dihydroxy-3-[(2*E*,6*E*)-3,7,11-trimethyldodeca-2,6,10-trien-1-yl]-2*H*-chromen-2-on (Moresinol) identifiziert. Die Substanz Dshamiron erwies sich als aktivste mit einem IC<sub>50</sub>-Wert von 23,5 µM für die Hemmung der Acetylcholinesterase, wohingegen die anderen Verbindungen nur eine geringe Aktivität zeigten (Adhami et al. 2013).

### Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie von Rajani et al. wurde das Gummiharz Ammoniacum gegen vierzehn Mikroorganismen getestet. Als Testkeime wurden sieben gram-positive Bakterien (*Bacillus cereus*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* und *Streptococcus faecalis*), vier gram-negative Bakterien (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* und *Bordetella bronchiseptica*), eine Hefe (*Saccharomyces cerevisiae*) und zwei Pilze (*Aspergillus niger* und *Candida albicans*) ausgewählt. Für die Testung der antimikrobiellen Aktivität wurde ein Dichlormethan:Methanol-Extrakt im Verhältnis 1:1 mit der Agarplattenmethode und einem modifizierten Bouillonverdünnungsverfahren durchgeführt, wobei in beiden Fällen Ciprofloxacin als Positiv-Kontrolle diente. Die Extrakte wurden in verschiedenen Verdünnungen getestet, wobei DMSO (Dimethylsulfoxid) hier als Lösungsmittel diente.

Die unten stehende Tabelle zeigt die Ergebnisse der unterschiedlichen Verdünnungen nach Rajani et al. 2002:

| Mikroorganismen       | 1 % DMSO | Extrakte  |           |          |          |          |          | Ciprofloxacin |
|-----------------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|---------------|
|                       |          | 100 µg/ml | 200 µg/ml | 10 µg/ml | 20 µg/ml | 40 µg/ml | 60 µg/ml |               |
| <i>B. cereus</i>      | +++      | -         | -         | +++      | +++      | -        | -        | -             |
| <i>B. plumilus</i>    | +++      | -         | -         | +++      | +++      | -        | -        | -             |
| <i>B. subtilis</i>    | +++      | -         | -         | +++      | +++      | -        | -        | -             |
| <i>M. luteus</i>      | +++      | -         | -         | +++      | +++      | -        | -        | -             |
| <i>S. epidermidis</i> | +++      | -         | -         | +++      | +++      | -        | -        | -             |
| <i>S. aureus</i>      | +++      | -         | -         | +++      | +++      | -        | -        | -             |
| <i>S. faecalis</i>    | +++      | -         | -         | +++      | +++      | -        | -        | -             |

|                          |     |     |     |     |     |     |     |   |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| <i>B. bronchiseptica</i> | +++ | -   | -   | +++ | +++ | -   | -   | - |
| <i>E. coli</i>           | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | - |
| <i>K. pneumoniae</i>     | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | - |
| <i>P. aeruginosa</i>     | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | - |
| <i>S. cerevisiae</i>     | +++ | -   | -   | +++ | +++ | -   | -   | - |
| <i>C. albicans</i>       | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | - |
| <i>A. niger</i>          | +++ | -   | -   | +++ | +++ | -   | -   | - |

- kein Wachstum; + Wachstum; +++ starkes Wachstum

Tab. 29: Antimikrobielle Wirkung des Gummiharzes Ammoniacum (Rajani et al. 2002)

Der Extrakt des Gummiharzes Ammoniacum erwies sich als ein gutes antimikrobielles Pflanzenpräparat gegen zehn der vierzehn getesteten Mikroorganismen. Es hinderte alle sieben gram-positiven Bakterien am Wachstum, aber nur ein gram-negatives Bakterium (*B. bronchiseptica*). Die Konzentrationen von über 100 µg/ml konnten alle Mikroorganismen, außer *E. coli*, *K. pneumoniae*, *P. aeruginosa* und *C. albicans*, in ihrem Wachstum behindern. Diese Studie belegt eine gute antimikrobielle Aktivität des Gummiharzes Ammoniacum und stellt die traditionelle Anwendung des Harzes gegen Bronchitis, Erkältungen und Infektionen der Atemwege auf eine wissenschaftliche Basis (Rajani et al. 2002).

In einer Studie nach Delnavazi et al. wurde das ätherische Öl von *D. ammoniacum* hinsichtlich seiner antimikrobiellen Wirkung untersucht. Dazu wurde das ätherische Öl der Wurzeln und oberirdischen Teile mit Hilfe der GC und GC-MS analysiert und anschließend Extrakte mit vier verschiedenen Lösungsmitteln hergestellt (n-Hexan, Chloroform, Ethylacetat und Methanol). Die Überprüfung der antibakteriellen Wirkung erfolgte mit der Plattendiffusionsmethode gegen insgesamt sieben Bakterienstämme (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Shigella dysenteriae* und *Salmonella paratyphi A*). Zur Durchführung der Plattendiffusionsmethode wurden zunächst die verschiedenen Extrakte mit DMSO (Dimethylsulfoxid) auf eine Konzentration von 30 mg/ml eingestellt. Anschließend wurden die Platten bebrütet und nach 24 Stunden die Durchmesser der Hemmzonen (mm) bestimmt, wobei Gentamycin und Rifampicin als Positiv-Kontrollen fungierten. Die Beurteilung der antibakteriellen Aktivität erfolgte durch die Einteilung in drei Kategorien, wobei eine schwache Wirkung eine Hemmzone von < 10 mm, eine moderate Wirkung 10-15 mm und eine starke Aktivität > 15 mm aufwies. Die Ergebnisse sind in der unten stehenden Tabelle aufgelistet:

| Extraktionsmittel       | Oberirdische Anteile |            |             |          |         | Wurzeln |            |             |          |         | Antibiotika |            |
|-------------------------|----------------------|------------|-------------|----------|---------|---------|------------|-------------|----------|---------|-------------|------------|
|                         | n-Hexan              | Chloroform | Ethylacetat | Methanol | Äth. Öl | n-Hexan | Chloroform | Ethylacetat | Methanol | Äth. Öl | Rifampicin  | Gentamycin |
| <b>gram-negative B.</b> |                      |            |             |          |         |         |            |             |          |         |             |            |
| <i>S. paratyphi</i>     | -                    | -          | -           | -        | -       | -       | -          | -           | -        | -       | -           | 21 mm      |
| <i>P. aeruginosa</i>    | -                    | 19 mm      | 19 mm       | -        | -       | -       | 18 mm      | 20 mm       | -        | -       | -           | 23 mm      |
| <i>E. coli</i>          | -                    | -          | -           | -        | -       | -       | -          | -           | -        | -       | 11 mm       | 20 mm      |

| gram-positive B.      |       |       |       |   |       |       |       |       |   |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|
| <i>B. subtilis</i>    | -     | 14 mm | 16 mm | - | -     | 10 mm | 16 mm | 18 mm | - | -     | 13 mm | 21 mm |
| <i>S. dysenteriae</i> | -     | -     | -     | - | 10 mm | -     | -     | -     | - | 17 mm | 8 mm  | 18 mm |
| <i>S. aureus</i>      | 14 mm | 14 mm | 10 mm | - | -     | 10 mm | 19 mm | 18 mm | - | -     | 10 mm | 21 mm |
| <i>S. epidermidis</i> | -     | -     | -     | - | -     | -     | -     | 10 mm | - | -     | 40 mm | 35 mm |

Tab. 30: Antimikrobielle Wirkung des ätherischen Öls der Pflanze *D. ammoniacum* (Delnavazi et al. 2014)

Wie in der Tabelle ersichtlich, zeigten der Ethylacetat-Extrakt und der Chloroform-Extrakt aus den Wurzeln die stärkste antibakterielle Aktivität. Diese Extrakte zeigten eine starke Wirkung gegen *B. subtilis*, *P. aeruginosa* und *S. aureus*. Auch die Extrakte der oberirdischen Anteile konnten eine starke Wirkung gegen *P. aeruginosa* erzielen. Das ätherische Öl im Allgemeinen zeigte eine moderate bis starke Aktivität gegen *S. dysenteriae*, wobei das ätherische Öl aus den Wurzeln mit der Wirkung des Antibiotikums Gentamycin vergleichbar ist (Delnavazi et al. 2014).

#### Unerwünschte Wirkungen:

Es gibt derzeit keine Berichte über unerwünschte Wirkungen des Gummiharzes *Ammoniacum*.

## 3.2. Asafoetida



Abb. 32: Asafoetida

### Synonyme:

Stinkasant, Asant, Teufelsdreck, *Stercus diaboli* (Hunnus und Burger 1998, S. 617)

Anghuzeh (Afghanistan), asafétida (Spanien), awei (China), aza (Griechenland), férule persique or merde dudiabie (Frankreich), haltit or tyib (Arabische Emirate), hing (Indien), mvuje (Ostafrika) (Mahendra und Bisht 2012)

Heng, Buganeh (Bahrami et al. 2012)

Khorakoma, Anguzakoma (Iranshahy und Iranshahi 2011)

### Stammpflanzen:

Das Gummiharz Asafoetida wird von verschiedenen Arten der Gattung *Ferula* produziert und zur großen Familie der *Apiaceae* (*Umbelliferae*) gezählt, wobei *Ferula assa-foetida* als wichtigste Stammpflanze gilt (Iranshahy und Iranshahi 2011).

Andere Stammpflanzen, die ebenso in der Lage sind das Gummiharz zu produzieren, sind nach Iranshahy und Iranshahi 2011:

- *Ferula foetida*
- *Ferula rubricaulis*
- *Ferula rigidula*
- *Ferula alliacea*

- *Ferula jaeschkaena*
- *Ferula narthex*

## Beschreibung:

*Ferula assa-foetida* ist eine krautige, mehrjährige Pflanze, die bis zu einer Größe von 2 m hoch wachsen kann und einen unangenehmen, schwefelartigen Geruch verströmt. Zu den wichtigsten Teilen der Pflanze gehören die Wurzeln und das Rhizom, aus denen das Gummiharz vorwiegend gewonnen wird. Die Gewinnung des Harzes erfolgt durch Einschnitte in die Rinde oder Abschneiden des Stammes, wodurch es zum Austreten des Milchsaftes kommt. Als Harz wird der eingetrocknete Milchsaft der Wurzeln bezeichnet. Die Harzausbeute ist bei Pflanzen, die vier bis fünf Jahre alt sind, am größten. Der Name Asafoetida leitet sich aus dem Lateinischen ab und bedeutet soviel wie duftendes, stinkendes Harz. Das Harz ist von gelbbrauner Farbe und besteht aus losen oder verklebten Körnern oder Klumpen, wobei die Klumpenform vorwiegend zum Export verwendet wird. Die Klumpen können mit Wurzeln, Erde, Früchten oder kleinen Steinen verunreinigt sein. Das Harz ist bei Raumtemperatur weich und in der Kälte spröde und pulverisierbar. Asafoetida ist nur schwer löslich in Alkohol und Wasser, wobei es sich aber mit Wasser zu einer milchigen Emulsion vereinigt. Wie der Name schon sagt, verströmt es einen widerlichen knoblauchartigen, schwefeligen Geruch und weist einen bitteren Geschmack auf. Asafoetida findet schon seit Jahrhunderten Anwendung als Gewürz und als Heilmittel in der Volksmedizin. Im antiken Rom war es eines der beliebtesten Gewürze und im Mittelalter wurde es als Amulett um den Hals getragen zur Abwehr von Krankheiten. Als Gewürz ist es heute vor allem in Indien sehr beliebt, obwohl die Pflanze dort nicht heimisch ist. In der modernen Pflanzenheilkunde findet ein alkoholischer Auszug des Harzes Asafoetida gerne Anwendung zur Behandlung von Atemwegserkrankungen, Epilepsie, Magenbeschwerden etc (Mahendra und Bisht 2012; Iranshahy und Iranshahi 2011).



Abb. 33: *Ferula assa-foetida*

## Herkunft:

Die Stammpflanze *Ferula assa-foetida* findet man in Zentralasien, Pakistan, Iran und Afghanistan. Heute wächst sie vor allem im Iran und in Afghanistan, wo das Gummiharz Asafoetida eine wichtige Exportware darstellt (Mahendra und Bisht 2012).

## Gewinnung:

Das Gummiharz Asafoetida wird aus den massiven Wurzeln verschiedener Arten der Gattung *Ferula* gewonnen. Die großen Pfahlwurzeln weisen nach 4-5 Jahren einen Durchmesser von 12,5-15cm auf. Die Pflanzen werden vor der Blütezeit in den Monaten März und April oberhalb des Rhizoms freigelegt und anschließend der Stamm in der Nähe der Krone abgehackt. Ein kleines Stück der Wurzel wird abgeschnitten und es kommt zum Austreten des Milchsaftes an der Oberfläche. Der Milchsaft strömt aus den Kanälen der Rinde der Wurzel und erhärtet in Form von Tränen oder Klumpen unterschiedlicher Farbe. Nach einigen Tagen wird der Milchsaft abgekratzt und die Wurzel erneut angeschnitten. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis kein Milchsaft mehr austritt (das kann bis zu drei Monate dauern). Die Pflanze *Ferula assa-foetida* ist eine der wenigen Pflanzen, bei der das Harz aus den Wurzeln gewonnen wird (Mahendra und Bisht 2012; Langenheim 2003, S. 413).

## Inhaltsstoffe:

Asafoetida setzt sich aus drei Hauptkomponenten zusammen. Zum einen besteht es zu 40-64 % aus Harz, wobei hier die Ester der Ferulasäure ca. 60 % einnehmen. Des Weiteren besteht es zu 25 % aus Gummi und etwa 10-17 % aus ätherischem Öl. Die Harzfraktion besteht hauptsächlich neben den Estern der Ferulasäure aus Coumarinen, Sesquiterpen-Coumarinen und anderen terpenoiden Bestandteilen. Der Gummianteil beinhaltet große Mengen an Glucose, Galactose, L-Arabinose, Rhamnose, Glucuronsäure, Polysaccharide und Glycoproteine. Das ätherische Öl besteht vorwiegend aus Schwefelverbindungen, Monoterpenen und anderen flüchtigen Terpenen (Iranshahy und Iranshahi 2011).

In einer Studie von Kavoosi und Rowshan wurde das ätherische Öl, gewonnen aus dem Gummiharz Asafoetida, untersucht. Es wurden drei Stammpflanzen der Art *Ferula assa-foetida* ausgewählt, von denen man in 15 Tagesintervallen das Gummiharz erntete. Das Harz wurde jeweils am 15. Juni, 30. Juni und 15. Juli des Jahres 2011 gesammelt. Anschließend wurden aus den verschiedenen Harzfraktionen mit Hilfe der Wasserdampfdestillation das ätherische Öl gewonnen und anschließend mit der Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) die chemische Zusammensetzung analysiert. Interessanterweise hatten die Harzfraktionen sowohl unterschiedliche chemische Zusammensetzungen als auch verschiedene Farben.



