



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

„Antimikrobielle Wirkung ausgewählter Harze auf  
luftgetragene Keime“

verfasst von

Felix Bachmair

angestrebter akademischer Grad

Magister der Pharmazie (Mag.pharm.)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 449

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Diplomstudium Pharmazie

Betreut von:

Doz. Mag. DDr. Sabine Krist



## **Danksagung**

In erster Linie bedanke ich mich bei meiner Diplomarbeitsbetreuerin Doz. Mag. DDr. Sabine Krist für Ihre fachkompetente Unterstützung und für Ihr Verständnis bei der Erstellung dieser Diplomarbeit.

Herzlichen Dank an meinen Onkel Dr. Gerhard Falkensammer, der seine Apotheke als Messort für diese Arbeit zur Verfügung gestellt hat. Vielen Dank auch an meine Großmutter, die mich während dieser Messungen beheimatet hat.

Vielen Dank an Mag. pharm. Dr. Gilbert Krug, für die Ermöglichung der Messungen in seiner Apotheke.

Danke dem Flavouristen Dr. Reiner Gottfried und dem Parfumeur Erich Schmidt für Ihre Geruchsbeschreibung sowie Dr. Jürgen Wanner für die Analyse der flüchtigen Inhaltsstoffe von Elemi und Olibanum.

Großer Dank gebührt meinen Eltern, die das ganze Studium erst möglich gemacht haben und mich die ganze Studienzeit über unterstützt haben. Auch meinem Bruder danke ich für seine mentale Unterstützung.

Speziellen Dank an meine Freundin und langjährige Studienkollegin Theresa für ihre Unterstützung und ihre Ratschläge.



# Inhaltsverzeichnis

I Einleitung .....	7
II Allgemeines .....	9
1. Harze und Balsame .....	9
1.1. Beschreibung ausgewählter Harze und Balsame inklusive Geruchsbeschreibung ...	11
1.1.1. Dikotyledone: .....	11
1.1.1.1. Benzoe .....	11
1.1.1.2. Dammar .....	15
1.1.1.3. Elemi.....	20
1.1.1.4. Gurjunbalsam .....	26
1.1.1.5. Kopaivabalsam .....	29
1.1.1.6. Kopal .....	33
1.1.1.7. Myrrhe .....	40
1.1.1.8. Olibanum .....	44
1.1.1.9. Opopanax.....	49
1.1.1.10. Perubalsam .....	52
1.1.1.11. Storax .....	56
1.1.1.12. Tolubalsam.....	60
1.1.2. Gymnospermae .....	63
1.1.2.1. Kanadabalsam.....	63
1.1.2.2. Sandarak .....	67
III Praktischer Teil .....	71
1. Material.....	71
1.1. Luftkeimsammler .....	71
1.1.1. Funktionsprinzip:.....	72
1.2. Nährmedium .....	72
1.3. Probenmaterial.....	73
2. Methodenbeschreibung.....	73
3. Ergebnisse.....	74
3.1. Falken-Apotheke .....	74
3.1.1. Übersicht Messergebnisse Falken-Apotheke.....	74
3.2. Apotheke zum heiligen Josef.....	75
3.2.1. Übersicht Messergebnisse Apotheke zum heiligen Josef .....	75
3.3. Grafiken .....	76
3.3.1. Falken-Apotheke .....	76
3.3.2. Apotheke zum heiligen Josef .....	79
3.4. Diagramme .....	82
3.4.1. Falken-Apotheke .....	82
3.4.2. Apotheke zum heiligen Josef .....	86
3.5. Diskussion der Ergebnisse.....	90
3.5.1. Falken-Apotheke .....	90
3.5.2. Apotheke zum heiligen Josef .....	92
3.5.3. Zusammenfassung .....	93
IV Abbildungsverzeichnis .....	95
V Literaturverzeichnis .....	96
Abstract.....	101
Lebenslauf .....	102



# I Einleitung

Diese Diplomarbeit gliedert sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil.

Im theoretischen Teil werden 14 Harze und Balsame vorgestellt. Die Beschreibung jedes der 14 Harze und Balsame umfasst Synonyme, Stammpflanzen, allgemeine Beschreibung, Herkunft, Harzgewinnung, Geruchsbeschreibung, Inhaltsstoffe, Anwendung, mögliche unerwünschte Wirkungen und die antimikrobielle Wirkungsweise. Die 14 Harze und Balsame wurden in erster Linie auf Grund ihrer antimikrobiellen Wirkung, die in zahlreichen Studien belegt ist, ausgewählt.

Das Ziel dieser Übersicht ist es, die verschiedensten antimikrobiellen Wirkungen dieser Harze und Balsame sowie zum Teil daraus isolierten Reinsubstanzen aufzuzeigen. Zu einem großen Teil wurden und werden Harze und Balsame in ihren Herkunftsländern oder in der traditionellen Medizin häufig gegen verschiedenste Krankheiten eingesetzt. Dieser Überblick soll auch Anstoß sein weitere Untersuchungen und Studien durchzuführen, um für die Zukunft neue Wirkstoffe gegen Bakterien zu entwickeln.

Da die Antibiotikaresistenz stetig zunimmt und seit 25 Jahren keine neuen Antibiotika-Klassen mehr entwickelt wurden, steigt das Risiko, dass die vorhandenen Antibiotika schon langsam ihre Wirksamkeit verlieren. Dieser Umstand könnte dazu führen, dass gängige bakterielle Infektionen nicht mehr durch Antibiotika heilbar wären und dadurch lebensbedrohlich werden würden. Oft ist ein übermäßiger und unsachgemäßer Einsatz der Antibiotika der Grund für die steigende Antibiotikaresistenz. In Krankenhäusern der Europäischen Union ziehen sich 5-12% der Patienten eine Infektionen zu. Laut WHO infizieren sich pro Jahr 400.000 Menschen mit einem resistenten Bakterienstamm, von denen 25.000 pro Jahr sterben (WHO 2012).

Dieser Umstand zeigt, wie wichtig es ist, neue Wirkstoffe gegen Bakterien zu finden. Die natürlichen Inhaltsstoffe der Harze und Balsame in dieser Arbeit zeigen großes Potential für die Zukunft.

Im praktischen Teil dieser Arbeit wurde die Luftkeimzahl in zwei Apotheken bestimmt und mit zwei Testharzen, Elemi und Olibanum, untersucht, ob sie imstande sind die Luftkeimzahl zu senken.

In allen Gesundheitseinrichtungen, wie Krankenhäusern, pharmazeutischen Firmen, Apotheken usw. ist die Luftkeimzahl von großem Interesse.

Laut den GMP-Richtlinien ist bei der Arzneimittel-Produktion besonderes Augenmerk auf das Monitoring der Luft, der Oberfläche und bei sterilen Zubereitungen auf das Personal zu legen, um das Risiko einer Kontamination zu mindern.

Die Luft gilt als Hauptkontaminationsquelle. Meistens sind in der Luft Keime von anderen Kontaminationsquellen, wie von Personal oder Oberflächen, zu finden. Besonders bei der Herstellung von sterilen Zubereitungen muss laut EU-GMP Richtlinien die Luftkeimzahl bestimmt werden und gegebenenfalls bei der Chargenfreigabe berücksichtigt werden (Seyfarth 2012, S. 1).

In den zwei Apotheken wurde mit Hilfe des HYCON Biotest Luftkeimsammlers an je 15 Versuchstagen die Luftkeimzahl bestimmt. An fünf Versuchstagen wurden über den ganzen Tag Leerwerte gemessen und an jeweils fünf Versuchstagen die Luftkeimzahl mit aufgestelltem Olibanum und aufgestelltem Elemi vermessen. Alle drei Stunden wurde eine Messung durchgeführt.

Gerade auch in Apotheken ist die Luftkeimzahl von großem Interesse, da besonders hier reger Verkehr, mit zum Teil kranken Menschen, stattfindet und magistrale Zubereitungen hergestellt werden.

## II Allgemeines

### 1. Harze und Balsame

Bäume, besonders in tropischen Ländern, enthalten in ihrer Rinde und ihrem Holz neben ätherischen Ölen auch große Mengen an nicht flüchtigen Stoffen. Diese Stoffe werden im allgemeinen als Harze bzw. wenn gelöst in ätherischem Öl als Balsame bezeichnet. Sie befinden sich neben ätherischem Öl in sogenannten schizolysigenen Exkretträumen des Baumes und fließen bei Verletzung als zähe und klebrige Flüssigkeit aus. Nach dem Verdunsten bzw. Abdestillieren der flüchtigen Bestandteile erstarren die meisten. Nur wenige Balsame behalten ihre Viskosität. Es bleiben strukturlose, feste, glasartige und zum Teil durchsichtige Gebilde als Harz übrig (Wagner 1993, S.95).

Ein Harz ist also ein festes, amorphes oder zähflüssiges Ausscheidungsprodukt vieler Pflanzen (meist Bäumen), das nach Verletzung oder auch spontan austreten kann und dann verhärtet. Es kann unterschiedlich gefärbt sein, gelb bis dunkelbraun, und besteht aus verschiedenen chemischen Inhaltsstoffen (Hunnius und Burger 1998, S.643).

Physikalisch gesehen sind Harze unterkühlte Schmelzen, die gut in lipophilen Lösungsmitteln wie Ethanol, Ether, Chloroform oder ätherischen Ölen löslich sind, hingegen sind sie aber unlöslich bzw. nur sehr schwer löslich in Wasser und Säuren (Hunnius und Burger 1998, S.643). Unter Erwärmung werden Harze plastisch weich (Wagner 1993, S.95).

Hauptbestandteile eines Harzes sind, ähnlich wie bei ätherischen Ölen, Terpene und aromatische Verbindungen (Hunnius und Burger 1998, S.643):

- Resinolsäuren (=Harzsäuren): aromatische Di- und Triterpene
- Resinole (=Harzalkohole): Triterpenalkohole und Phenylpropanderivate
- Resinotannole: Hydroxyverbindungen oder Phenole mit Gerbstoffcharakter
- Resine: Ester von Harzalkoholen und Harzsäuren
- Resene: meist sauerstoffhaltig und kohlenstoffreich, amorph
- weiters: ätherische Öle, Gummen, Schleime, Bitterstoffe

**Einteilung nach Konsistenz** (Hunnius und Burger 1998, S.643):

- Hart-Harze: z.B. Kopal, Benzoe, Sandarac
- Balsame bzw. weiche Harze: z.B. Elemi, Styrax, Kopaivabalsam, Perubalsam
- Schleim- oder Gummiharze: z.B. Galbanum, Asa Foetida
- fossile Harze: z.B. Bernstein

## **Einteilung nach chemischer Zusammensetzung (Wagner 1993, S.96):**

### Terpenharze:

setzen sich hauptsächlich aus Diterpensäuren (z.B. Abietinsäure) und Triterpensäuren (z.B. Masticadienonsäure) oder Triterpenalkoholen (z.B.  $\beta$ -Amyrin) zusammen.

Beispiele: Dammar, Olibanum, Elemi

### Benzharze:

setzen sich hauptsächlich aus Phenylpropanverbindungen zusammen. Sie enthalten Zimtsäure, Ferulasäure, Coniferylalkohol, Lignane, Xanthone und höher kondensierte Cumarine.

Beispiele: Benzoe, Perubalsam

### Gummiharze:

treten bei Verwundung als weißer oder gelber Milchsaft (Latex) aus und verhärten zu festen, trockenen Gebilden mit aromatischem Geruch.

Gummiharze bestehen zu 30-60% aus Harzbestandteilen, zu 5-10% aus ätherischem Öl und besitzen einen Polysaccheridanteil.

Beispiel: Myrrhe

## 1.1. Beschreibung ausgewählter Harze und Balsame inklusive Geruchsbeschreibung

Die Geruchsbeschreibungen der in dieser Arbeit untersuchten Harze und Balsame wurden vom Flavouristen Dr. Reiner Gottfried (Fa. ESAROM) und dem Parfumeur Erich Schmidt durchgeführt.

Angaben zu Herkunft und Gewinnung der zur Geruchsbestimmung verwendeten Harze und Balsame:

*FA Aromaland ® Inh. Gerda Foltis  
Zum Haag 13, 97285 Röttingen*

### 1.1.1. Dikotyledone:

#### **1.1.1.1. Benzoe**



Abb. 1: Siam-Benzoe (Mandeln)

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Benzoin, Styrax, Gum Benjamin (Langenheim 2003, S.350)

Benzoeharz, Resina Benzoe, Benzoin, Asa dulcis, Asa odorata, wohlriechender Asant (Hunnus und Burger 1998, S.192)

#### Stammpflanzen:

Harz verschiedener *Styrax* Arten, Familie: Styracaceae (Hunnus und Burger 1998, S.192; Langenheim 2003, S.351-355, 579):

- Sumatra Benzoe: *Styrax benzoin* (Dryander), *Styrax paralleloneurus* (Perkins) (syn.: *Styrax sumatranus* (J.J. Smith))

- Siam Benzoe: *Styrax benzoides* (Craib.), *Styrax tonkinensis* (Craib ex Hartich)

- andere Benzoe Arten: *Styrax ridleyanus* (Perkins), *Styrax subpaniculatus* (Jungh. & de Vriese), *Styrax serrulatus* (Roxb.)

- andere Styrax Arten: *Styrax argentus* (C. Presl.), *Styrax camporum* (Pohl), *Styrax ferrugineus* (Nees & Mart.), *Styrax officinalis* L.S. *pearcei* (Perkins), *Styrax tessmannii* (Perkins) (syn.: *Styrax guyanensis* (A.DC.)), *Styrax warscewiczii* (Perkins)

### Beschreibungen:

Die Familie Styracaceae setzt sich aus Bäumen und Sträuchern zusammen. Charakteristisch für sie sind Stern- und Schildhaare, welche den Blättern, Zweigen und Kelchen einen bräunlich-silbrigen Glanz verleihen.

Die Familie weist weiße, oft duftende Blüten in Trauben- und Rispenstand auf. Selten kommen die Blüten einzeln am alten Holz oder als Büschelstand vor. Die Blüten sind meistens vier bis fünfzählig, fast immer zwittrig und die Kronblätter sind kaum verwachsen. Die Staubblätter sind kreisförmig angeordnet und meist doppelt so viele wie die Kronblätter (8-14).

Der ober- oder unterständige Fruchtknoten ist im unteren Teil gefächert und aus drei bis fünf Fruchtblättern aufgebaut.

Die Frucht kann sehr unterschiedlich sein, man unterscheidet Steinfrüchte, verholzte Kapseln oder nußartige Früchte.

Die größte und verbreitete Gattung mit 120-150 Arten ist Styrax. Charakteristisch für Styrax ist ein oberständiger Fruchtknoten aus dem ungerippte, ungeflügelte und trockene oder fleischige Steinfrüchte hervorgehen (Danert et al. 1994, S.118, 119).

### Herkunft und Anbau (Wagner 1993, S.97):

- heimisch in Hinterindien und Ostindien
- Kulturen in Siam, Thailand, Vietnam, Laos und Sumatra

### Beschreibung und Harzgewinnung:

Das Benzoeharz gehört nach chemischen Gesichtspunkten zu den Benzharzen und nach seiner Konsistenz zu den Hart Harzen (Hunnius und Burger 1998, S.192).

Laut *Langenheim* wird es zu den echten Balsamen gezählt (Langenheim 2003, S.351).

Bei sechs- bis zehnjährigen Styrax-Bäumen tritt nach Verletzung von Rinde und Holz das Harz aus schizolysigenen Sekreträumen aus. Diese gelblichweiße Flüssigkeit als erstes Produkt wird verworfen. Erst nach wiederholter Verwundung tritt viskoseres Nachfolgeharz aus, das nach Verhärtung hochwertigere Drogenqualität aufweist. Dieses Harz hat das Aussehen rötlichbraun gefärbter, rundlicher Körner oder Platten mit meist schwach aromatischem Geruch (Wagner 1993, S.98).

### Geruchsbeschreibung:

Zurückhaltende Süße, weiche balsamisch, leicht aromatische Note, ein Hauch Vanillin, würzig nach Zimt;

untersuchtes Harz:

Benzoe-Harz, ca. 35 g

Name: *Styrax benzoin* - Herkunft: Sumatra,

CAS-Nr.: 9000-05-9 - EINECS-Nr.: 232-523-7 - Einschnitte in Rinde

### Inhaltsstoffe:

Die Benzoe Arten sind in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr ähnlich.

Sumatra Benzoe enthält Zimtsäurederivate (p-Cumarylcinamat), freie Zimtsäure, Styrol, Iovanillin und Spuren von Benzoesäure und p-Cumarylbenzoat. Nach dem europäischen Arzneibuch 6. Ausgabe, Grundwerk 2008 enthält Sumatra Benzoe, gewonnen von *Styrax tonkinensis* 25-50 % Gesamtsäuren, berechnet als Benzoesäure.

Siam Benzoe enthält als Hauptbestandteil Coniferylbenzoat und freie Benzoesäure, Iovanillin, Lubanol und p-Cumarylbenzoat als flüchtige Bestandteile. Im Gegensatz zu Sumatra Benzoe fehlt Zimtsäure. Verschiedene Triterpene kommen im Harzanteil vor. Zum Beispiel  $\alpha$ -Siaresinolsäure (19-Hydroxyoleanolsäure). Nach dem europäischen Arzneibuch 6. Ausgabe, Grundwerk 2008 enthält Siam Benzoe, gewonnen von *Styrax benzoin*, 45-55 % Gesamtsäuren, berechnet als Benzoesäure (Hänsel et al. 2010, S.1039; EuAB 6. Ausgabe, Grundwerk 2008, S. 1784, 1786).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponente</b>
Benzoessäure
4-Hydroxybenzaldehyd
Resorcinol
Vanillin
Zimtsäure
3-Hydroxybenzoessäure
4-Hydroxybenzoessäure
Vanillesäure
Zimtalkohol

Tab. 1: Komponenten des Benzoe-Harzes (gewonnen von *Styrax benzoin*)  
(Modugno et al.; 2006)

### Anwendungen:

Medizinisch verwendet man Benzoe Tinktur als Expektorans zur inneren Anwendung. Auf Grund seiner schwach desinfizierenden Wirkung wird es äußerlich auch in Pinselungen, Waschungen und Mundwässern verwendet (Wagner 1993, S.98).

Die Siam Benzoe für Räucherungen, für kosmetische Anwendungen und zur

Benzoessäuregewinnung genutzt: Acidum benzoicum e resina sublimatum (A. V. B.)

Die Sumatra Benzoe findet ihre Verwendung hauptsächlich in der Kosmetik- und Parfümindustrie (Ziegler und Petzold 1929, S.282).

Äußerlich wird Benzoe in Form der Benzoetinktur (Benzoes tinctura Helv VII, DAC 1995, Tinctura Benzoes ÖAB 1990) in der Dermatologie und Stomatologie verwendet (Teuscher 1997, S. 269).

#### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Der Inhaltsstoff Coniferylbenzoat weist zwar ein starkes Sensibilisierungspotential auf, hat aber auf Grund von stark eingeschränkter Verwendung heutzutage kaum eine Bedeutung (Hänsel et al. 2010, S.1040).

#### Antimikrobielle Wirkung:

Das Pharmacy College der TCM Universität Chengdu, in Zusammenarbeit mit dem Militärkrankenhaus Peking untersuchten in ihrer Studie den Effekt von Benzoinum, gewonnen von *Styrax tonkinensis* (Pierre) Craib ex Hart (Styracaceae) und Styrax, das getrocknete Harz von *Liquidambar orientalis* Mill. (Hamamelidaceae), auf das Wachstum von *Escherichia coli* mit Hilfe eines Isothermalen Kalorimeters.

Die experimentellen Resultate zeigten, dass beide in niedriger Konzentration das Wachstum von *E. Coli* einschränken und in hoher Konzentration sogar hemmen. Auf Grund der Konzentration und des IC50 Wertes (=halbe inhibitorische Konzentration, gibt die Sensitivität von Bakterien zu Drogen an) konnte auch belegt werden, dass Benzoinum einen weit aus stärkeren antibakteriellen Effekt auf das Wachstum von *E. Coli* ausübt als Styrax ( J. Wang et al.; 2011).

Eine weitere Studie zeigt antifungale Wirkung gegen *Candida albicans* und hämolytische Aktivität des Inhaltsstoffes Styraxjaponoside C, ein Novel Glycosid Derivat eines Lignans, isoliert aus der Rinde von *Styrax japonica* S. et Z.. *Candida albicans* wird in Verbindung gebracht mit zahlreichen Infektionen der Mund- und Vaginalschleimhaut. Der Test der in vitro antifungalen Aktivität wurde mit der „micro-dilution methode“ und einem „MTT assay“ durchgeführt. Als Kontrolle wurde Amphotericin B (ein Polyenantibiotikum) verwendet. In einer zeitabhängigen Kinetik zeigte Styraxjaponoside C einen signifikanten antifungalen Effekt. Die CFUs (=colony forming units) wurden deutlich aber nicht so stark wie von Amphotericin B vermindert (C. Park et al.; 2010).

### 1.1.1.2. Dammar



Abb. 2: Dammar

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Resina Dammar, Dammara, Gummi Dammar

weitere Bezeichnungen: Katzenaugenharz, Felsendammar, Steindammar, ostindisches Dammar, Salharz, weißes Dammarharz, (engl.: cats gum, eye gum, dammar gum) (Blaschek et al. 1998, S. 546)

#### Stammpflanzen:

Dammar kommt von den Gattungen *Shorea* und *Hopea*, die zur Familie Dipterocarpaceae gehören (Schneider et al. 2004, S. 407).

Außerdem kann der Dammar von der Gattung *Balanocarpus* (ebenfalls Familie Dipterocarpaceae) stammen (Hunnus und Burger 1998, S. 1262).

Früher wurde auch noch *Agathis dammara* ((Lamb) Rich), Araucariaceae als Stammpflanze angenommen, diese liefert jedoch kein Dammarharz, sondern einen Kopal (Manila-Resin) (Blaschek et al. 1998, S. 546).

*Shorea wiesneri* (Stapf et Schiffner, DAN IX, HISP IX), *Shorea tumbuggaia* (Roxb.), *Shorea koodersii* (unbekannt), *Shorea bracteolata* (unbekannt), *Shorea crassifolia* (unbekannt), *Shorea robusta* (Gaertn.)

(Blaschek et al. 1998, S. 546)

laut Langenheim 2003:

*Shorea assamica* (Dyer subsp.) (syn.: *Shorea koodersii* (Brandis)), *Shorea javanica* (Koord. & Valet.), *Shorea retinodes* (Slooten), *Shorea bracteolata* (Dyer), *Shorea hypochra* (Hance), *Shorea curtisii* (Dyer ex King), *Shorea guiso* (Blume), *Shorea lamellata* (Foxw.), *Shorea maxima* (King), *Shorea multiflora* (Burck), *Shorea obtusa* (Wall.), *Shorea ovalis* (Korth.; Blume), *Shorea robusta* (Gaertn.), *Shorea siamensis* (Miq.)

(Langenheim 2003, S. 378,379, 578)

*Hopea micrantha* (Hook.), *Hopea dryobalanoides*, *Hopea globosa*, *Hopea griffithii*, *Hopea intermedia*, *Hopea mengarawan* (Miq.), *Hopea myrtifolia*, *Hopea splendida* (de Vriese)

(Blaschek et al. 1998, S. 546)

laut Langenheim 2003:

*Hopea dryobalanoides* (Miq.), *Hopea intermedia* (King), *Hopea* ), *Hopea odorata* (Roxb.),  
*Hopea sangal* (Korth.)  
(Langenheim 2003, S. 377,378,379, 574)

„Dammar penak“ von *Balanocarpus heimii* (King)

(Blaschek et al. 1998, S. 546)

Dammar penak von *Neobalanocarpus heimii* (King; Ashton)

(Langenheim 2003, S. 378, 576)

„schwarzes Dammar“ von *Canarium strictum* (Roxb.), *Canarium legitimum* (Miq.),  
*Canarium rostratum* (Zipp.)

(Blaschek et al. 1998, S. 546)

*Canarium strictum* (Roxb.)

(Langenheim 2003, S.379, 571)

### Beschreibungen:

Die Familie Dipterocarpaceae, der Name bedeutet „Zweifruchtgewächse“, wird in 22 Gattungen unterteilt und besteht aus ungefähr 500 Arten. Die Familie besteht ausschließlich aus Bäumen mit ganzrandigen, zerstreut angeordneten Blättern und strahligen Blüten mit fünf Kelch- und fünf Kronblättern.

Aufgrund des unterschiedlichen Holzaufbaus und der Bildung sekundärer Pflanzenstoffe wird die Familie in zwei Unterfamilien aufgeteilt. In der Unterfamilie Dipterocarpoideen sind Harz- und Balsamgänge ausgebildet, die in der zweiten Unterfamilie Monotoideae komplett fehlen.

Die Dipterocarpoideen besitzen stärkehaltige Parenchymzellen in der Nähe der Harzgänge, wobei die Bedeutung dieser Parenchymzellen nicht geklärt ist. Das Holz dieser Unterfamilie ist von hoher Qualität.

Die Gattung *Hopea*, welche eine der wichtigsten Dammar Lieferanten ist, gliedert sich in ungefähr 90 Arten und besitzt Staubblätter mit einem langen, zugespitzt sterilen Konnektivfortsatz. Eine Besonderheit findet sich bei *Hopea pierrei*, sie bildet nämlich Luftwurzeln am Stamm aus.

Die größte Gattung der Familie mit ungefähr 100 Arten ist *Shorea*. Charakteristisch ist, dass sich die Blüten oft einseitig entfalten und die Teilblütenstände Ähren sind. Die Art *Shorea robusta* ist in Indien neben dem Teakbaum der wirtschaftlich bedeutendste Baum.

Ebenfalls Dammar Harz produzierend ist *Balanocarpus heimii*. Das Alter eines 12m hohen Baumes wird auf etwa 1000 Jahre geschätzt, was durch sein langsames Wachstum erklärbar ist (Danert et al. 1994, S. 20,21,22).

### Herkunft und Anbau:

Die Familie Dipterocarpaceae kommt in den Tropen Asiens und Afrikas vor. Die Gattung *Hopea* ist auf Neuguinea und im indomalaiischen Raum beheimatet. *Shorea* kommt in Indien vor und wird auch dort kultiviert. Ebenfalls im indomalaiischen Raum findet sich auch *Balanocarpus heimii* (Danert et al. 1994, S. 20,21,22).

### Beschreibung und Harzgewinnung:

Dammar ist ein erhärteter Harzbalsam, der nach Verletzung des Stammes oder der Äste austritt (Blaschek et al. 1998, S. 546).

Der Stamm wird entweder in einer Höhe von 3m verletzt, um den Austritt des Harzes aus den Wundstellen zu sichern oder es werden bis zu 5cm tiefe Einschnitte beigefügt, in denen sich der Balsam sammelt. Harz und Balsam er härten dann außen durch Oberflächenoxydation (Danert et al. 1994, S. 21).

Das Harz von Hopea-Arten ist durchsichtig, farblos bis leicht gelblich, das Harz von Shorea-Arten ist dunkler und zwar rötlich gelb. Beide sind klebrig und im Bruch muschelrig und glasglänzend. Es entsteht beim Zerreiben ein weißes Pulver, das einen aromatisch bitteren Geschmack aufweist (Blaschek et al. 1998, S. 546).

### Geruchsbeschreibung:

Sehr schwache süßliche Note mit dezentem blumigen Einschlag;  
Schwach, leicht pfeffrig;

untersuchtes Harz:

Dammar, ca. 30 g

Engl.: dammar resin - Botan. Name: *Shorea wiesneri* Stapf. - Herkunft: Südasien,  
CAS-Nr.: 9000-16-2 - EINECS-Nr.: 232-528-4 - Einschnitte in Rinde

### Inhaltsstoffe:

Inhaltsstoffe sind vor allem zyklische Triterpenderivate, wie Dammarenolsäure, die ein 3,4-seco-Dammarangrundgerüst besitzt, und Dammarendiol I und Dammarendiol II (Schneider et al. 2004, S. 407).

Inhaltsstoffe laut Hunnius und Burger 1998 sind: 40%  $\alpha$ -Dammarresen (in Alkohol löslich) und 23%  $\beta$ -Dammarresen (in Alkohol unlöslich) sowie 23% der Harzsäure Dammarolsäure und ungefähr 0,5% ätherisches Öl und Bitterstoffe (Hunnius und Burger 1998, S. 1262).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponente</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
	<b>im Stamm</b>	<b>in den Blättern</b>
$\alpha$ -Cubeben	< 0,1	0,2
$\alpha$ -Copaen	1,9	4,4
$\beta$ -Cubeben	0,1	< 0,1
$\beta$ -Bourbonen	0,0	0,2
$\beta$ -Elemen	3,5	0,9
$\alpha$ -Caryophyllen	0,0	0,2
$\beta$ -Caryophyllen	3,4	13,9
$\beta$ -Copaen	0,9	0,9
$\alpha$ -trans-Bergamoten	0,0	0,6
Aromadendren	0,0	0,4
$\alpha$ -Humulen	1,1	4,7
cis-Muurola,3-5-dien	0,2	0,0
trans-Muurola,3-5-dien	0,2	0,0
trans-Cadina-1(6),4-dien	0,4	< 0,1
$\gamma$ -Muurolen	0,0	1,9
®-Selinen	0,0	0,3
Germacren D	35,0	0,0
$\gamma$ -Amorphen	0,0	0,4
Bicyclogermacren	1,8	0,0
$\alpha$ -Muurolen	1,4	1,0
$\beta$ -Bisabolen	0,0	0,1
$\gamma$ -Cadinen	1,7	0,5
$\delta$ -Cadinen	8,1	0,0
$\alpha$ -Cadinen	0,6	0,6
$\delta$ -Amorphen	3,5	0,0
trans-Calamenen	0,0	0,5
$\alpha$ -Calacoren	0,8	0,0
$\beta$ -Calacoren	0,2	1,7
Hexadecan	1,1	0,0
Caryophyllenoxid	0,0	36,0
Junenol	1,1	2,5
1,10-di-epi-Cubenol	0,8	1,6
$\tau$ -Muurolol	9,0	5,3
$\alpha$ -Cadinol	8,3	5,2
trans-Calamenen	0,0	1,1
Octadecan	0,5	0,7

Tab. 2: Ätherische Öl Inhaltsstoffe von *Shorea acuminata*  
(Muhammed et al.; 2011)

### Anwendungen:

Pharmazeutische Zubereitungen gibt es heutzutage nicht mehr, der Gebrauch von Dammar ist sehr selten. In Alkohol-Ether Gemisch gelöst werden die gelben Harzstücke zur Befestigung von Theaterfrisuren verwendet (Schneider et al. 2004, S. 408).

Früher wurde Dammar, aufgrund seines angenehmen Geruches beim Verbrennen, als Weihrauch genutzt. Auch Fackeln wurden in den Ursprungsländern aus dem Harz produziert, in Terpentin gelöst wird es zur Herstellung von Firnissen verwendet (Danert et al. 1994, S. 21).

### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Keine Auskunft über unerwünschte Wirkungen in der Literatur gefunden.

### Antimikrobielle Wirkung:

Bereits 1987 isolierte eine Forschergruppe aus den U.S.A neun Triterpene aus dem Dammarharz, welche in vitro gegen den Herpes simplex Virus Typ I und Typ II Wirkung zeigten. Bei den neun Triterpenen handelt es sich um Dammaradienol, Dammarenediol II, Hydroxydammarenon, Ursolsäure, Hydroxyhopanon, Dammarenolsäure, Shoreasäure, Eicheriansäure und die neue Verbindung Hydroxyoleanonlaktone. Alle Verbindungen zeigten eine signifikante Reduktion der viralen zytopathischen Wirkung bei Vero Zellen (Poehland et al.; 1987).

Eine Gruppe aus Tokyo isolierte 19 Triterpenoide (Verbindungen 1-19) und ein Sesquiterpen (Verbindung 20) aus dem Dammarharz von *Shorea javanica* (K. & V.), Dipterocarpaceae. Zusätzlich wurde noch Dammarenolsäure (Verbindung 1) auf vierzehn Derivate umgewandelt und zwar Verbindung 21 ein Alkohol, Verbindung 22 ein Aldehyd und die Verbindungen 23-34 auf 12 L-Aminosäurekonjugate. Diese 34 Verbindungen wurden unter anderem auf ihre inhibitorische Wirkung gegen das Epstein-Barr-Virus „early“ Antigen (EBV-EA) untersucht. 27 der 34 getesteten Verbindungen zeigten einen inhibitorischen Effekt auf die EBV-EA Aktivierung. Die inhibitorische Wirkung dabei war gleich oder größer der des natürlichen Anti-Tumor Promotors beta-Carotin (Ukiya et al.; 2010).

### 1.1.1.3. Elemi



Abb. 3: Manila Elemi

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Resina Elemi, Manila-Elemi, Elemiharz (Hunnius und Burger 1998, S. 1178, 264)

#### Stammpflanzen:

Elemi wird aus der Familie Burseraceae gewonnen. Die Gattungen *Canarium*, *Dacryodes*, *Protium* und seltener *Bursera* liefern das Harz. Außerdem kann es aus der Familie Clusiaceae, den Gattungen *Calophyllum* und *Symphonia*, und aus der Familie Rutaceae, der Gattung *Amyris*, gewonnen werden (Langenheim 2003, S. 356).

Einteilung nach Langenheim 2003: „Old World Elemis“:

*Canarium indicum* L. (syn.: *Canarium commune* L.), *Canarium littorale* (Blume), *Canarium luzonicum* (Blume; A. Gray), *Canarium oleosum* (Lam.; Engl.), *Canarium patentinervium* (Miq.), *Canarium pilosum* (A.W. Benn.), *Canarium schweinfurtii* (Engl.)  
(Langenheim 2003, S. 356, 357, 571)

*Dacryodes costata* (A.W. Benn.; H.J. Lam), *Dacryodes excelsa* (Vahl.) (syn.: *Dacryodes hexandra* (Griseb.)), *Dacryodes incurvata* (Engl.; Lam), *Dacryodes laxa* (A.W. Benn.; H.J. Lam), *Dacryodes normandii* (Aubrev. & Pellegr.), *Dacryodes rostrata* (Blume; H.J. Lam), *Dacryodes rugosa* (Blume; H.J. Lam)  
(Langenheim 2003, S. 356, 357, 572)

Einteilung nach Langenheim 2003: „New World Elemis“:

*Symphonia globulifera* L.f.,  
*Calophyllum brasiliense* (Camb.),  
*Protium icicariba* (DC.; March.), *Protium heptaphyllum* (Aubl.; March.)  
*Amyris plumieri* DC., *Amyris elemifera* L., *Amyris balsamifera* L.  
(Langenheim 2003, S. 357, 361, 569, 571, 578, 579)

### Beschreibungen:

Die Familie Burseraceae setzt sich aus 20 Gattungen mit ungefähr 550 Arten zusammen. Zu dieser Familie gehören ausschließlich Bäume und Sträucher. Charakteristisch sind die Fiederblätter in spiraliger Stellung und die Harzgänge in der Rinde. Diese entstehen schizogen (Auseinanderweichen von Zellen) und sind meistens miteinander verbunden. Die Familie wird in drei sogenannte Triben eingeteilt.

Protium ist mit ungefähr 90 Arten die größte Gattung des Tribus Protieae.

Tribus Bursereae folgt in Abschnitt 1.1.1.7. Myhrre und 1.1.1.8. Olibanum.

Der dritte Tribus ist Canarieae mit der Gattung Canarium mit über 150 Arten. Die auf den Phillipinen beheimatete Art *Canarium luzonicum* hat die größte wirtschaftliche Bedeutung, von ihr wird das Manila Elemi gewonnen. Die Art *Canarium schweinfurthii* bringt bis zu 50m hohe Bäume hervor und ist im tropischen Zentral- und Westafrika zu finden. Der morphologische Unterschied zu den südostasiatischen Arten liegt darin, dass der Diskus wesentlich verbreitet ist und dadurch die Staubblätter und den Fruchtknoten deutlich emporhebt (Danert et al. 1993, S. 351-354).

### Herkunft und Anbau:

Wildvorkommen der Gattung Canarium kommen vorwiegend aus dem malaiischen Archipel, den Molukken und von den Phillipinen. Kulturen gibt es in China, besonders in der chinesischen Provinz Hainan, in Melanesien und auf den Phillipinen (Bruchhausen et al. 1998, S. 272).

Die Gattung Protium ist im tropischen Gebiet Mittel- und Südamerikas zu Hause (Danert et al. 1993, S. 352).

### Beschreibung und Harzgewinnung:

Nach tiefer Verwundung der Bäume tritt aus den schizogenen Sekretgängen der Rinde frisches und weiches Ölharz aus. Dieser Balsam stellt das wertvollere Weich-Elemi dar. Diese weiche und klebrige Masse ist gelb bis gelbgrün und mit Kristallen durchsetzt. Das an den Bäumen eingetrocknete Restharz stellt das minderwertige Hart-Elemi dar. Dieses gealterte Elemi ist von fester Konsistenz und gelb bis braun gefärbt. Pro Baum können jährlich vier bis fünf kg Harz gewonnen werden (*Canarium luzonicum*) (Bruchhausen et al. 1998, S. 272, 273).

Das Elemiharz wird zu den Balsamen gezählt, es weist eine halb feste Konsistenz auf und ist viskoser als Ölharze. Diese weiche, knetbare Konsistenz beruht auf einem hohen Anteil von flüssigen Sesquiterpenen. Ebenfalls oft enthalten sind Triterpene, wie  $\alpha$ - und  $\beta$ -Amyrin, die auskristallisieren können und Elemisäure (Langenheim 2003, S. 356).

Diese knetbare Konsistenz stellt auch den Unterschied zu anderen Harzarten im Handel dar. Elemi besitzt im Gegensatz zu Dammar oder Kopal eine wesentlich geringere Härte. Erklärbar ist das dadurch, dass das Harz der Familie Burseraceae auch nach dem Oxidationsprozeß noch einen hohen Anteil an ätherischem Öl besitzt, sodass das Harz zum Teil darin gelöst ist (Danert et al. 1993, S. 352).

### Geruchsbeschreibung:

Frische Citrus-terpenige Note mit grünen Akzenten. Im Hintergrund eine pfeffrige Holznote mit pudrig-balsamischem Rahmen;  
Zitrone, etwas Limette

untersuchtes Harz:

Elemi-Harz, ca. 45 g

Engl.: elemi resin - Botan. Name: *Canarium luzonicum* - Herkunft: Trop. Asien,

CAS-Nr.: 8023-89-0 - EINECS-Nr.: 232-557-2 - Einschnitte in Rinde

### Inhaltsstoffe:

Hauptinhaltsstoffe des klebrigen und zähen Elemiharzes sind 20-25% ätherisches Öl, Brein, 35% indifferente Stoffe und Triterpensäuren wie  $\alpha$ -Elemolsäure und  $\beta$ -Elemonsäure (Schneider et al. 2004, S. 408).

### **Flüchtige Verbindungen des zur Untersuchung herangezogenen Elemiharzes:**

Analyse: Dr. Jürgen Wanner, 2012

substance	Apex RT	RI#	%Area
$\alpha$ -Thujon	16.30	932	0.05
$\alpha$ -Pinen	16.77	942	0.37
Sabinen	18.72	981	1.61
$\beta$ -Pinen	19.05	987	0.11
Myrcen	19.27	992	1.14
Octanal	19.81	1003	0.03
$\alpha$ -Phellandren	20.29	1012	1.98
$\delta$ -3-Caren	20.60	1018	0.09
$\alpha$ -Terpinen	20.87	1023	0.01
p-Cymen	21.28	1031	0.82
Limonen	21.59	1038	77.72
$\beta$ -Phellandren	22.19	1049	0.69
$\gamma$ -Terpinen	23.01	1065	0.15
Octanol	23.17	1069	0.16
cis-Sabinen-hydrat	23.51	1075	0.13
Terpinolen	24.59	1097	0.24
Linalool	24.85	1102	0.52
trans-Sabinen-hydrat	25.00	1105	0.01
cis-Limonenoxid	26.91	1143	0.14
trans-Limonenoxid	27.11	1147	0.07

Terpinen-4-ol	29.22	1190	0.17
p-Cymen-8-ol	29.40	1193	0.04
$\alpha$ -Terpineol	29.79	1201	0.99
Decanal	30.06	1207	0.13
trans-Carveol	30.27	1211	0.05
cis-Carveol	31.09	1229	0.07
Carvon	32.39	1256	0.08
Geranial	33.27	1275	0.04
Eugenol	37.52	1368	0.36
$\alpha$ -Copaen	38.85	1397	0.08
Methyleugenol	39.26	1407	0.21
$\beta$ -Caryophyllen	40.99	1447	0.12
$\alpha$ -Humulen	42.45	1482	0.05
Germacren D	43.55	1508	0.05
Elemicin	45.61	1559	3.70
Elemol	46.08	1571	5.18
Guaiol	48.12	1622	0.07
$\gamma$ -Eudesmol	49.60	1661	0.09
$\beta$ -Eudesmol	50.46	1684	0.20
$\alpha$ -Eudesmol	50.52	1685	0.25
Bulnesol	50.91	1695	0.06
Cryptomeridiol	56.48	1850	0.49
<b>sum</b>			<b>98.54</b>

# RI auf 50 m x 0,25 mm x 1,0  $\mu$ m SE-52 (95% Polydimethyl-, 5% Polydiphenylsiloxan)

Laut Bruchhausen et al. 1998 besteht das Elemi-Harz aus 70-80% tetra- und pentacyclischen Triterpenoiden und aus 20-30% wasserdampfvlüchtigen Mono- und Sesquiterpenoiden.

Die Hauptkomponenten im ätherischen Öl sind mit 23,5% das Monoterpen Limonen und mit 4,2% das Monoterpen  $\alpha$ -Phellandren sowie die beiden Sesquiterpenalkohole Elemol und Eudesmol. Außerdem finden sich Carvacrol, Elemicin, Methyleugenol und 6 Dimere des  $\alpha$ -Phellandrens im Harz. Aus gelagertem Elemi-Harz konnte Elemol, ein tertiärer Sesquiterpenalkohol, gewonnen werden.

Die im Elemi-Harz enthaltenen tetracyclischen Triterpensäuren sind Elemadienonsäure, die korrespondierende 3 $\alpha$ - und 3 $\beta$ -Hydroxysäure Elemadienolsäure, 3 $\alpha$ -Hydroxy-tirucalla-7,24-dien-21-carbonsäure und deren 3 $\alpha$ -Hydroxy  $\Delta$ 7 und  $\Delta$ 8 Carbonsäuren (Bruchhausen et al. 1998, S. 273).

Manila-Elemi, gewonnen von *Canarium commune*, besteht aus 65-75% Triterpenharz, mit den Bestandteilen  $\alpha$ - und  $\beta$ -Amyrin, Elemisäuren, Brein und Biterstoffen sowie aus 15-25% ätherischem Öl, mit den Inhaltsstoffen Elemicin, Elemol, Carvon, Dipenten, Phellandren und Terpeneol (Bruchhausen et al. 1998, S. 273).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Monoterpene</b>	<b>%</b>	<b>Oxydierte Monoterpene</b>	<b>%</b>
$\alpha$ -Pinen	1,7	1,8-Cineol	0,3
$\beta$ -Pinen	0,4	Terpinen-4-ol	2,3
Sabinen	2,0	$\alpha$ -Terpineol	34,4
$\alpha$ -Phellendren	1,1	<b>Summe</b>	<b>37,0</b>
$\Delta^3$ -Caren	0,3		
$\alpha$ -Terpinen	0,5		
p-Cymen	9,8		
Limonen	42,7		
$\gamma$ -Terpinen	1,9		
Terpinolen	1,5		
<b>Summe</b>	<b>61,9</b>		

Tab. 3: Ätherisch Öl Komponenten in % von *Canarium schweinfurthii* (Dongmo et al.; 2010)

#### Anwendungen:

Elemi wird medizinisch als Pflaster und in Salben, technisch in der Lackindustrie verwendet (Hunnius und Burger 1998, S.264).

Volkstümlich wird Manila-Elemi bei Husten und Magenbeschwerden angewendet. Auf den Philippinen wird es frisch auch in Form von Pflastern oder Salben gegen Rheuma und Geschwüre eingesetzt. Heiße Pflaster auf Brust oder Rücken sollen starken Husten mindern. Klinische Studien fehlen aber. In Indonesien wird Elemi zur desinfizierenden Räucherung verwendet (Bruchhausen et al. 1998, S.274).

Das Harz von *Protium icicariba* ist als Elemi occidentale im Handel und wird als Räuchermittel und auf Grund seiner antiseptischen Wirkung in Wundsalben verwendet (Danert et al. 1993, S. 352).

#### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Elemi wirkt reizend auf die Haut, allerdings nicht so stark wie Terpentin. Von *Protium icicariba* (DC.; March.), welche in Brasilien und Westindien beheimatet ist, gibt es Angaben, dass nach Anwendung einer Salbe (30g Elemiharz in 100g Fettgrundlage) Schwellungen an Hals, Schultern und Nacken sowie ein Exanthem am Kinn aufgetreten sind (Bruchhausen et al. 1998, S.274).

### Antimikrobielle Wirkung:

In den letzten Jahren erhöhte sich die Infektionsgefahr, verursacht durch pathogene Bakterien, Pilze und Viren, enorm. Meistens werden synthetische Präparate und Antibiotika gegen diese Mikroorganismen eingesetzt. Viele Bakterienstämme entwickelten Resistenzen gegen diese Antibiotika und Nebenwirkungen wie allergische Reaktion können bei Antibiotika Therapie auftreten. Daher versuchen Wissenschaftler vermehrt Pflanzenextrakte und ätherisches Öl gegen diese Mikroorganismen zu finden und zu analysieren um einen späteren Einsatz möglich zu machen.

Erstmals wurde in dieser Studie die antioxidative, antifungale und antibakterielle Wirkung von *Canarium schweinfurthii* untersucht. Das Pflanzenmaterial wurde aus dem Regenwald nahe der Stadt Boukoko (Zentralafrika) gesammelt. Aus dem Harz von *Canarium schweinfurthii* wurden mittels Hydrodestillation die ätherischen Öle gewonnen.

Die antioxidative Wirkung wurde mittels des „2,2- Diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) essay“ und des „-carotene-Linoleic acid assay“ durchgeführt. Die antibakteriellen Tests wurden mit Hilfe der „Agar-Diffusionsmethode“, „Miller-Hinton“ Nährmedium für die Bakterienstämme und Saboureaud Dextrose Agar für die Pilzstämme durchgeführt.

Die getesteten Mikroorganismen sind die Bakterien- und Pilzstämme *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Listeria innocua*, *Salmonella enterica*, *Shigella dysenteria*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis*, *Staphylococcus camorum*, *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Streptococcus pyogenes*.

Die Harzauszüge an ätherischem Öl zeigten antioxidative Wirkung, höhere als die negative Kontrolle aber relativ schwache Wirkung im Vergleich zu einer Konzentration von 100 µg.ml<sup>-1</sup> BHT (Butylhydroxytoluol).

Die Resultate über die antibakterielle Wirkung der ätherischen Öle, isoliert aus dem Harz von *Canarium schweinfurthii*, zeigten, dass alle Bakterienstämme außer *Proteus mirabilis* gehemmt wurden. Die beste Selektivität der ätherischen Öle wurde bei den Stämmen *Salmonella enterica*, *Streptococcus pyogenes* und *Staphylococcus aureus* erzielt. Die ätherischen Auszüge zeigten sogar höhere antibakterielle Wirkung gegen *Salmonella enterica* als Tetracycline.

Der Test der ätherischen Öle gegen *Candida albicans*, eine pathogener Pilzstamm im menschlichen Körper, im Vergleich mit Fluconazol und Griseofulvin zeigte, dass das Pilz-Wachstum signifikant gehemmt wurde, sogar stärker als von Fluconazol und Griseofulvin.

Die MIC (minimale Hemmkonzentration) und die MBC (minimale bakterizide Konzentration) zeigten außerdem, dass die ätherischen Öle eine stärkere Wirkung gegen Gram-positive als gegen Gram-negative Bakterien haben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die aus dem Harz von *Canarium schweinfurthii* isolierten ätherischen Öle, einen schwachen antioxidativen Effekt und einen hohen in vitro antibakteriellen und antifungalen Effekt aufweisen. Aufgrund dieser Resultate könnten die Auszüge von *Canarium schweinfurthii* als natürliches antimikrobielles Mittel Verwendung finden (Obame et al.; 2007).

#### 1.1.1.4. Gurjunbalsam



Abb. 4: Gurjunbalsam

##### Namen/andere Bezeichnungen:

Balsamum Gurjunae, Gardjanbalsam, Gardschanbalsam, Balsamum Capivi, Balsamum Garnaë, Balsamum Dipterocarpi, Balsamum Copaivae ostindicum, ostindischer Kopaivabalsam (Hunnius und Burger 1998, S. 176)

##### Stammpflanzen:

Die verschiedenen Stammpflanzen, von denen der Gurjunbalsam gewonnen werden kann, gehören zur Familie Dipterocarpaceae:

*Dipterocarpus kerrii* (King)

(Langenheim 2003, S. 332, 573)

*Dipterocarpus alatus*, *Dipterocarpus turbinatus* (Gaertn.)

(Hunnius und Burger 1998, S. 176)

*Dipterocarpus alatus* (Roxb.), *Dipterocarpus turbinatus* (Gärtn.), *Dipterocarpus incanus* (Roxb.), *Dipterocarpus tuberculatus* (Roxb.), *Dipterocarpus crispalatus* (Bl.), *Dipterocarpus gracilis* (Bl.), *Dipterocarpus hispidus* (Thwait.), *Dipterocarpus griffithii* (Miq.), *Dipterocarpus litoralis* (Bl.), *Dipterocarpus retusus* (Bl.), *Dipterocarpus trinervis* (Bl.), *Dipterocarpus zeylanicus* (Thwait.), *Dipterocarpus obtusifolium* (Teysm.)

(List et al. 1973, S. 694)

##### Beschreibungen:

Beschreibung der Familie Dipterocarpaceae (= „Zweifruktgewächse“) siehe Abschnitt 1.1.1.2. Dammar.

Die Gattung *Dipterocarpus*, von der der Gurjunbalsam gewonnen wird, kommt vorwiegend in Südostasien vor und besteht aus ungefähr 80 Arten. Der Kelch ist bei dieser Gattung zu einer Röhre verwachsen und umgibt die Nuss. Der Name „Zweifruktgewächse“ kommt von den Kelchzipfeln, die zu einem flügelartigen Verbreitungsorgan ausgebildet sind. Bei der Gattung *Dipterocarpus* sind nur zwei der fünf Kelchblätter stark vergrößert. Bei der Frucht von *Dipterocarpus retusus* bleiben die Keimblätter im Samen, die Stiele können sich bis zu fünf

cm verlängern und die Kelchzipfel sind ungleich groß. *Dipterocarpus turbinatus* ist mit einer Höhe von bis zu 60m, in den Wäldern Südostasiens einer der größten Bäume (Danert et al. 1994, S. 20,21,22).

#### Herkunft und Anbau:

*Dipterocarpus alatus* und *Dipterocarpus turbinatus* sind heimisch in Hinterindien und auf den Andamanen-Inseln.

Die Hauptproduktionsländer des Gurjunbalsam sind Birma, Kambodscha und Vietnam (List et al. 1973, S. 694, 695).