Abb.34: 15. Juni



Abb.35: 30. Juni



Abb.36: 15. Juli

Wie man anhand der Bilder erkennen kann, war das Harz vom 15. Juni braun, während es am 30. Juni von rötlicher Farbe war und am 15. Juli eher eine gelbliche Farbe aufwies. Die Auswertung der GC-MS ergab, dass die Hauptkomponenten des ätherischen Öls vom 15. Juni (E)-1-Propenyl sec-Butyldisulfid (23.9 %) und 10-epi-c-Eudesmol (15.1 %) waren. Das ätherische Öl vom 30. Juni beinhaltete hauptsächlich (Z)-1-Propenyl sec-Butyldisulfid (27.7 %) und (E)-1-Propenyl sec-Butyldisulfid (sec=isomere Form der Butylgruppe) (20.3 %). Das ätherische Öl, welches man am 15. Juli gewinnen konnte, bestand vor allem aus  $\beta$ -Pinen (47.1 %) und  $\alpha$ -Pinen (21.3 %). Eine Übersicht über alle gefundenen flüchtigen Inhaltsstoffe findet man in der unten stehenden Tabelle (Kavoosi und Rowshan 2013):

| <b>Komponente</b>                  | <b>15. Juni %</b> | <b>30. Juni %</b> | <b>15. Juli %</b> |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $\alpha$ -Pinen                    | 4,429             | 10,775            | 21,36             |
| Camphen                            | 0,161             | 0,105             | 0,03              |
| $\beta$ -Pinen                     | 4,216             | 10,238            | 47,1              |
| Myrcen                             | 0,701             | 1,553             | 0,64              |
| $\alpha$ -Phellandren              | 2,934             | 0,06              | 0,01              |
| p-Cymen                            | 0,368             | 0,032             | 0,01              |
| Limonen                            | 2,981             | 0,579             | 0,03              |
| $\beta$ -Phellandren               | 0,01              | 0,01              | 0,2               |
| (Z)- $\beta$ -Ocimen               | 5,648             | 7,866             | 2,43              |
| (E)- $\beta$ -Ocimen               | 2,461             | 2,986             | 1,41              |
| Allo-Ocimen                        | 0,33              | 0,972             | 0,01              |
| Neo-allo-Ocimen                    | 0,25              | 0,369             | 0,01              |
| 1-Propyl Sec-Butyldisulfid         | 0,342             | 0,294             | 0,11              |
| (Z)-1-Propyl Sec-Butyldisulfid     | 8,057             | 27,771            | 0,12              |
| (E)-1-Propyl Sec-Butyldisulfid     | 23,922            | 20,289            | 0,66              |
| 1,2-Dithiolan                      | 0,01              | 0,01              | 18,63             |
| Thionol                            | 0,01              | 0,01              | 2,64              |
| Bis(1-Methyl,propyl)disulfid       | 7,14              | 6,15              | 0,01              |
| Bornylacetat                       | 0,206             | 0,1               | 0,01              |
| trans-Pinocarvylacetat             | 0,052             | 0,805             | 0,01              |
| p-Vinyl Guaiacol                   | 0,856             | 0,237             | 0,01              |
| $\beta$ -Cedren                    | 0,107             | 0,154             | 0,01              |
| (E)-Caryophyllen                   | 0,149             | 0,125             | 0,01              |
| $\beta$ -Ylangen                   | 0,1               | 0,161             | 0,01              |
| Bis(1-Methyl thio) Propyldisulfide | 0,139             | 1,529             | 0,01              |
| $\beta$ -Gurjunen                  | 0,419             | 0,789             | 0,01              |
| $\alpha$ -Guaien                   | 0,689             | 0,1               | 0,01              |
| $\alpha$ -Humulen                  | 0,526             | 0,431             | 0,08              |
| $\beta$ -Selinen                   | 1,03              | 0,398             | 0,01              |
| $\alpha$ -Selinen                  | 0,338             | 0,1               | 0,01              |
| Propylnitrit                       | 0,01              | 0,01              | 3,67              |
| $\beta$ -Dihydroagarofuran         | 4,108             | 1,841             | 0,01              |
| $\beta$ -Bisabolen                 | 0,084             | 0,11              | 0,01              |
| $\gamma$ -Cadinen                  | 0,126             | 0,296             | 0,01              |
| $\delta$ -Cadinen                  | 0,295             | 0,569             | 0,01              |
| $\beta$ -Himachalen                | 0,09              | 0,137             | 0,01              |
| Elemol                             | 0,317             | 0,092             | 0,01              |

|                                 |        |       |      |
|---------------------------------|--------|-------|------|
| Longipinenepoxid                | 0,01   | 0,01  | 0,81 |
| Guaiol                          | 3,07   | 0,987 | 0,01 |
| 5-Epi-7-epi- $\alpha$ -Eudesmol | 2,132  | 0,575 | 0,01 |
| 10-Epi-g-Eudesmol               | 15,091 | 5,304 | 0,01 |
| $\gamma$ -Eudesmol              | 3,506  | 0,01  | 0,01 |
| Agarospirrol                    | 3,02   | 0,1   | 0,01 |
| $\beta$ -Eudesmol               | 1,099  | 0,346 | 0,01 |
| $\alpha$ -Eudesmol              | 4,524  | 0,011 | 0,01 |

Tab. 31: Flüchtige Inhaltsstoffe des Gummiharzes Asafoetida (Kavoosi und Rowshan 2013)

### Verwendung:

Die medizinische Verwendung des Gummiharzes Asafoetida hat eine sehr lange Tradition und lässt sich bis ins 7. Jahrhundert vor Christus zurückverfolgen. Damals war es vor allem in der Hindu-Medizin unter dem Namen *Charaka Samhita* bekannt und diente in Form eines alkoholischen Auszugs (Tinktur) der Therapie von Blähungen. Des Weiteren wurde es in Indien als nützliches Digestivum angewendet. Der Stammpflanze *Ferula jaeschkaena*, die ebenfalls in der Lage ist das Gummiharz zu produzieren, wurde auch eine kontrazeptive Wirkung nachgesagt.

Heute wie früher wird das Harz auch noch zur Behandlung von Atemwegserkrankungen wie Bronchitis und Keuchhusten in Tablettenform angewendet. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist auch die Therapie bei Bluthochdruck oder als Blutverdünnungsmittel. Asafoetida ist nachwievor ein sehr beliebtes Gewürz und ein wichtiger Bestandteil der beliebten englischen Würzsauce Worcestershire. Aufgrund seines knoblauchartigen Aromas wird es im Iran gerne zum Würzen von Fleischgerichten verwendet, wobei es zu diesem Zweck im Allgemeinen aber sehr verdünnt wird. Des Weiteren kommt es auch in der Parfümindustrie als Duftstoffkomponente zur Anwendung (Langenheim 2003, S. 415).

In Afghanistan wird ein Heißwasserauszug des Harzes neben der Behandlung von Keuchhusten auch zur Behandlung von Hysterie und Magengeschwüren eingesetzt. Ein Dekokt des Harzes wird in China als Wurmmittel verwendet und ein Heißwasserauszug der getrockneten Wurzeln wird in Ägypten als Diuretikum, Antispasmodikum und als krampflösendes und schmerzstillendes Mittel angewendet. In Malaysia und Marokko wird das Gummiharz gekaut um eine Wirkung gegen Amenorrhö und Epilepsie zu erzielen. In Brasilien wird der Wasserextrakt von Männern als Aphrodisiakum getrunken und das gepulverte Harz als Stimulans für das Gehirn und die Nerven eingesetzt (Mahendra und Bisht 2012).

### Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie nach Kavooosi und Rowshan wurde das ätherische Öl, welches man aus dem Gummiharz von *Ferula assa-foetida* isolierte, untersucht. Das Gummiharz wurde an drei verschiedenen Zeitpunkten (15. Juni, 30. Juni und 15. Juli) gesammelt und anschließend die Inhaltsstoffe (siehe oben) und die antimikrobielle Wirkung der gesammelten Fraktionen getestet und miteinander verglichen. Das ätherische Öl wurde einzeln gegen zwei gram-negative Bakterien (*Salmonella typhi* und *Escherichia coli*), gegen zwei gram-positive Bakterien (*Staphylococcus aureus* und *Bacillus subtilis*) und zwei Pilze (*Aspergillus niger* und *Candida albicans*) getestet. Die antimikrobielle Aktivität wurde mit Hilfe von Verdünnungsreihen (0-0,3 mg/ml) ermittelt und anschließend die Minimale Hemmkonzentration (MHK) bestimmt. Die unten stehende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse:

| Mikroorganismen    | MHK (mg/ml)    |                |                |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|
|                    | 15. Juni       | 30. Juni       | 15. Juli       |
| <i>S. typhi</i>    | 0.093 ± 0.008  | 0.087 ± 0.0058 | 0.058 ± 0.0071 |
| <i>E. coli</i>     | 0.111 ± 0.087  | 0.107 ± 0.009  | 0.065 ± 0.0093 |
| <i>S. aureus</i>   | 0.032 ± 0.0046 | 0.028 ± 0.004  | 0.017 ± 0.0041 |
| <i>B. subtilis</i> | 0.027 ± 0.0035 | 0.023 ± 0.0024 | 0.015 ± 0.0039 |
| <i>A. niger</i>    | 0.036 ± 0.0043 | 0.032 ± 0.0035 | 0.022 ± 0.0039 |
| <i>C. albicans</i> | 0.028 ± 0.0032 | 0.027 ± 0.0028 | 0.018 ± 0.028  |

Tab. 32: Antimikrobielle Wirkung des Gummiharzes Asafoetida (Kavooosi und Rowshan 2013)

Alle drei Fraktionen des ätherischen Öls konnten sowohl das Wachstum der gram-positiven als auch der gram-negativen Bakterien hemmen, wobei die Aktivität gegenüber den gram-positiven Bakterien noch effektiver war. Die höchste antimikrobielle Aktivität konnte bei jenem ätherischen Öl, welches am 15. Juli gesammelt wurde, festgestellt werden. Die antimikrobielle Wirkung lässt sich zumindest teilweise auf das Vorhandensein von Phenolen, Flavonoiden und Sesquiterpenen zurückführen, welche in allen drei Fraktionen vorkommen.

Die ätherischen Öle waren ebenfalls gegen die zwei Pilze wirksam, wobei auch hier das Öl vom 15. Juli die höchste Hemm-Wirkung aufwies. Die antifungale Aktivität kann man ebenfalls auf das Vorhandensein von Phenolen, Flavonoiden und Sesquiterpenen zurückführen.

Abschließend lässt sich sagen, dass das ätherische Öl von *Ferula assa-foetida*, welches aus der späteren Wachstumsphase der Pflanze stammte, in dieser Studie ein sicheres und effektives Mittel gegen diverse Mikroorganismen darstellte (Kavooosi und Rowshan 2013).

Das Ziel einer Studie nach Davoudi Moghadam et al. war es die minimale Hemmkonzentration (MIC) und die minimale bakterielle (MBC) beziehungsweise die minimale fungizide Konzentration (MFC) des Gummiharzes Asafoetida zu ermitteln, um das Wachstum bzw. den Verderb von Lebensmitteln durch verschiedene Mikroben zu verhindern. Zu diesem Zweck wurde das Gummiharz von *Ferula assa-foetida* in sterilem, destilliertem Wasser gelöst und anschließend die antimikrobielle Aktivität gegen sieben Mikroorganismen mit Hilfe der Mikrodilutionsmethode getestet. Die Testkeime waren drei Bakterien (*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* und *Staphylococcus aureus*), zwei Hefen (*Saccharomyces cereviciae* und *Candida albicans*) sowie zwei Pilze (*Aspergillus flavus* und *Aspergillus parasiticus*).

Die antimikrobielle Aktivität der getesteten Mikroorganismen ist in der unten stehenden Tabelle ersichtlich:

| <b>Mikroorganismus</b>          | <b>MIC (µg/ml)</b> | <b>MBC bzw. MFC (µg/ml)</b> |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| <i>Bacillus subtilis</i>        | 1562.5             | > 100000                    |
| <i>Escherichia coli</i>         | 1562.5             | > 100000                    |
| <i>Staphylococcus aureus</i>    | 781.3              | 25000                       |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 195.3              | 100000                      |
| <i>Candida albicans</i>         | 390.6              | 50000                       |
| <i>Aspergillus flavus</i>       | 781.3              | 6250                        |
| <i>Aspergillus parasiticus</i>  | 390.6              | 125000                      |

Tab. 33: Antimikrobielle Wirkung des Gummiharzes Asafoetida (Davoudi Moghadam et al. 2014)

Wie die Ergebnisse deutlich zeigen, war das Gummiharz Asafoetida gegen alle getesteten Mikroorganismen wirksam. Die Weltgesundheitsorganisation und auch die Konsumenten drängen die Lebensmittelhersteller immer mehr, auf chemische Konservierungsmittel zu verzichten und vermehrt auf natürliche Inhaltsstoffe zurückzugreifen. Diese Studie zeigte, dass das Gummiharz von *Ferula assa-foetida* auf diesem Gebiet ein potenter Inhaltsstoff zur Kontrolle von bakteriellem und fungalem Wachstum auf Lebensmitteln darstellt (Davoudi Moghadam et al. 2014).

#### Unerwünschte Wirkungen:

Bisher wurden keine toxikologischen Untersuchungen mit dem Gummiharz Asafoetida publiziert.

Jedoch wurde ein Fall von Methämoglobinämie bei einem 5 Wochen alten schwarzen Säugling dokumentiert, nachdem ihm Asafoetida als Carminativum verabreicht wurde. Der Bub wurde sechs Stunden nach der Verabreichung mit einer Tachypnoe und Zyanose ins Spital eingeliefert. Eine intravenöse Behandlung mit Methylenblau-Lösung war erfolgreich und der Bub erholte sich wieder (Blaschek et al. 1998, S. 703).

Die Einnahme hoher Dosen von Asafoetida kann zu einem Anschwellen der Lippen, zu Verdauungsbeschwerden, Kopfschmerzen und allgemeinem Unwohlsein führen. Des Weiteren wird vor einer Einnahme bei Schwangeren abgeraten (Iranshahy und Iranshahi 2011).

### 3.3. Galbanum



Abb. 37: Galbanum-Harz

#### Synonyme:

*Gummi galbani*, *Resina galbani*, *Gummi metopium*, *Gummi-resina galbanum*, *Gummi galbanum*, Galban, Galbangummi, Galbanharz, Galbansaft, Mutterharz, Muttergummi, Syrischgartenkrautgummi, Gomme Galban, Gomme Galbanum (Anthon 1833, S. 108).

#### Stammpflanzen:

Das Gummiharz Galbanum wird von der Art *Ferula gummosa* Boiss. (Synonyme: *F. galbaniflua* Boiss. et Buhse, *F. rubricaulis*, *F. erubescens* Boiss.) produziert und gehört zur Familie der *Umbelliferae* (Langenheim 2003, S. 415).

#### Beschreibung:

*Ferula gummosa* Boiss. ist eine krautige, monokarpische, mehrjährige und wild wachsende Pflanze, die ca. 0,8 – 3 m hoch wachsen kann. Normalerweise erreicht die Pflanze ein Lebensalter von ca. 6 – 8 Jahren und beginnt erst im letzten Jahr ihres Lebens Blüten, Früchte und Samen auszubilden. Der Stängel und auch die Wurzeln enthalten die typischen elliptisch geformten schizogenen Harzkanäle, aus denen das Harz freiwillig oder durch manuelle Verwundung austreten kann. Im Iran gibt es Gebiete, wo man eine Anzahl von 200 – 250 Pflanzen pro Hektar vorfinden kann, und jede Pflanze produziert ca. 10 g Gummiharz. Das zähflüssige Harz (Milchsaft) tritt nach einer Verletzung der Pflanze sehr langsam aus und bildet beim Erhärten tränenförmige Brocken. Die

Harzgewinnung erfolgt von Anfang Juni bis Ende September bei Pflanzen, die mindestens drei Jahre alt sind (Jalali et al. 2011).

Das Harz von *Ferula gummosa* kommt entweder in kleinen ca. 0,5 – 1 cm großen tränenförmigen Brocken in den Handel oder in großen Brocken, die durch das Zusammenkneten von kleineren Bruchstücken entstanden sind. Das frisch aus der Pflanze ausgetretene Harz glänzt und ist von weißer bis gelblicher Farbe. Durch das Erhärten an der Luft wird es matt und verfärbt sich zunehmend bräunlich. Der Geruch von Galbanum ist durchdringend und der Geschmack ist bitter und erinnert an Terpentin. Das Harz hat eine weiche, knetbare Konsistenz und schmilzt bei ca. 40 – 42 °C. In Verbindung mit Wasser bildet sich eine Emulsion, in anderen Lösungsmitteln löst es sich nur zum Teil (Bergmann et al. 1932, S. 794).



Abb. 38: *Ferula gummosa*

### Herkunft:

Die Art *Ferula gummosa* ist im Iran, Afghanistan und Turkestan beheimatet. Man findet sie hier vorwiegend in einer Höhe von 1000 m bis 2500 m (Hoppe 1975, S. 499).

### Gewinnung:

Unter der Bezeichnung Galbanum versteht man den freiwillig ausfließenden oder durch manuelle Verletzung aus dem Stängel oder Wurzeln austretenden Milchsaft. Die manuelle Verwundung findet durch Einschnitte in den unteren Teil des Stängels statt oder durch Anritzen der Wurzeln. Letztere Form der Gewinnung schadet der Pflanze nicht und die Harzproduktion kann dadurch sogar gesteigert werden. Die Harzgewinnung erfolgt bei Pflanzen, die mindestens drei Jahre alt sind. Aus diesen Pflanzen kann man ca. 10 g Harz ernten. Die beste Zeit für die Ernte ist von Anfang Juni bis Ende September (Jalali et al. 2011).

### Inhaltsstoffe:

Das Gummiharz Galbanum setzt sich aus ca. 50 - 60 % Harz, 30 – 40 % Gummi und ca. 5 – 26 % ätherischem Öl zusammen (Ghannadi und Amree 2002).

Die Hauptkomponenten des Harzanteils sind Galbaresensäure und Galbansäure, die ca. 27 % der Harzfraktion ausmachen (Hoppe 1975, S. 499).

Das Gummiharz ist zu 67 % in Ethanol löslich und zu 25 % in organischen Lösungsmitteln unlöslich. Der in Ethanol lösliche Teil besteht zu 55 % aus Triterpenen,

zu 30 % aus Sesquiterpenen und zu 15 % aus Monoterpenen. Die in organischen Lösungsmitteln unlösliche Fraktion setzt sich aus Polysacchariden und Proteinen zusammen. Die Zuckeranalyse ergab eine Zusammensetzung von 17 % Arabinose, 69 % Galaktose und ca. 14 % Uronsäuren. Der Proteinanteil besteht aus den Aminosäuren Alanin (43,85 mg/100g), Glycin (93,2 mg/100g), Valin (76,5 mg/100g), Threonin (73,2 mg/100g), Serin (118,5 mg/100g), Leucin (398,7 mg/100g), Isoleucin (98,5 mg/100g), Prolin (263,2 mg/100g), Asparaginsäure (408,3 mg/100g), Phenylalanin (146 mg/100g), Glutaminsäure (395,7 mg/100g), Lysin (35,2 mg/100g), Tyrosin (16,9 mg/100g) und Arginin (2,79 mg/100g). Das Gummiharz besteht des Weiteren aus 1,1 % anorganischen Substanzen, die sich aus den Metallkationen von Calcium, Magnesium, Aluminium und Kalium zusammensetzen (Jalali et al. 2011).

Die Zusammensetzung des blass-gelblichen ätherischen Öls des Gummiharzes von *Ferula gummosa* wurde von Ghannadi und Amree mittels GC-MS untersucht. Die Untersuchung ergab als Hauptkomponenten des ätherischen Öls  $\beta$ -Pinen (58,8 %),  $\Delta$ -3-Caren (12,1 %),  $\alpha$ -Pinen (5,7 %) und  $\beta$ -Myrcen (4,6 %).

| Komponenten              | Anteil % |
|--------------------------|----------|
| $\alpha$ -Thujon         | 0,8      |
| $\alpha$ -Pinen          | 5,7      |
| Camphen                  | 0,3      |
| $\beta$ -Pinen           | 58,8     |
| Myrcen                   | 4,6      |
| $\alpha$ -Phellandren    | 0,6      |
| $\Delta$ -3-Caren        | 12,1     |
| p-Cymen                  | 0,1      |
| Limonen                  | 4,0      |
| (Z)- $\beta$ -Ocimen     | 1,2      |
| (E)- $\beta$ -Ocimen     | 0,2      |
| Terpinolen               | 0,5      |
| Linalool                 | 0,5      |
| trans-Verbenol           | 0,2      |
| (E,Z)-Undeca-1,3,5-trien | 1,8      |
| Myrtenol                 | 0,2      |
| $\alpha$ -Fenchylacetat  | 0,1      |
| $\alpha$ -Terpenylacetat | 0,5      |
| $\beta$ -Caryophyllen    | 0,1      |
| $\gamma$ -Elemen         | 2,4      |
| $\alpha$ -Humulen        | 0,3      |
| Germacren-D              | 0,7      |
| $\gamma$ -Cadinen        | 0,3      |
| $\delta$ -Cadinen        | 0,4      |
| Germacren-B              | 0,6      |
| Guaiol                   | 0,5      |
| $\beta$ -Eudesmol        | 0,1      |
| Bulnesol                 | 0,2      |

Tab. 34: Flüchtige Verbindungen des Gummiharzes Galbanum nach Ghannadi und Amree 2002

## Verwendung:

Das Gummiharz Galbanum wurde in der traditionellen iranischen Volksmedizin gegen eine Vielzahl von Beschwerden angewendet. Bei Durchfallerkrankungen wurde empfohlen eine kleine Menge Harz zu essen. Darüber hinaus wurde es bei gastrointestinalen Beschwerden im Allgemeinen sowie bei Asthma, Hämorrhoiden, Koliken, Husten, Krämpfen und zur Wundheilung eingesetzt (Ghannadi und Amree 2002).

Heute wird das Harz aufgrund seines Duftes in der Parfüm- und Kosmetikindustrie eingesetzt. Darüber hinaus wird es aufgrund seiner Klebrigkeit und Transparenz zur Verklebung von Textilien, zur Lackherstellung und sogar zur Schmuckherstellung und Befestigung von Edelsteinen angewendet. Galbanum wird auch gerne in der Lebensmittelbranche als Zusatzstoff zu nichtalkoholischen Getränken, Backwaren, Süßigkeiten, Eis, Gewürzen und Pudding zugesetzt. Medizinisch genutzt wird Galbanum heute nur noch selten als Digestivum und als krampflösendes, blähungstreibendes Mittel. In der Kinderheilkunde kommt es im Iran heute noch als Expectorans sowie in Salben zur Förderung der Wundheilung zur Anwendung (Langenheim 2003, S. 415).

## Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie von Abedi et al. wurde die antimikrobielle Wirkung des ätherischen Öls des Gummiharzes Galbanum aus der Art *Ferula gummosa* Boiss. untersucht. Die Untersuchung erfolgte mit Hilfe des Mikroplatten Alamar Blue-Assays (MABA) gegen zwei gram-positive Bakterien (*Staphylococcus aureus* und *Listeria monocytogene*) und drei gram-negative Bakterien (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Salmonella enteritidis*). Es wurde die minimale Hemmkonzentration (MIC) und die minimale bakterizide Konzentration (MBC) bestimmt und mit dem Antibiotikum Ciprofloxacin verglichen.

| Mikroorganismus         | Ätherisches Öl |             | Ciprofloxacin |             |
|-------------------------|----------------|-------------|---------------|-------------|
|                         | MIC (µg/ml)    | MBC (µg/ml) | MIC (µg/ml)   | MBC (µg/ml) |
| <i>S. aureus</i>        | 1,56           | 25,0        | 0,5           | 8,0         |
| <i>L. monocytogenes</i> | 1,56           | 12,5        | 1,0           | 4,0         |
| <i>E. coli</i>          | 12,50          | 25,0        | 0,03          | 0,25        |
| <i>P. aeruginosa</i>    | 50,0           | 50,0        | 0,25          | 8,0         |
| <i>S. enteritidis</i>   | 6,25           | 12,5        | 0,5           | 2,0         |

Tab. 35: Antimikrobielle Wirkung des ätherischen Öls des Gummiharzes Galbanum (Abedi et al. 2008)

Wie die Resultate zeigen, konnte das ätherische Öl sowohl gram-positive als auch gram-negative Bakterien hemmen, wobei die Aktivität gegen die gram-positiven Bakterien höher war. Die antimikrobielle Wirkung könnte auf das Vorhandensein von  $\alpha$ -Pinen und  $\beta$ -Pinen zurückgehen, die für ihre antibakterielle Wirkung bekannt sind. Aufgrund der

Ergebnisse dieser Studie kann die Anwendung von Galbanum als Konservierungsmittel in Lebensmitteln laut Abadi et al. befürwortet werden (Abedi et al. 2008).

In einer weiteren Studie wurde das ätherische Öl des Gummiharzes Galbanum von *Ferula gummosa* gegen verschiedene Methicillin-sensitive und Methicillin-resistente *S. aureus* Kulturen getestet. Es wurden zwölf Kulturen von Patienten in Kliniken entnommen und mit Hilfe der Plattendiffusionsmethode die minimale Hemmkonzentration (MIC) und die minimale bakterizide Konzentration (MBC) bestimmt und mit dem Antibiotikum Vancomycin verglichen.

| Mikroorganismen          | Ätherisches Öl |             | Vancomycin  |             |
|--------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
|                          | MIC (µg/ml)    | MBC (µg/ml) | MIC (µg/ml) | MBC (µg/ml) |
| <i>S. aureus</i> 25923   | 16             | 32          | 1           | 2           |
| <i>S. aureus</i> SA4     | 8              | 8           | 1           | 2           |
| <i>S. aureus</i> SA8     | 8              | 8           | 0,5         | 0,5         |
| <i>S. aureus</i> SA6     | 8              | 8           | 1           | 2           |
| <i>S. aureus</i> SA3     | 8              | 16          | 1           | 1           |
| <i>S. aureus</i> SA34    | 16             | 32          | 1           | 2           |
| <i>S. aureus</i> SA Tier | 16             | 32          | 0,5         | 1           |
| <i>S. aureus</i> SA 32   | 16             | 32          | 1           | 1           |
| <i>S. aureus</i> SA 33   | 8              | 16          | 1           | 1           |
| <i>S. aureus</i> SA 31   | 8              | 16          | 0,5         | 1           |
| <i>S. aureus</i> SA 27   | 8              | 16          | 0,5         | 0,5         |
| <i>S. aureus</i> SA 26   | 8              | 16          | 0,5         | 0,5         |
| <i>S. aureus</i> SA 6538 | 8              | 16          | 1           | 2           |

Tab. 36: Antimikrobielle Wirkung des ätherischen Öls des Gummiharzes Galbanum (Mahboubi et al. 2011)

Wie die Ergebnisse zeigen, konnte das ätherische Öl von Galbanum eine antibakterielle Wirkung gegen die Testkeime erzielen. Die antimikrobielle Aktivität wurde auch hier auf das Vorhandensein von  $\alpha$ -Pinen und  $\beta$ -Pinen zurückgeführt (Mahboubi et al. 2011).

#### Unerwünschte Wirkungen:

Es sind bislang keine Nebenwirkungen bekannt.

### 3.4. Guggul



Abb. 39: Guggul-Harz

#### Synonyme:

Gugulipid, Guggue, Loban, Bdellium, Gum guggulu, indische Myrrhe, falsche Myrrhe (<http://www.chemie.de/lexikon/Guggul.html>)

#### Stammpflanzen:

Das Gummiharz Guggul wird von der Art *Commiphora mukul* (Stocks) Hook (Synonyme: *Commiphora wightii* (Arnott.) Bhandari und *Balsamodendron mukul* (Stocks) Hook produziert und gehört zu der Familie der *Burseraceae* (Shah et al. 2012).

#### Beschreibung:

*Commiphora mukul* ist ein kleiner buschiger Baum mit dornigen und spiralförmig angeordneten Zweigen, der ca. 1,2 – 1,8 Meter hoch wachsen kann. Die Rinde des Baumes weist eine aschefarbige und spröde Konsistenz auf und blättert sehr leicht ab. Die Blätter sind klein und wechselständig, wobei der Baum die meiste Zeit des Jahres laubfrei ist. Die kleinen Blüten sind braun bis rötlich. Die Früchte von *Commiphora mukul* sind eiförmige Steinfrüchte von roter Farbe (Shah et al. 2012).

Das Harz befindet sich in den schizogenen Harzgängen des primären und sekundären Phloems der Blätter und des Stammes. Das Harz tritt durch Einschnitte der Rinde aus und wird erst ein paar Monate nach dem Einritzen eingesammelt. Das eingetrocknete gelbe,

rötlich-braune oder blass-grünliche Harz wird anschließend traditionellerweise in Ziegenfellen oder Jutesäcken aufbewahrt (Shah et al. 2012).

Die Bezeichnung Guggulu (indisch) bedeutet wörtlich übersetzt „jenes, das vor Krankheiten bewahrt“. Das Harz wird bereits seit der Antike in der Ayurvedamedizin als Heilmittel gegen eine Vielzahl von Krankheiten eingesetzt. Das Harz schmeckt bitter, scharf, herb und aromatisch und verströmt einen balsamischen Geruch (Schrott und Ammon 2012, S. 380, 381).



*Commiphora wightii* (Arn.) Bhandari - An endangered and highly medicinal plant

Abb. 40: *Commiphora wightii*

### Herkunft:

Die Art *Commiphora mukul* ist in den trockenen Regionen des indischen Subkontinents beheimatet. Man findet sie vor allem in Indien, Pakistan und Bangladesch. In Indien kommt sie in den Regionen Gujarat, Kamataka, Rajasthan und Assam vor. Außerhalb dieser Länder findet man die Art *Commiphora mukul* vereinzelt auch in den trockenen, felsigen Gebieten von Afghanistan, der arabischen Halbinsel und im Nordosten von Afrika (Shah et al. 2012).

### Gewinnung:

Der Baum *Commiphora mukul* ist ein kleiner buschiger Baum mit dornigen Zweigen. Das Harz befindet sich in kleinen Kanälen in den Zweigen und der Rinde. Die Harzgewinnung erfolgt in den Monaten November bis Dezember durch Einschnitte in die Rinde. Anschließend lässt man das Harz an der warmen Luft eintrocknen. Das eingetrocknete Harz wird erst in den Monaten Mai bis Juni von den Bäumen abgekratzt. Jeder Baum liefert eine Harzausbeute zwischen 250 – 500 Gramm getrocknetes Harz (Urizar und Moore 2003).

### Inhaltsstoffe:

Das Gummiharz Guggul besteht aus einer vielfältigen Mischung aus Inhaltsstoffen. Man findet ca. 32 % Gummi, ca. 38 % Harz und ca. 1 % ätherisches Öl. Weitere Bestandteile sind Mineralstoffe (20 %), Flavonoide, Terpene, Sterole, Ferrulate und ca. 5 % bisher unidentifizierte Verbindungen (Shah et al. 2012).

Das Harz lässt sich in zwei Fraktionen aufteilen. Zum einen in eine Fraktion, die in Ethylacetat löslich ist (45 %) und zum anderen in eine in Ethylacetat unlösliche Fraktion (55 %). Die bioaktiven Komponenten befinden sich in der in Ethylacetat löslichen

Fraktion, während man in der unlöslichen Fraktion vor allem Kohlenhydrate findet. Die Bestandteile der in Ethylacetat löslichen Fraktion sind Diterpene, Steroide, Lignane und Fettsäureester (Shishondia et al. 2008).

Eine pH-Wert-Auftrennung (Isoelektrische Fraktionierung) des löslichen Ethylacetatanteiles führt zu einer Einteilung von 4 % sauren Verbindungen, 1 % basischen und 95 % neutralen Verbindungen. Die neutrale Fraktion beinhaltet die bioaktiven Komponenten (Steroide), die eine hypolipide Aktivität aufweisen. Zu ihnen gehören die Preganderivate E- und Z-Guggulsteron (*cis*- and *trans*-4,17(20)-Pregnadien-3,16-dion und die Guggulsterole I-III) (Shishondia et al. 2008).

In einer Studie von Saxena und Sharma wurde das ätherische Öl des Harzes von *Commiphora mukul* untersucht. In der unten stehenden Tabelle sind die identifizierten Bestandteile aufgelistet.

| Inhaltsstoffe              | Anteil  |
|----------------------------|---------|
| $\alpha$ -Pinen            | 4,75 %  |
| Myrcen                     | 3,50 %  |
| Eugenol                    | 14,70 % |
| Cadinen                    | 5,50 %  |
| Geraniol                   | 6,20 %  |
| Methylheptanoat            | 17,50 % |
| (+)- $\alpha$ -Phellandren | 5,50 %  |
| (+)-Limonen                | 6,50 %  |
| ( $\pm$ )-Bornylacetat     | 7,30 %  |
| ( $\pm$ )-Linalool         | 8,70 %  |
| Methylchavicol             | 5,40 %  |
| $\alpha$ -Pineol           | 4 %     |
| 1,8-Cineol                 | 3,5 %   |

Tab. 37: Flüchtige Verbindungen von *Commiphora mukul* nach Saxena und Sharma 1998

In einer Studie von Saeed und Sabir konnten sieben neue Sesquiterpene aus dem Gummiharz isoliert werden und zwar Curzeren, Furanoeudesma-1,3-dien, Lindestren, Curzerenon, Furanodien-6-on, 3-Methoxy-10-methylenefurano-germacr-1-en-6-on und 2-Methoxy-4,5-dihydrofuranodien-6-on (Saeed und Sabir 2004).

## Verwendung:

Das Gummiharz Guggul wurde bereits in der Antike als traditionelle ayurvedische Medizin angewendet. Die ersten Aufzeichnungen über eine Anwendung als Heilmittel konnte man in den Schriften der *Atharvaveda* finden (2000 Jahre vor Christus). Hier wurde das Harz oral eingenommen bei Fettsucht, Leberfunktionsstörungen, Harnbeschwerden, Tumoren, Geschwüren, Fisteln, Ödemen, Darmwürmern oder plötzlich auftretenden Lähmungserscheinungen. Darüber hinaus war es auch oft Bestandteil von Herzstärkungsmitteln (Shishondia et al. 2008).