#### Beschreibung und Harzgewinnung:

Die Gewinnung des Gurjunbalsam ist, je nach Gegend unterschiedlich. Eine Möglichkeit ist, in den bis zu fünf Meter dicken Stamm des Baumes eine Höhlung zu schlagen und darin ein Feuer zu entfachen. Nach Auslöschung des Feuers, findet ein, durch die Wärme angeregter, Balsamfluss statt, der in Bambusrohren aufgefangen wird. Eine andere Möglichkeit ist, mit einer Axt einen horizontalen Einschnitt, und darüber einen, den ersten Einschnitt im spitzen Winkel treffend, vertikalen Einschnitt in die Rinde zu schlagen und heiße Kohlen oder brennendes Laub in den Stamm einzubringen, umso den Balsamfluss anzuregen. In einem Jahr kann bei zwei bis drei Höhlungen pro Baum, bis zu 180l Balsam gewonnen werden.

Der Gurjunbalsam ist dickflüssig und gelblich bis braunschwarz gefärbt. Im verdünnten Zustand und bei direkter Lichteinstrahlung ist der Balsam grün fluoreszierend. Der Geschmack und Geruch erinnern stark an den Kopaivabalsam (List et al. 1973, S. 695).

#### Geruchsbeschreibung:

Balsamisch, sehr dezente Süße, gut erkennbare Fichten/Tannennote, der Hintergrund ist leicht fettig und leicht holzig; Holzig scharf (Pfeffer)

untersuchter Balsam:

Gurjunbalsam, 5ml

Engl.: Balsam gurjun - Botan. Name: *Dipterocarpus turbinatus* - Herkunft: Hinterindien, CAS-Nr.: 8030-55-5- EINECS-Nr.: 232-448-8 - Gewinnung durch Anbohren des Stammes

#### Inhaltsstoffe:

Der Gurjunbalsam besteht zu 50 bis 80% aus ätherischem Öl. Die Hauptkomponenten sind mit 65%  $\alpha$ -Gurjunen und mit 30%  $\beta$ -Gurjunen. Außerdem sind allo-Aromadendren, Sesquiterpenalkohole und Sesquiterpene, wie Caryophyllen, Humulen,  $\delta$ -Elemen und Cyperen, enthalten.

Zu 20 bis 50% besteht der Balsam aus Harz, welches Dipterocarpol (=Hydroxydammaranon-II), Dammarendiol-II, Gurjunsäure und indifferente Resene, wie das Gurjunresen, enthält. Das phenolartige Gurjunresinol, welches als Kopaivasäure im Handel ist, gewinnt man aus den Kristallabscheidungen des Balsams (List et al. 1973, S. 695).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponente</b>	<b>%</b>
$\alpha$ -Gurjunen	72,4
allo-Aromadendren	12,7
$\gamma$ -Gurjunen	5,8
Viridifloren	1,4

Tab. 4: Ätherisch Öl Inhaltsstoffe von *Dipterocarpus sp.*  
(Roszaini et al.; 2012)

#### Anwendungen:

Der Gurjunbalsam wird ähnlich wie der Kopaivabalsam heute nicht mehr medizinisch verwendet. Früher wurde er innerlich bei Harnwegsinfekten, Lepra, Psoriasis und Bronchitis, sowie äußerlich bei Frostbeulen und Geschwüren verwendet (Hunnus und Burger 1998, S. 175, 176).

#### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Keine Auskunft über unerwünschte Wirkungen in der Literatur gefunden.

#### Antimikrobielle Wirkung:

Keine Studien über die antimikrobielle Wirkung des Gurjunbalsam in der Literatur auffindbar.

### 1.1.1.5. Kopaivabalsam



Abb. 5: Kopaivabalsam

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Balsamum Copaivae, Balsamum Copaibae, Balsamum brasiliense, Jesuiterbalsam (Hunnius und Burger 1998, S. 175)

#### Stammpflanzen:

Der echte Kopaivabalsam stammt von der Gattung *Copaifera*, Familie Fabaceae oder Leguminosae. Die Gattung *Daniellia* in Afrika produziert ebenfalls einen dem Kopaivabalsam aber nur ähnlichen Balsam, der als afrikanisches Kopaiva bezeichnet wird. Ebenso produzieren die Gattungen *Eperua* und die asiatische Gattung *Sindora* ein Ölharz bzw. einen ähnlichen Balsam (Langenheim 2003, S. 334).

#### Stammpflanzen des echten Kopaivabalsams:

*Copaifera duckei* (Dwyer), *Copaifera guianensis* (Desf.), *Copaifera langsdorfii* (Desf.), *Copaifera multijuga* (Hayne), *Copaifera officinalis* (L.), *Copaifera pubiflora* (Benth.), *Copaifera reticulata* (Ducke), *Copaifera venezuelana* (Pittier & Harms)  
(Langenheim 2003, S. 334, 335, 572)

#### Beschreibungen:

Die Gattung *Copaifera* gehört zum Tribus Detarieae, der Unterfamilie Caesalpinioideae, zur Familie Leguminosae. Die Gattung besteht aus bis zu 35m hohen, weit verzweigten Bäumen und umfasst 25 bis 30 Arten. Die Stämme der ausgewachsenen Bäumen sind bis zu 1m dick. Charakteristisch für die Gattung *Copaifera* sind Zweige mit glatter Rinde, paarig gefiederte, wechselständige Blätter sowie kleine, weiße Blüten in Ährenrispen. Die Blüten weisen 10 Staubblätter, 4 Kelchblätter und keine Kronblätter auf. Bei der Fruchtform handelt es sich um eine einsamige Hülse (Bruchhausen et al. 1998, S. 421).

### Herkunft und Anbau:

Heutzutage sind die Hauptlieferanten des Kopaivabalsam *Copaifera langsdorffii* und *Copaifera multijuga*, die hauptsächlich aus Brasilien kommen (Bruchhausen et al. 1998, S. 423).

### Beschreibung und Harzgewinnung:

Der Balsam befindet sich sowohl in den bis zu 2cm dicken, vertikal verlaufenden, schizolysigenen Ölkanälen im Holz des Stammes sowie auch in kleinen, schizogen entstandenen Ölbehältern der Blätter.

In die 70-80 Jahre alten Bäume wird 60cm über dem Boden entweder ein Loch bis ins Kernholz geschlagen oder der Stamm angebohrt. Anschließend wird der ausfließende Balsam über Rinnen oder über Blechrohre zum Abfließen gebracht. Nach der Anzapfung und Gewinnung des Balsams werden die Löcher mit Ton verschlossen. Der rohe Balsam wird dann noch von Verunreinigungen, wie Rindenstücken befreit und nach Farbe und Löslichkeit sortiert. Pro Baum sind im Durchschnitt 17-18 kg Balsam-Ernte zu erwarten (Bruchhausen et al. 1998, S. 421, 423).

### Geruchsbeschreibung:

Sehr schwache, leicht ölige holzig-balsamische Note mit erkennbaren Pfeffernuancen; Würzig, holzig nach Pfeffer

untersuchter Balsam:

Copaivabalsam, 5ml

Engl.: Balsam copaiva - Botan. Name: *Copaifera reticulata* - Herkunft: Brasilien,

CAS-Nr.: 8001-61-4- EINECS-Nr.: 232-288-0 - Gewinnung durch Anbohren des Stammes

### Inhaltsstoffe:

Die Inhaltsstoffe des Kopaivabalsams variieren je nach Herkunft. Er besteht zu 40-90% aus ätherischem Öl und zu 20-60% aus Harz.

Im ätherischen Öl sind hauptsächlich flüchtige Sesquiterpene, wie  $\beta$ -Bisabolen, Caryophyllen und Copaen zu finden. Ebenfalls häufig sind  $\alpha$ -Bergamotten und  $\alpha$ - und  $\beta$ -Humulen. Nur in geringer Konzentration enthalten sind Alloaromadendren,  $\gamma$ - und  $\delta$ -Cadinen, Calamenen,  $\alpha$ - und  $\beta$ -Cubeben,  $\alpha$ -Curcumen, Cyperen,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ -Elemen,  $\beta$ -Farnesen und  $\beta$ - und  $\alpha$ -Selinen. Außerdem sind die sauerstoffhaltigen Sesquiterpene Caryophyllenoxid und Multijugenol enthalten.

Die Säurefraktion des Harzes besteht aus Diterpensäuren mit Kauran- und Labdangerüst, wie die Eperu-8(20)-en-15,18-dicarbonsäure, (-)-Kaur-16-en-19-carbonsäure, (-)-16 $\beta$ -Kauran-19-carbonsäure und die Polyalthiasäure. Kopaivabalsam, gewonnen aus *Copaifera langsdorffii*, enthält sechs Diterpene mit Labdan- oder Clerodangrundgerüst, wie zum Beispiel (+)-Hardwickiasäure, (-)-Kolavenol und Kopalsäure. Aus dem Balsam von *Copaifera multijuga*, wurden aus der sauren Fraktion 40% Copaiferasäure, 33% (+)-Hardwickiasäure, (+)-7-Hydroxyhardwickiasäure, Copaiferolsäure und 11-Hydroxylabd-8(20),13-dien-15-carbonsäure identifiziert (Bruchhausen et al. 1998, S. 423, 424).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponente</b>	<b>%</b>
β-Caryophyllen	9,16
Trans-α-Bergamoten	20,47
Sesquisabinen	2,33
(Z)-α-Bisabolen	2,38
β-Sesquiphellandren	2,04
Cis-α-Bisabolen	3,39
α-Humulen	3,47
β-Bisabolen	40,94

Tab. 5: Hauptkomponenten des Harzes von *Copaifera duckei* (GC/MS)  
(Gomes dos Santos et al.; 2013)

#### Anwendungen:

Volkstümlich in Brasilien findet der Copaivabalsam breite Verwendung als Antiseptikum bei chronischer Blasenentzündung, als Carminativum bei Blähungen, zur Entwässerung bei Verstopfung, bei Hämorrhoiden und Durchfall sowie bei Bronchitis. Keine dieser Indikation ist aber wissenschaftlich belegt. Äußerlich wird der Balsam gegen Dermatosen, Frostbeulen, Gonorrhoe und Ekzeme verwendet. Aber auch bei diesen Indikationen ist die Wirksamkeit nicht belegt.

Der Kopaivabalsam wird heute als natürliches und billiges Fixativ in der Kosmetik- und Parfumindustrie, in Seifen, Waschmitteln, Cremes und Parfüms verwendet. Ein zweites Einsatzgebiet ist die Lack- und Firnisindustrie (Bruchhausen et al. 1998, S. 423, 425, 426).

#### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Nach oraler Verabreichung einer Dosis von 5g Kopaivabalsam, traten nach 1,5 Stunden Bauchschmerzen auf. Nach weiterer Einnahme von 5g Balsam zeigten sich Symptome wie Zittern, Schüttelfrost, Brechdurchfall, Schmerzen in der Lendengegend und Schlaflosigkeit. Äußerlich kam es zu Hautausschlägen und Urticaria.

Eine 8%ige Konzentration des Balsams in Vaseline löste beim Menschen allerdings keine Reizung innerhalb von 24 Stunden aus (Bruchhausen et al. 1998, S. 426).

#### Antimikrobielle Wirkung:

Nachdem die Antibiotikaresistenzen verschiedener Bakterien weltweit anwachsen und im Gesundheitswesen immer größere Probleme machen, wird zunehmend versucht neue antibakteriell wirksame Mittel aus natürlichen Quellen zu finden.

In dieser Studie wurde die antibakterielle Wirkung des Kopaivabalsames, gewonnen von *Copaifera duckei* (Dwyer), und der mögliche Wirkungsmechanismus gegen Bakterien untersucht.

Die neun getesteten Bakterienstämme sind *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* und drei verschiedene Stämme von *Staphylococcus aureus*. Die antibakterielle Aktivität des Kopaivabalsames wurde mit Hilfe der Agardiffusionsmethode auf Müller-Hinton Agar und der MIC-Wertbestimmung durch die Agardilutionsmethode untersucht. Die Antibiotika Gentamicin und Vancomycin wurden als Kontrolle verwendet.

Der Balsam von *Copaifera duckei* hemmte alle getesteten gram-positiven Bakterien, besonders *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* und *Staphylococcus aureus*. Die Empfindlichkeit dieser drei Stämme gegen den Kopaivabalsam unterschied sich signifikant von den anderen Stämmen. Die getesteten gram-negativen Bakterien wurden nicht inhibiert.

*Bacillus cereus* zeigte mit einem MIC-Wert von 0,03125 mg/ml die größte Empfindlichkeit gegen den Kopaivabalsam. Dies deutet auf eine starke antibakterielle Aktivität hin, während sich bei den anderen Bakterien, mit MIC-Werten von 2,0-16,0 mg/ml, schwache Hemmwirkung zeigte. Kopaivabalsam zeigte die gleiche Hemmwirkung gegen *Bacillus cereus* wie 4µg Vancomycin ml<sup>-1</sup>.

Das pathogene Bakterium *Bacillus cereus* hat auf Grund der Toxin Produktion große Bedeutung in der Lebensmittelindustrie. Es verursacht dadurch Diarrhoe und Emesis. Auch an opportunistischen Infektion der Haut und Weichteile ist *Bacillus cereus* vermehrt beteiligt.

Als Wirkungsmechanismus des Kopaivabalsames wurde der Angriff an der Zellwand des *Bacillus cereus* festgestellt. Proteine wurden aus der Zellwand entfernt und die Zellteilung wurde gestört.

Der Kopaivabalsam könnte in Zukunft als antibakterielles Mittel, besonders gegen *Bacillus cereus*, in der Lebensmittelindustrie Anwendung finden (Gomes dos Santos et al.; 2013).

Eine weitere Studie untersuchte die antimikrobielle Wirkung des Kopaivabalsames, gewonnen von *Copaifera multijuga* (Hayne). Bei den ärmeren Bevölkerungsschichten im Norden Brasiliens ist der Balsam als Diuretikum, Laxans, Antirheumatikum und als antiseptisches und antiinflammatorisches Heilmittel in Verwendung.

Die antimikrobielle Wirkung des Kopaivabalsames wurde mit der Agardiffusionsmethode und Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration gegen die Bakterienstämme *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Staphylococcus aureus* überprüft. Als Standard wurden die Antibiotika Amoxicillin, Cloramphenicol und Tetracyclin verwendet.

Die Ergebnisse zeigten, dass das Wachstum aller drei Testbakterien, *Escherichia coli* mit einer minimalen Hemmkonzentration von 1,56%, *Pseudomonas aeruginosa* mit einer minimalen Hemmkonzentration von 3,12% und *Staphylococcus aureus* mit einer minimalen Hemmkonzentration von 12,50%, gehemmt wurde (Mendonca u. Onofre; 2009).

In einer Studie nach Souza et al. wurden vier Diterpene vom Kopaivabalsam, gewonnen aus *Copaifera langsdorffii*, isoliert und gegen Mikroorganismen getestet, die für Parodontitis verantwortlich gemacht werden.

Von den vier isolierten Verbindungen Copalsäure, Acetoxycopalsäure, Hydroxycopalsäure und Agathissäure, zeigte die Copalsäure, mit einem MIC-Wert von 3,1 µg/ml, die größte Aktivität gegen das Schlüssel-Pathogen *Porphyromonas gingivalis*.

Copalsäure zeigte sowohl einen bakteriostatischen als auch bakteriziden Effekt. Die Zeit-Abtötungskurven belegen, dass das Wachstum in den ersten 12h gehemmt wurde und der bakterizide Effekt nach 12-24h eintrat. Copalsäure zeigte keine Zytotoxizität in menschlichen Fibroblasten.

Standardisierte Extrakte des Kopaivabalsames, mit einem hohen Gehalt an Copalsäure, könnten in Zukunft eine wichtige Rolle für die Entwicklung neuer Mundpflegeprodukte einnehmen (Souza et al.; 2011).

### 1.1.1.6. Kopal



Abb. 6.1.: Madagaskar Copal



Abb. 6.2.: Manila Copal

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Copal, Kopalharz, Resina Copal, Gummi Copal, hartes oder weiches Dammarharz (Hunnius und Burger 1998, S. 360)

#### Stammpflanzen:

In der Literatur wird die Bezeichnung Kopal sehr unterschiedlich verwendet und nicht eindeutig einem Harz oder einer Stammpflanze zugeordnet.

Schon die Azteken benutzten das Wort „copalli“ generell für alle Harze die sie verwendeten. Danach verwendeten auch die Mayas das Wort „copalli“ für die Harze der Gattungen Pinus, Protium, Bursera und Liquidambar. Die spanische Übersetzung von „copalli“ zu Copal führte dann zu der Verallgemeinerung, dass weltweit alle nicht fossilen Harze als Copal bezeichnet wurden. Auch die südostasiatische Bezeichnung „damar“ führte zu ähnlichen Verwirrungen. Die Bezeichnungen „damar“ und „copalli“ wurden von Einheimischen für alle Harze von verschiedensten Pflanzenquellen gebraucht, bevor diese Pflanzen von Wissenschaftlern untersucht und die Harze zugeordnet wurden.

Heute bezeichnet die Wissenschaft sehr harte Harze und Harze mit einem hohen Schmelzpunkt als Copale. Laut Langenheim wird in harte und weiche Kopale (auch „Mayan copal pom“ bezeichnet) unterschieden und folgende Stammpflanzen dazu genannt (Langenheim 2003, S. 392):

#### harte Kopale der Familie Fabaceae, Unterfamilie Caesalpinioideae:

- Kongokopal: *Guibourtia demeusei* (Harms; J. Leonard) (syn.: *Copaifera demeusei*), *Tessmannia africana* (Harms), *Tessmannia anomala* (Micheli; Harms), *Tessmannia yangambiensis* (Louis ex J. Leonard)  
(Langenheim 2003, S. 393, 491, 574, 579)
- ostafrikanischer Kopal: Sansibar-Kopal: *Hymenaea verrucosa* (Gaertn.) (syn.: *Trachylobium verrucosum* (Gaertn.; Oliver))  
(Langenheim 2003, S. 394, 396, 491, 574, 579)

- südamerikanischer Kopal: brasilianischer-, Para- oder Demerara Kopal: *Hymenaea oblongifolia* (Huber), „Jutaicica“ Harz: *Hymenaea courbaril* (L.) (Langenheim 2003, S. 398, 491, 574)
- westafrikanischer Kopal: *Guibourtia copallifera* (J.J. Benn.), *Guibourtia ehie* (a. Chev.; J. Leonard), *Guibourtia demeusei* (Harms; J. Leonard) *Gossweilerodendron balsamiferum* (Vermoesen; Harms) *Copaifera baumiana* (Harms), *Copaifera religiosa* (J. Leonard), *Copaifera salikounda* (Heckel), *Copaifera mildbraedii* (Harms) *Daniellia alsteeniana* (Duvign.), *Daniellia ogea* (Harms; Rolfe ex Holl.), *Daniellia similis* (Craib ex Holl.), *Daniellia thurifera* (Bennett) *Oxystigma* *Tessmannia* (Langenheim 2003, S. 393-396, 491, 572, 574)
- (Südafrikanischer Kopal: *Colophospermum*) (Langenheim 2003, S. 393)

#### harte Kopale der Familie Araucariaceae:

- Kauri Kopal: *Agathis australis* (Steud.) (Langenheim 2003, S. 399, 491, 569)
- Manila Kopal: *Agathis alba* (Foxw.), *Agathis celebica* (Koord.; Warb.), *Agathis dammara* (Lamb.; L.C. Rich.), *Agathis philippinensis* (Warb.) (Langenheim 2003, S. 399, 491, 569)
- andere Kopale: *Agathis borneensis* (Warb.), *Agathis labillardierei* (Warb.) (Langenheim 2003, S. 400, 491, 569)

#### weiche Kopale:

- copal pom: Burseraceae: *Bursera aloexylon* (Engl.), *Bursera aptera* (Ramirez), *Bursera bipinnata* (Engl.), *Bursera delpechiana* (Poisson), *Bursera excelsa* (Engl.), *Bursera glabrifolia* (Engl.), *Bursera gummifera* (L.) (syn.: *Bursera simaruba* (L.; Sarg.)), *Bursera jorullensis* (Engl.), *Bursera microphylla* (A. Gray.), *Bursera odorata* (T.S. Brandeg.), *Bursera penicillata* (Engl.), *Bursera schlechtendalii* (Engl.), *Bursera trijuga* (Ramirez) (Langenheim 2003, S. 374, 491, 570)

*Protium copal* (Schlechtendal & Cham.; Engl.)  
(Langenheim 2003, S. 374, 491, 577)

Weitere Familien die weichen Kopal enthalten sind Pinaceae und Altingiaceae.  
(Langenheim 2003, S. 491)

### Beschreibungen:

Die Stammpflanzen der Familie Fabaceae (Leguminose) gehören alle zur Unterfamilie Caesalpinioideae. Diese Unterfamilie teilt sich in die beiden Triben Detarieae und Amherstieae. Diese beiden Triben haben im Gegensatz zu anderen Triben der Unterfamilie Caesalpinioideae gemeinsame Merkmale, besonders was die Blütenmorphologie betrifft. Der Hauptunterschied besteht darin, dass Detarieae und Amherstieae in Längsspalten aufspringende Staubbeutel besitzen. Weiters ist die Blütenkrone, mit einer sehr ungleichen Ausbildung der Kronblätter und die reduzierte Zahl an Staubblättern charakteristisch. Die Staubfäden sind entweder zum Teil oder alle verwachsen.

Bei der Gattung *Hymenaea* sind die oberen Kronblätter größer als die übrigen. Bei der Gattung *Copaifera* fehlen die Kronblätter komplett und die vier Kelchblätter übernehmen die Aufgabe der Krone.

Die Samen der Unterfamilie sind oft rot gefärbt und besitzen häufig fleischige Samenhüllen, was auf die Verbreitung der Samen durch Vögel hindeutet. Die Vögel suchen und fressen die Samen und scheiden die Samenkörner, nach dem Passieren des Darmkanals wieder aus (Danert et al. 1993, S. 234).

Die harten Kopal der Familie Araucariaceae kommen von der Gattung *Agathis*, die ungefähr 20 Arten umfasst. Bei diesen bis zu 60m hohen Bäumen mit Schirmkrone, sind die Äste weit ausladend und die Blätter stehen am Hauptspross spiralig. Die Form der großen, ledrigen Blätter ist breit- oder eiförmig lanzettlich bis elliptisch.

Die Blüten von *Agathis* sind monözisch aber auch diözisch verteilt. Die weiblichen Blütenstände bestehen aus mehreren Samenschuppen, die an der Blütenachse spiralig und dicht angeordnet sind. Die axilläre, kurz gestielte männliche Blüte ist am Grund mit kleinen Schuppen umgeben.

Die rundlichen Zapfen sind bis zu 10cm groß und stehen endständig an kurzen Zweigen. Die Oberfläche der Zapfen ist durch die dachig deckenden Schuppen glatt. Die Zapfen fallen allerdings leicht auseinander, wobei nur die oberen Schuppen verbunden bleiben.

Das Harz wird in den Parenchymzellen der Markstrahlen gebildet und dann in die älteren Tracheiden ausgeschieden (Keller et al. 1992, S. 126, 127).

### Herkunft und Anbau:

Die beiden wichtigsten harten Kopal Lieferanten sind die Gattungen *Copaifera* und *Hymenaea* der Familie Fabaceae.

Die afrikanischen Kopal stammen in erster Linie von der Gattung *Copaifera*. *Copaifera demeusei* liefert das als Kongokopal bekannte Harz und *Copaifera copallifera* liefert den Sierra Leone- oder Guinea-Kopal. Nachdem die Wildvorkommen erschöpft sind, wurden Plantagen angelegt.

Der amerikanische Kopal wird von *Hymenaea courbaril*, auch Heuschreckenbaum genannt, gewonnen, der von Mexiko bis zum mittleren Teil Südamerikas beheimatet ist.

Die einzige afrikanische Art der Gattung *Hymenaea*, *Hymenaea (Trachylobium) verrucosa* liefert den Sansibar- oder ostafrikanischen Kopal. Ihre Heimat ist das ostafrikanische und madagassische Gebiet und zum Teil gibt es Kulturen in Südostasien. Außerdem sind fossile Bestände des Sansibar-Kopals an der ostafrikanischen Küste bekannt (Danert et al. 1993, S. 234, 235).

Der fossile Kauricopal wird hauptsächlich von *Agathis australis* gewonnen und kommt vorwiegend aus Neuseeland.

Der Manilacopal von *Agathis dammara* und anderen *Agathis*-Arten kommt aus Südostasien.

In erster Linie aus Wildvorkommen und aus Kulturen von den Philippinen, Neu Guinea und von indonesischen Inseln. Die semifossilen Manilacopale werden aus Flußsanden gesammelt (Keller et al. 1992, S. 127, 129).

Bei der Gattung *Bursera*, Familie Burseraceae, von der die weichen Kopale gewonnen werden bestehen die amerikanischen Arten aus kleinen, immergrünen Sträuchern oder Bäumen. Sie erinnern an die Weihrauchbäume Arabiens, werden aber maximal bis zu 15m hoch.

Die in Mexiko beheimateten Arten der Gattung *Bursera* liefern alle aromatische Gummiharze oder Harze (Rätsch 2004, S. 31).

#### Beschreibung und Harzgewinnung:

Das Kopalharz wird durch tiefe Einschnitte in Bäume oder durch Erhitzen vorher gefällter Bäume gewonnen. Ähnlich wie beim Bernstein gibt es auch für den Kopal fossile Quellen (Danert et al. 1993, S. 234).

Die Gewinnung des Kopalharzes des laut Rätsch 2004 „Echten Copals“ von *Protium copal* ist äußerst aufwendig. Dieser immergrüne, kleine Laubbaum ist bevorzugt in Belize, Guatemala und im tropischen Südmexiko zu Hause. Bei diesen Bäumen tritt nur sehr wenig des klaren und dünnflüssigen Kopsaftes aus den Kerben aus. Nachdem dieser Saft auch die Nahrungsquelle für einheimische Bienen darstellt, müssen die Einschnitte abgedeckt werden. Der gezapfte Saft dickt dann allmählich ein und härtet zum duftenden, weißen bis gelblichen Harz aus (Rätsch 2004, S. 27).