Die Guggulsterone wurden als die bioaktivsten Substanzen des Harzes ermittelt. In vielen Studien wurde die krebshemmende Wirkung dieser Guggulsterone untersucht und der

Wirkmechanismus ermittelt. Die Untersuchungen ergaben, dass die Guggulsterone an den Farnesoid-X-Rezeptor binden und die Expression von apoptosehemmenden Proteinen (IAP1, XIAP, Bfl-1/A1, Bcl-2, cFLIP, Survivin) modulieren können, sowie Einflüsse auf das Zellwachstum, die Zellproliferation (Cyclin D1, c-Myc), die Angiogenese und die Metastasierung (MMP-9, COX-2, VEGF) der Tumorzellen haben. Die Guggulsterone übermitteln die Genexpression durch die Regulation verschiedener Transkriptionsfaktoren wie z.B. NF- $\kappa$ B, STAT-3 und C/EBP $\alpha$ . Des Weiteren regulieren die Sterone die Expression von Steroidrezeptoren und führen zu einer Hemmung der Zellproliferation, einer Induktion der Apoptose und einer Unterdrückung der Angiogenese. All diese Wirkmechanismen führen zu einer Unterdrückung von tumorauslösenden Faktoren und könnten in Zukunft zur Behandlung von Lungenkarzinomen, Kopf- und Halskarzinomen, Brustkrebs, Leukämie, multiplem Myelom und Ovarialkarzinomen eingesetzt werden (Shishondra et al. 2008).

Eine weitere interessante Anwendungsmöglichkeit des Harzes ist die Verwendung als Cholesterinsenker. In Asien wird das Harz schon lange zur Senkung der Blutfettwerte verwendet und in Amerika wurde es 1994 als Nahrungsergänzungsmittel zugelassen. Die Guggulsterone sind ebenfalls für die lipidsenkende Wirkung verantwortlich. Zum einen sollen die Guggulsterone die Cholesterinbiosynthese in der Leber hemmen und die Aufnahme von LDL in der Leber durch Stimulation des LDL-Rezeptors fördern. Darüber hinaus führen die Sterone zu einer vermehrten fäkalen Ausscheidung von Gallensäuren und Cholesterin und stimulieren direkt die Schilddrüse (Shishondra et al. 2008). In einer Doppelblindstudie mit 105 Patienten wurde der hypolipide Effekt von Guggul mit dem Lipidsenker Clofibrat verglichen. Die Patienten der Guggul-Gruppe erhielten täglich 500 mg Guggulipid (Guggulsterone) über einen Zeitraum von 12 Wochen. Die Resultate nach Beenden der Studie zeigten bei der Guggul-Gruppe eine Senkung des Serumcholesterinspiegels um 13 % und der Triglyceride um 16 %. In der Clofibrat-Gruppe konnte eine Verminderung des Cholesterinspiegels um 15 % und der Triglyceride um 23 % erreicht werden (Urizar und Moore 2003).

### Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie von Ishnava et al. wurde die antibakterielle Wirkung des Gummiharzes Guggul von *Commiphora wightii* untersucht. Die Untersuchung des Dichlormethan+Methanol-Extraktes (1:1) erfolgte mit Hilfe der Agardiffusionsmethode gegen sechs gram-positive Bakterien (*Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*, *Enterococcus faecalis*) und vier gram-negative Bakterien (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*) mit Ermittlung der minimalen Hemmkonzentration (MIC). Es wurden drei Extrakte (10 mg/ml, 50 mg/ml und 100 mg/ml) mit dem Antibiotikum Streptomycin verglichen.

| Mikroorgansimen         | Hemmzone |         |         | Streptomycin<br>(30 $\mu$ g/ml) | MIC<br>(mg/ml) |
|-------------------------|----------|---------|---------|---------------------------------|----------------|
|                         | 100mg/ml | 50mg/ml | 10mg/ml |                                 |                |
| <b>gram-positive B.</b> |          |         |         |                                 |                |
| <i>B. cereus</i>        | 8        | 7       | 6       | 13                              | 1              |

|                         |    |    |    |    |     |
|-------------------------|----|----|----|----|-----|
| <i>B. subtilis</i>      | 8  | 7  | 6  | 14 | 0,5 |
| <i>B. megaterium</i>    | 11 | 10 | 10 | 10 | 0,5 |
| <i>S. aureus</i>        | 15 | 14 | 13 | 15 | 2   |
| <i>M. luteus</i>        | 14 | 12 | 12 | 0  | 1   |
| <i>E. faecalis</i>      | 15 | 12 | 12 | 13 | 0,5 |
| <b>gram-negative B.</b> |    |    |    |    |     |
| <i>E. coli</i>          | 7  | 6  | 4  | 17 | 0,5 |
| <i>K. pneumoniae</i>    | 8  | 7  | 6  | 14 | 2   |
| <i>P. aeruginosa</i>    | 6  | 5  | 4  | 0  | >2  |
| <i>S. typhi</i>         | 4  | 4  | 4  | 14 | >2  |

Tab. 38: Antibakterielle Wirkung des Gummiharzes Guggul (Ishnava et al. 2010)

Die Resultate zeigen eine signifikante antibakterielle Wirksamkeit gegen gram-positive Bakterien und eine moderate Wirksamkeit gegen gram-negative Bakterien, unabhängig von ihrer Dosis. Am effektivsten war die Wirkung gegen *M. luteus* und *E. faecalis*. Die minimale Hemmkonzentration der Bakterien *B. subtilis*, *B. megaterium*, *E. coli* und *E. faecalis* war 0.5 mg/ml, während *B. cereus* und *M. luteus* eine minimale Hemmkonzentration von 1 mg/ml aufwiesen. Diese Werte sind mit dem Antibiotikum Streptomycin durchaus vergleichbar (Ishnava et al. 2010).

In einer weiteren Studie von Saeed und Sabir wurden verschiedene Bestandteile des Gummiharzes Guggul von *Commiphora mukul* auf ihre antibakterielle Aktivität hin getestet. Die Untersuchung erfolgte mit dem ätherischen Öl, dem Chloroform-Extrakt und sieben neu entdeckten Sesquiterpenen (Curzeren (1), Furanoeudesma-1,3-dien (2), Lindestren (3), Curzerenon (4), Furanodien-6-on (5), 3-Methoxy-10-methylenefuranogermacr-1-en-6-on (6) und 2-Methoxy-4,5-dihydrofuranodien-6-on (7)) gegen eine große Anzahl an gram-positiven und gram-negativen Bakterien. Es wurde die minimale Hemmkonzentration im Vergleich mit dem Antibiotikum Kanamycin ermittelt.

| Organismus              | Äth. Öl | Chloroform-E. | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | Kanamycin |
|-------------------------|---------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| <i>B. megaterium</i>    | 0,31    | 0,62          | 1,25 | 0,31 | 0,15 | 0,31 | 5,0  | 0,31 | 10,0 | 5,0       |
| <i>B. subtilis</i>      | 1,25    | 5,0           | 5,0  | 5,0  | 0,31 | 1,25 | 10,0 | 1,25 | 0,62 | 5,0       |
| <i>B. thuringiensis</i> | 2,5     | 10,0          | 5,0  | 2,5  | 0,62 | 0,62 | 1,25 | 5,0  | 2,5  | 0,62      |
| <i>S. lutea</i>         | 5,0     | 5,0           | 1,25 | 2,5  | 0,31 | 1,25 | 1,25 | 0,62 | 1,25 | 1,25      |
| <i>S. albus</i>         | 2,5     | 10,0          | 2,5  | 2,5  | 5,0  | 5,0  | 0,31 | 2,5  | 10,0 | 1,25      |
| <i>S. aureus</i>        | 0,62    | 1,25          | 0,31 | 1,25 | 0,31 | 1,25 | 2,5  | 1,25 | 10,0 | 0,62      |
| <i>S. epidermidis</i>   | 0,62    | 1,25          | 1,25 | 1,25 | 0,31 | 1,25 | 1,25 | 5,0  | 2,5  | 2,5       |
| <i>E. coli</i>          | 5,0     | 10,0          | 0,31 | 10,0 | 5,0  | 5,0  | 2,5  | 0,62 | 1,25 | 2,5       |
| <i>K. pneumoniae</i>    | 2,5     | 5,0           | 2,5  | 0,62 | 1,25 | 0,62 | 0,62 | 2,5  | 5,0  | 10,0      |
| <i>M. luteus</i>        | 2,5     | 2,5           | 5,0  | 5,0  | 1,25 | 1,25 | 5,0  | 10,0 | 10,0 | 1,25      |
| <i>M. roseus</i>        | 1,25    | 10,0          | 2,5  | 5,0  | 2,5  | 1,25 | 10,0 | 5,0  | 0,62 | 0,62      |
| <i>P. vulgaris</i>      | 5,0     | 5,0           | 10,0 | 1,25 | 1,25 | 5,0  | 10,0 | 0,62 | 0,62 | 1,25      |
| <i>P. aeruginosa</i>    | 5,0     | 2,5           | 1,25 | 5,0  | 0,31 | 5,0  | 5,0  | 10,0 | 5,0  | 10,0      |
| <i>S. typhi</i>         | 1,25    | 1,25          | 1,25 | 1,25 | 0,62 | 2,5  | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 1,25      |
| <i>S. paratyphi</i>     | 2,5     | 1,25          | 0,31 | 1,25 | 0,31 | 2,5  | 1,25 | 1,25 | 0,62 | 0,62      |
| <i>S. boydii</i>        | 2,5     | 5,0           | 5,0  | 0,62 | 0,31 | 1,25 | 0,62 | 2,5  | 1,25 | 5,0       |
| <i>S. dysenteriae</i>   | 1,25    | 1,25          | 0,62 | 5,0  | 5,0  | 0,62 | 1,25 | 5,0  | 10,0 | 5,0       |
| <i>S. flexneri</i>      | 1,25    | 10,0          | 0,31 | 1,25 | 5,0  | 5,0  | 1,25 | 5,0  | 10,0 | 0,62      |
| <i>S. sonnei</i>        | 5,0     | 5,0           | 1,25 | 5,0  | 0,62 | 0,62 | 0,62 | 10,0 | 0,62 | 5,0       |

Tab. 39: Antibakterielle Wirkung des Gummiharzes Guggul (Saeed und Sabir 2004)

Wie aus der Tabelle ersichtlich zeigten das ätherisches Öl und der Chloroform-Extrakt die stärkste antibakterielle Wirkung, die auch mit dem Antibiotikum Kanamycin vergleichbar war. Bei den Sesquiterpenen erwiesen sich Curzeren und Furanoeudesma-1,3-dien am effektivsten (Saeed und Sabir 2004).

### Unerwünschte Wirkungen:

In klinischen Studien konnten für den Ether-Extrakt und Ethylacetat-Extrakt des Gummiharzes Guggul Nebenwirkungen wie Kopfschmerzen, Durchfall und Hautirritationen beobachtet werden. Durch eine Reinigung des Extraktes konnten die Nebenwirkungen allerdings gemildert werden. Bei dem Ethylacetat-Extrakt Gugulipid konnten keine Nebenwirkungen wie Leber- und Nierenschäden oder eine Verschlechterung hämatologischer Parameter nachgewiesen werden. Diese Beobachtung an Menschen bezieht sich auf eine tägliche Einnahme von 400 mg über einen Zeitraum von 4 Wochen (Urizar und Moore 2003).

### 3.5. Gummi arabicum



Abb. 41: Gummi arabicum

#### Synonyme:

*Acaciae gummi*, *Gummi arabicum*, *Acaciae gummi pulvis*, *Acaciae gummi* gesiebt, Acacia Senegal Gum, Arabisches Gummi, Akaziengummi, E 414  
([http://www.pharmawiki.ch/wiki/index.php?wiki=Arabisches\\_Gummi](http://www.pharmawiki.ch/wiki/index.php?wiki=Arabisches_Gummi))

#### Stammpflanzen:

Die Gattung *Acacia* wird zur Familie der *Leguminosae-Mimosoideae* gezählt und umfasst sowohl Bäume, Sträucher als auch Lianen. Hauptlieferant für Gummi arabicum ist die Art *Acacia senegal*. Darüber hinaus sind auch die Arten *Acacia seyal* und *Acacia arabica* in der Lage Gummi zu produzieren (Steinegger und Hänsel 2013, S. 92).

Von der Hauptstammpflanze *Acacia senegal* gibt es nach Al-Assaf et al. 2007 vier Unterarten, die oft zu Verwirrungen führen.

- *Acacia senegal* (L.) Willd. var. *senegal* (Synonym: *A. verec* Guill. & Perr.)
- *A. senegal* (L.) Willd. var. *kerensis* Schweinf.
- *A. senegal* (L.) Willd. var. *rostrata* Brenan.
- *A. senegal* (L.) Willd. var. *leiorhachis* Brenan (Synonym: *A. circummarginata* Chiov.)

#### Beschreibung:

*Acacia senegal* ist ein sehr widerstandsfähiger Baum oder Strauch, der etwa 2 – 15 Meter hoch wachsen kann. Der Baum zeichnet sich durch seine hakenförmigen Stacheln, dunkelgrünen und doppelgefiederten Blätter und gelben Blüten aus. Die Art wächst an trockenen und felsigen Standorten und kommt mit nur sehr wenig Wasser aus. Diese harten Bedingungen und der Befall von Insekten und Parasiten scheinen die Gummiproduktion zu begünstigen.

Unter der Bezeichnung Gummi arabicum versteht man die durch Verwundung des Stammes und der Zweige ausgetretene und erhärtete farblose bis rot-braune und tränenförmige Masse. Der Gummi befindet sich direkt unterhalb der Rinde und entsteht durch Verflüssigung der Membran und Zellkomplexe. Durchschnittlich können pro Baum etwa 250 g Gummi pro Saison geerntet werden, wobei es auch Aufzeichnungen von bis zu 10 kg Gummi pro Baum gibt. Die

höchste Gummimenge kann von Bäumen gewonnen werden, die zwischen sieben und zwölf Jahren alt sind (Wekesa et al. 2009).

Gummi arabicum löst sich in kaltem Wasser zwar nur langsam, doch die Löslichkeit an sich ist sehr gut, wobei es zu schwach viskosen und kolloidalen Lösungen kommt. Die Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln wie Ethanol, Ether, Glycerin, Chloroform und fetten Ölen ist sehr schlecht (Steinegger und Hänsel 2013, S. 92).

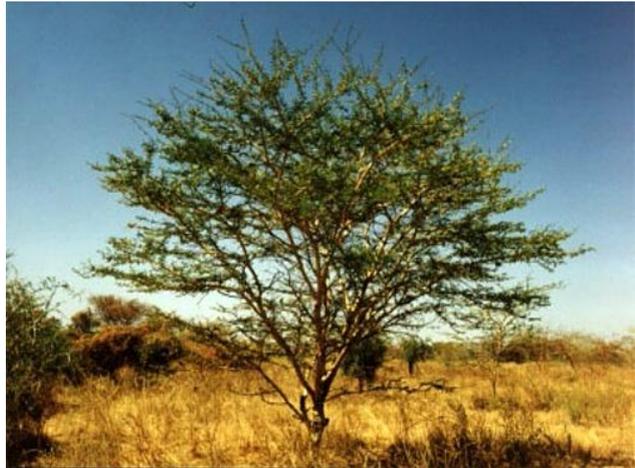


Abb. 42: *Acacia senegal*

### Herkunft:

Die Art *Acacia senegal* ist in Afrika und im Nahen Osten beheimatet. Es ist eine sehr weit verbreitete Art in den trockenen und halbtrockenen Savannen und Regionen Afrikas. Man findet sie von Senegal und Mauretanien im Westen bis nach Eritrea und Äthiopien im Süden. Die Unterart ist die am weitesten verbreitete Art und überall in Afrika zu finden außer an der Westküste von Zentral- und Südafrika. Außerhalb Afrikas findet man *A. senegal var. senegal* im Oman, Pakistan, Indien, Australien, Puerto Rico und auf den Virgin Inseln. Die Unterart *A. senegal var. kerensis* ist in Äthiopien, Somalia, Uganda, Kenia und Tansania heimisch, während die Unterarten *A. senegal var. leiorrhachis* und *A. senegal var. rostrata* im Osten und Süden Afrikas zu finden sind (Wekesa et al. 2009).

### Gewinnung:

Die Gummigewinnung findet in den Monaten Februar und März statt. Dabei werden mit Hilfe einer Axt querverlaufende Einschnitte in den Stamm gemacht und die Rinde zum Teil abgelöst. Durch diesen Prozess wird der Baum zur Gummibildung angeregt. Nach ca. 20 – 30 Tagen scheidet der Baum den Gummi in kugeligen ca. 2 – 7 cm großen

Formen nach außen ab und der Gummi kann eingesammelt werden. Anschließend werden die runden Gebilde noch sortiert und getrocknet und zum Teil noch an der Sonne gebleicht (Steinegger und Hänsel 2013, S. 92).

### Inhaltsstoffe:

Arabisches Gummi besteht aus einem Gemisch nahe verwandter Polysaccharide mit hohem Molekulargewicht (260000 – 1160000) und deren Calcium-, Magnesium- und Kaliumsalzen. Diese liefern durch Hydrolyse Arabinose, Galaktose, Rhamnose und Glucuronsäure.

Der Gummi von *Acacia senegal* besteht aus einer komplexen Mischung von 44 % D-Galctopyranose, 25 % L-Arabinopyranose und Furanose, 14 % L-Rhamnopyranose, 15,5 % D-Glucuropyranosyluronsäure und 1,5 % 4-O-Methyl-D-Glucuropyranosyluronsäure. Darüber hinaus sind auch geringe Mengen (2 %) an Proteinen enthalten. Die Hauptketten bestehen aus  $\beta$ -D-Galaktoseeinheiten, die über 1 bis 3 Bindungen miteinander verknüpft sind und Seitenketten in C-6 Positionen tragen. Diese Seitenketten bestehen aus Oligosacchariden und setzen sich aus D-Galaktose, L-Arabinose, L-Rhamnose und D-Glucuronsäure zusammen. Mit Hilfe der hydrophoben Affinitätschromatographie lässt sich Gummi arabicum in drei Fraktionen aufteilen. Zum einen in die Arabinogalaktan-Fraktion, welche mit 88 % den Hauptteil des Gummis ausmacht und nur wenig Proteine (0,35 %) enthält. Zum anderen in die Arabinogalaktoneprotein-Fraktion, die ca. 10 % der Gesamtmenge ausmacht und ca. 12 % Proteine enthält und als dritte Fraktion in die Glykoprotein-Fraktion, die nur 1,24 % der Gesamtmenge ausmacht, aber zu 50 % aus Proteinen besteht (Al-Assaf et al. 2007).

Das geruchlose Gummi arabicum beinhaltet kein ätherisches Öl.

### Verwendung:

Gummi arabicum wird in der Industrie sehr vielfältig angewendet. In der Lebensmittelbranche wird es als Stabilisator, Verdickungsmittel und Emulgator eingesetzt. Zur Anwendung kommt es hier vor allem in Erfrischungsgetränken, gummiartigen Süßigkeiten und Marshmallows. In der technischen Industrie wird es zur Herstellung von Klebstoffen, Textilien, Farben, Kosmetik, Keramik und zur Beschichtung und als Korrosionsschutz für Metalle eingesetzt. Des Weiteren findet es in der Lithographie Anwendung und wird zur Herstellung von Zündhölzern verwendet. In der Pharmaindustrie wird es als inerte und geschmacksneutraler Zusatzstoff sehr geschätzt. Gummi arabicum wird z. B. zur Stabilisierung von Emulsionen angewendet oder als Gelgrundlage.

In der Volksmedizin wird es innerlich bei Entzündungen der Darmschleimhaut konsumiert und äußerlich zur Abdeckung von Hautentzündungen aufgestrichen. Obwohl es schon sehr lange als inerte Zusatzstoff in vielen Medikamenten verwendet wird, gibt es in der jüngsten Zeit Hinweise, dass Gummi arabicum eine antioxidative und nierenschützende Wirkung haben könnte. Es gibt bereits klinische Studien, die zu dem

Ergebnis gekommen sind, dass Gummi arabicum zu einer Reduktion der Harnstoff-Werte und Kreatinin-Werte beitragen kann und die Anzahl an Dialyseeinheiten pro Woche von 3-mal auf 2-mal reduzieren konnte. Diese Resultate sind vielversprechend, aber es müssen noch weitere Studien zur Untermauerung der Ergebnisse folgen (Ali et al. 2009).

### Antimikrobielle Wirkung:

Es gibt bisher keine Untersuchungen zur antimikrobiellen Wirkung von Gummi arabicum, welches aus der Hauptstammpflanze *Acacia senegal* gewonnen wurde.

In einer Studie nach Clark et al. wurde der Gummi von *Acacia arabica* gegen verschiedene Parodontose auslösende Bakterien getestet. Als Testbakterien dienten die Stämme *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Capnocytophaga spp.*, *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella intermedia* und *Treponema denticola*. Es wurde eine wässrige Suspension des Gummis durch Ultraschallbehandlung hergestellt und eine lösliche Suspension durch Zentrifugation und Membranfiltration. Diese wurden im Anschluss in Columbia-Agar (Nährmedium mit Blut) eingebracht und bei unterschiedlichen Konzentrationen das Wachstum der Bakterien beobachtet. Es konnte lediglich das Wachstum der Bakterien *P. gingivalis* und *P. intermedia* durch die Ultraschallsuspension bei einer Konzentration von 0,5 – 1 % gehemmt werden. Alle anderen Bakterien zeigten keine Einschränkungen in ihrem Wachstum. Trotz allem könnten diese Ergebnisse in der Zukunft von klinischem Wert sein (Clark et al. 1993).

### Unerwünschte Wirkungen:

Gummi arabicum gilt als sicheres Nahrungsmittel ohne nennenswerte Nebenwirkungen. Trotzdem gibt es immer wieder Berichte über Kontaktdermatitis, Husten bis hin zu Asthmaanfällen (Clark et al. 1993).

Eine Studie von Sander et al. kam zu dem Schluss, dass eine Sensibilisierung gegen die Kohlenhydratstrukturen von Gummi arabicum bei atopischen Patienten mit einer Pollenallergie möglich ist, die vorher keinen Kontakt zu Gummi arabicum hatten. Darüber hinaus legt die Studie nahe, dass eine Allergie gegen Gummi arabicum primär durch eine Sensibilisierung von IgE-Antikörpern gegen die Polypeptidketten des Gummis möglich wäre (Sander et al. 2006).

### 3.6. Gummigutt



Abb. 43: Gummigutt

#### Synonyme:

Gutti, *Gummi-resina Gutti*, *Gummi Cambae*, *Gummi victoria*, Cambogia, Gummigutti, *Catharticum aureum*, Siam-Gutti, Gamboge, Gomme-gutte, Gomma guta, Gommagotta, Gommagotta di Ceylan e del Gambogia e del Siam, Hebradendron gambogioides (List und Hörhammer 1973, S. 1100)

#### Stammpflanzen:

Das Gummiharz Gummigutt wird von verschiedenen Stammpflanzen der Gattung *Garcinia* produziert, die zu der Familie der *Guttiferae* (Hartheugewächse) gezählt wird. Als Hauptlieferanten dienen die Arten *Garcinia hanbury* Hook und *Garcinia morella* Desr.

Alle Arten, die im Stande sind das Gummiharz zu produzieren sind folgende (nach List und Hörhammer 1973, S. 1100):

- *Garcinia hanbury* Hook
- *Garcinia morella* Desr.
- *Garcinia chochinensis* (Lour.) Chois
- *Garcinia tinctoria* (DC) F. Wight (Synonym: *Garcinia pictoria* Roxb.)
- *Garcinia travancoria* Bedd.
- *Garcinia cambogia* Desr.
- *Garcinia gaudicaudii* Planch et Triana
- *Garcinia heterandra* Wall.

## Beschreibung:

Die Bäume der Gattung *Garcinia* wachsen ca. 15 m hoch und haben eine orange-braune Rinde. Die Zweige sind stark verzweigt und wachsen in die Breite. Die Blätter sind ledrig, glänzend und lanzettlich. Die Früchte sind rundlich, weisen eine orange bis rote Farbe auf und erinnern in ihrem Aussehen an Maulbeeren (Vonarburg 2005, S.289). Das Gummiharz Gummigutt wird in den schizogenen Sekretgängen und -räumen der Rinde, des Marks und auch in geringem Ausmaß in den Blättern und Früchten der *Garcinia*-Arten gebildet. Nach Einschnitten in die Rinde fließt die harzige Masse aus und kann aufgesammelt werden. Das Harz ist rot-gelb gefärbt und an der Oberfläche grünlich-gelb bestäubt. In den Handel kommt es meist in walzenförmigen Stücken, die allerdings sehr zerbrechlich sind, oder in Kuchenform. Der Bruch ist zitronengelb, mattglänzend und undurchsichtig. Das pulverisierte Harz ist gelb, geruchlos, färbt den Speichel gelb und reizt zum Niesen. Der Geschmack ist anfangs fad und schlägt nach kurzer Zeit in einen kratzigen, scharfen und brennenden Geschmack um. In Verbindung mit Wasser bildet das Harz eine gelbe Emulsion. In Alkohol und Ether löst es sich nur teilweise und erweicht (aber nicht vollständig) bei einer Temperatur von ca. 100° C (List und Hörhammer 1973, S. 1101).



Abb. 44: *Garcinia morella*

## Herkunft:

Die Art *Garcinia hanbury* ist in Asien und hier vor allem in Kambodscha und im Osten von Siam beheimatet. Die zweite Hauptstammpflanze *Garcinia morella* findet man vor allem auf Sri Lanka, Ceylon und Südindien. Die anderen Gummiharz-produzierenden Arten der Gattung *Garcinia* sind in Kambodscha, Südindien, Siam und Vietnam heimisch (List und Hörhammer 1973, S. 1101).

## Gewinnung:

Das Gummiharz Gummigutt wird in schizogenen Sekreträumen und Sekretgängen der Rinde, des Marks und in geringen Mengen auch in den Blättern und Früchten der *Garcinia*-Arten gebildet. Um das Harz zu gewinnen wird die Rinde in etwa 3 – 4 Meter Höhe spiralförmig eingeschnitten und das austretende Harz in langen Bambusröhren gesammelt, die man direkt in den Einschnitten einbringt. Das Harz trocknet anschließend an der Luft oder über Feuer direkt in diesen Bambusröhren mit einem Durchmesser von 3 – 7 cm. Das getrocknete Harz kann im Anschluss aus den Röhren ausgestoßen werden. Dieses als Röhren-Gutti bekannte Harz ist von bester Qualität.

Eine weitere Möglichkeit zur Harzgewinnung wäre die Rinde abzulösen und das ausgetretene Harz jeden Morgen abzukratzen.

Eine andere Möglichkeit um an das Harz zu gelangen, wäre die Blätter und unreifen Früchte des Baumes auszukochen. Hierdurch erhält man allerdings ein Harz von minderwertiger Qualität (List und Hörhammer 1973, S.1101).

Damit sich die Harzgewinnung auch lohnt, sollte ein Baum mindestens 10 Jahre alt sein. Das Harz wird nach der Regenperiode in den Monaten Juni bis Oktober gewonnen (Vonarburg 2005, S. 289).

## Inhaltsstoffe:

Das Gummiharz Gummigutt besteht zu 70 – 75 % aus Harz und zu 25 – 30 % aus einem wasserlöslichen, farblosen Schleim.

Der Schleim (Gummianteil) setzt sich aus ca. 9 % Uronsäuren, 47 % Pentosen (Arabinose), 39 % Hexosen (Galaktosen), 1 % Methylpentosen (Rhamnosin) und ca. 4 % Asche zusammen (List und Hörhammer 1973, S. 1101).

Die saure Harzfraktion besteht aus vielen Xanthon-Derivaten, die ein einzigartiges 4-Oxa-tricyclo[4.3.1.0]dec-2-on Gerüst aufweisen. Der Hauptwirkstoff des Harzes ist die Gambogasäure, die für ihre krebshemmende Wirkung bekannt ist. Weitere bereits identifizierte Xanthon-Derivate des Harzes sind Forbesion, Isomorellasäure, Morellasäure, *R*-30-Hydroxygambogasäure, *S*-30-Hydroxygambogasäure, Hanburin, Isogambogasäure, Gambogensäure, *R*-Isogambogasäure, *S*-Isogambogasäure, *R*-Gambogasäure, *S*-Gambogasäure, Desoxymorellin, Isogambogenin und Isomorellinol (Zhou et al. 2008).

Weitere identifizierte Xanthon-Derivate sind Hanburinon, Isomorellin B, Morellin, Morellinsäure und Morellinsäure (Sukpondma et al. 2005).

Gummigutt ist eines der wenigen Harze, das kein ätherisches Öl und somit keine flüchtigen Verbindungen enthält.

## Verwendung:

Das Gummiharz Gummigutt wurde aufgrund seiner orange-gelben Farbe bereits im 8. Jahrhundert nach Christus in Ostasien als Färbemittel verwendet. In Thailand gibt es Schriften aus dem 12. Jahrhundert nach Christus über die Geschichte der Genji, die mit der Wasserfarbe geschrieben wurden. Medizinisch genutzt wurde das Harz in der asiatischen Volksmedizin sowohl topisch als auch oral. Topisch angewendet wurde es als entzündungshemmendes Mittel bei chronischer Dermatitis, Hautkrankheiten, Hämorrhoiden und Dekubitus. Innerlich wurde es als drastisches Abführmittel, Brechmittel und als Wurmmittel zur Behandlung bei Bandwürmern eingesetzt. Erst in den vergangenen Jahren erlebte das Harz wieder einen Aufschwung, als man die krebshemmende Wirkung des Inhaltsstoffes Gambogasäure entdeckte (Zhou et al. 2008).

In einer Studie von Wang et al. wurde die Auswirkung der aus dem Harz isolierten Gambogasäure auf Brustkrebszellen untersucht.

Die Wissenschaft wird immer wieder vor neue Herausforderung gestellt, da die Resistenz gegen Chemotherapeutika immer mehr zunimmt. Grund dafür ist eine Überexpression des Efflux-Transporters P-Glykoprotein (P-gp) und die Beständigkeit gegen Apoptose. Die Studie wurde mit Doxorubicin-resistenten Brustkrebszellen MCF-7/ADR durchgeführt. Im Rahmen der Durchführung wurden die Zellen mit Doxorubicin, Gambogasäure oder einer Kombination aus beiden behandelt. Die Resultate der Studie zeigten, dass eine Kombination aus Doxorubicin und Gambogasäure am effektivsten war. Es konnte gezeigt werden, dass die Gambogasäure die Doxorubicin-resistenten Brustkrebszellen sensitivieren kann, indem es zu einer Down-Regulierung des P-Glykoproteins kommt und somit zu einer Anreicherung von Doxorubicin in den Zellen. Darüber hinaus erhöht die Gambogasäure die ROS-Produktion und in Folge die Aktivierung von p38 MAKP, was eine gesteigerte Apoptoserate zur Folge hat. Die Studie bestätigt somit die krebshemmende Wirkung der Gambogasäure und eine mögliche künftige Anwendung in der Zukunft bei Doxorubicin-resistentem Brustkrebs (Wang et al. 2015).

### Antimikrobielle Wirkung:

In einer Studie von Zuo et al. wurde ein ethanolischer Extrakt (50 mg/ml) der gesamten Pflanze *G. morella* auf seine antimikrobielle Wirkung untersucht. Im Rahmen dieser Studie wurden insgesamt 30 Pflanzen untersucht, die allesamt traditionell bei Hauterkrankungen eingesetzt werden. Die Pflanzenextrakte wurden gegen die Bakterien *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* und den Pilz *Candida albicans* mit Hilfe der Agardiffusionsmethode getestet. Die Resultate der Hemmzonen (mm) für den ethanolischen Extrakt von *G. morella* sind in der unten stehenden Tabelle aufgelistet:

| Mikroorganismus               | Hemmzone (mm) |
|-------------------------------|---------------|
| <i>Staphylococcus aureus</i>  | 17            |
| <i>Escherichia coli</i>       | 12            |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | <8            |
| <i>Candida albicans</i>       | <8            |

Tab. 40: Antimikrobielle Wirkung der Pflanze *G. morella* (Zuo et al. 2012)

Die Forscher deklarierten eine moderate antimikrobielle Wirksamkeit bei einer Hemmzone von über 10 mm und eine sehr effektive Wirksamkeit bei über 16 mm. Die Resultate zeigen, dass der Extrakt von *G. morella* sehr wirksam gegen *Staphylococcus aureus* und *Escherichia coli* ist (Zuo et al. 2012).