Der Kongokopal wird oft als sub- oder semifossiles Harz beschrieben. *Guibourtia demeusei* (syn.: *Copaifera demeusei*) gibt nach Verwundung reichlich Harz ab, welches am Boden zu Klumpen aggregiert. Diese Klumpen sind äußerst beständig und im Waldboden so lange haltbar, dass sie oftmals den Mutterbaum überdauern (Rätsch 2004, S. 29).

#### Geruchsbeschreibung:

Sehr schwache balsamische Note, sehr wenig Süße, im Hintergrund leicht würzige Note; Schwach, etwas Curry

untersuchtes Harz:

Kopal (Copal), ca. 30g

Engl.: copal resin - Botan. Name: *Hymenaea courbaril* L. - Herkunft: Mittelamerika,

CAS-Nr.: 9000-14-0 - EINECS-Nr.: 232-527-9 - Einschnitte in Rinde

### Inhaltsstoffe:

Beinahe alle Kopale enthalten Resen, Resinolsäuren, Bitterstoffe und unterschiedlich zusammengesetzte ätherische Öle.

Im Kopal, gewonnen von *Protium copal*, sind auch Triterpene und Cumarinlignoide identifiziert worden.

Im Kongokopal, hauptsächlich von *Guibourtia demeusei* (syn.: *Copaifera demeusei*) gewonnen, sind Resen, ätherisches Öl und Diterpene mit Labdangrundgerüst, wie Kopalsäure, Harzsäuren und Oxysäuren, festgestellt worden.

Die weichen Kopale von der Gattung *Bursera* enthalten neben Resen, Resinolsäuren, Bitterstoffen und weniger ätherischem Öl als andere Kopale auch noch eine hohe Konzentration an Triterpenen (Rätsch 2004, S. 29, 30, 33).

Der Kauricopal enthält je nach Typ Abietinsäure, Agathissäure und deren Methylester, trans-Communol, trans-Communsäure, Sandaracopimarsäure und Sandaracopimaradienol. Die Harzditerpene ermöglichen eine Unterscheidung der einzelnen Harze der Agathis Arten.

Manilacopal besteht aus 92% Resenen, 5-6% ätherischem Öl, 2% Wasser und zu einem Prozent aus einem undefinierten Bitterstoff. Im Harz sind die rasch polymerisierenden Labdatriensäuren Sandaracopimarsäure, Agatholsäure, Agathalsäure und 15-Methylagatat vorhanden. Der Hauptbestandteil des ätherischen Öls ist Pinen (Keller et al. 1992, S. 128, 130).

Die extreme Härte der Kopale resultiert aus den Polymeren der Harzsäuren und aus den Enantiomeren der Communsäure. Diese Enantiomere sind zur Polymerisation befähigt und machen so die Fossilation möglich (Langenheim 2003, S. 392).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponenten</b>	
5 $\alpha$ -9,10-secodehydroabietinsäure	Brein
5 $\beta$ -9,10-secodehydroabietinsäure	Hydroxy-Triterpenoid (nicht ident.)
Pimara-8,15-dien-18-on-säure	$\alpha$ -Amyrenon
Pimarsäure	$\beta$ -Amyrenon
Sandaracopimarsäure	Lupeol
Palustrinsäure	Lupenon
Isopimarsäure	$\alpha$ -Amyrin
Dehydroabietinsäure	$\beta$ -Amyrin
Abietinsäure	Maniladiol
Neoabietinsäure	3 $\beta$ -hydroxyolean-12-en-11-on
Hydroxyditerpensäure (nicht ident.)	Triterpenoid (nicht ident.)
7-oxodihydroabietinsäure	Diketoditerpensäure (nicht ident.)
7-hydroxydehydroabietinsäure	7-oxo-15-hydroxydehydroabietinsäure
15-hydroxydehydroabietinsäure	Dihydroxyditerpensäure (nicht ident.)
Oxodehydroabietinsäure	

Tab. 6: Terpenoide Komponenten des Kopal-Harzes  
(Stacey et al.; 2006)

### Anwendungen:

Schon bei den Mayas und den Azteken wurde das Kopalharz hoch geschätzt und in erster Linie bei religiösen und schamanischen Zeremonien geräuchert. Das reine Harz verdampft sofort und verbreitet sein Aroma äußerst schnell. Kopalharz wurde damals auch zum Stopfen von Löchern in Zähnen verwendet. Heute noch werden in der Zahnmedizin Kopalharze verwendet um einer Entfärbung von Silberamalgam entgegen zu wirken (Rätsch 2004, S. 27, 28).

Früher wurden Kopale in der technischen Industrie als Lacke und Firnisse verwendet (Hunnius und Burger 1998, S. 360).

### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Die *Bursera* Kopalharze entfalten beim Inhalieren oft beruhigende, stimmungsaufhellende und euphorisierende Wirkung. Dem Kopal von *Bursera bipinnata*, auch „Copal de Santo“ genannt, wird sogar eine halluzinogene Wirkung nach gesagt (Rätsch 2004, S. 31).

### Antimikrobielle Wirkung:

In dieser Studie wurden 22 Pflanzen, die in der traditionellen mexikanischen Medizin gegen diverse Krankheiten, die von Bakterien ausgelöst werden, verwendet werden, untersucht.

Die Rohextrakte der 22 Pflanzen wurden auf ihre Wirkung gegen das gram-negative Bakterium *Escherichia coli* und gegen das gram-positive Bakterium *Staphylococcus aureus*, einen Methicillin sensitiven Stamm (MSSA) und einen Methicillin resistenten Stamm (MRSA), getestet. Die antimikrobielle Wirkung wurde mittels der Mikrodilutionsmethode und Bestimmung der MIC durchgeführt.

Sieben Arten zeigten hohe Aktivität gegen *Staphylococcus aureus*, aber nur sechs Pflanzenextrakte zeigten moderate Wirkung gegen *Escherichia coli*.

*Bursera simaruba*, welche ein weiches Kopalharz liefert und in den tropischen Teilen Mexikos weit verbreitet ist, zeigte zusammen mit drei anderen Pflanzen (*Haematoxylon brasiletto*, *Calophyllum brasiliense*, *Mammea americana*) die höchste Aktivität sowohl gegen den Methicillin sensitiven Stamm als auch gegen den Methicillin resistenten Stamm von *Staphylococcus aureus*. Die MIC-Werte des Extraktes von *Bursera simaruba* betragen 8µg/ml sowohl gegen MSSA als auch gegen MRSA.

Die Studie belegte den antimikrobiellen Effekt und die Wirkung verschiedener Pflanzen, die in Mexiko traditionell angewendet werden (Yasunaka et al.; 2005).

In dieser Studie wurde die Wirkung der Rinden-Extrakte (Dichlormethan-Extrakt und Methanol-Extrakt) von zwei Fabaceae Arten, nämlich von *Tetrapleura tetraptera* und von *Copaifera religiosa*, einem Produzenten des westafrikanischen Copals, gegen den Malaria Erreger *Plasmodium falciparum* untersucht. Diese beiden Arten werden in der Provinz Haut-Ogooue, Gabun, traditionell zur Behandlung von Malaria-Symptomen eingesetzt.

Die antiplasmodiale Aktivität wurde sowohl gegen Chloroquin resistente Stämme als auch gegen Chloroquin sensitive Stämme von *Plasmodium falciparum* getestet. Dabei wurde die „DELI“-Methode (=„Double-site Enzyme-linked Lactatede dehydrogenase Immunodetection assay“) verwendet.

Die Dichlormethan-Extrakte beider Pflanzen zeigten in vitro eine viel versprechende Aktivität mit IC50 Werten von 5-15 µg/ml. Die Dichlormethan-Extrakte von *Copaifera religiosa* zeigten aber auch hohe Zytotoxizität und geringe Selektivität.

Die methanolischen Extrakte von *Tetrapleura tetraptera* zeigten auch Aktivität, allerdings die von *Copaifera religiosa* waren mit IC50 Werten von 227 µg/ml inaktiv (laut WHO über 50 µg/ml inaktiv).

Trotzdem werden wässrige Extrakte in Gabun zur Behandlung der Malaria eingesetzt. Beide Arten besitzen großes Potential *Plasmodium falciparum* zu hemmen, allerdings sind die Wirkmechanismen unbekannt und die Isolierung der wirksamen Bestandteile stellt den nächsten Schritt dar (Lekana-Doukil et al.; 2011).

### 1.1.1.7. Myrrhe



Abb. 7: Myrrhe

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Myrrha, Gummi-Resina Myrrha, echte Myrrhe, Somali-Myrrhe (Hunnus und Burger 1998, S. 356)

#### Stammpflanzen:

Die Stammpflanzen der Myrrhe gehören zur Gattung *Commiphora*, Familie Burseraceae: *Commiphora africana* (Engl.), *Commiphora myrrha* (Nees; Engl.) (syn.: *Commiphora molmol* (Engl. ex Tschirch)), *Commiphora guidotti* (Chiov. ex Guidottii), *Commiphora merkeri* (Engl.); Mekka Myrrhe (=Mekkabalsam) von *Commiphora opobalsamum* (L.; Engl.) (syn.: *Commiphora gileadensis*) (Langenheim 2003, S. 370,371,373, 571)

*Commiphora abyssinica* (Engler), *Commiphora schimperi* (Engler) (Schneider et al. 2004, S. 409)

#### Beschreibungen:

Wie bereits in Abschnitt 1.1.1.3. Elemi erläutert, teilt sich die Familie Burseraceae in drei Triben auf.

Die Gattung *Commiphora*, von der die Myrrhe gewonnen wird gehört genauso wie die Gattung *Boswellia*, von der Olibanum (Abschnitt 1.1.1.8.) gewonnen wird zum Tribus Bursereae.

Die Gattung *Commiphora* besteht aus xerophytischen Gehölzern, die ungefähr 185 Arten umfasst und hauptsächlich in den Savannengebieten Nordafrikas vorkommt. Die xerophytische Natur der Gattung spiegelt sich in der Beblätterung wieder. Manche Sippen haben Fiederblätter, manche weisen nur dreizählig gefiederte Blätter auf und manchen Sippen fehlt die Fiederung vollständig. Die sich öffnenden Früchte der Gattung *Commiphora* zeichnen sich außerdem durch einen gefärbten „Arillus“ aus, der aber als Pseudoarillus bezeichnet wird, weil er vom Grund der Frucht ausgeht (Danert et al. 1993, S. 353).

### Herkunft und Anbau:

Myrrhe kommt hauptsächlich aus dem Somaliland und dem Jemen (Südarabien) (Wagner 1993, S. 98).

### Beschreibung und Harzgewinnung:

Das Gummiharz Myrrhe wird durch Einschnitte in die Rinde der dornigen, Milchsaft führenden Myrrhesträucher gewonnen. Aus den schizolysigenen Sekreträumen tritt an den verletzten Stellen ein gelber Milchsaft aus, der anschließend an der Luft erhärtet. Das Harz ist gelb bis rötlich-braun und hat die Form löchriger Klumpen oder unregelmäßig geformter Körner. Die Oberfläche ist glänzend und ein aromatischer Geruch des Harzes ist wahrnehmbar (Wagner 1993, S. 98).

Der Geschmack der Myrrhe ist aromatisch, kratzend und anhaltend bitter und sie klebt beim Kauen an den Zähnen.

Somali-Myrrhe oder auch Heerabol-Myrrhe genannt stammt von *Commiphora molmol*, die arabische Myrrhe, auch Fadhli-Myrrhe genannt, stammt von den Arten *Commiphora abyssinica* und *Commiphora schimperi*. Eine dunkelbraunrot gefärbte Sorte kommt aus dem Jemen. In Europa bekommt man leider häufig Mischformen der Harze (Schneider et al. 2004, S. 409).

### Geruchsbeschreibung:

Balsamisch weiche, aromatisch und würzige Note, warm mit einem holzigen Hintergrund;  
Süß

untersuchtes Harz:

Myrrhe-Harz, ca. 35 g

Engl.: myrrh resin – Botan. Name: *Commiphora abyssinica* - Herkunft: Äthiopien,  
CAS-Nr.: 84929-26-0 - EINECS-Nr.: 284-510-0 - Einschnitte in Rinde

### Inhaltsstoffe:

Myrrhe enthält 2-10% ätherisches Öl, vor allem sind Zimtaldehyd, Furanogermacran Derivate und das streng und anhaltend riechende Cuminaldehyd (=Geruchsträger) enthalten. Dieser Phenylpropankörper, auch Cuminal genannt, besitzt neben seinem Geruch auch einen scharf brennenden Geschmack und kommt in verschiedenen ätherischen Ölen, wie zum Beispiel in Eukalyptusöl, vor. Der Harzanteil beträgt 25-40% mit Triterpensäuren, Triterpenestern, Triterpenalkoholen und indifferenten Stoffen. Das Sesquiterpenlaktone Commiferin und einige Furanosesquiterpene (=Leitstrukturen) gehören zum lipophilen Anteil des Harzes. Den hydrophilen Anteil bestimmen Proteine und schleimartige Polysaccharide. Laut dem europäischen Arzneibuch 6. Ausgabe, Grundwerk 2008 darf dieser Teil an Ethanolunlöslichen Bestandteilen 70% nicht übersteigen. Der Geruch und der Geschmack der Myrrhe wird von 5-Acetoxy-2-methoxy-4,5-dihydrofuranodien-6-on bestimmt (Schneider et al. 2004, S. 409, 410; EuAB 6. Ausgabe, Grundwerk 2008, S. 3330).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponente</b>	<b>%</b>
$\alpha$ -Caryophyllen	0,3
$\beta$ -Caryophyllen	0,5
$\beta$ -Elemen	15,5
$\delta$ -Elemen	2,1
$\beta$ -Bourbonen	0,5
$\beta$ -Eudesmen	0,6
Germacren D	0,6
$\gamma$ -Cadinen	0,3
$\delta$ -Cadinen	0,2
Furanoeudesma-1,3-dien	37,0
Lindestren	7,0
oxidierte Sesquiterpene	3,1
2-Acetoxyfuranodien	0,8

Tab. 7: Ätherische Öle in Myrrhe (Hamm et al.; 2004)

#### Anwendungen:

Mit Myrrhe wurde wie mit Weihrauch, schon vor tausenden Jahren Handel betrieben. Myrrhe wurde ebenfalls als Räuchermittel geschätzt, im Gegensatz zu Olibanum hat Myrrhe auf Grund des geringeren Harzanteils (nur 25-35%; Olibanum bis 66%) und des höheren Gehaltes an ätherischen Ölen eine weichere Konsistenz, vergleichbar mit abgestandenem Honig.

Die antiseptische Wirkung die auf den Gehalt der ätherischen Öle zurück zu führen ist, machten sich schon die alten Ägypter zu Nutze. Sie verwendeten Myrrhe zur Einbalsamierung (Konservierung von Leichen) (Danert et al. 1993, S. 352, 353).

Myrrhe wird als gutes Adstringens und Antiseptikum in Form der Myrrhetinktur gegen leichte Schleimhautentzündungen der Rachen- und Mundschleimhaut angewendet (laut DAB 1996: Myrrhae tinctura, Trockenrückstand  $\geq$  4%, laut Helv VII: Myrrhae tinctura, Trockenrückstand  $\geq$  5%, laut ÖAB 90: Tinctura Myrrhae, Trockenrückstand  $\geq$  4%). Die Tinktur kann alleine oder als Bestandteil von Mischungen, zum Beispiel mit Tormentill-Adstringens, zum Gurgeln, als Spülung oder verdünnt in Pinselungen angewendet werden (Teuscher 1997, S. 268).

#### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Keine Auskunft über unerwünschte Wirkungen in der Literatur gefunden.

### Antimikrobielle Wirkung:

In einer neuen Studie vom Juni 2013 wurden die wässrigen Extrakte des Harzes von *Commiphora myrrha* und *Commiphora molmol* untersucht. Getestet wurde ihre inhibitorische Wirkung auf vier pathogene Bakterienstämme: *Neisseria sicca*, *Micrococcus luteus*, *Proteus mirabilis* und *Pseudomonas aeruginosa*. Die Resultate zeigten, dass die Extrakte das Wachstum aller vier Bakterien hemmten. Um so länger die Myrrhe gelagert wurde umso weniger hemmte sie das Bakterienwachstum. Bei Lagerung von *Commiphora myrrha* über ein Monat, sechs Monate und ein Jahr ging die wachstumshemmende Wirkung auf *Proteus mirabilis* und *Micrococcus luteus* verloren. *Commiphora molmol* verlor ihre hemmende Wirkung auf *Proteus mirabilis* allerdings erst nach einem Jahr. Drei Inhaltsstoffe, 2-Fluorodiphenylmethan, Tribenzo-1,2,3,4,5,6-anthracen, 2-Brom-1-(4-Bromphenyl)-ethanon, wurden mittels chemischer Analyse aus Myrrhe identifiziert, die für ihre antimikrobielle Wirkung bekannt sind (Hassan et Al-Abdalall; 2013).

### 1.1.1.8. Olibanum



Abb. 8.1.: Weihrauch (*Boswellia cateri*)



Abb. 8.2.: indischer Weihrauch (*Boswellia serrata*)

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Weihrauch, Gummiresina Olibanum, Gummi Olibanum (Hunnus und Burger 1998, S.230)

Salai, Gugal (in Indien) (Schneider et al. 2004, S. 412)

#### Stammpflanzen:

Olibanum wird aus der Gattung *Boswellia* gewonnen, die zur Familie Burseraceae gezählt wird (Hunnus und Burger 1998, S.230).

*Boswellia ameero* (Balf.), *Boswellia bhaw-dajiana* (Birdw.), *Boswellia carteri* (Birdw.) (syn.: *Boswellia sacra* (Flück.)), *Boswellia frereana* (Birdw.), *Boswellia papyrifera* (Del.; Hochst.), *Boswellia serrata* (Roxb. ex Colbr.) (syn.: *Boswellia thurifera* (Roxb. ex Flem.)), *Boswellia socotrana* (Balf.)

(Langenheim 2003, S.363, 364, 570)

#### Beschreibungen:

Wie bereits in Abschnitt 1.1.1.3. Elemi erläutert, teilt sich die Familie Burseraceae in drei Triben auf.

Die Gattung *Boswellia*, von der Olibanum stammt, gehört zum Tribus Bursereae. Die Arten dieses Tribus gedeihen oft an trockenen Standorten (Xerophyten) oder in den Wäldern Afrikas. Ihre Sprosse sind sehr oft zu Dornen umgewandelt.

Die Gattung *Boswellia* unterteilt sich in ungefähr 25 Arten, die als gemeinsames Charakteristikum eine in Scheiben abfallende, papeartige Borke haben. Die Bäume der Gattung sind nur ungefähr so groß, wie typische Obstgehölze in Mitteleuropa.

Die korrekte wissenschaftliche Bezeichnung für das Harz der Gattung *Boswellia* ist Olibanum. Allerdings wurde Weihrauch, so heißt eigentlich nur das Verbrennungsprodukt des Harzes, mit der Zeit auch auf das Harz übertragen.

Mit Weihrauch wurde bereits schon vor 2000 Jahren Handel betrieben, aufgrund der hohen Wertschätzung dieses Produktes entstand sogar eine der ersten Handelsrouten. Diese als Weihrauchstrasse bekannte Route führte von Südarabien bis ins östliche Mittelmeergebiet (Danert et al. 1993, S.352).

### Herkunft und Anbau:

Die Gattung *Boswellia* kommt ausschließlich in Vorderindien und im tropischen nördlichen Afrika vor.

Der Hauptlieferant von Olibanum, *Boswellia carteri* wächst in trockenen Gebieten Somalias und Erythraä. Die ebenfalls wirtschaftlich wichtige Art *Boswellia frereana* ist auch in Somalia zu finden (Danert et al. 1993, S. 352, 353).

*Boswellia sacra* (Flück.) kommt aus Südarabien und Somalia und *Boswellia serrata* (Roxb. ex Colebr.) aus Indien (Schneider et al. 2004, S.412).

### Beschreibung und Harzgewinnung:

Olibanum ist ein Gummiharz, dass nach Anschneiden des Baumes, aus der Rinde als milchig-weiße Emulsion austritt und an der Luft aushärtet. Dieses getrocknete Gebilde in Form von Körnern (Tränen) oder Stalaktiten ist gelblich, rot bis braun und außen meist weiß bestäubt (Hunnus und Burger 1998, S.230).

### Geruchsbeschreibung:

Frischer und balsamischer Geruch, leichte Citrus-Grünnote, erinnernd an Elemi, diffus würziger Unterton mit weichem Holz;  
Sehr schwach, erinnert etwas an Curry

untersuchtes Harz:

Olibanum- (Weihrauch)-Harz, ca. 35 g

Engl.: frankincense resin - Botan. Name: *Boswellia carteri* - Herkunft: Äthiopien, Einschnitte in Rinde

### extra: Geruchsbeschreibung Olibanum (Oman):

Frische, grün-diffuse Terpennote, erinnernd an p-Cymene, im Hintergrund ganz feiner Liebstockwurzelaakzent; Fast Geruchlos

verwendetes Harz: von Dr. Gerhard Falkensammer zur Verfügung gestellt

### Inhaltsstoffe:

Der größte Anteil mit 66% ist Harz, dass hauptsächlich aus Boswellinsäureacetat und Boswellinsäure besteht. Ungefähr 12% entfallen auf Schleim- und Bitterstoffe und 5-9% auf ätherische Öle, vor allem  $\alpha$ -Pinen, Phellandren und Terpenalkohole (Wagner 1993, S.98).

3-Acetyl-11-keto- $\beta$ -boswelliasäure ist die zurzeit bedeutendste Boswelliasäure (Schneider et al. 2004, S. 412).

**Flüchtige Verbindungen des zur Untersuchung herangezogenen Olibanumharzes:  
Analyse: Dr. Jürgen Wanner, 2012**

substance	Apex RT	RI#	%Area
$\alpha$ -Thujen	16.26	932	0.02
$\alpha$ -Pinen	16.77	942	0.49
Camphen	17.61	959	0.21
p-Cymen	21.26	1031	0.2
Limonen	21.54	1037	4.65
1,8-Cineol	21.73	1040	0.37
trans-Ocimen	22.17	1049	0.16
Octanol	23.16	1068	2.33
Linalool	24.84	1101	0.54
$\beta$ -Thujon	26.18	1128	0.41
$\alpha$ -Terpineol	29.79	1201	0.25
Octylacetat	30.13	1208	46.41
Bornylacetat	34.37	1298	1.13
Geranylacetat	38.19	1383	0.22
Decylacetat	39.29	1408	0.45
Cembren Isomer	62.18	2000	3.45
Cembren Isomer	64.23	2041	1.04
Cembren Isomer	65.14	2059	26.68
Cembren Isomer	65.72	2071	2.3
Cembren Isomer	67.74		0.88
<b>sum</b>			<b>92.19</b>

# RI auf 50 m x 0,25 mm x 1,0  $\mu$ m SE-52 (95% Polydimethyl-, 5% Polydiphenylsiloxan)

Laut Bruchhausen et al. 1998 besteht Olibanum aus 5-9 % ätherischem Öl, abhängig von der gewonnenen Art.

Die ätherischen Öle des Weihrauch, gewonnen von *Boswellia frereana*, bestehen aus Cembren, Isocembren, p-Cymen,  $\alpha$ -Cubeben, Limonen, Myrcen,  $\alpha$ -Pinen,  $\alpha$ -Terpinen, Terpinen-4-ol und Sabinen.

Olibanum, gewonnen von *Boswellia carteri*, weist über 42 Komponenten auf. Die Hauptkomponenten sind mit einem Anteil von 60 % 1-Octylacetat und mit 12,7 % 1-Octanol. Außerdem sind Cembren, Isocembren, Incensol, Isoincensol und  $\alpha$ -Pinen charakteristisch für das Harz von *Boswellia carteri*.

Im ätherischen Öl des Weihrauch kommen weiters Cadinen, Camphen, (+)-Borneol, (+)-Carvonhydrat, p-Cymol, Phellandren, Dipenten,  $\beta$ -Pinen, Verbenon und Verbenol vor (Bruchhausen et al. 1998, S.246).

Der Hauptbestandteil des Weihrauch ist mit 66 % das Reinharz, dass aus den pentacyclischen Triterpensäuren 11- $\alpha$ -Hydroxy- $\beta$ -boswelliasäure, 11-Keto- $\beta$ -boswelliasäure, Methyl ester der 3-Acetyl-11-hydroxy- $\beta$ -boswelliasäure,  $\alpha$ - und  $\beta$ -Boswelliasäure besteht.

Zu 12 % besteht Olibanum noch aus Schleim, der zu 7 Teilen aus Galactose, zu 1 Teil aus Arabinose, zu 4 Teilen aus 4-O-Methylglucuronsäuren sowie aus Bassorin, Gummi und Bitterstoffen besteht (Bruchhausen et al. 1998, S.246, 247).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponente</b>	<b>%</b>	<b>Komponente</b>	<b>%</b>
$\alpha$ -Pinen	4,6	Cyclosativen	0,2
$\beta$ -Pinen	0,4	$\alpha$ -Copaen	2,6
$\beta$ -Myrcen	5,5	$\beta$ -Bourbonen	0,4
$\alpha$ -Phellandren	2,4	$\beta$ -Elemen	5,2
Camphen	< 0,1	$\beta$ -Caryophyllen	11,6
Limonen	14,4	$\alpha$ -Caryophyllen	5,0
p-Cymen	1,7	Alloaromadendren	1,0
o-Methylanisol	< 0,1	$\gamma$ -Muurolen	2,6
Linalool	0,8	Germacren D	1,2
$\alpha$ -Campholenal	< 0,1	$\beta$ -Eudesmen	2,9
(-)-trans-Pinocarveol	0,1	$\alpha$ -Muurolen	2,0
(S)-cis-Verbenol	0,2	$\gamma$ -Cadinen	1,7
(-)-4-Terpineol	0,1	$\delta$ -Cadinen	1,8
p-Cymen-8-ol	< 0,1	1-hydroxy-1,7-dimethyl-4-	
(+)- $\alpha$ -Terpineol	0,2	isopropyl-2,7-cyclodecadien	3,2
Verbenon	0,1	Caryophyllenoxid	2,8
trans-Carveol	0,3	$\tau$ -Cadinol	0,9
cis-Carveol	0,2	$\alpha$ -Phellandren Dimer	0,1
Carvon	0,3	Diterpen	0,3
3,5-dimethoxytoluen	0,9	Cembren A	0,8
Bornylacetat	0,3	Cembren C	0,1
$\delta$ -Elemen	0,2	Isoincensolacetat	3,0
Terpinylacetat	0,3	$\alpha$ -Cubeben	1,5

Tab. 8: Ätherische Öle aus Olibanum in % (Hamm et al.; 2004)

### Anwendungen:

Schon vor tausenden Jahren wurde Weihrauch von den Ägyptern und den Phöniziern als Räuchermittel bei Ritualen verwendet. Weihrauch galt als teures und hochgeschätztes Handelsobjekt. Später übernahmen verschiedene Religionsrichtungen wie die römisch- und die griechisch-katholische Kirche diesen Brauch (Danert et al. 1993, S. 352, 353).

Heute wird Olibanum hauptsächlich in der Parfümindustrie und als Räuchermittel verwendet. In der ayurvedischen Medizin wird die indische Varietät *Boswellia serrata* als Antirheumatikum angewendet (Wagner 1993, S. 98).

Die Boswelliasäuren stellen die Wirkstoffe dar, am aktivsten ist die bei den Inhaltsstoffen erwähnte 3-Acetyl-11-keto- $\beta$ -boswelliasäure. Sie hemmen nicht kompetitiv aber spezifisch die 5-Lipoxygenase und so die Leukotrienbildung. Die Cyclooxygenase bleibt jedoch von den Boswelliasäuren unbeeinflusst sodass Prostaglandine normal gebildet werden. Gegen chronische Krankheiten, bei denen vermehrt Leukotriene gebildet werden und somit der Entzündungsprozess vermehrt wird, sind Boswelliasäuren potenzielle Mittel. Beispiele für solche Krankheiten mit überaktiven Leukotrienen wären chronisches Asthma bronchiale, Morbus Crohn, Polyarthritis oder Colitis ulcerosa.

Am Markt sind zurzeit einige homöopathische Arzneizubereitungen mit Olibanum (Schneider et al. 2004, S. 412).

#### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Keine Auskunft über unerwünschte Wirkungen in der Literatur gefunden.

#### Antimikrobielle Wirkung:

Die Pflanzen der Gattung *Boswellia* produzieren wie im Abschnitt „Inhaltsstoffe“ erläutert als Hauptinhaltsstoffe Boswelliasäuren. Diese pentazyklischen Triterpene erscheinen im Harz und machen den Großteil mit 25-35% aus. Die  $\beta$ -Boswelliasäure, 11-keto- $\beta$ -boswelliasäure und die Acetyl-11-keto- $\beta$ -boswelliasäure zeigten schon Effekte auf die Apoptose von Krebszellen und auf Zellen die mit Leukämie und Darmkrebs in Verbindung gebracht werden. Diese Studie untersuchte die antimikrobielle Wirkung der Boswelliasäuren. Es wurde mit Hilfe einer „Zeit-Abtötungs“ Studie die antibakterielle Wirkung sowie der postantibiotische Effekt (PAE) und die Biofilm Empfindlichkeit getestet.

Als aktivste antimikrobielle Verbindung stellte sich die Acetyl-11-keto- $\beta$ -boswelliasäure (AKBA) dar. Sie zeigte die beste MIC (minimale Hemmkonzentration) gegen die getesteten Gram-positiven Bakterien. AKBA zeigte eine konzentrationsabhängige Abtötung von *Staphylococcus aureus* und einen postantibiotischen Effekt. Außerdem wurde die Bildung von Biofilmen durch *Staphylococcus aureus* und *Staphylococcus epidermis* gehemmt. Die Wirkungsweise der AKBA beruht wahrscheinlich auf der Unterbrechung der mikrobiellen Membranstruktur (Raja et al.; 2011).

Wie in der Studie von Raja et al.; 2011 erwähnt befasst sich diese Studie nun mit der Wirkung von Acetyl-11-keto- $\beta$ -boswelliasäure (AKBA) auf Krebszellen.

Im Speziellen wurde die Wirkung von AKBA, isoliert aus dem Harz von *Boswellia serrata*, gegen Bauchspeicheldrüsenkrebs getestet. Bei dieser tödlichen Krebsform ist selbst mit optimaler Behandlung die 5-Jahres Überlebenschance bei unter 5%.

Acetyl-11-keto- $\beta$ -boswelliasäure induzierte Apoptose und hemmte die Proliferation von vier unterschiedlichen Bauchspeicheldrüsenkrebs Zelllinien, was in Verbindung mit der Hemmung des NF- $\kappa$ B und der Unterdrückung der NF- $\kappa$ B Genexpression gebracht wurde. In einem Mausmodell hemmte die AKBA, alleine, peroral (100mg/kg) verabreicht, signifikant das Tumorwachstum (Park B. et al.; 2011).

### 1.1.1.9. Opopanax



Abb. 9: Opopanax

#### Namen/andere Bezeichnungen:

echtes Opopanax, Gummi Opopanax, Opopanax Harz (Hunnius und Burger 1998, S. 1004)  
Bisabol Myrrhe, süße Myrrhe (Langenheim 2003, S. 416)

#### Stammpflanzen:

Die beiden Stammpflanzen von Opopanax gehören, so wie die Stammpflanzen der Myrrhe, zur Gattung *Commiphora*, Familie Burseraceae: *Commiphora erythraea* (Engl.), *Commiphora kataf* (Engl.) (Langenheim 2003, S. 416, 571)

Als dritte Stammpflanze von der Opopanax gewonnen werden kann führt Langenheim *Opopanax chironium* (Koch), Familie Apiaceae an (Langenheim 2003, S. 416, 576).

#### Beschreibungen:

Beschreibung der Gattung *Commiphora* siehe Abschnitt 1.1.1.7. Myrrhe.

#### Herkunft und Anbau:

Die Herkunft des Opopanax ist Nordafrika und Somalia (Keller et al. 1992, S. 962).

#### Beschreibung und Harzgewinnung:

Das Harz wird genauso wie die Myrrhe, durch Einschnitte in die Rinde und anschließendes Erstarren des Milchsaftes an der Luft, gewonnen. Das gehärtete Harz besteht aus unregelmäßigen, nußgroßen, braungelben Stücken, die einen hellen, weißen Bruch aufweisen. In der Ganzdroge finden sich außerdem helle bis durchsichtige Körner aus Gummi und kleinere aus Calciumcarbonat. Der Geruch der Schnittdroge ist angenehm, der Geschmack allerdings scharf-brennend bis kratzend-bitter (Keller et al. 1992, S. 962).

### Geruchsbeschreibung:

Süßlicher, balsamischer Geruch, weiche, warme Holznote, untermalt von Nuancen Sellerie oder Foenum graecum, wenig aber erkennbare Wurzelnote;  
Sehr schwach, etwas süß, würzig, leicht holzig

untersuchtes Harz:

Opopanax-Harz, ca. 30 g

Engl.: oppopanax resin – Botan. Name: *Opopanax chironium* - Herkunft: Iran,

CAS-Nr.: 9000-78-6 - EINECS-Nr.: 9000-78-6 - Einschnitte in Rinde

### Inhaltsstoffe:

Opopanax besteht aus der Harzfraktion, die 21,5% Harzanteile mit etherlöslichen Ferulasäureestern des Opoposinotannols, etherunlösliches Opoposinotannol, Bisaboren und Ferulasäure enthält.

2,5-7,5% des Opopanax macht das ätherische Öl aus, das hauptsächlich aus Sesquiterpenen wie  $\alpha$ -Bisabolon,  $\alpha$ -Santalol und Furanodienon besteht. Außerdem sind das bicyclische Sesquiterpen Cadinol und andere Furanosessquiterpene Bestandteile der ätherischen Ölfraktion. Trans- $\beta$ -Ocimen ist die Hauptkomponente der Monoterpene im ätherischen Öl (Keller et al. 1992, S. 962, 963).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponenten</b>	
$\alpha$ -Thujen	Germacron
$\alpha$ -Pinen	1, 10(15)-Furanogermacra-dien-6-on
Camphen	Dihydropyrocurzerenon
Sabinen	3R-Methoxy-4S-furanogermacra-1E,10(15)-dien-6-on
$\beta$ -Pinen	2R-Methoxy-4R-furanogermacra-1(10)E-en-6-on
3-Caren	Mirrhon
P-Cymen	Germacren D
Limonen	$\beta$ -Selinen
4-Terpineol	$\alpha$ -Selinen
$\delta$ -Elemen	Curzeren
$\alpha$ -Cubeben	$\gamma$ -Cadinen
$\alpha$ -Copaen	$\delta$ -Cadinen
$\beta$ -Bourbonen	$\alpha$ -Cadinen
$\beta$ -Elemen	Germacren B
$\alpha$ -Gurjunen	1(10)-4-Furanodien-6-on
$\beta$ -Caryophyllen	$\beta$ -Elemenon
$\alpha$ -Guaien	Curzerenon
$\gamma$ -Elemen	Alismol
Aromadendren	$\beta$ -Eudesmol
$\alpha$ -Humulen	$\alpha$ -Eudesmol
Alloaromadendren	

Tab. 9: Ätherische Öle von *Commiphora erythraea* (Fraternale et al.; 2011)

### Anwendungen:

In Somalia wird Opopanax bei Impotenz und bei Magenbeschwerden als volkstümliches Heilmittel verabreicht. Die Wirkung ist aber für diese beiden Indikationen nicht nachgewiesen.

In der Parfüm- und Kosmetikindustrie wird Opopanax allerdings in Reinigungsmitteln und Seifen zur Geruchsfixierung eingesetzt und in Parfüms als Zusatz zur Basisnote (Keller et al. 1992, S. 963).

### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Keine Auskunft über unerwünschte Wirkungen in der Literatur gefunden.

### Antimikrobielle Wirkung:

In Äthiopien ist das Harz von *Commiphora erythraea* (Ehrenb.) bekannt als „agarsu“. Es wird von den Einheimischen gesammelt und findet breiten Einsatz. Der Saft, die Rinde und das Gummiharz des Baumes werden als antiinflammatorisches Mittel bei Augenproblemen, als Schutz des Viehs vor Zecken, gegen Schneckenbefall und als larvizides Mittel verwendet.

Die Radikalfängereigenschaft, die topische entzündungshemmende Wirkung und die fungizide Wirkung von ätherischen Ölen und Extrakten aus dem Harz von *Commiphora erythraea* wurden untersucht. Das Hexan-Extrakt des Harzes, topisch mit Crotonöl angewendet, zeigte eine signifikante Inhibition des Ohr-Ödems bei Mäusen. Das gleiche Extrakt zeigte auch antioxidative Wirkung im DPPH-Radikalfängertest. Die antifungale Wirkung wurde gegen *Fusarium culmorum* (Smith; Saccardo), *Phytophthora cryptogea* (Pethyb. et Laff.) und gegen *Alternaria solani* (Ell. et Mart.) getestet. Aus dem Hexan-Extrakt des Harzes konnten fünf Furanosesquiterpene isoliert werden, von denen zwei leichte antimykotische Wirkung und die anderen drei lediglich antioxidative und antiinflammatorische Wirkung zeigten (Fraternali et al.; 2011).

Auch Wissenschaftler einer weiteren Studie beschäftigten sich mit der Isolierung von Furanosesquiterpenen aus dem Hexan-Extrakt des Harzes von *Commiphora erythraea*. Die vier isolierten Furanosesquiterpene wurden auf ihre protektive Wirkung gegen oxidativen Stress getestet. Alle vier zeigten in vitro einen schützenden Effekt vor oxidativem Schaden durch Reduktion der NO- Produktion und Reduktion der Lipidperoxidation. Furanodienon und 1,10(15)-furanogermacra-dien-6-on zeigten eine wesentlich stärkere Inhibition der Lipidperoxidation als die methoxylierten Analoga. Außerdem zeigte Furanodienon Wirkung gegen LPS-induzierten Zelltod, führte zur Abnahme der NO- Produktion und somit zum Schutz der Mikrogliazellen vor LPS-induzierter Zytotoxizität. Nachdem laut Tanaka et al.; 2008 auch bereits die COX-1 und COX-2 Inhibition gezeigt wurde, sind die Wissenschaftler der Meinung, dass weitere, tiefer gehende Experimente nötig sind um diese neue antiinflammatorisch wirksame Verbindung zu erforschen (Marcotullio et al.; 2011).

### 1.1.1.10. Perubalsam



Abb. 10: Perubalsam

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Balsamum peruvianum (Wagner 1993, S. 96)

Balsamum indicum nigrum, Balsamum peruvianum nigrum, Peruanischer Balsam, Indischer Balsam, Chinaöl, Wundbalsam, Rindenbalsam (Hunnus und Burger 1998, S. 176)

#### Stammpflanzen:

Perubalsam wird aus der Gattung *Myroxylon* gewonnen, welche zur Familie Fabaceae (Leguminose) zählt. *Myroxylon* ist die einzig harzproduzierende Gattung der Unterfamilie Papilionoideae. Perubalsam wird von *Myroxylon pereirae* gewonnen und Tolubalsam von *Myroxylon balsamum*. Nachdem sich diese beiden Gattungen morphologisch sehr ähnlich sind werden sie oft als *Myroxylon balsamum* zusammengefasst. Die beiden Balsame sind aber sehr unterschiedlich und werden daher als zwei Varietäten der Art geführt (Langenheim 2003, S. 344).

*Myroxylon balsamum* (L.) Harms var. *Pereirae* (Royle) Harms, Fabaceae (Wagner 1993, S. 96; Hunnius und Burger 1998, S. 176; Langenheim 2003 S. 575, 344)

#### Beschreibungen:

Die Gattung *Myroxylon* gehört zum Tribus Sophoreae der Familie Fabaceae (Leguminose). Die Gehölze des Tribus kommen vorwiegend in den tropischen Zonen vor. Ihre Hülsen bleiben meist geschlossen und die Blätter sind oft unpaarig gefiedert. Bei der Gattung *Myroxylon*, die nur wenige Arten aus dem tropischen Amerika zählt, ist das obere Kronblatt fahnenartig ausgebildet (Danert et al. 1993, S. 244).

### Herkunft und Anbau:

Zentralamerika, besonders aus San Salvador, seltener auch aus Kuba, Honduras, Guatemala, Panama, Costa Rica und Mexiko, allerdings nie aus Peru (Wagner 1993, S.96).

Den Name Perubalsam stammt aus früherer Zeit als der Balsam nach Callao (Peru) gebracht wurde, um von dort nach Spanien verschifft zu werden (Langenheim 2003, S. 344).

### Beschreibung und Harzgewinnung:

Perubalsam wird als Ausscheidungsprodukt des 20-25m hohen 10-jährigen Myroxylon Baumes gewonnen. Am Fuße des Baumes werden ungefähr einen halben Meter große Rindenstücke entfernt und diese Stellen mit Holzfackeln erwärmt um die Balsamproduktion anzuregen. Nach ungefähr einer Woche fließt das Harz aus den schizogenen Sekreträumen aus und wird auf bereitgelegten Lappen aufgefangen und durch Auspressen und Auskochen aus diesen gewonnen (Wagner 1993, S. 96).

Der Perubalsam ist beim Austritt aus dem Baum eine dunkelbraune, ölige Flüssigkeit, die nicht klebrig ist, nicht eintrocknet und keine Faden zieht. Er ist klar und durchsichtig und besitzt einen kratzenden und schwach bitteren Geschmack (Hunnius und Burger 1998, S. 176).

### Geruchsbeschreibung:

Füllig balsamisch, süß mit einem dezenten Vanille-Hauch, im Hintergrund Würzige Aspekte und leicht rauchig; Karamelle mit Röstnote, Cumarinnote

untersuchter Balsam:

Perubalsam 5 ml

Engl.: Balsam Peru - Botan. Name: *Myroxylon balsamum var. Pereira* - Herkunft: El Salvador, CAS-Nr.: 8007-00-9- EINECS-Nr.: 232-288-0 - Gewinnung durch Einschnitte in Rinde

### Inhaltsstoffe:

Cinnamein Mindestgehalt laut DAB 10: 50-70 %

Die Cinnamein Fraktion ist mit Äther aus alkalischer Lösung extrahierbar und enthält 25-40% Benzoessäurebenzylester und 10-25% Zimtsäurebenzylester. Diese beiden wertbestimmenden Inhaltsstoffe sollen im Verhältnis von 2,8 Benzoessäurebenzylester zu 1 Zimtsäurebenzylester vorhanden sein. Weitere Bestandteile des Perubalsames sind 3-5%  $\alpha$ - und  $\beta$ - Nerolidol, wenig Vanillin und Methylester der Zimt- und Benzoessäure. Weiteres befinden sich ein Harz, dass angeblich aus Benzoessäure- und Zimtsäureestern verschiedener Alkohole bestehen soll, Zimtsäure und Benzoessäure im Rückstand der Ätherextraktion (Wagner 1993, S. 96).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponente</b>	<b>%</b>
Benzylalkohol	0,6
Benzoessäure	8,9
Vanillin	0,9
Zimtsäure	3,0
c(E)-Nerolidol	3,4
Benzylbenzoat	66,2
Benzylcinnamat	15,9
<b>Summe</b>	<b>99,0</b>

Tab. 10: Ätherisches Öl aus dem Perubalsam (Seo et al.; 2012)

#### Anwendungen:

Anwendung in Form von Salben oder alkoholischer Lösungen bei schlecht heilenden Wunden zur Anregung der Granulationsbildung (zBS.: bei Frostbeulen, Hämorrhoiden, Ulcus cruris oder bei Brustthagaden). Für die antiseptische Wirkung verantwortlich sind die Ester. Eine zweite Anwendung ist die Abtötung von Krätzmilben (Wagner 1993, S. 96).

Zur Abtötung von Krätzmilben und deren Eiern wird der Perubalsam aber heutzutage nicht mehr verwendet. Es ist außerdem darauf zu achten, dass das Mittel aufgrund seines starken Sensibilisierungspotentials nicht länger als eine Woche angewendet wird (Teuscher 1997, S. 269).

#### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Kontaktallergien kommen häufig vor (Hunnus und Burger 1998, S.176).

#### Antimikrobielle Wirkung:

In der brasilianischen Medizin werden seit Jahrhunderten verschiedenste pflanzliche Drogen zur Behandlung zahlreicher Krankheiten eingesetzt. In letzter Zeit zeigten pharmazeutische Firmen vermehrtes Interesse an der Untersuchung dieser Pflanzen, um neue Leitstrukturen zu finden. Besonders das Interesse an Pflanzen die antimikrobielle Wirkung zeigen ist auf Grund der zunehmenden Probleme mit Antibiotika gestiegen.

In dieser Studie wurden die Extrakte sieben verschiedener Pflanzen, die in der brasilianischen Medizin eingesetzt werden, gegen verschiedene, zum Teil multi-resistente Bakterienstämme getestet. Untersucht wurde ob die ethanolischen und die Hexan Extrakte in der Lage sind *Staphylococcus aureus*, sowohl Methicillin resistente (MRSA) als auch Methicillin sensitive Stämme (MSSA), *Staphylococcus epidermis*, davon 10 multi-resistente Stämme, *Staphylococcus haemolyticus*, davon 12 multi-resistente Stämme, *Pseudomonas aeruginosa*, davon 21 multi-resistente Stämme und jeweils einen multi-resistenten der Bakterienstämme *Acinetobacter*, *Enterococcus faecalis*, *Proteus mirabilis* und *Escherichia coli* zu hemmen. Die minimale inhibitorische Konzentration (MIC) der sieben Pflanzenextrakte wurde mit der Agar-Dilutionsmethode auf Müller-Hinton Agar festgestellt.

Die besten antimikrobiellen Ergebnisse erzielten der ethanolsche Extrakt aus der Rinde von *Myroxylon balsamum*, von dem der Perubalsam gewonnen wird, und der ethanolsche Extrakt aus dem Holz und den Zweigen von *Aristolochia cymbifera*. Die beiden ethanolschen Extrakte hemmten das Wachstum von fast allen Bakterienstämmen, inklusive aller multi-resistenten *Staphylococcus aureus* Stämme, mit einem MIC-Wert von 125-500 µg/ml. Der Hexan Extrakt dieser beiden Pflanzen hemmte vor allem das Wachstum vieler *Pseudomonas aeruginosa* Stämme. Prinzipiell konnte gezeigt werden, dass die ethanolschen Extrakte von *Myroxylon balsamum* und *Aristolochia cymbifera* mit MIC-Werten von 125-500 µg/ml in erster Linie gram-positive Bakterien hemmten.

Aus den Hexan Extrakten von *Myroxylon balsamum* und *Aristolochia cymbifera* wurden die antibakteriell hochwirksamen Verbindungen 2-Oxopopulifolsäure, ein Diterpen, und Isoliquiritigenin, ein Chalkon isoliert. Mit einer Konzentration von 500 µg/ml hemmten beide das Wachstum der *Staphylococcus aureus* Stämme. Isoliquiritigenin zeigte bei einer Konzentration von 250 µg/ml sogar totale Hemmung.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die natürlichen Produkte von *Myroxylon balsamum* und *Aristolochia cymbifera* das Potential haben Bakterien, besonders multi-resistente *Staphylococcus aureus* und *Pseudomonas aeruginosa* Stämme zu hemmen (Machado et al.; 2005).

### 1.1.1.11. Storax



Abb. 11: Styrax (Storax)

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Styrax liquidus, Balsamum styracinum, Balsamum Styrax liquidus, Storax, Styrax Balsam (Hunnius und Burger 1998, S. 834)

#### Stammpflanzen:

Häufig kommt es zu Verwirrungen der Namen weil Styrax und Storax als Synonyme verwendet werden. Styrax ist das Harz von der Gattung Styrax, Familie Styracaceae, bekannter als Benzoe.

Storax und amerikanischer Styrax werden von der Gattung Liquidambar, die zur Familie Hamamelidaceae gehört, gewonnen. Storax kann aber auch von der Gattung Altingia, die traditionell auch zur Familie Hamamelidaceae gezählt wurde, heute aber zur separaten Familie Altingiaceae gehört, gewonnen werden (Langenheim 2003, S. 347).

*Liquidambar orientalis* (Mill.), *Liquidambar formosana* (Hance), *Altingia excelsa* (Noronha), *Altingia gracilipes* (Hemsl.)  
(Langenheim 2003, S. 347, 350, 569, 575)

*Liquidambar styraciflua* (L.): amerikanischer Styrax (andere Bezeichnungen: Balsamum indicum album, Hondurasbalsam)  
(Langenheim 2003, S. 348, 575; Hunnius und Burger 1998, S. 834)

#### Beschreibungen:

Die Gattung Liquidambar gehört zur Familie der Zaubernußgewächse (Hamamelidaceae). Diese Familie besteht aus Bäumen und Sträuchern und setzt sich aus 26 Gattungen mit ungefähr 110 Arten zusammen. Hauptvorkommen der Familie ist Ostasien mit Schwerpunkt auf Süd- und Mittelchina.

Der Amberbaum, wie *Liquidambar* auch genannt wird, und auch die Gattung *Altingia* haben getrenntgeschlechtige Blüten. Die weiblichen Blütenköpfchen stehen einzeln, am Fuße der männlichen Blütenstände oder in Trauben, während die männlichen Blüten traubig oder ährig angeordnete Köpfchen ausbilden. Weder die weiblichen noch die männlichen haben Kron- und Kelchblätter. Die Verbreitung des Pollen erfolgt durch den Wind.

Aus dem orientalischen Amberbaum (*Liquidambar orientalis*) wird das Balsamharz Storax gewonnen. Der amerikanische Amberbaum (*Liquidambar styraciflua*) wird bis zu 50m hoch und liefert amerikanischen Storax, auch sweet oder red gum genannt. Das Holz dieser Art heißt Nuß-Satinholz und wird als Ersatz für Walnußholz verwendet.

Die Bäume der Gattung *Altingia* werden ebenfalls um die 50m hoch und haben einen schnurgeraden Stamm. Neben dem Balsamharz ist auch ihr Holz als hartes Bauholz geschätzt (Danert et al. 1993, S. 106, 107).

#### Herkunft und Anbau:

Die Heimat des orientalischen Amberbaums (*Liquidambar orientalis*) ist der äußerste Südwesten Kleinasiens. Der amerikanische Amberbaum (*Liquidambar styraciflua*) ist vom atlantischen Nordamerika bis nach Guatemala verbreitet. Die Gattung *Altingia* hat seine Heimat im östlichen Himalaya bis Java (Danert et al. 1993, S. 107).

#### Beschreibung und Harzgewinnung:

Storax ist ein pathologisches Produkt, es entsteht erst nach Verletzung der Rinde. Nach dem Einschneiden entsteht im jungen Holz aus dem Kambium Holzparenchym mit schizogenen Sekretbehältern. Diese Sekretbehälter erweitern sich lysigen und schließen sich zu größeren Höhlungen zusammen. Die Rinde ist an der Bildung des Balsams nicht beteiligt, saugt aber den vom Holz kommenden Balsam auf. Nachdem entfernen der Rinde und von Teilen des Holzes, wird der Balsam in Wasser ausgekocht und anschließend ausgepresst. Storax kann ab August den ganzen Winter über, bis auf Jänner, gewonnen werden (Hager et al. 1993, S. 698). Storax ist trüb, braun bis grau gefärbt und von zäher, klebriger Konsistenz. Der Geruch ist benzoeartig und das Harz ist in Ethanol, Ether, Chloroform und Aceton löslich (Hunnus und Burger 1998, S. 834).