In einer weiteren Studie von Sukpondma et al. wurden fünf Xanthon-Derivate (Hanburinon, Isomoreollin B, Morellin, Moreollinsäure und Morellinsäure) gegen das methicillin-resistente Bakterium *Staphylococcus aureus* getestet. Dazu wurde aus den Früchten von *Garcinia hanbury* das Harz isoliert und ein Methanol-Extrakt hergestellt. Die antibakterielle Wirkung wurde mit Hilfe der Agarmikroverdünnungsmethode untersucht. Die Substanzen Moreollinsäure und Morellinsäure wiesen eine moderate Wirkung gegen das Bakterium auf mit einer minimalen Hemmkonzentration von 25

µg/ml. Die drei anderen Substanzen hingegen (Hanburinon, Isomorellin B und Morellin) konnten nur eine geringe Wirkung erzielen (200 µg/ml). Die Forscher erklärten sich die Wirksamkeit dadurch, dass sich bei den Substanzen Moreollinsäure und Morellinsäure am C-5 Substituent eine terminale Carboxylgruppe befindet und bei den anderen Substanzen hingegen eine Formylgruppe (Sukpondma et al. 2005).

### Unerwünschte Wirkungen:

Es gibt bisher keine Studien, die explizit das Gummiharz Gummigutt betreffen. Allerdings gibt es eine Studie von Qi et al. über die Toxizität der Gambogasäure, die der Hauptwirkstoff des Harzes ist. In dieser Studie wurden Ratten über einen Zeitraum von 13 Wochen beobachtet. Die Ratten erhielten jeden zweiten Tag eine orale Dosis von 30 mg/kg, 60 mg/kg oder 120 mg/kg Gambogasäure. In allen drei Gruppen kam es bei den Ratten zu Durchfall und Schlappeheit. In der Gruppe mit der höchsten Dosis (120 mg/kg) kam es allerdings auch zu Leber- und Nierenschäden und einem reduzierten Körpergewicht. Diese Effekte konnten in den zwei anderen Gruppen nicht beobachtet werden. Die Forscher kamen abschließend zu dem Ergebnis, dass 60 mg/kg Gambogasäure bei Ratten als harmlos einzustufen sind (Qi et al. 2008).



## IV. Diskussion

Ziel dieser Diplomarbeit war es eine Literaturrecherche über ausgewählte Harze und Balsame von A – J durchzuführen, mit besonderem Augenmerk auf die flüchtigen Verbindungen und antimikrobielle Wirkung.

Viele Harze und Balsame sind leider oft nicht als solche klar definiert und unter zahlreichen Synonymen bekannt, was gerade am Anfang der Literaturrecherche zu Verwirrungen führte.

Von den 21 ausgearbeiteten Harzen und Balsamen waren bereits von 18 die flüchtigen Verbindungen bzw. das ätherische Öl untersucht worden. Die Harze Gummigutt und Gummi arabicum gehören zu den wenigen Harzen, welche kein ätherisches Öl und somit flüchtige Verbindungen beinhalten. Eine Untersuchung des Cativobalsams und dessen ätherisches Öl ist noch ausständig.

Das ätherische Öl der Harze und Balsame wird oftmals für deren therapeutische Wirkung verantwortlich gemacht, welche eine antiseptische, hautreizende, antiparasitäre und entzündungshemmende Aktivität umfasst (Teuscher et al. 2004, S. 429).

Von den 21 ausgewählten Harzen und Balsamen konnte bei 14 bereits eine antimikrobielle Wirkung durch Studien belegt werden. Diese Wirkung ist umso wichtiger, weil die Antibiotikaresistenz immer mehr zunimmt und somit auf natürliche Quellen zurückgegriffen werden muss (<http://www.euro.who.int/de/health-topics/disease-prevention/antimicrobial-resistance/antibiotic-resistance>). Diese antimikrobielle Wirkung wird oft auf das Vorhandensein von Phenolen, Sesquiterpenen und Flavonoiden zurückgeführt (z.B. Kavooosi und Rowshan 2013). Aufgrund der Tatsache, dass die Harze und Balsame eher arm an Nebenwirkungen sind, wird ihre antimikrobielle Wirkung auch in der Lebensmittelbranche zur Konservierung von Nahrungsmitteln ausgenutzt (z.B. Gupta et al. 2011). Hier gibt es allerdings noch viel Forschungsarbeit zu leisten und meine Diplomarbeit soll einen Anstoß für weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet geben. Hier ist zum Beispiel die Überprüfung der antimikrobiellen Wirkung folgender Harze und Balsame noch ausständig: Akaroidharz, Bernstein, Föhrenharz, Jalapenharz, Hardwickiabalsam, Cabureibabalsam und Cativobalsam.

Besonders hervorheben möchte ich die Harze Adlerholz, Guayule und Guggul, welche eine potente zytotoxische Wirkung aufweisen und im Stande sind zahlreiche Krebszelllinien zu hemmen. Die terpenoiden Bestandteile und die Cucurbitacine E und I des Adlerholzes haben sich in der Bekämpfung von Brustkrebszellen als wirksam erwiesen (Chen et al. 2014). Genauso wie die Triterpene Argentatin A und B des Guayule Harzes eine zytotoxische Wirkung gegen alle fünf getesteten Krebszelllinien aufweisen konnten und eine besondere Effizienz gegen Prostatakarzinome zeigen konnten (Parra-Delgado et al. 2005). Die Guggulsterone des Guggulharzes führen zu einer Hemmung der Zellproliferation, einer Induktion der Apoptose und einer Unterdrückung der Angiogenese. All diese Wirkmechanismen führen zu einer Unterdrückung von tumorauslösenden Faktoren und könnten in Zukunft zur Behandlung von Lungenkarzinomen, Kopf- und Halskarzinomen, Brustkrebs, Leukämie, multiples Myelom und Ovarialkarzinomen eingesetzt werden. Darüber hinaus besitzen diese Guggulsterone auch hypolipide Eigenschaften, weshalb sie in der Volksmedizin schon lange als Cholesterinsenker eingesetzt werden (Shishondra et al. 2008).

Pflanzliche Harze und Balsame sind daher von großem medizinischem Wert und haben sowohl in der Krebsheilkunde als auch in der Erforschung neuer antimikrobieller Präparate großes Zukunftspotential.

## V. Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: *Myrocarpus frondosus*: <http://www.proparq.it/en/essenze/cabreuva-2/>, abgerufen am 16.6.15
- Abb. 2: *Prioria copaifera*: <http://perfectearthazuero.org/trees/prioria-copaifera/>, abgerufen am 26.6.15
- Abb. 3: Rindeneinschnitt bei *Hardwickia pinnata*: [http://www.biotik.org/india/species/k/kingpinn/kingpinn\\_en.html](http://www.biotik.org/india/species/k/kingpinn/kingpinn_en.html), abgerufen am 4.6.15
- Abb. 4: *Hardwickia pinnata*: <http://www.tree-nation.com/forests/discussions/5820/hardwickia-binata>, abgerufen am 4.6.15
- Abb. 5: Adlerholz: <http://www.sonnlicht.de/tag/adlerholz/>, abgerufen am 2.2.2015
- Abb. 6: *Aquilaria agallocha*: <http://www.oudyssee.com/en/blog-en/oudentity/what-is-oud-agarwood-aloeswood/>, abgerufen am 2.2.2015
- Abb. 7: Akaroidharz: <http://www.wikiwand.com/de/Akaroidharz>, abgerufen am 13.11.13
- Abb. 8: *Xanthorrhoea latifolia*: [http://library.kiwix.org/wikipedia\\_de\\_all\\_05\\_2012/A/Xanthorrhoea.html](http://library.kiwix.org/wikipedia_de_all_05_2012/A/Xanthorrhoea.html), abgerufen am 13.11.13
- Abb. 9: Aloeharz: <http://www.ebay.de/itm/Kap-Aloe-Harz-Kapaloe-20g-feinstes-Raeucherwerk-enntspannt-beruhigt-/261194596366>, abgerufen am 18.6.15
- Abb. 10: *Aloe barbadensis* Miller: [https://middlepath.com.au/plant/aloes\\_Aloe\\_Vera\\_barbadensis-miller.php](https://middlepath.com.au/plant/aloes_Aloe_Vera_barbadensis-miller.php), abgerufen am 19.6.15
- Abb. 11: Bernstein: <http://www.bernstein.tips/bernstein-allgemeines.php>, abgerufen am 26.8.15
- Abb. 12: *Pinus succinifera*: [http://www.ambergallery.lt/de/dispatch.php?itm=de\\_museums\\_3%2Fde\\_museums\\_3\\_1](http://www.ambergallery.lt/de/dispatch.php?itm=de_museums_3%2Fde_museums_3_1), abgerufen am 26.8.15
- Abb. 13: Drachenblut: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), abgerufen am 20.11.2013
- Abb. 14: *Dracaena draco*: <http://transinformation.net/fantastisch-schoene-baeume-aus-aller-welt/>, abgerufen am 22.12.2013
- Abb. 15: Fichtenharz: <http://www.oneness-world.eu/pages/raeuchern-u.-duftoele/harze-d-k/fichtenharz.php>, abgerufen am 2.6.15
- Abb. 16: *Picea abies*: [http://buddenberg-arboretum.de/dt\\_portfolio/gemeine-fichte/](http://buddenberg-arboretum.de/dt_portfolio/gemeine-fichte/), abgerufen am 2.6.15
- Abb. 17: Harzformen von *Picea abies*: Holmbom T., Reunanen M., Fardim P.; *Composition of callus resin of Norway spruce, Scots pine, European larch and Douglas fir*, *Holzforschung*, 62, 418, 2008
- Abb. 18: Föhrenharz: <http://www.amarandel.de/kiefernharz.html#.Vdm3GbW8rTg>, abgerufen am 23.8.15
- Abb. 19: *Pinus nigra*: [http://www.snipview.com/q/Pinus\\_nigra](http://www.snipview.com/q/Pinus_nigra), abgerufen am 28.8.15
- Abb. 20: Guajakharz: <https://www.joha.eu/shop/de/naturfarbstoffe/guajakharz-braun.htm>, abgerufen am 12.1.2014
- Abb. 21: *Guaiacum sanctum*: <http://www.timespub.tc/2012/06/hidden-stories/>, abgerufen am 12.1.2014
- Abb. 22: Guayule Gummi: <http://imr.osu.edu/2010/12/faculty-spotlight-dr-katrina-cornish/>, abgerufen am 4.5.2015

Abb. 23: *Parthenium argentatum*: <http://faluke.blogspot.co.at/2011/07/parthenium-argentatum.html>, abgerufen am 5.5.2015

Abb. 24: Haschisch: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), abgerufen am 14.5.2015

Abb. 25: *Cannabis sativa subsp. sativa*: <http://flora.nhm-wien.ac.at/Seiten-Arten/Cannabis-sativa-sat.htm>, abgerufen am 15.5.2015

Abb. 26: Lose Doldenblätter von *Humulus lupulus* mit Harzkügelchen: <http://www.alcimia.de/ich-packe-meinen-medizinbeutel/>, abgerufen am 20.5.2015

Abb. 27: *Humulus lupulus*: <http://digituin.tuinadvies.be/plant/768/humulus-lupulus>, abgerufen am 20.5.2015

Abb. 28: Jalapenknolle: <http://www.spektrum.de/lexikon/arzneipflanzen-drogen/ipomoea-purga/7496>, abgerufen am 4.3.2015

Abb. 29: *Ipomoea purga*: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ipomoea\\_purga](http://es.wikipedia.org/wiki/Ipomoea_purga), abgerufen am 12.5.2015

Abb. 30: Ammoniacum: <http://www.spektrum.de/lexikon/arzneipflanzen-drogen/dorema-ammoniacum/3867>, abgerufen am 25.3.15

Abb. 31: *Ammoniacum dorema*: <http://www.botanical.com/botanical/mgmh/a/ammon032.html>, abgerufen am 25.3.15

Abb. 32: Asafoetida: <http://spicetrekkers.com/products-page/indian-sri-lankan/asafoetida/>, abgerufen am 1.4.15

Abb. 33: *Ferula assa-foetida*: <http://www.apeldoorn.groei.nl/index.php?id=45092>, abgerufen am 1.4.15

Abb. 34-36: Harzfraktionen des Gummiharzes Asafoetida: Kavooosi G., Rowshan V.; *Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil obtained from Ferula assa-foetida oleo-gum-resin: Effect of collection time*, Food Chemistry, 138, 2183, 2013

Abb. 37: Galbanum: <https://www.pinterest.com/pin/375346950166896336/>, abgerufen am 13.6.15

Abb. 38: *Ferula gummosa*: <http://www.pfaf.org/user/Plant.aspx?LatinName=Ferula+gummosa>, abgerufen am 13.6.15

Abb. 39: Guggul-Harz: <http://www.raeucherguru.de/guggul-bdellium/>, abgerufen am 10.6.15

Abb. 40: *Commiphora wightii*: [http://bsi.gov.in/PhotoP/8\\_6\\_FrontPhotoGallery.aspx](http://bsi.gov.in/PhotoP/8_6_FrontPhotoGallery.aspx), abgerufen am 10.6.15

Abb. 41: Gummi arabicum: [http://www.shopssl.de/epages/es125162.sf/de\\_DE/?ObjectPath=/Shops/es125162/Categories/Rohstoffe\\_\\_Pigmente/Rohstoffe/%22Gummi%20Arabicum%22](http://www.shopssl.de/epages/es125162.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/es125162/Categories/Rohstoffe__Pigmente/Rohstoffe/%22Gummi%20Arabicum%22), abgerufen am 23.6.15

Abb. 42: *Acacia senegal*: <http://www.life-nature.ru/articles/3/article53.htm>, abgerufen am 24.6.15

Abb. 43: Gummigutt: <http://www.ebay.co.uk/itm/75-gm-Pure-Pipe-Gum-Gamboge-camboge-Resin-/150613173347>, abgerufen am 5.6.15

Abb. 44: *Garcinia morella*: [http://www.stevenfoster.com/photography/imageviewsg/garcinia/morella/gm1\\_092010/content/Garcinia\\_morella\\_23467\\_large.html](http://www.stevenfoster.com/photography/imageviewsg/garcinia/morella/gm1_092010/content/Garcinia_morella_23467_large.html), abgerufen am 5.6.15

## VI. Literaturverzeichnis

- Abedi D., Jalali M., Asghari G., Sadeghi M.; *Composition and antimicrobial activity of oleogumresin of Ferula gumosa Bioss. essential oil using Alamar Blue™*, Research in Pharmaceutical Sciences, 3(1), 41-45, **2008**
- Adhami H., Lutz J., Kählig H., Zehl M., Krenn L.; *Compounds from Gum Ammoniacum with Acetylcholinesterase Inhibitory Activity*, Scientia Pharmaceutica, 81, 793–805, **2013**
- Al-Assaf S., Phillips G. O., Aoki H., Sasaki Y.; *Characterization and properties of Acacia senegal (L.) Willd. var. senegal with enhanced properties (Acacia (sen) SUPER GUM)*:  
Ali B. H., Ziada A., Blunden G.; *Biological effects of gum arabic: A review of some recent research*, Food and Chemical Toxicology, 47, 1-8, **2009**
- Anagnostou S.; *Jesuiten in Spanisch-Amerika als Übermittler von heilkundlichem Wissen*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, **2000**
- Anthon E. F.; *Handwörterbuch der chemisch-pharmazeutischen und pharmakognostischen Nomenklaturen: oder Übersicht aller lateinischen, deutschen und französischen Benennungen der chemisch-pharmazeutischen Präparate, so wie der im Handel vorkommenden rohen Arzneistoffe, für Ärzte, Apotheker und Drogisten, Band 1*, Verlag Schrag, Nürnberg, 1. Auflage, **1833**
- Appendino G., Gibbons S., Giana A., Pagani, A., Grassi G., Stavri M., Smith E., Rahman M. M.; *Antibacterial Cannabinoids from Cannabis Sativa: a Structure-activity Study*, Journal of natural products, 71, 1427–1430, **2008**
- Bahrami G., Soltani R., Sajjadi S. E., Kanani M. R., Naderi R., Ghiasvand N., Shokoohinia Y.; *Essential Oil Composition of Ferula Assa-Foetida L. Fruits from Western Iran*, Journal of Reports in Pharmaceutical Sciences, 2(2), 1-8, **2012**
- Bajaj Y. P. S.; *Medicinal and Aromatic Plants IX*, Springer Science & Business Media Verlag, Heidelberg-Berlin-New York, 9. Auflage, **1996**
- Baltisberger M., Nyffeler R., Widmer A.; *Systematische Botanik*, vdf Hochschulverlag AG, Zürich, 4. Auflage, **2013**
- Behpour M., Ghoreishi S. M., Khayatkashani M., Soltani N.; *The effect of two oleo-gum resin exudate from Ferula assa-foetida and Dorema ammoniacum on mild steel corrosion in acidic media*, Corrosion Science, 53, 2489–2501, **2011**
- Bellesia F, Pinetti A., Tirillini B., *Headspace analysis of Croton lechleri L. sap.*, Journal of Essential Oil Research, 8(4), 435-437, **1996**
- Bendz G., Santesson J.; *Chemistry in Botanical Classification: Medicine and Natural Sciences*, Verlag Elsevier, New York-London, **1973**