#### Geruchsbeschreibung:

Balsamische Süße, leichte würzige Noten, im Hintergrund grüne Blütennoten erinnernd an phenolische Effekte wie bei Hyacinthe; Sehr starker, schwerer, betörender Duft

untersuchtes Harz:

Styrax, ca. 20 g

Engl.: styrax resin – Botan. Name: *Liquidambar orientalis* - Herkunft: Nordamerika, CAS-Nr.: 8046-19-3 - EINECS-Nr. 232-458-4 - in Harz des Amberbaumes getränkte Holzkohle

### Inhaltsstoffe:

Die Rohdroge weist einen Wasseranteil von ungefähr 20% und Verunreinigungen von 1,5-2,5% auf. Nach Auflösung in Ethanol, filtrieren und abdampfen erhält man ungefähr 60-75% Reindroge. Storax enthält im Gegensatz zum amerikanischen Storax (15-20% ätherische Öle) weniger als 1% ätherisches Öl. Weitere Inhaltsstoffe von Storax sind nicht- bzw. schwerflüchtige Verbindungen wie 30% Zimtsäure, Cinnamein (Gemisch von Zimtsäureestern), Zimtsäureethylester, Vanillin, Styrol sowie Zimt-, Benzyl- und Phenylpropylalkohole.

Bis zu 50% Harzanteil enthält amerikanischer Storax, der als weitere Inhaltsstoffe freie Zimtsäure, Cinnamoylcinnamat, Benzylcinnamat, Ethylcinnamat, Phenylpropylcinnamat, Vanillin und Styrol enthält (Hager et al. 1993, S. 698, 699, 700).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponente</b>
Benzoessäure
4-Hydroxybenzenpropanol
Resorcinol
P-Hydroxyzimtsäure
Zimtsäure
Oleanolsäure
Oleanonsäure
3-Phenyl-2-propanol
Zimtalkohol

Tab. 11: Komponenten des Storax-Harzes (gewonnen von *Liquidambar orientalis*) im Vergleich mit dem Benzoe-Harz (gewonnen von *Styrax benzoin*) (Modugno et al.; 2006)

### Anwendungen:

Früher wurde Storax äußerlich bei Hautkrankheiten (Krätze) angewendet (Hunnius und Burger 1998, S. 834).

Heute wird Storax in flüssiger Form als Anregungs- oder Brustmittel und in der Parfumindustrie eingesetzt (Danert et al. 1993, S. 107).

### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Keine Auskunft über unerwünschte Wirkungen in der Literatur gefunden.

### Antimikrobielle Wirkung:

Diese Studie, von türkischen Wissenschaftlern durchgeführt, behandelt erstmals die antimikrobielle Wirkung von Storax. Das Storax antiseptische Eigenschaften, als Expektorans verwendet und in der türkischen Volksmedizin als Mittel gegen Hautkrankheiten verwendet wird ist bekannt.

Der von der Gattung *Liquidambar orientalis* (Mill.) gewonnene Storax wurde in absolutem Ethanol gelöst und in Konzentrationen von 10,0%, 1,0%, 0,4%, 0,2% und 0,1% gegen verschiedene Bakterien getestet. Reines Ethanol wurde als Kontrolle verwendet. Die zwanzig, in dieser Studie getesteten Bakterien umfassen *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus brevis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Corynebacterium xerosis*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* (2 verschiedene Stämme), *Klebsiella pneumoniae*, *Listeria monocytogenes*, *Micrococcus luteus*, *Mycobacterium smegmatis*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus aureus* und *Yersinia enterocolitica*. Die antimikrobielle Wirkung von Storax gegen diese 20 Bakterien wurde mit dem Agar-Diffusionstest durchgeführt.

Storax zeigte gegen die unterschiedlichen Bakterienstämme unterschiedliche Aktivität. Keine der fünf gewählten Konzentrationen zeigte Wirkung auf *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus megaterium* und die beiden *Escherichia coli* Stämme. Mit der geringsten Konzentration (0,1%) wurde das Wachstum von keinem einzigen der 20 Bakterienstämme gehemmt. Die 0,2% und die 0,4% Storaxlösung hemmten das Wachstum von *Enterobacter aerogenes* und *Proteus vulgaris*. Die 1,0% Storaxlösung hemmte ebenfalls *Enterobacter aerogenes* und *Proteus vulgaris* sowie *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus cereus* und *Bacillus subtilis*. Die besten Hemmeffekte auf das Bakterienwachstum erzielte die 10% Storaxlösung. Das Wachstum von *Bacillus brevis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Corynebacterium xerosis*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Micrococcus luteus*, *Mycobacterium smegmatis*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens* und *Staphylococcus aureus* wurde komplett gehemmt. Als empfindlichstes Bakterium gegen Storax stellte sich *Bacillus cereus* heraus.

Aufgrund dieser Ergebnisse wird Storax als topischer antibakterieller Schutz empfohlen und die antiseptische und antifungale Wirkung muss weiter untersucht werden (Sagdiç et al.; 2005).

### 1.1.1.12. Tolubalsam



Abb. 12: Tolubalsam

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Balsamum tolutanum, Resina tolutana, Balsamum Eustachii, Balsamum americanum, Balsamum indicum siccum (Hunnus und Burger 1998, S. 176)  
in Brasilien: balsamo, oleo vermelho (Langenheim 2003, S. 344)

#### Stammpflanzen:

*Myroxylon balsamum* (L.) Harms var. *balsamum*, Fabaceae (Wagner 1993, S.97; Langenheim 2003, S. 344, 575; Hunnius und Burger 1998, S. 176)

*Myroxylon toluifera*, *Myroxylon balsamum* var. *genuinum* (Baillon) (Hunnus und Burger 1998, S. 176)

#### Beschreibungen:

Die Gattung *Myroxylon* gehört zum Tribus Sophoreae, Unterfamilie Papilionoideae der Familie Fabaceae (Leguminose). Die Gattung *Myroxylon* umfasst die zwei Arten *Myroxylon balsamum* und *Myroxylon peruiferum*, die oft zu einer polymorphen Art zusammengefasst werden.

*Myroxylon balsamum* var. *balsamum*, von dem der Tolubalsam gewonnen wird, ist ein bis zu 26m hoher Baum, mit verzweigten Ästen, die erst in einer Höhe von 13-19m anzutreffen sind. Die glatte Rinde ist gelb-grau bis braun gefärbt und die Blätter sind unpaarig abwechselnd gefiedert. Die Unterseite der Blätter ist blaßgrün, die Oberseite dunkelgrün (Hager et al. 1993, S. 894).

#### Herkunft und Anbau:

*Myroxylon balsamum* var. *balsamum* ist heimisch im Norden Südamerikas, besonders im Stromgebiet des Magdalena, in der Nähe der Stadt Tolu und in Kolumbien. In Venezuela (Mittelamerika) und auf den Antillen findet Anbau statt (Wagner 1993, S. 97).

### Beschreibung und Harzgewinnung:

Ähnlich wie der Perubalsam wird auch der Tolubalsam durch V-förmige Einschnitte in den Stamm, auffangen des aus kleinen Öffnungen austretenden Harz und durch anschließendes Schmelzen gewonnen. Der Tolubalsam ist eine harte Masse die rotbraun bis braun gefärbt ist (Wagner 1993, S. 97).

### Geruchsbeschreibung:

Leichter, balsamischer Blumenduft, nur dezent süß, ein Hauch von Gewürznelke und Vanille; Stark würzig nach Zimt mit leichter Vanilleschotennote

untersuchter Balsam:

Tolubalsam, geschrotet, 5 g, weiss

Engl.: Balsam Tolu - Botan. Name: *Myroxylon balsamum* var. *Genu.* - Herkunft: Columbien, CAS-Nr.: 9000-64-0- EINECS-Nr.: 232-488-8 - Gewinnung durch Einschnitte in Rinde

### Inhaltsstoffe:

Die Inhaltsstoffe sind dem des Perubalsam sehr ähnlich, allerdings enthält der Tolubalsam nur ungefähr 7-8% Cinnamein (Perubalsam laut DAB 10: 50-70% Cinnamein). Weitere Inhaltsstoffe sind 75-80% Harz, dass aus Benzoessäureester und Zimtsäureester des Toluresinotannols besteht, sowie Vanillin, Eugenol, Zimtaldehyd, Zimtsäure, freie Benzoessäure, Benzylalkohol, Mono-, Sesqui- und Triterpenen (Wagner 1993, S. 97).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponenten</b>	
$\alpha$ -Pinen	$\alpha$ -Muurolen
Styren	$\gamma$ -Muurolen
cis- $\beta$ -Ocimen	$\alpha$ -Curcumen
p-Cymen	$\beta$ -Selinen
$\alpha$ -Copaen	Calamenen
$\alpha$ -Bourbonen	$\gamma$ -Cadinen
$\beta$ -Bourbonen	$\delta$ -Cadinen
$\beta$ -Elemen	$\alpha$ -Calacoren
Caryophyllen	

Tab. 12.1.: Ätherische Öl Komponenten im Tolubalsam (Wahlberg et al.; 1971)

<b>Komponenten</b>	
Benzaldehyd	Zimtsäureethylester
Benzylalkohol	Benzylbenzoat
Ethylbenzoat	Benzylcinnamat
Zimtaldehyd	Cinnamylbenzoat
Zimtalkohol	Monoterpenalkohol
Zimtsäuremethylester	Sesquiterpenalkohol

Tab. 12.2.: Oxidierte Komponenten im Tolubalsam (Wahlberg et al.; 1971)

#### Anwendungen:

Seine Hauptanwendung findet der Tolubalsam als Geruchskorrigens in der Kaugummiindustrie und in der Kosmetik (Wagner 1993, S. 97).

Tolubalsam wird außerdem in Form von Tolubalsamsirup (Balsami tolutani sirupus Helv. VII) als Expektorans bei Bronchitiden und Husten verwendet (ähnlich wie Benzoe) (Teuscher 1997, S. 269).

#### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Keine Auskunft über unerwünschte Wirkungen in der Literatur gefunden.

#### Antimikrobielle Wirkung:

Das gram-negative Bakterium *Heliobacter-pylori* ist zu einem großen Anteil die Ursache von Magenentzündungen und Magengeschwüren. Auch mit Magenkrebs wird dieses Bakterium in Verbindung gebracht. Bei der heutigen Therapie, 1-2 Chemotherapeutika zur Eradikation, oft die Antibiotika Amoxicillin und Clarithromycin zusammen mit einem Protonenpumpenhemmer, ist oft die doppelte Antibiotika Dosis zur Auslöschung des Bakteriums nötig. Dadurch wird auch die Bildung von Antibiotikaresistenzen gefördert. Nebenbei haben Chemotherapeutika Nebenwirkungen wie Übelkeit und Durchfall. Mit dem Ziel neue pflanzliche Mittel gegen *Heliobacter pylori* zu finden, wurden 80 verschiedene Methanol-Extrakte aus brasilianischen Medizin-Pflanzen getestet.

Einer der drei aktivsten Extrakte, der die Fähigkeit hat die Proliferation von *Heliobacter pylori* zu hemmen, war der von „Oleo vermerho“ (Anm.: laut Langenheim 2003, S. 344 brasilianisch für Tolubalsam) gewonnen von *Myroxylon peruiferum*, Leguminose. Als aktivste Verbindung wurde das Isoflavon Cabreuvin isoliert und identifiziert.

Die antimikrobielle Wirkung von Cabreuvin wurde auch gegen die gram-positiven Bakterien *Bacillus subtilis*, *Micrococcus lutea*, *Bacteroides fragilis*, gegen die gram-negativen Bakterien *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* und gegen die Hefen *Saccharomyces cerevisiae* und *Candida albicans* getestet. Die Verbindung stellte sich als inaktiv gegen alle diese Mikroorganismen dar, zeigte nur eine moderate MIC (minimale Hemmkonzentration) allerdings eine hohe selektive Aktivität gegen *Heliobacter pylori*. Weitere Modifikationen des Isoflavons sollten untersucht werden um möglicherweise ein neues probates Mittel gegen *Heliobacter pylori* zu finden (Ohsaki et al.; 1999).

## 1.1.2. Gymnospermae

### **1.1.2.1. Kanadabalsam**



Abb. 13: Kanadabalsam

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Balsamum canadense, kanadischer Terpentin, Terebinthina canadensis (Hunnus und Burger 1998, S. 175, 1354)

#### Stammpflanzen:

Laut Langenheim 2003 wird der Kanadabalsam nur von der Balsamtanne, *Abies balsamea* (L.; Mill.), Familie Pinaceae, gewonnen. Nur dem Kanadabalsam ähnliche Balsame liefern die Douglas-Tanne, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.; Franco), deren Balsam oft Oregonbalsam genannt wird und die Hemlocktanne, *Tsuga canadensis* (L.; Carr.). (Langenheim 2003, S. 342, 343, 569, 578, 579)

Laut Keller et al. 1992 sind die Stammpflanzen des Kanadabalsam: *Abies balsamea* (Mill.), *Abies fraseri* (Poiret) und *Tsuga canadensis* (L.; Carr) (Keller et al. 1992, S. 17).

#### Beschreibungen:

Die Balsamtanne, *Abies balsamea*, gehört zur Familie der Kieferngewächse und zur Unterfamilie Abietoideae. Die Familie besteht hauptsächlich aus Bäumen und umfasst 10 Gattungen mit ungefähr 250 Arten. Die größte Gattung mit 110 Arten sind die Kiefern (*Pinus*), gefolgt mit 40 Arten der Fichten (*Picea*) und den 40 Arten der immergrünen Tannen (*Abies*).

Bei den Gattungen der Unterfamilie Abietoideae sind die Nadeln spiralig an den Zweigen angeordnet und sie haben im Unterschied zu anderen Unterfamilien nur Langtriebe. Die Samenzapfen reifen im ersten Jahr (Fukarek et al. 1992, S. 291).

Die Balsamtanne ist ein 10-20m hoher Baum, dessen Rinde in jungen Jahren weich, mit Harzblasen bedeckt und aschfarben ist. Bei älteren Bäumen zerbricht die Rinde in Schuppen und wird rötlich-braun. Das Holz ist hell, weich und astreich. Die jungen Triebe sind grau behaart und glatt. Die weichen, nicht stechenden Nadeln sind bis zu 1,6mm breit und bis zu 3cm lang. An der Unterseite befinden sich 4-8 Spaltöffnungslinien die sich in zwei weißen, schmalen Spaltöffnungsbändern befinden. Auch an der Spitze der Oberseite befinden sich einige Spaltöffnungen. Der Geruch der zerriebenen Nadeln ist sehr aromatisch, die Harzkanäle liegen in der Blattmitte. Die Zapfen der Balsamtanne sind bis zu 4cm dick und bis zu 9cm lang. Die Deckschuppen ragen leicht hervor oder sind mit eingeschlossen. Die kleinen Knospen sind stark harzig und rund (Keller et al. 1992, S. 15).

#### Herkunft und Anbau:

*Abies balsamea* ist weit verbreitet im Norden Amerikas und in Kanada. Besonders gern gedeiht sie in tiefgelegenen, sumpfigen Gebieten, aber auch im Gebirge bis zu 1500m. In unseren Breiten wird die Balsamtanne nur als Zierbaum kultiviert. Der Kanadabalsam kommt in erster Linie aus der Provinz Quebec, Kanada (Keller et al. 1992, S. 16, 17).

#### Beschreibung und Harzgewinnung:

Die Gewinnung des Kanadabalsams erfolgt von Mitte Juli bis Mitte August. Mit der spitzen Mündung eines kleinen, eisernen Kännchens wird in die, in der Rinde sichtbaren, Harzbeulen der Stämme und dickeren Äste eingestochen. Der ausfließende Balsam sammelt sich in den Kännchen. Die Kännchen werden täglich entleert und erneut in die angestochenen Harzbeulen gesteckt. Der Kanadabalsam besitzt honigartige Konsistenz und ist stark klebrig. Die Farbe der klaren, leicht fluoreszierenden Flüssigkeit ist blaßgelb bis grüngelb und ihr Geschmack ist bitter-würzig. An der Luft erstarrt der Balsam allmählich, bleibt aber klar. Nach der Balsamernte wird der Baum 1-2 Jahre ruhen gelassen, da sonst die Ausbeuten zu gering werden würden. Das Kanadabalsamöl wird durch Wasserdampfdestillation des Balsams gewonnen (Keller et al. 1992, S. 17).

#### Geruchsbeschreibung:

Frische grün-harzig und koniferige Note mit leicht animalischen Hintergrund und einer Holznote Cypresse/Ceder;

Frisches Tannen- Fichtenholz, harzig

untersuchter Balsam: aus der Sammlung des Departments für Pharmakognosie der Universität Wien zur Verfügung gestellt

#### Inhaltsstoffe:

Der Kanadabalsam besteht zu 70-80% aus Harz, davon 50% Harzsäuren, 16-27% ätherischem Öl, Bitterstoffen, Essigsäure, Ameisensäure und Bernsteinsäure.

Die Harzsäuren setzen sich aus 50%  $\alpha$ - und  $\beta$ -Canadinolsäure, 20% Canadoren, 13% Abietinsäure, 8% Neoabietinsäure, sowie aus Canadinsäure, Palustrinsäure und Dextropimarsäure zusammen. Außerdem enthält das Harz kristalline Canadolsäure, die beiden amorphen Säuren  $\alpha$ - und  $\beta$ -Canadolinsäure und den Diterpenalkohol Abienol.

Das ätherische Öl besteht in erster Linie aus Monoterpenkohlenwasserstoffen, wie  $\alpha$ - und  $\beta$ -Pinen,  $\beta$ -Phellandren und Limonen. Außerdem sind Sesquiterpenkohlenwasserstoffe, wie Longifolen und Bisabolen, und oxidierte Monoterpene, wie Bornylacetat, Linalool, Citronellylacetat und Thymolmethylether, enthalten. Aufgrund der sehr unterschiedlichen quantitativen Zusammensetzung der Monoterpene, wird in den westlichen Typ der Balsamtanne von Candle Lake, Saskatchewan und dem östlichen Typ der Balsamtanne von St. John, Newfoundland unterschieden (Keller et al. 1992, S. 17).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponente</b>	<b>%</b>
Santen	1,1
Tricyclen	0,7
$\alpha$ -Pinen	14,6
Camphen	5,1
$\beta$ -Pinen	29,9
Myrcen	1,8
$\delta$ -3-Caren	19,6
Limonen	6,6
$\beta$ -Phellandren	5,8
Terpinolen	1,4
Borneol	0,2
$\alpha$ -Terpineol	0,7
Bornylacetat	8,4
$\beta$ -Caryophyllen	0,4
$\alpha$ -Humulen	0,2

Tab. 13: Zusammensetzung des ätherischen Öls von *Abies balsamea* (Pichette et al.; 2006)

#### Anwendungen:

In früherer Zeit behandelten kanadische Indianer Erkältungen, Blutergüsse, Verbrennungen, Erkältungen, Wunden und sogar Knochenbrüche mit Kanadabalsam. Sie verwendeten auch andere Pflanzenorgane der Balsamtanne, wie die Rinde als Wundverbände und gegen Gonorrhoe, die Zapfen bei Koliken, die Knospen bei Verstopfung und Rinde, Zapfen und Knospen gegen Durchfall. All diese Anwendungsgebiete sind allerdings wissenschaftlich nicht belegt.

In Kanada wird der Balsam außerdem innerlich gegen Husten und bei Verletzungen verabreicht. Früher wurde er auch in Form von Pillen, gegen Bronchitis und bei Urethralerkrankungen eingesetzt.

In der Kosmetikindustrie setzt man Kanadabalsam als Fixativ in Düften und Parfüms ein. In der technischen Industrie wird er als Kitt für optische Apparate, zum Kittieren von Linsen und in der Mikroskopie, verdünnt mit Xylol oder Chloroform, für die Herstellung von Dauerpräparaten gebraucht (Keller et al. 1992, S. 18).

### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Keine Auskunft über unerwünschte Wirkungen in der Literatur gefunden.

### Antimikrobielle Wirkung:

Das ätherische Öl der Balsamtanne wird, wie beschrieben, in der Parfumindustrie und in der traditionellen Medizin, als antiseptisches Mittel und als Heilmittel gegen Tuberkulose verwendet. In dieser Studie wurde die antimikrobielle Wirkung des Kanadabalsamöls und anderen Bestandteilen der Balsamtanne gegen die beiden Bakterien *Escherichia coli* und *Staphylococcus aureus* untersucht. Die antibakterielle Aktivität wurde mit Hilfe der Mikrodilutions-Methode, über die Bestimmung der minimalen Hemmkonzentration (MIC) überprüft. Nach Extraktion und Analyse der ätherischen Öle wurden sie in die Bakterien-Nährlösung pipettiert und die Platten für 6 Stunden bei 37 °C inkubiert.

Die Ergebnisse zeigten, dass das ätherische Öl, gewonnen aus *Abies balsamea*, keine Aktivität gegen *Escherichia coli* (MIC>100µg/ml), sehr wohl aber Aktivität gegen *Staphylococcus aureus* (MIC=56µg/ml) besitzt.

Um die antibakteriell wirksamen Komponenten zu finden wurden die Inhaltsstoffe des ätherischen Öls genauer untersucht. Den Großteil des ätherischen Öls machen Monoterpene (96%) und einige Sesquiterpene aus. Die Hauptkomponenten  $\alpha$ -Pinen (14,6%),  $\beta$ -Pinen (29,9%),  $\delta$ -3-Caren (19,6%), das oxidierte Monoterpen Bornylacetat (8,4%) und andere Einzelkomponenten wurden ebenfalls gegen *Escherichia coli* und *Staphylococcus aureus* getestet. Als Standard verwendete man Chloramphenicol mit einem MIC-Wert von 0,2µg/ml gegen *Escherichia coli* und einem MIC-Wert von 0,8 µg/ml gegen *Staphylococcus aureus*.

$\alpha$ -Pinen, mit einem MIC-Wert von 13,6µg/ml zeigte antibakterielle Wirkung sowohl gegen *Escherichia coli* und *Staphylococcus aureus*.  $\beta$ -Pinen und alle weiteren Monoterpene zeigten keine Wirkung gegen eine der beiden Bakterienstämme (MIC>20µg/ml). Jedoch zeigten zwei Sesquiterpene, nämlich  $\alpha$ -Humulen (MIC-Wert: 2,6µg/ml) und  $\beta$ -Caryophyllen (MIC-Wert: 5,1µg/ml) interessante Aktivität gegen *Staphylococcus aureus*.

Erstmals wurde die antimikrobielle Aktivität der ätherischen Öle der Balsamtanne gegen *Staphylococcus aureus* gezeigt. Aufgrund der Ergebnisse werden  $\alpha$ -Pinen,  $\alpha$ -Humulen und  $\beta$ -Caryophyllen als die wirksamen Bestandteile angenommen (Pichette et al.; 2006).

### 1.1.2.2. Sandarak



Abb. 14: Sandarak

#### Namen/andere Bezeichnungen:

Sandarakharz, Resina Sandaraca (Hunnius und Burger 1998, S. 1220)

Sandarac (Langenheim 2003, S. 382)

#### Stammpflanzen:

Sandarac ist ein Harz, das von der Familie Cupressaceae gewonnen wird.

Der afrikanische Sandarac kommt von *Tetraclinis articulata* (Mast.), (syn.: *Callitris quadrivalvis* (Vent.)).

Der australische Sandarac kommt von verschiedenen Stammpflanzen der Gattung *Callitris*: *Callitris preissii* (Miq.), *Callitris verrucosa* (A. Cunn. ex Engl; F. Muell.), *Callitris glauca* (R. Br. ex Mirb.) (syn.: *Callitris hugelii* (Carr; Franco)), *Callitris intratropica* (R.T. Baker & H.G. Sm.), *Callitris endlicheri* (Parl.; Bailey) (syn.: *Callitris calcarata* (R. Br. ex Mirb.)) (Langenheim 2003, S. 382, 384, 570, 579)

#### Beschreibungen:

Zur Familie der Zypressengewächse (Cupressaceae) gehören 20 Gattungen mit ungefähr 130 Arten. Die Familie teilt sich in zwei Unterfamilien auf. Die Unterfamilie Callitroideae zählt 11 Gattungen, die, bis auf die Gattung *Tetraclinis*, alle auf der Südhalbkugel beheimatet sind. Alle weisen charakteristische klappige Zapfenschuppen auf. Der zweiten Unterfamilie, Cupressoideae, gehören 9 Gattungen an, die alle auf der Nordhalbkugel beheimatet sind. Diese Unterfamilie ist durch dachige Zapfenschuppen gekennzeichnet.

*Tetraclinis articulata*, auch Atlas-Zypresse oder Sandarakbaum genannt, ist die einzige Art der Gattung *Tetraclinis*. Der 6-12m hohe Baum besitzt sehr charakteristische fast würfelförmige Zapfen. Seine Heimat ist Nordwestafrika, von Marokko bis Algerien und Tunesien bis Malta, und auch in Südostspanien ist der Baum zu finden (Fukarek et al. 1992, S. 336, 337).

Die Gattung *Callitris* gehört ebenfalls zur Unterfamilie Callitroideae, Familie Cupressaceae, und besteht aus ungefähr 20 Arten.

*Callitris columellaris* (syn.: *Callitris glauca* (R. Br. ex R.T. Bak. et H.G. Sm.) = syn.: *Callitris hugelii* (Carr; Franco) = syn.: *Callitris intratropica* (R.T. Baker & H.G. Sm.)) ist ein langsam wachsender kleiner Baum oder Strauch und wird maximal 25m hoch. Die Zweige sind mit, bis zu 2,5mm langen, blaugrünen Nadeln dicht benadelt. Die kugeligen und bis zu 15mm dicken Zapfen stehen einzeln oder in Büscheln. Die Samen sind rötlich braun und besitzen zwei bis drei helle Flügel (Bruchhausen et al. 1998, S. 263, 264).

#### Herkunft und Anbau:

Der echte Sandarac kommt aus den Gebirgen Südspaniens und aus nordwestafrikanischen Wildvorkommen. In Algerien (Tellatlas) und in Marokko (Rifgebirge, Atlas) gibt es forstliche Kulturen des Sandarakbaumes (Blaschek et al. 1998, S. 656).

Der australische Sandarac ist heimisch in Australien, besonders in Queensland und Neusüdwaales und wird aus Wildvorkommen gewonnen (Bruchhausen et al. 1998, S. 264).