Bergmann M., Boresch K., Brieger R., Dafert F. W., Dischendorfer O., Dürr W., Ehrlich F., Evers F., Freudenberg K., Gierth M., Hadders M., Kalb L., Karrer P., Klein G., Kofler L., Kögl F., Krüger D., Lillig R., Mayer F., Pringsheim H., Rosenthaler L., Rupe H., Schaerer M., Schneider W., Sutthoff W., Thies W., Thomas H. K., Treibs A., Wehmer C., Zechmeister L., Zetzsche F.; *Handbuch der Pflanzenanalyse*, Springer Verlag, Wien, 1. Ausgabe, **1932**

Birch A. J., Dahl C. J.; *Some constituents of the resin of Xanthorrhoea preissii, X. australis and X. hastile*, Australian Journal of Chemistry, 27, 331-334, **1974**

Blaschek W., Hänsel R., Keller K., Reichling J., Rimpler H., Schneider G.; *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 5. Auflage, **1998**

Bley L.; *Archiv der Pharmazie, Bände 153-154*, Selbstverlag des Deutschen Apotheker-Vereins, Hannover, **1860**

Celestino V. R. L., Maranhão H. M. L., Vasconcelos C. F. B., Lima C. R., Medeiros G. C. R., Araújo A. V., Wanderley A. G.; *Acute toxicity and laxative activity of Aloe ferox resin*, Brazilian Journal of Pharmacognosy, 23(2), 279-283, **2013**

Chadwick L.R., Pauli G. F., Farnsworth N. R.; *The pharmacognosy of Humulus lupulus L. (hops) with an emphasis on estrogenic properties*, Phytomedicine, 13(1-2), 119–131, **2006**

Chen C., Chien-Yen Kuo T., Yang M., Chien T., Chu M., Huang L., Chen C., Lo H., Jeng S., Chen L.; *Identification of cucurbitacins and assembly of a draft genome for Aquilaria agallocha*, BMC Genomics, 15, 578, **2014**

Chen H.; Zuo W.; Wang H.; Shen H., Luo Y.; Dai H.; Mei W.; *Two new antimicrobial flavanes from dragon's blood of Dracaena cambodiana*, Journal of Asian Natural Products Research, 436-440, **2012**

Clark D. T., Gazi M. I., Cox S. W., Eley B. M., Tinsley G. F.; *The effects of Acacia arabica gum on the in vitro growth and protease activities of periodontopathic bacteria*, Journal of Clinical Periodontology, 20(4), 238-243, **1993**

Cock I. E., Kalt F. R.; *Toxicity evaluation of Xanthorrhoea johnsonii leaf methanolic extract using the Artemia franciscana bioassay*, Pharmacognosy Magazine, 6(23), 166-171, **2010**

*Commiphora wightii* (Arn.) Bhandari., *gum extract*, Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy, 2 (7), 91-96, **2010**

Cornish K., Williams J. L., Kirk M., Teeto V. H., Ray D. T.: *Evaluation & control of potential sensitizing & irritating chemical components in natural rubber latex extracted from the industrial crop guayule*, Industrial Biotechnology, 5 (4), 245-252, **2009**

Cui J., Guo S., Xiao P.; *Antitumor and antimicrobial activities of endophytic fungi from medicinal parts of Aquilaria sinensis*, Journal of Zhejiang University-Science B (Biomedicine & Biotechnology), 12,(5), 385-392, **2011**

Cui J.; Guo S.; Dong H.; Xiao P.; *Endophytic Fungi from Dragon's Blood Specimens: Isolation, Identification, Phylogenetic Diversity and Bioactivity*, Journal Phytotherapie Research, 25, 1189–1195, **2011**

Custódio D. L., Veiga-Junior V. F.; *True and common balsams*, Brazilian Journal of Pharmacognosy, 22(6), 1372-1383, **2012**

Dastagir G., Hussain F., Ali Khan A., *Antibacterial activity of some selected plants of family Zygophyllaceae and Euphorbiaceae*, Journal of Medicinal Plants Research, 6, 5360-5368, **2012**

Davoudi Moghadam H., Mohamadi Sani A., Mehraban Sangatash M.; *Effect of Oleo-Gum Resin of Ferula Assafoetida on Growth of Some Food and Crop Contaminating Microbes*, International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2 (11), 2788-2794, **2014**

De Smet K., Van den Plas D., Lens D., Sollie P., *Pre-clinical Evaluation of a New Antimicrobial Enzyme for the Control of Wound Bioburden*, **2009**

Delnavazi M. R., Tavakoli S., Rustaie A., Batooli H, Yassa N.; *Antioxidant and antibacterial activities of the essential oils and extracts of Dorema ammoniacum roots and aerial parts*, Research Journal of Pharmacognosy, 1(4), 11-18, **2014**

Desmarchelier C., Witting Schaus F., Coussio J., Cicca G.; *Effects of sangre de drago from Croton lechleri Muell.-Arg. on the production of active oxygen radicals*, Journal of Ethnopharmacology; 58(2), 103-108, **1997**

Dierbach J. H.; *Grundriss der allgemeinen ökonomisch-technischen Botanik oder systematische Beschreibung der nutzbarsten Gewächse aller Himmelstriche*, Verlag Karl Groos, Heidelberg-Leipzig, Band 1, **1836**

Duke A., *Handbook of Medicinal Herbs*, CRC Press LLC, Florida, 2.Auflage, **1929**

Ebadi M.; *Pharmacodynamic Basis of Herbal Medicine*, Verlag CRC Press, Boca Raton (Florida), 1. Auflage, **2002**

Ehlers R. C., Sandermann W.; *Untersuchungen über harzhaltige Tropenhölzer*, Holz als Roh- und Werkstoff, 19(5), 187-195, **1961**

Eisenbrand G., Schreier P., Meyer A. H.; *RÖMPP Lexikon Lebensmittelchemie*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2. Auflage, **2006**

ElSohly M. A.; *Marijuana and the Cannabinoids (Forensic Science and Medicine)*, Human Press Inc, Totowa (New Jersey), 1. Auflage, **2007**

Evert R. F., Esau K., Eichhorn S. E.; *Esaus Pflanzenanatomie: Meristeme, Zellen und Gewebe der Pflanzen - ihre Struktur, Funktion und Entwicklung*, Walter de Gruyter Verlag, Berlin, 3. Auflage, **2009**

Fischer B.; *Die Neueren Arzneimittel: Für Apotheker, Ärzte und Drogisten*, Springer Verlag, Berlin, 5. Ausgabe, **2013**

Genske G.; *Use of guaiac wood for treating inflammation of the skin*, Patent No.:US 7,494,672 B2, **2009**

Gerber R.; *Bernstein als Vision*, Verlag BoD - Books on Demand, Norderstedt, 1. Auflage, **2009**

Gerhäuser C.; Broad spectrum anti-infective potential of xanthohumol from hop (*Humulus lupulus* L.) in comparison with activities of other hop constituents and xanthohumol metabolites, *Molecular Nutric Food Research*, 49(9), 827-31, **2005**

Geschwinde T.; *Rauschdrogen: Marktformen und Wirkungsweisen*, Springer Verlag, Heidelberg-Dordrecht-London-New York, 7. Auflage, **2013**

Ghannadi A., Amree S.; *Volatile Oil Constituents of Ferula gummosa Boiss. from Kashan, Iran*, *Journal of Essential Oil Research*, 14(6), 420-421, **2002**

Giese F.; *Chemie der Pflanzen- und Thierkörper in pharmazeutischer Rücksicht*, Hartmann, Leipzig, Band 1, **1811**

Grace O. M.; Current perspectives on the economic botany of the genus *Aloe* L. (*Xanthorrhoeaceae*), *South African Journal of Botany*, 77, 980–987, **2011**

Gunaselvi G., Kulasekaren V. , Gopal V.; *Anti bacterial and antifungal activity of various leaves extracts of Hardwickia binata roxb. (Caesalpinaceae)*, *International Journal of PharmTech Research*, 2 (4), 2183-2187, **2010**

Gupta D.; Gupta R.; *Bioprotective properties of Dragon's blood resin: In vitro evaluation of antioxidant activity and antimicrobial activity*, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 11(13), 2-9, **2011**

Gupta D.; Gupta R.; Bleakly B.; *Dragon's blood: Botany, chemistry and therapeutic uses*, *Journal of Ethnopharmacology*, 115, 361–380, **2008**

Hager H.; *Hager's Handbuch der pharmaceutischen Praxis für Apotheker, Ärzte, Drogisten und Medicinalbeamte*, Springer Verlag, Berlin, Band 1, **1908**

Hänsel R., Sticher O., Steinegger E.; *Pharmakognosie – Phytopharmazie*, Springer, Heidelberg, 9. Auflage, **2010**

He M., Qi S., Hu L.; *Rapid in vitro propagation of medicinally important Aquilaria agallocha*, *Journal of Zhejiang University Science*, 6B,(8), 849-852, **2005**

Heidler H.; *Wesen und Heilkraft der Fichte: Kleiner Streifzug durch Geschichte und Anwendung*, Books on Demand GmbH, Norderstedt, 1. Auflage, **2008**

Hess R. W., Record M. E.; *Foreign wood imports*, *Tropical Woods*, 96, 21–36, **1950**

- Hillig K. W.; *A chemotaxonomic analysis of terpenoid variation in Cannabis*, *Biochemical Systematics and Ecology*, 32, 875–891, **2004**
- Hoffmann E.; *Lexikon der Steinzeit*, Verlag BoD - Books on Demand, Norderstedt, 2. Auflage, **2012**
- Holmbom T., Reunanen M., Fardim P.; *Composition of callus resin of Norway spruce, Scots pine, European larch and Douglas fir*, *Holzforschung*, 62, 417-422, **2008**
- Hoppe H. A.; *Drogenkunde. Band 2: Gymnospermen, Kryptogamen, Tierische Drogen*, Walter de Gruyter, Berlin-New York, 8. Auflage, **1977**
- Hosseini S. A. R., Naseri H. R., Azarnivand H., Jafari H., Rowshan V., Panahian A. R.; *Comparing Stem and Seed Essential Oil in Dorema ammoniacum D. Don. From Iran*, *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17(6), 128 –1292, **2014**
- Howes F. N.; *Age-Old Resins of the Mediterranean Region and Their Uses*, *Economic Botany*, 4(4), 307-316, **1950**
- Hunnius C.; Burger A; *Pharmazeutisches Wörterbuch*, Gruyter, Walter de GmbH, Berlin, 8. Auflage, **1998**
- Iranshahy M., Iranshahi M.; *Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of asafoetida (Ferula assa-foetida oleo-gum-resin)—A review*, *Journal of Ethnopharmacology*, 134, 1–10, **2011**
- Irion H.; *Chemikalien, Drogen, wichtige physikalische Begriffe in lexikalischer Ordnung: A–K*, Springer Verlag OHG, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1. Ausgabe, **1955**
- Ishnava K. B., Mahida Y. N., Mohan J. S. S.; *In vitro assessments of antibacterial potential of*
- Iyer K. S., Sudborough J. J.; *The Oleo-Resin from Hardwickia Pinnata*, *Journal of the Indian Institute of Science*, 2, 29-35, **1918**
- Jalali H. T., Ebrahimian Z. J., Evtuguin D. V., Neto C. P.; *Chemical composition of oleo-gum-resin from Ferula gummosa*, *Industrial Crops and Products*, 33, 549–553, **2011**
- Jong P., Tsan P., Rozi M.; *Gas Chromatography-Mass Spectrometry Analysis of Agarwood Extracts from Mature and Juvenile Aquilaria malaccensis*, *International Journal of Agriculture & Biology*, 16, 644-648, **2014**
- Kalman N. L., *A New Substance, Catic Acid, and its Preparation, Properties and Derivatives*, *This Journal*, 60, 1423-1425, **1938**
- Kamonwannasit S., Nantapong N., Kumkrai P., Luecha P., Kupittayanant S., Chudapongse N.; *Antibacterial activity of Aquilaria crassna leaf extract against Staphylococcus epidermidis by disruption of cell wall*, *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 12:20, **2013**

Kavoosi G., Rowshan V.; *Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil obtained from Ferula assa-foetida oleo-gum-resin: Effect of collection time*, Food Chemistry, 138, , 2180–2187, **2013**

King J., Wickes Felter H., Uri Lloyd J.; *King´s American Dispensatory*, Ohio Valley Company, Ohio, 19. Ausgabe, **1905**

Langenheim, J. H.; *Plant Resins: Chemistry, Evolution, Ecology and Ethnobotany*, Timber Press, Portland, **2003**

List P. H., Hörhammer L.; *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 4. Ausgabe, **1973**

Lück E., Jager M.; *Chemische Lebensmittelkonservierung: Stoffe – Wirkungen - Methoden*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 3. Auflage, **1995**

Maatooq G. T., El Gamal A. A. H., Furbacher T. R., Cornuelle T. L., Hoffmann J. J.; *Triterpenoids from Parthenium argentatum x P. tomentosa*, Phytochemistry, 60, 755–760, **2002**

Maatooq G. T., Hoffmann J. J.; *Pyridine Alkaloids from a Parthenium Hybrid*, Zeitschrift für Naturforschung, 57, 211-215, **2002**

Maatooq G. T., Strumpf D. K., Hoffmann J. J., Hutter L. K., Timmermann B. N.; *Antifungal Eudesmanoids from Parthenium argentatum x P. tomentosa*, Phytochemistry, 41 (2), 519-524, **1996**

Madaus G.; *Lehrbuch der biologischen Heilmittel*, Georg Thieme Verlag, Leipzig, 2. Band, **1938**

Magwa M. L., Gundidza M., Coopoosamy R. M., Mayekiso B.; *Chemical composition of volatile constituents from the leaves of Aloe ferox*, African Journal of Biotechnology, 5(18), 1652-1654, **2006**

Mahboubi M., Kazempour M., Mahboubi M.; *Antimicrobial activity of Rosemary, Fennel and Galbanum essential oils against clinical isolates of Staphylococcus aureus*, Biharean Biologist, 5(1), 4-7, **2011**

Mahendra P., Bisht S.; *Ferula asafoetida: Traditional uses and pharmacological activity*, Pharmacognosy Review, 6, (12), 141–146, **2012**

Mander L., Liu H.; *Comprehensive Natural Products II: Chemistry and Biology*, Verlag Elsevier, Kidlington, 1. Ausgabe, **2010**

Marchini M., Charvoz C., Dujourdy L., Baldovini N., Filippi J.-J.; *Multidimensional analysis of cannabis volatile constituents: Identification of 5,5-dimethyl-1-vinylbicyclo[2.1.1]hexane as a volatile marker of hashish, the resin of Cannabis sativa L.*, Journal of Chromatography A, 1370, 200–215, **2014**