#### Beschreibung und Harzgewinnung:

Das Sandarakharz tritt entweder von selbst oder nach Verwundung des Baumes aus. Der Harzsaft, der, nach dem Einschneiden, aus der Rinde des Stammes und den Ästen austritt, erhärtet an der Luft zu Körnern verschiedenster Formen. Das erhärtete Harz ist weingelb gefärbt, durchsichtig und die oft mit Staub bedeckten Stücke haben Walzen- oder tränenförmige Gestalt (Hunnius und Burger 1998, S. 1359; Fukarek et al. 1992, S. 337).

#### Geruchsbeschreibung:

Balsamisch und schwach harziger Geruch mit einem Hauch Süße;  
Ähnlich wie Kanadabalsam nur sehr schwach

untersuchtes Harz:

Sandarac, ca. 30 g

Engl.: sandarac resin – Botan. Name: *Tetraclinis articulata* - Herkunft: Marokko,

CAS-Nr.: ---- EINECS-Nr.: --- - Einschnitte in Rinde des Thujabaumes

#### Inhaltsstoffe:

Das Sandarakharz setzt sich aus ungefähr 95% Harzsubstanzen, 1,8% Bitterstoffen und 1,3% ätherischen Ölen zusammen.

Zu den Harzsubstanzen zählen die freien Diterpene Sandaracopimarsäure, Oxysandaracopimarsäure, sowie die Sandaracinsäure, Sandaracinolsäure, Sandaracolsäure und weitere Säuren, wie Callitrisinsäure, 12 $\beta$ -Hydroxy-sandaracopimarsäure und die entsprechende 12-Acetoxyverbindung.

Im ätherischen Öl finden sich die Monoterpene  $\alpha$ - und  $\beta$ -Pinen, D-Limonen, Thymochinon, sowie Diterpene und bi- und tricyclische Alkohole (Blaschek et al. 1998, S. 656).

Im frischen australischen Sandarac wurden zwei Hauptsäuren und eine neue Labdatriensäure, cis- und trans-Communsäure, sowie Isocommunsäure identifiziert. Außerdem sind Callitrisinsäure, Sandaracopimarsäure, Sandaracoisopimarsäure und 7-Oxo-4-epidehydroabietinsäure im Harz enthalten (Bruchhausen et al. 1998, S. 264, 265).

- flüchtige Verbindungen/ ätherisches Öl:

<b>Komponenten</b>	
Tricyclen	$\beta$ -Bourbonen
$\alpha$ -Pinen	$\beta$ -Caryophyllen
Camphen	trans- $\beta$ -Farnesen
$\beta$ -Pinen	$\alpha$ -Humulen
Myrcen	Germacren D
$\delta$ -3-Caren	$\alpha$ -Muurolen
$\alpha$ -Terpineol	$\beta$ -Bisabolen
p-Cymen	$\gamma$ -Cadinen
Limonen	cis-Calamenen
p-Cymenen	$\delta$ -Cadinen
$\gamma$ -Terpinen	Caryophyllenoxid
Terpinolen	Humulenoxid
$\alpha$ -Pinen-oxid	$\alpha$ -Cadinol
Perillen	Isoleden
$\alpha$ -Campholenal	Carvon
Camphor	Bornylacetat
Borneol	$\alpha$ -Terpinylacetat
p-Cymen-8-ol	$\alpha$ -Copaen
4-Terpineol	$\beta$ -Bourbonen

Tab. 14: Ätherisches Öl in den Blättern und Zapfen von *Tetraclinis articulata* (Chikhouné et al.; 2013)

#### Anwendungen:

Volkstümlich wird das Sandarakharz bei Fieber, in Form von Kompressen, und gegen Durchfall, in Milch aufgelöst, Kindern verabreicht.

Medizinisch wird das Harz zur Herstellung von Pflastern, Zahnfüllungen und temporären Zahnkitten verwendet. Die Zubereitung „Cementum dentarium“ ist ein Zahnkitt aus 14g Sandarac, 28g Masticis und 58g Ethanol. Außerdem ist Sandarak als Grundlage in Tabletten mit retardierter Wirkstofffreisetzung und als Überzug für Pillen in Verwendung.

Das Harz kann in Form von Kompressen, in Pulverform oder durch Räucherung inhalativ verabreicht werden.

In der technischen Industrie wird Sandarak zur Herstellung von Farben, verschiedener Lacke und als Porzellan- und Glaskitt verwendet (Blaschek et al. 1998, S. 656, 657).

#### Mögliche unerwünschte Wirkungen:

Keine Auskunft über unerwünschte Wirkungen in der Literatur gefunden.

### Antimikrobielle Wirkung:

Keine relevanten Studien zu Sandarakharz, aber zu *Tetraclinis articulata*:

Eine Studie untersuchte die Inhaltsstoffe, die antioxidative und antimikrobielle Wirkung der ätherischen Öle, isoliert aus den Zapfen und Blättern von *Tetraclinis articulata*.

Die Zapfen und Blätter wurden in Nordalgerien gesammelt und die ätherischen Öle durch Hydrodestillation gewonnen. Die Anfälligkeit der Bakterien gegen die ätherischen Öle wurde mit der Platten-Diffusions-Methode und der minimalen inhibitorischen Konzentration (MIC) überprüft. Die Testorganismen waren *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Staphylococcus aureus*. Die Bakterienstämme wurden auf Müller-Hinton Agar Platten kultiviert und anschließend mit 15 µl ätherischem Öl imprägniert. Eine Stunde lang, bei Raumtemperatur ließ man das ätherische Öl diffundieren, anschließend wurden die Platten für 18-24 Stunden bei 37°C inkubiert. Anschließend wurden die Inhibitionszonen in mm vermessen und notiert.

Die ätherischen Öle zeigten mittlere bis hohe biologische Aktivität gegen alle drei getesteten Bakterienstämme. Die größte Selektivität wurde gegen *Staphylococcus aureus*, mit einer Inhibitionszone von 22mm und einem MIC-Wert von 0,2µg/ml, erreicht. *Escherichia coli* zeigte ,im Vergleich dazu, eine Inhibitionszone von 7-10mm und einen MIC-Wert von 0,4-1,0µg/ml.

Die Deutlichkeit der Ergebnisse führten die Forscher in erster Linie auf das in großen Mengen, sowohl in den Zapfen als auch in den Blättern, vorkommende  $\alpha$ -Pinen. Von  $\alpha$ -Pinen ist bekannt, dass es antimikrobielle Wirkung gegen verschiedenste Bakterienstämme zeigt. Auch von anderen identifizierten Inhaltsstoffen wie  $\beta$ -Pinen, Bornylacetat und Limonen weiß man von ihrer starken Aktivität gegen verschiedenste Bakterien. Die Wissenschaftler vermuten einen synergistischen Effekt dieser ätherischen Öle gegen die getesteten Bakterienstämme (Chikhoun et al.; 2013).

### III Praktischer Teil

Im praktischen Teil dieser Arbeit wurden zwei ausgewählte Harze, mit Hilfe des HYCON Biotest Luftkeimsammlers, auf ihre antimikrobielle Wirkung auf luftgetragene Keime untersucht. Die Harze Olibanum und Elemi wurden ausgewählt, da sie schon seit tausenden Jahren als antiseptische Räuchermittel in Verwendung sind und in der traditionellen Medizin vieler Länder eine große Rolle spielen. Außerdem zeigen Studien die antimikrobielle Wirkung verschiedener Extrakte dieser beiden Harze. In dieser Arbeit wird erstmals die Wirkung von Olibanum und Elemi auf luftgetragene Keime untersucht.

#### 1. Material

##### 1.1. Luftkeimsammler

Als Meßgerät verwendet wurde ein HYCON Biotest Luftkeimsammler RCS  
(*Biotest AG Landsteinerstrasse 5 D-6072 Dreieich; Betriebsanleitung*)



Abb. 15: HYCON Biotest Luftkeimsammler mit 2 Agarstreifen (Foto: Felix Bachmair)

Der Biotest Luftkeimsammler ist ein handliches Gerät zur quantitativen Bestimmung von luftgetragenen Keimen. Der Luftkeimsammler eignet sich zur Überprüfung der Qualität von Raumluft und Desinfektionsmaßnahmen sowie der Funktion von Belüftungsanlagen.

### 1.1.1. Funktionsprinzip:

Der Luftkeimsammler RCS funktioniert nach dem Impaktions (=Aufschleuder)-Prinzip. Die Aufgabe besteht darin Mikroorganismen möglichst quantitativ aber vor allem auch schonend auf das Nährmedium zu übertragen.

Die zu testende Luft wird (aus einer Entfernung von mindestens 40 cm) von einem Mini-Rotor (=“Lüfterflügel“) konzentrisch und kegelförmig angesaugt und im Sammelkopf in Rotation gebracht. Durch die Zentrifugalkraft gelangen die Partikel auf das sich im Sammelkopf befindliche Nährmedium. Die Luft tritt durch seitliche Öffnungen wieder aus.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit beträgt ungefähr 4096 Umdrehungen pro Minute (+- 2% Genauigkeit).

#### Volumenscharakteristik:

Der Biotest Luftkeimsammler verfügt über eine spezielle Volumenscharakteristik die er seiner geometrischen Verhältnisse und seines Funktionsprinzipes verdankt.

(1) Umwälzvolumen:

Dieses beträgt 280 l/min bei 4096 Drehungen pro Minute.

(2) Abscheidevolumen:

Das Abscheidevolumen beträgt 40 Liter pro Minute.

## **1.2. Nährmedium**

Als Nährmedium wurden HYCON Agar strips TC (Total Count) verwendet.  
(*hycon certificate of analysis*)

Lagertemperatur: 2-25 C

Zusammensetzung: - Pancreatic Digest of Casein...15,0g  
- Soy Beane Peptone.....5,0g  
- Sodium Chloride.....5,0g  
- Agar-Agar.....16,0g  
- Buffer-Systems  
- Supplements

Ph-Wert: 7,3 (+-0,2) pro Liter destilliertes Wasser

Inkubationszeit: 32,5 C (+-2,5 C) für 24 oder 48 Stunden für Bakterien

Detektierbare Bakterien:

- Staphylococcus aureus
- Escherichia coli
- Aspergillus brasiliensis
- Candida albicans
- Pseudomonas aeruginosa
- Bacillus subtilis

### 1.3. Probenmaterial

Als Probenmaterial wurden die beiden Harze Elemi und Olibanum (= Weihrauch) verwendet. Das Elemi-Harz wurde von *Canarium luzonicum*, durch Einschnitte in die Rinde, im tropischen Asien gewonnen. Olibanum wurde von *Boswellia carteri*, ebenfalls durch Einschnitte in die Rinde, in Äthiopien gewonnen. Bezugsquelle ist die FA Aromaland ® Inh. Gerda Foltis, Zum Haag 13, 97285 Röttingen.

### 2. Methodenbeschreibung

Die Messungen wurden über je 15 Arbeitstage in zwei unterschiedlichen Apotheken durchgeführt. Der erste Messort war die Falken-Apotheke in Wels von 30. Mai 2012 bis 26. Juni 2012. Die zweiten 15 Messtage waren von 12.-30. November 2012 in der Apotheke zum heiligen Josef in Wien.

An den je 15 Tagen wurden an fünf Tagen die Leerwerte, an fünf Tagen Elemi und an fünf Tagen Olibanum mit dem HYCON Biotest Luftkeimsammler vermessen. An den Olibanum und Elemi Messtagen wurden die Harze am Vorabend, knapp vor Ladenschluß um 18 Uhr, an genau definierten Plätzen aufgestellt. In der Falken-Apotheke wurden die beiden Testharze abwechselnd auf einem Regal (Schnelldreher) im Verkaufsraum, in der Nähe der Tara, auf Augenhöhe (ungefähr 1,5m Höhe) aufgestellt. In der Apotheke zum heiligen Josef wurden die Harze abwechselnd ebenfalls auf einem Regal in der Nähe der Tara-Plätze auf Augenhöhe aufgestellt. Diese Plätze wurden genauestens eingehalten und an den Harzmesstagen die Harzproben immer genau wieder auf diesen Platz gestellt. Das Elemi-Harz wurde dabei als Balsam im Originalgefäß (45g) aufgestellt. Olibanum wurde in einer Reibschale angerieben (33,56g) und abwechselnd auf der gleichen Position aufgestellt.

An den 15 Messtagen wurde aus zwei unterschiedlichen Positionen, aber mit gleicher Entfernung zum aufgestellten Harz bzw. an Leerwert-Messtagen auch auf diesen beiden Positionen gemessen. An jedem Messtag wurden alle drei Stunden, um 9Uhr, 12Uhr, 15Uhr und 18 Uhr, zwei Messungen, an den zwei definierten Punkten, durchgeführt.

An den je 10 Messtagen mit den aufgestellten Harzproben wurde die Probe am Vorabend um 18 Uhr auf der definierten Stelle platziert, sodass die zwei Messungen um 9 Uhr, 15 Stunden, die zwei Messungen um 12 Uhr, 18 Stunden, die zwei Messungen um 15 Uhr, 21 Stunden und die zwei Messungen um 18 Uhr, 24 Stunden nach der Aufstellung durchgeführt wurden.

Vor jeder Messung wurde fachmännisch ein geeigneter HYCON Agar Strip TC in den HYCON Biotest Luftkeimsammler eingebracht und bei jeder der insgesamt 240 Messungen wurde vier Minuten lang die Luft vom Rotor des Luftkeimsammlers eingesaugt und auf den Agarstreifen übertragen. Nach jeder Messung wurde der Agarstreifen zurück in die Plastikschiene gesteckt, die Hülle verschlossen und gekühlt gelagert. Während des gesamten Messvorganges wurden Einweg-Latex Handschuhe getragen, um nachträgliche Kontamination des Agarstreifens zu verhindern.

Die bereits verwendeten Agarstreifen wurden danach in einem Brutschrank der Universität Wien für 48 Stunden bei 33°C bebrütet. Nach den 48 Stunden Bebrütung wurde jede sichtbare Kolonie auf jedem einzelnen Agarstreifen ausgezählt und die Kolonie bildenden Einheiten pro Liter berechnet. Die Formel zur Berechnung der Kolonie bildenden Einheiten pro Liter lautet:

$$\text{KbE/L} = \text{gezählte Kolonien}/40 * \text{min}(=4)$$

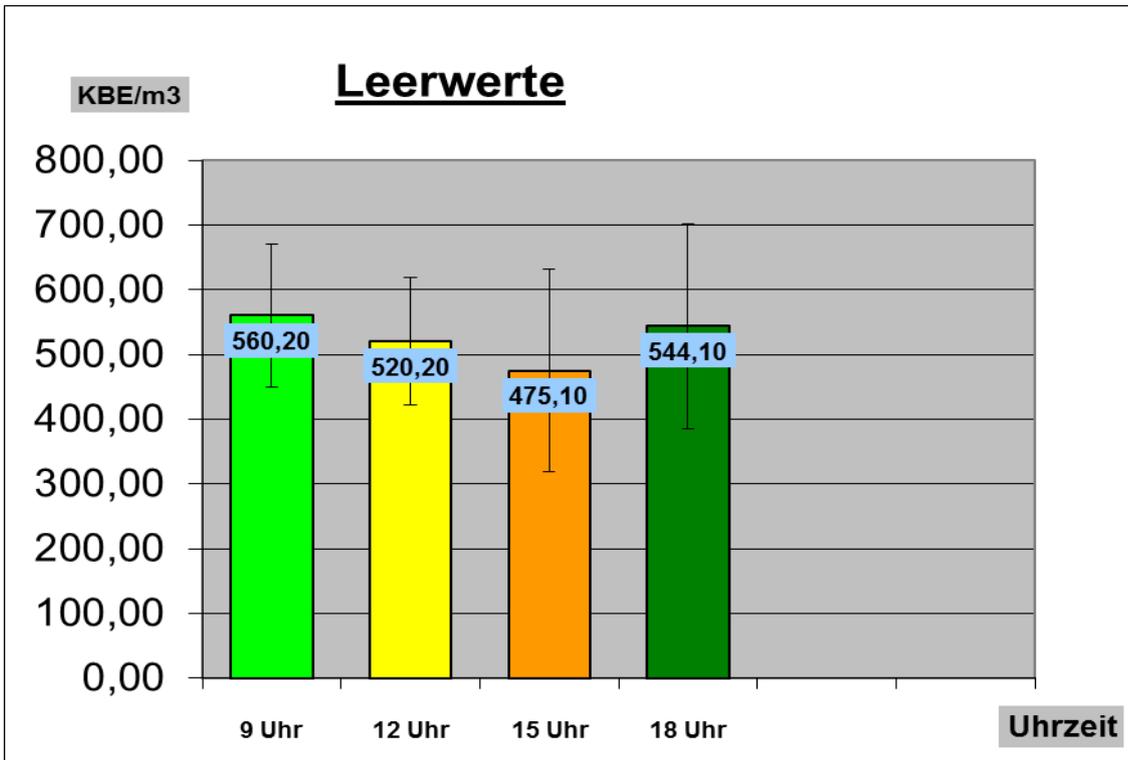
40..... Abscheidevolumen des HYCON Biotest Luftkeimsammlers  
Min... Dauer pro Messung in Minuten