- Massi P., Vaccani A., Ceruti S., Colombo A., Abbracchio M. P., Parolaro D.; *Anti-tumor effects of cannabidiol, a non-psychotropic cannabinoid, on human glioma cell lines*, CNS Drugs, 17 (3), 179-202, **2013**
- Melebari A.; *Genetic bases of Bacillus subtilis sensitivity to Guaiacum sanctum L (Zygophyllaceae)*, Western Illinois University, ProQuest, Ann Arbor, **2010**
- Misra R., Pandey C., Dev S.; *Diterpenoids from the Oleoresin of Hardwickia pinnata Part 1: Hardwickia Acid*, Journal Tetrahedron, 35, 2301-2310, **1978**
- Mizobuchi S., Sato Y.; *Antifungal Activities of Hop Bitter Resins and Related Compounds*, Agricultural and Biological Chemistry, 49 (2), 399-403, **1985**
- Munk K.; *Taschenlehrbuch Biologie: Botanik*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York, 1. Auflage, **2008**
- Naef R.; *The volatile and semi-volatile constituents of agarwood, the infected heartwood of Aquilaria species: A review*, Flavour and Fragrance Journal, 26, 73-89, **2011**
- Nakayama F. S.; *Guayule future development*, Industrial Crops and Products, 22, 3-13, **2005**
- Naya Y., Kotake M.; *The Constitutes of Hops (Humulus lupulus L.) - the rapid analysis of volatile components*, Bulletin of the chemical society of Japan, 45, 2887-2891, **1972**
- Nidiry E. S. J.; Ganeshan G., Lokesha A. N.; *Antifungal Activity of some Extractives and Constitutes of Aloe vera*, Research Journal of Medicinal Plants, 5(2), 196-200, **2011**
- Nor Azah M. A., Chang Y. S., Mailina J., Abu Said A., Abd. Majid J. Saidatul Husni S., Nor Hasnida H., Nik Yasmin Y.; *Comparison of chemical profiles of selected gaharu oils from peninsular Malaysia*, The Malaysian Journal of Analytical Sciences, 12(2), 338 - 340, **2008**
- Ogawa Y., Oku H., Iwaoka E., Iinuma M., Ishiguro K.; *Allergy-Preventive Flavonoids from Xanthorrhoea hastilis*, Chemical and Pharmaceutical. Buletin, 55(4), 675-678, **2007**
- Okugawa H., Ueda R., Matsumoto K., Kawanishi K., Kato A.; *Effects of jinkoh-eremol and agarospirol from agarwood on the central nervous systems in mice*, Planta Medica, 62, 2-6, **1996**
- Ou L.; Wang X.; Zhang C.; *Production and characterization of dragon's blood from leaf blades of Dracaena cambodiana elicited by Fusarium proliferatum*, Industrial Crops and Products, 45, 230-235, **2013**
- Pandey R., Mishra A.; *Antibacterial Activites of the Crude Extract of Aloe barbadensis to Clinically Isolated Bacterial Pathogens*, Applied Biochemistry and Biotechnology, 160, 1356-1361, **2010**
- Parra-Delgado H., Garcia-Pillado F., Sordo M., Ramirez-Apan T., Martinez-Vazquez M., Ostrosky-Wegman P.; *Evaluation of the cytotoxicity, cytostaticity and genotoxicity of*

*Argentatins A and B from Parthenium argentatum (Gray)*, Life Sciences, 77, 2855–2865, **2005**

*Part 1—Controlled maturation of Acacia senegal var. senegal to increase viscoelasticity, produce a hydrogel form and convert a poor into a good emulsifier*, Food Hydrocolloids, 21, 319–328, **2007**

Pascual-Villalobos M. J., López M. D.; *New application of guayule resin in controlled release formulations*, Industrial Crops and Products, 43, 44– 49, **2013**

Perdue G, Blomster R, Blake D, Farnsworth N.; *South American plants II: Taspine isolation and anti-inflammatory activity*, Journal of Pharmaceutical Sciences, 68(1), 124-126, **1979**

Pereda-Miranda R., Fragoso-Serrano M., Escalante-Sanchez E., Hernandez-Carlos B., Linares E., Bye R.; *Profiling of the Resin Glycoside Content of Mexican Jalap Roots with Purgative Activity*, Journal of Natural Products, 69 (10), 1460-1466, **2006**

Pertwee R. G.; *Cannabis and Cannabinoids: Pharmacology and Rationale for clinical use*, Research in complementary medicine, 6 (3), 12-15, **1999**

Pieters L., de Bruyne T., Claeys M., Vlietinck A., Calomme M., Van den Berghe D.; *Isolation of a dihydrobenzofuran lignan from South American dragon's blood (Croton spp.) as an inhibitor of cell proliferation*, Journal of Natural Products, 56(6), 899-906, **1993**

Platz W. E.; *Psychopharmaka bei psychiatrischen Erkrankungen: Neuroleptika, Tranquilizer, Antidepressiva*, Springer Verlag, Berlin, 3. Auflage, **2013**

Qi Q., You Q., Gu H., Zhao L., Liu W., Lu N., Guo Q.; *Studies on the toxicity of gambogic acid in rats*, Journal of Ethnopharmacology, 117, 433–438, **2008**

Rajani M., Saxena N., Ravishankara M.N., Desai N., Padh H.; *Evaluation of the Antimicrobial Activity of Ammoniacum Gum from Dorema ammoniacum*, Pharmaceutical Biology, 40, 7, 534-541, **2002**

Rautio M., Sipponen A., Lohi J., Lounatmaa K., Koukila-Kähkölä P., Laitinen K.; *In vitro fungistatic effects of natural coniferous resin from Norway spruce (Picea abies)*, European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases, 31, 1783–1789, **2012**

Rautio M., Sipponen A., Peltola R., Lohi J, Jokinen J. J., Papp A., Carlson P., Sipponen P.; *Antibacterial effects of home-made resin salve from Norway spruce (Picea abies)*, Journal APMIS, 115, 335-340, **2007**

Reynolds T.; *The Genus Aloe: Medicinal and Aromatic Plants — Industrial Profiles*, Verlag CRC Press, Boca Raton (Florida), **2004**

Richter D.; *Kompendium der Baumheilkunde nach Richter: Ganzheitsmedizin mit Baum-Essenzen nach Richter*, Verlag BoD-Books on Demand, Norderstedt, 2. Auflage, **2015**

Ryberg E., Larsson N., Sjogren S., Hjorth S., Hermansson N. O., Leonova J., Elebring T., Nilsson K., Drmota T., Greasley P. J.; *The orphan receptor GPR55 is a novel cannabinoid receptor*, British Journal of Pharmacology, 152, 1092–1101, **2007**

Saeed M. A., Sabir A. W.; *Antibacterial activities of some constituents from oleo-gum-resin of Commiphora mukul*, Journal Fitoterapia, 75, 204-208, **2004**

Sahu P. K., Giri D. D., Singh R., Pandey P., Gupta S., Shrivastava A. K., Kumar A., Pandey K. D.; *Therapeutic and Medicinal Uses of Aloe vera: A Review*, Pharmacology & Pharmacy, 4, 599-610, **2013**

Sander I., Raulf-Heimsoth M., Wiemer K., Kespohl S., Brüning T., Merget R.; *Sensitization due to G.A. (Acacia senegal): the cause of occupational allergic asthma or crossreaction to carbohydrates?*, International Archives of Allergy and Immunology, 141, 51–56, **2006**

Saxena V. K., Sharma R .N.; *Constituents of the essential oil from Commiphora mukul*, Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 20 (1), 55-56, **1998**

Schaer E.; *Notizen über eine pharmakognostische Rarität: Myrocarpus-Balsam aus Brasilien (Cabureiba-Balsam von Piso; Baume du Pérou en coques von Guibourt)*, Archiv der Pharmazie, 247, 176-183, **1909**

Schiller H., Forster A., Vonhoff C., Hegger M., Biller A., Winterhoff H.; *Sedating effects of Humulus lupulus L. extracts*, Phytomedicine, 13, 535–541, **2006**

Schmidt E. A.; *Ausführliches Lehrbuch der pharmaceutischen Chemie*, Verlag F. Vieweg & Sohn, Michigan, 4. Ausgabe, **1901**

Schormüller J.; *Die Bestandteile der Lebensmittel*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1. Ausgabe, **1965**

Schrott E., Ammon H. P. T.; *Heilpflanzen der ayurvedischen und der westlichen Medizin: Eine Gegenüberstellung*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1. Auflage, **2012**

Scurlock, J.P; *Native Trees and Shrubs of the Florida Keys*, Laurel Press, Pittsburgh, Pennsylvania, 1. Auflage, **1987**

Shah R., Gulati V., Palombo E. A.; *Pharmacological Properties of Guggulsterones, the Major Active Components of Gum Guggul*, Phytotherapy Research, 26, 1594-1605, **2012**

Shishondia S., Harikumar K. B., Dass S., Ramawat K. G., Aggarwal B. B.; *The Guggul for Chronic Diseases: Ancient Medicine, Modern Targets*, Anticancer Research, 28, 3647-3664, **2008**

Sipponen A., Jokinen J. J., Sipponen P., Papp A., Sarna S., Lohi J.; *Beneficial effect of resin salve in treatment of severe pressure ulcers: a prospective, randomized and controlled multicentre trial*, British Journal of Dermatology, 15 (8), 1055–1062, **2008**

- Srinivasan V., Goldberg D., Haas G. J.; *Contributions to the Antimicrobial Spectrum of Hop Constituents*, *Economic Botany*, 58, 230-238, **2004**
- Steinegger E., Hänsel R.; *Lehrbuch der Pharmakognosie und Phytopharmazie*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 4. Ausgabe, **2013**
- Steinegger E., Hänsel R.; *Lehrbuch der Pharmakognosie: Auf phytochemischer Grundlage*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 3. Auflage, **1972**
- Stephan G.; *Die Gewinnung des Harzes der Kiefer*, Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter, 3. Auflage, **2012**
- Sukpondma Y., Rukachaisirikul V., Phongpoichit S.; *Antibacterial Caged-Tetraprenylated Xanthenes from the Fruits of Garcinia hanburyi*, *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 53(7), 850-852, **2005**
- Takalloo M. S., Sajjadifara S., Avval M. M.; *Chemical Composition of the Essential Oils from Flowers, Stems and Roots of Dorema ammoniacum D. Don from Iran*, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 4(4), 640-644, **2013**
- Taniguchi Z., Taniguchi H., Yamada M., Matsukura Y., Koizumi H., Furihata K., Shindo K.; *Analysis of the Components of Hard Resin in Hops (*Humulus lupulus* L.) and Structural Elucidation of Their Transformation Products Formed during the Brewing Process*, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 62, 11602–11612, **2014**
- Teuscher E., Melzig M. F., Lindequist U.; *Biogene Arzneimittel. Ein Lehrbuch der Pharmazeutischen Biologie*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 6. Auflage, **2004**
- Urbanski T., Molak W.; *Chemistry of Baltic Amber. Part VII*, *Bulletin of the Polish Academy of Science*, 32 (1-2), 3-8, **1984**
- Urizar N. L., Moore D. D.; *Gugulipid: A Natural Cholesterol-Lowering Agent*, *Annual review of nutrition*, 23, 303-313, **2003**
- Uusitalo M., Kitunen V., Smolander A.; *Response of C and N transformations in birch soil to coniferous resin volatiles*, *Soil Biology & Biochemistry*, 40, 2643–2649, **2008**
- Van Klingeren B., Ham M. T.; *Antibacterial activity of  $\Delta$ -9-Tetrahydrocannabinol and Cannabidiol*, *Antonie von Leeuwenhoek*, 42 (1-2), 9-12, **1976**
- Vonarburg B.; *Homöotanik: Extravagante Exoten. Band 4*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2. Auflage, **2005**
- Wang S., Wang L., Chen M., Wang Y.; *Gambogic acid sensitizes resistant breast cancer cells to doxorubicin through inhibiting P-glycoprotein and suppressing survivin expression*, *Chemico-Biological Interactions*, 235, 76–84, **2015**

Wekesa C., Makenzi P., Chikamai B. N., Lelon J. K., Luvanda A. M., Muga M.; *Gum arabic yield in different varieties of Acacia senegal (L.) Willd in Kenya*, African Journal of Plant Science, 3(11), 263-276, **2009**

Wetwitayaklung P., Thavanapong N., Charoenteeraboon J.; *Chemical Constituents and Antimicrobial Activity of Essential Oil and Extracts of Heartwood of Aquilaria crassna Obtained from Water Distillation and Supercritical Fluid Carbon Dioxide Extraction*, Silpakorn University Science and Technology Journal, 3(1), 25-33, **2009**

Wiesner J.; *Die Rohstoffe des Pflanzenreichs*, Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 4. Auflage, **1927**

Wiesner J.; *Die technisch verwendeten Gummiarten, Harze, und Balsame: ein Beitrag zur wissenschaftlichen Begründung der technischen Waarenkunde*, F. Enke Verlag, Erlangen, 1. Ausgabe, **1869**

Wolfe A. P., Tappert R., Muehlenbachs K., Boudreau M., McKellar R. C., Basinger J. F., Garret A.; *A new proposal concerning the botanical origin of Baltic amber*, Proceedings of the Royal Society B, 276, 3403–3412, **2009**

Yousefzadi M., Heidari M., Akbarpour M., Mirjalili M. H., Zeinali A., Parsa M.; *In vitro Cytotoxic Activity of the Essential Oil of Dorema ammoniacum D. Don.*, Middle-East Journal of Scientific Research, 7 (4), 511-514, **2011**

Zanoli P, Zavatti M.; *Pharmacognostic and pharmacological profile of Humulus lupulus L.*, Journal of Ethnopharmacology, 116, 383–396, **2008**

Zhou Y, Liu X., Yang J., Han Q., Song J., Li S., Qiao C., Ding L., Xu H.; *Analysis of caged xanthenes from the resin of Garcinia hanburyi using ultra-performance liquid chromatography/electrospray ionization quadrupole time-of-flight tandem mass spectrometry*, Analytica chimica acta, 629, 104-118, **2008**

Zuo G., Zhang X., Yang C., Han J., Wang G., Bian Z.; *Evaluation of Traditional Chinese Medicinal Plants for Anti-MRSA Activity with Reference to the Treatment Record of Infectious Diseases*, Journal Molecules, 17, 2955-2967, **2012**

## **Internetadressen**

<http://www.chemie.de/lexikon/Guggul.html>, abgerufen am 10.6.15

<http://www.drug-infopool.de/rauschmittel/cannabis.html>, abgerufen am 14.5.2015

<http://www.euro.who.int/de/health-topics/disease-prevention/antimicrobial-resistance/antibiotic-resistance>, abgerufen am 28.6.15

[http://www.pharmawiki.ch/wiki/index.php?wiki=Arabisches\\_Gummi](http://www.pharmawiki.ch/wiki/index.php?wiki=Arabisches_Gummi), abgerufen am 23.6.15

<http://www.woundsresearch.com/content/pre-clinical-evaluation-a-new-antimicrobial-enzyme-control-wound-bioburden>, abgerufen am 23.1.2014

## Abstract

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine Literaturrecherche über ausgewählte Harze und Balsame durchgeführt, wobei das Augenmerk auf den flüchtigen Verbindungen und der antimikrobiellen Wirkung lag. Zu diesem Zweck wurden 21 Harze und Balsame ausgesucht, ausführlich beschrieben und deren flüchtige Inhaltsstoffe und antimikrobielle Wirkung durch Publikationen belegt.

Die Literaturrecherche ergab, dass bereits bei 18 der 21 Harze und Balsame Studien zur Ermittlung der flüchtigen Verbindungen durchgeführt wurden und diese für die therapeutischen Wirkungen der Harze und Balsame verantwortlich gemacht werden. Darüber hinaus konnte eine antimikrobielle Wirkung bereits bei 14 der 21 Harze festgestellt werden. Diese Wirkung wird vor allem auf das Vorhandensein von Phenolen, Sesquiterpenen und Flavonoiden zurückgeführt und hat in der Medizin zur Bekämpfung der Antibiotikaresistenz einen hohen Stellenwert.

In this diploma thesis a literature research of selected resins and balsams was conducted, whereby the focus has been on the volatile compounds and the antimicrobial effect. 21 resins and balsams were selected, described in detail and their volatile ingredients and antimicrobial activity were verified by publications.

The literature review revealed that already 18 of the 21 resins and balsams have been studied to identify the volatile compounds. The studies showed that the volatile oil is responsible for the therapeutic effects of the resins and balsams. 14 resins showed an antimicrobial effect. This effect is mainly attributed to the presence of phenols, flavonoids and sesquiterpenes. The antimicrobial activity is very important in medicine to combat antibiotic resistance.

# Lebenslauf

## Persönliche Angaben:

Name: Lisa Takler  
Geburtsdatum: 10.09.1988  
Nationalität: Österreich  
Geburtsort: Oberpullendorf  
Familienstatus: ledig  
Email: lisa1009@gmx.at



## Ausbildung:

Okt. 2007 – dato                      Universität Wien  
                                                  Studienzweig: Pharmazie  
Sept. 1999 – Juni 2007              Bundesgymnasium Oberpullendorf (Bgld.)  
                                                  Abschluss mit der Reifeprüfung im Juni 2007  
Sept. 1995 – Juni 1999              Volksschule Oberloisdorf (Bgld)

## Berufserfahrung:

August 2004                            Fruhmann Handels GesmbH, 7343 Neutal (Ferialpraktikum)  
August 2007                            Kasernen GmbH, 1020 Wien (Ferialpraktikum)  
Juni 2010 – dato                        St. Georg Apotheke, 1220 Wien (Studentenjob)