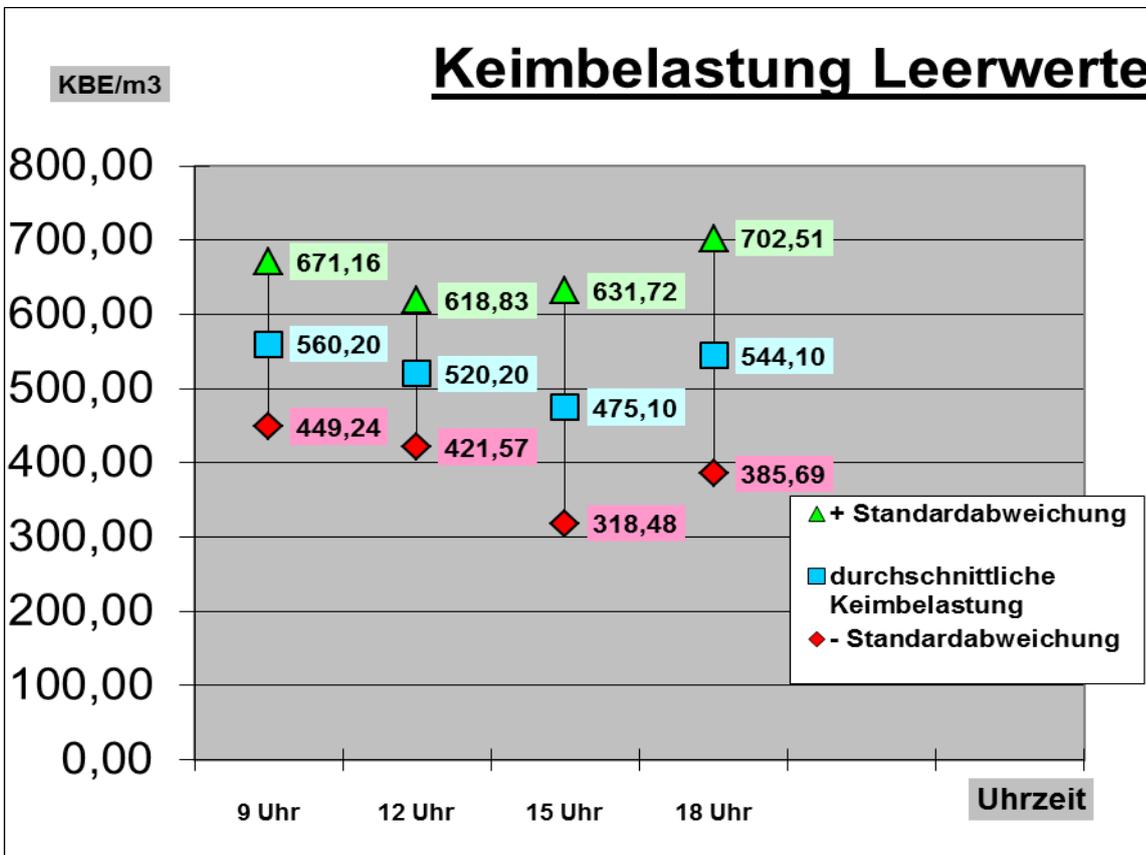


### 3.3. Grafiken

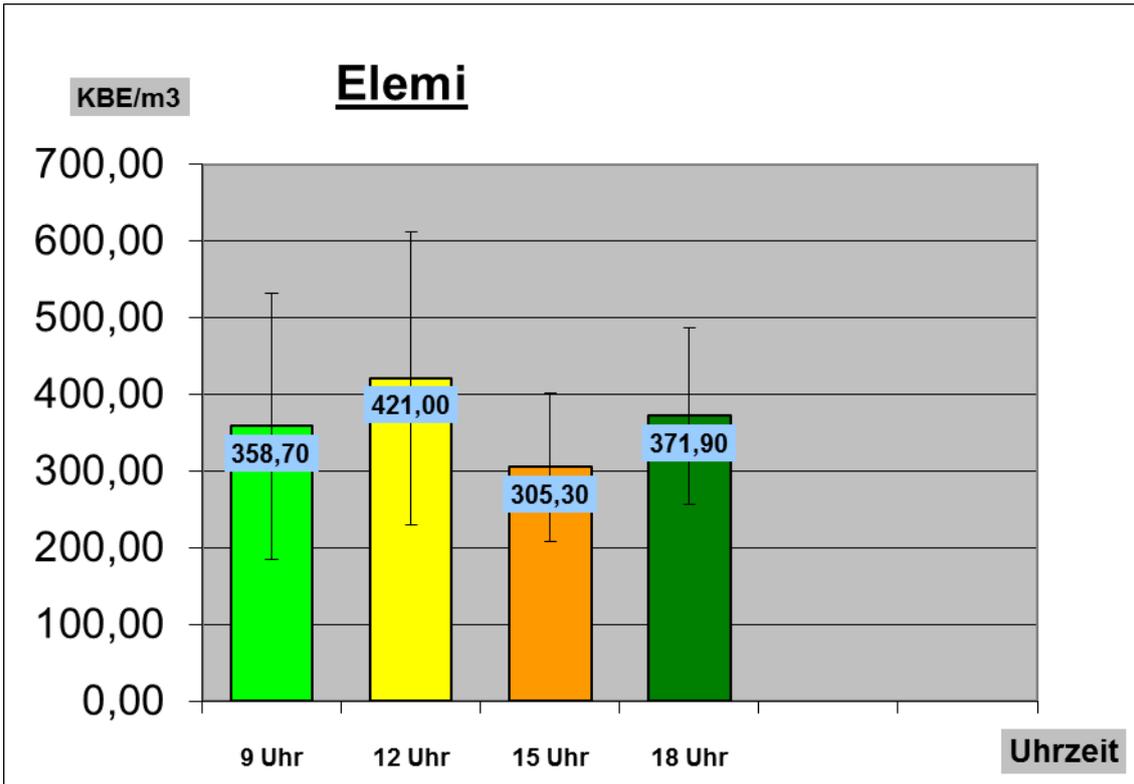
#### 3.3.1. Falken-Apotheke



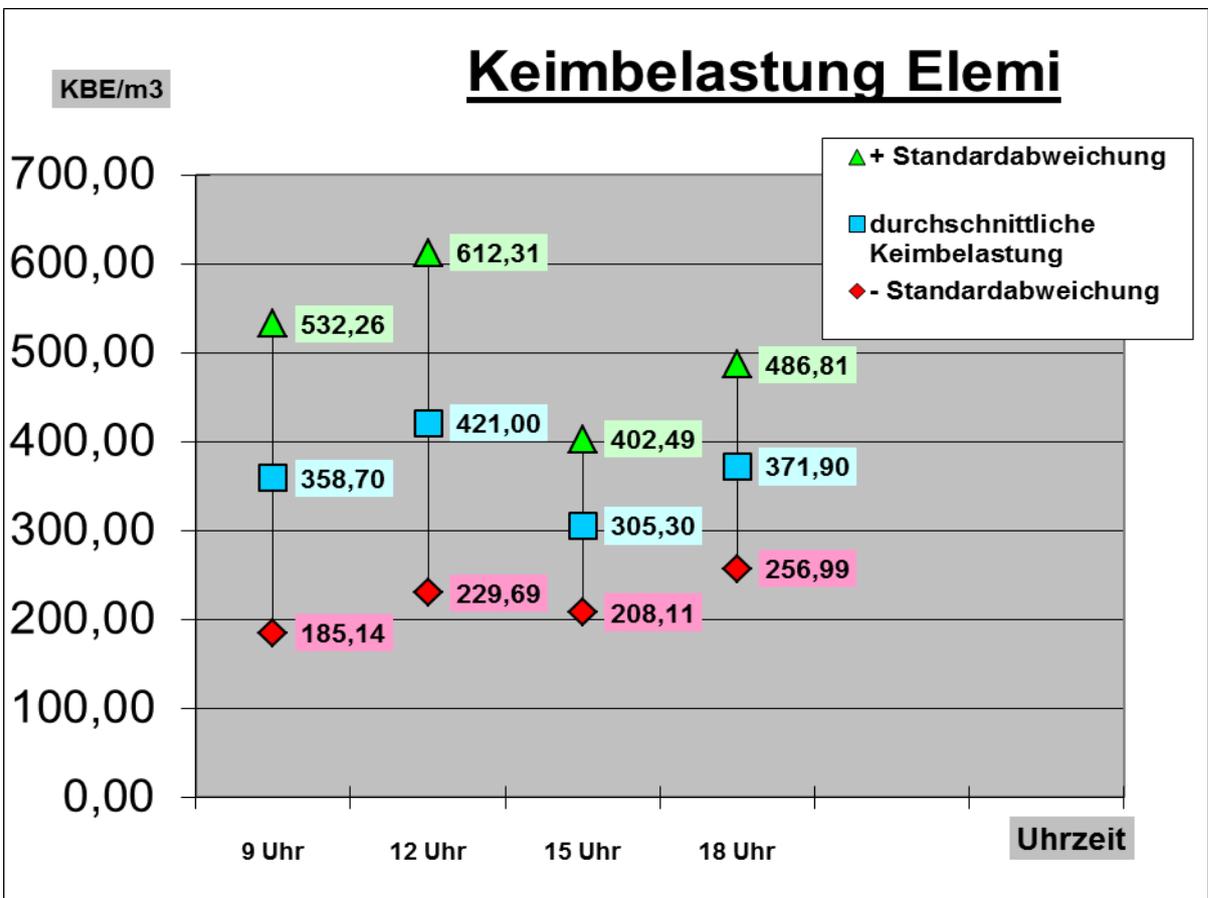
Grafik 1.1.: Leerwerte



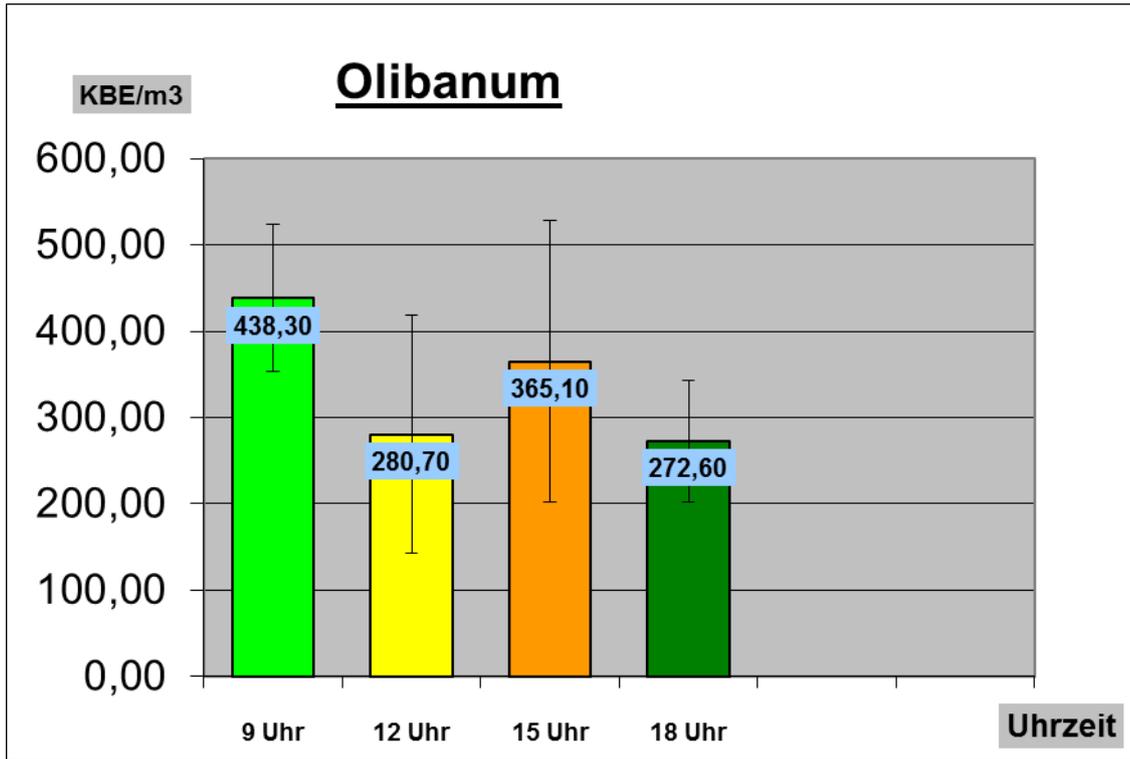
Grafik 1.2.: Luftkeime Leerwerte



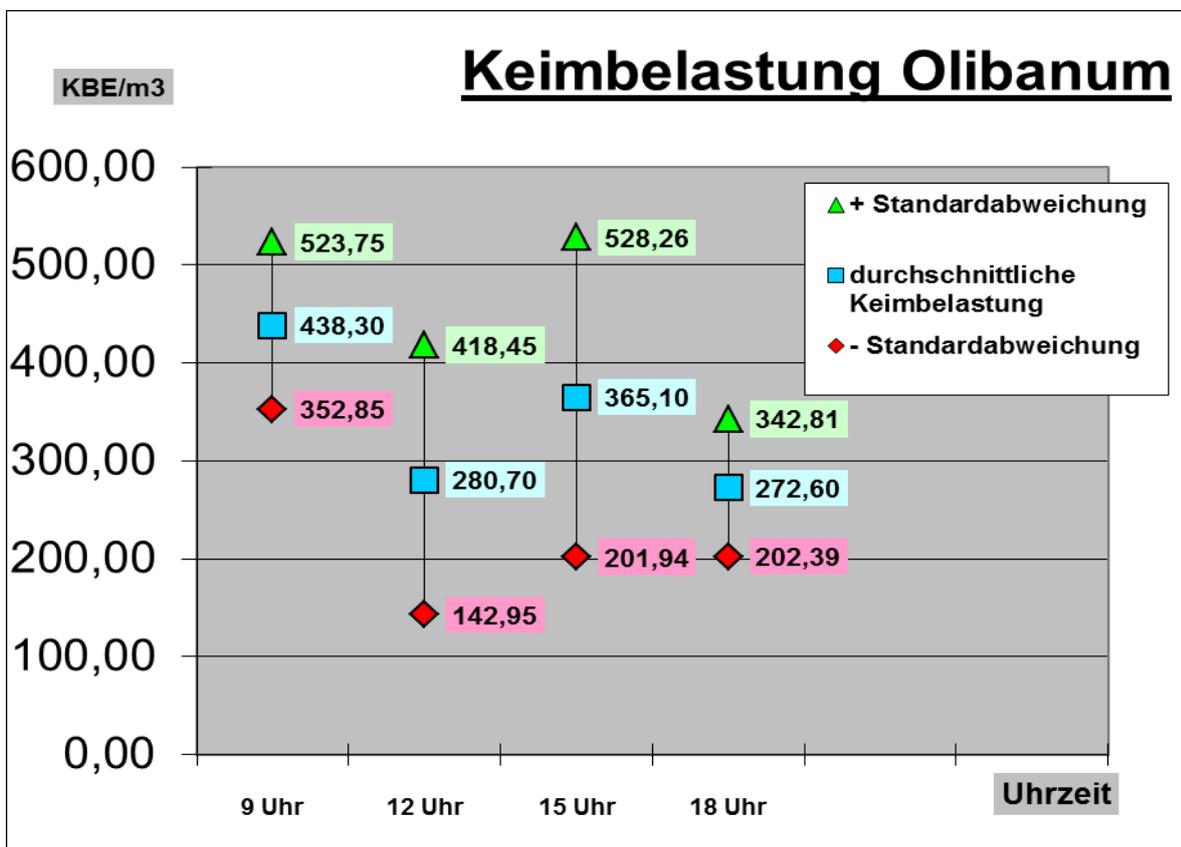
Grafik 2.1.: Elemi



Grafik 2.2.: Luftkeime bei aufgestelltem Elemi

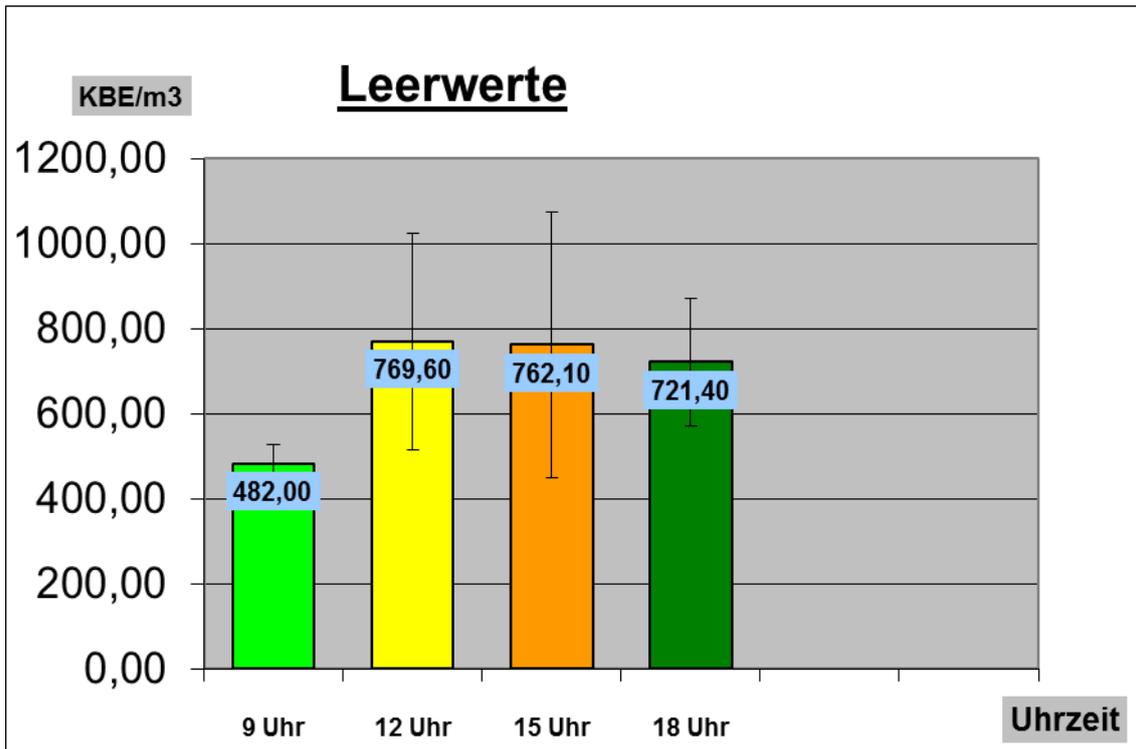


Grafik 3.1.: Olibanum

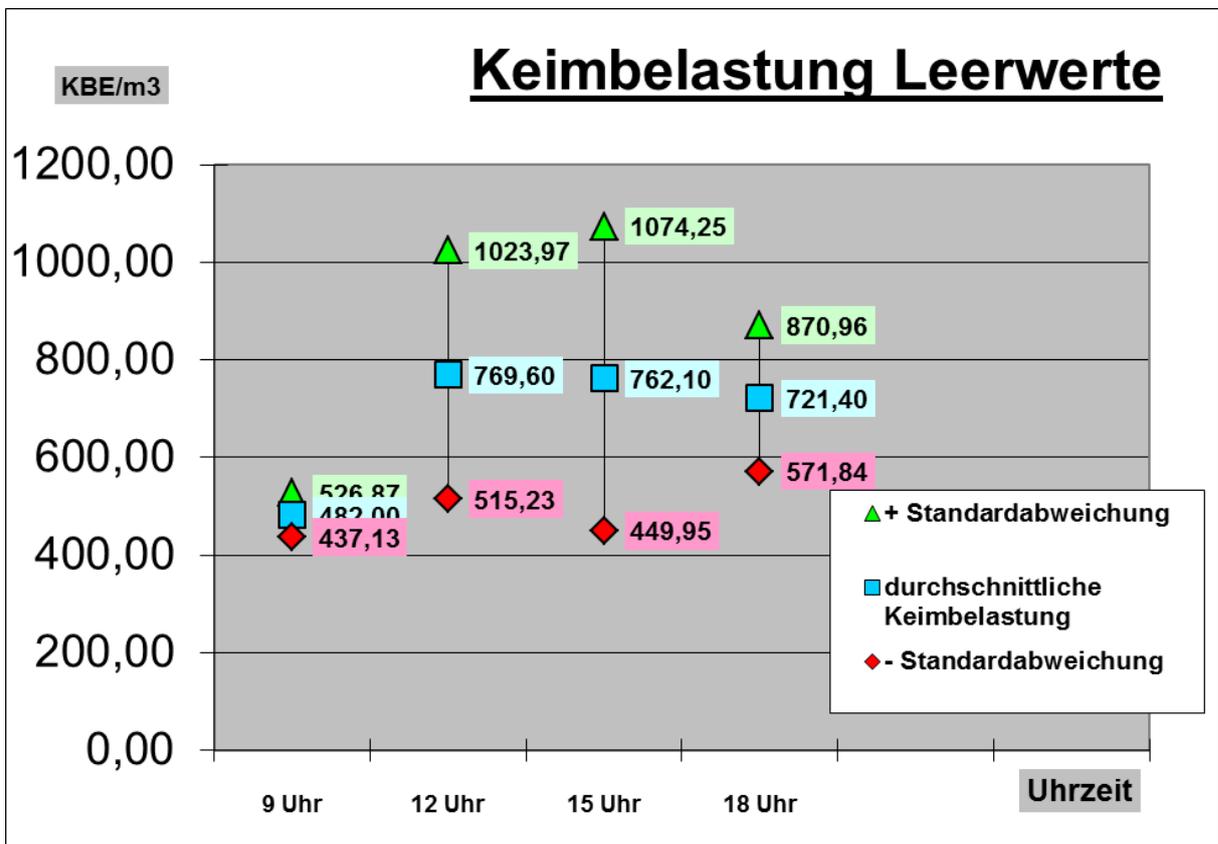


Grafik 3.2.: Luftkeime bei aufgestelltem Olibanum

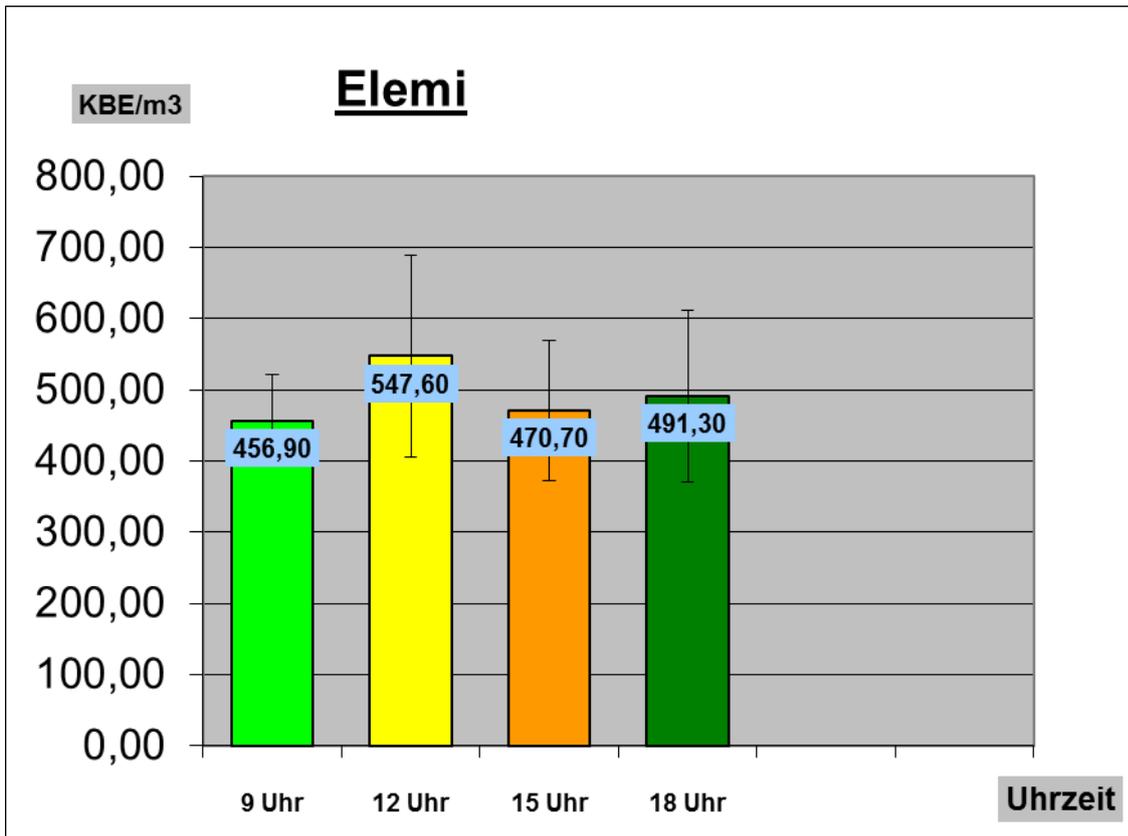
### 3.3.2. Apotheke zum heiligen Josef



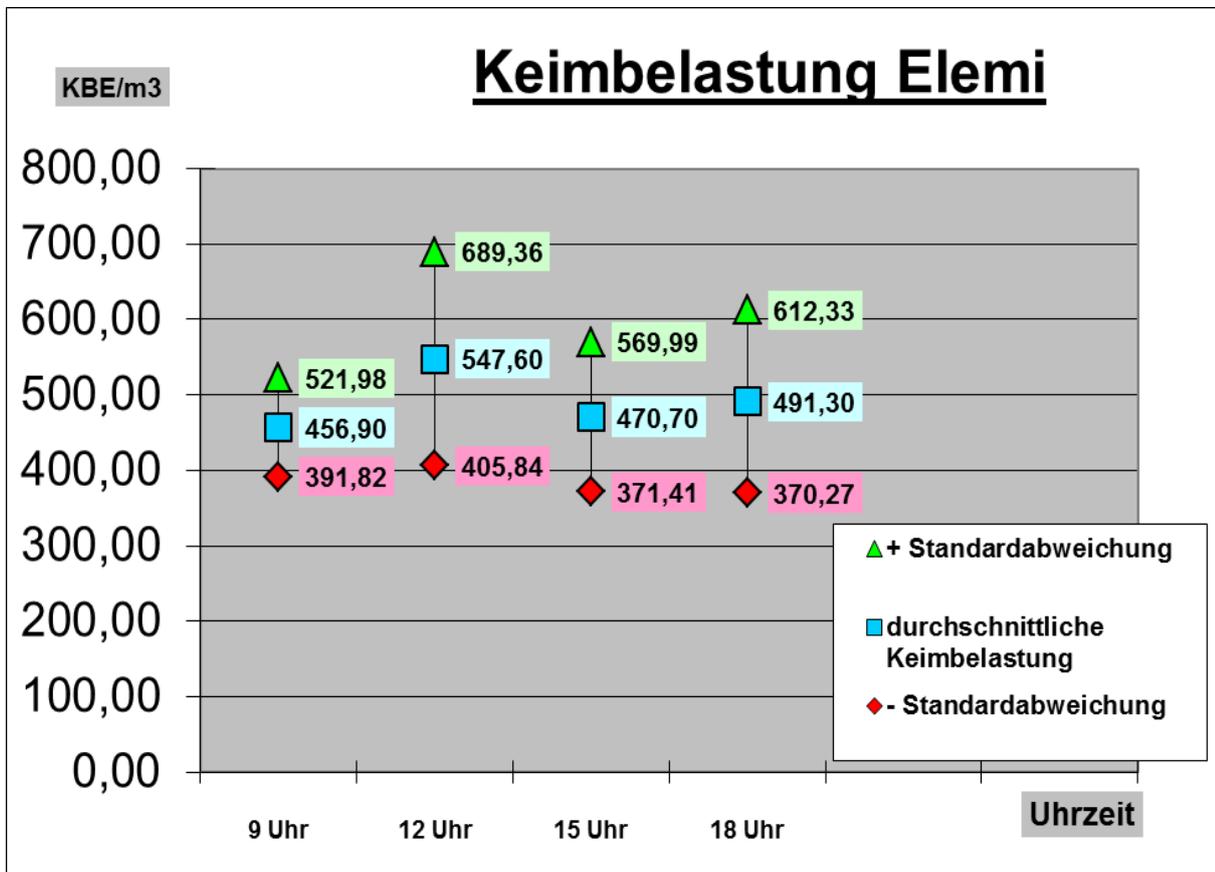
Grafik 4.1.: Leerwerte



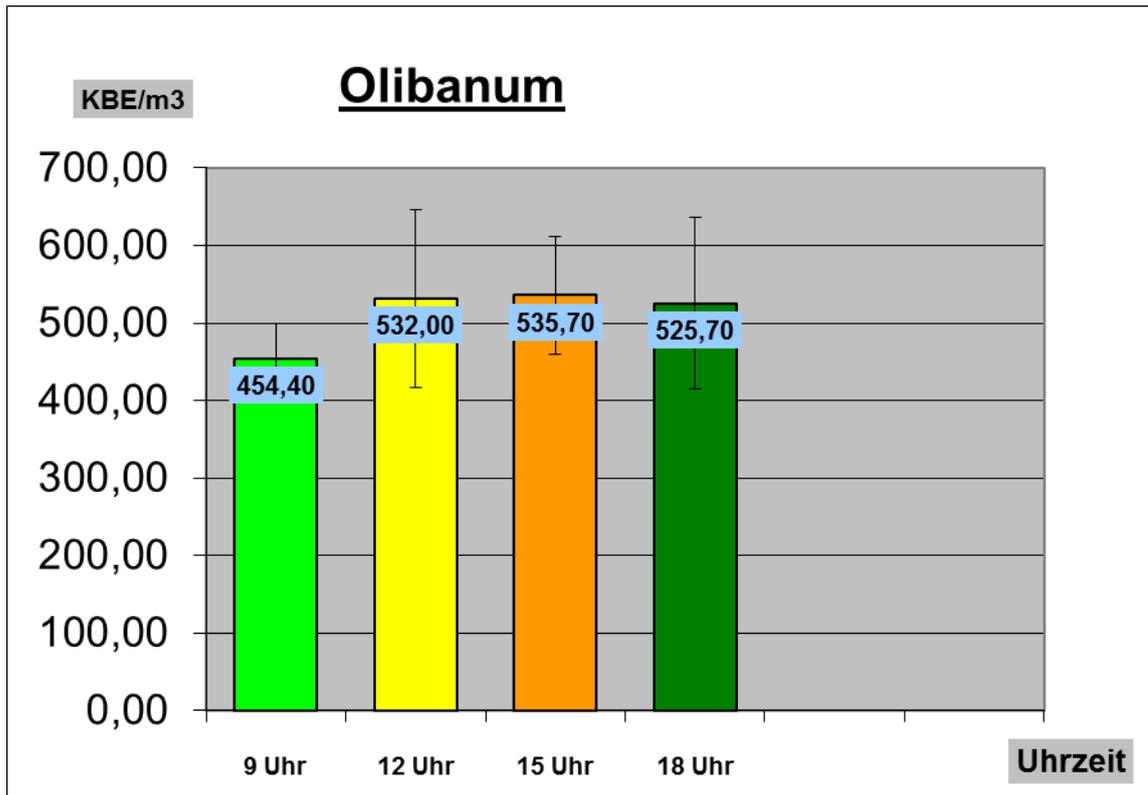
Grafik 4.2.: Luftkeime Leerwerte



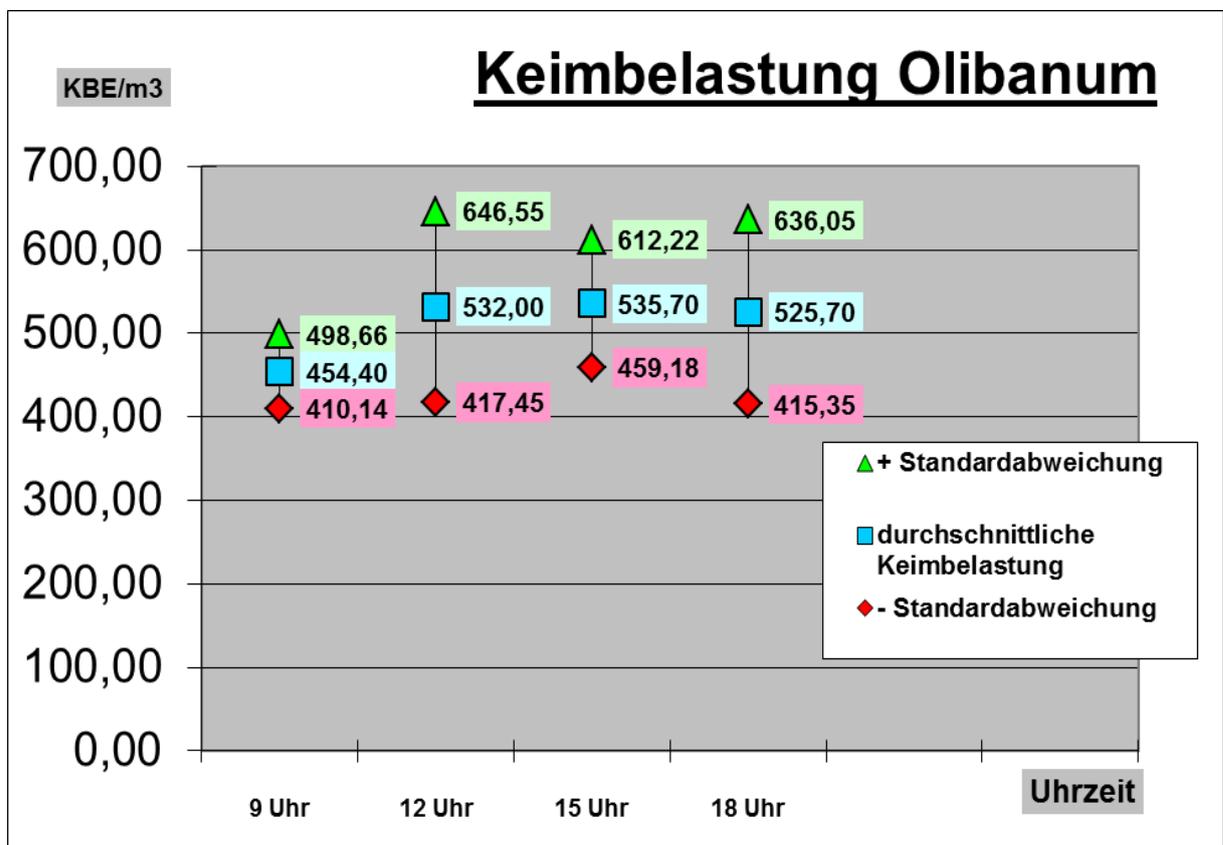
Grafik 5.1.: Elemi



Grafik 5.2.: Luftkeime bei aufgestelltem Elemi



Grafik 6.1.: Olibanum



Grafik 6.2.: Luftkeime bei aufgestelltem Olibanum

### 3.4. Diagramme

#### 3.4.1. Falken-Apotheke

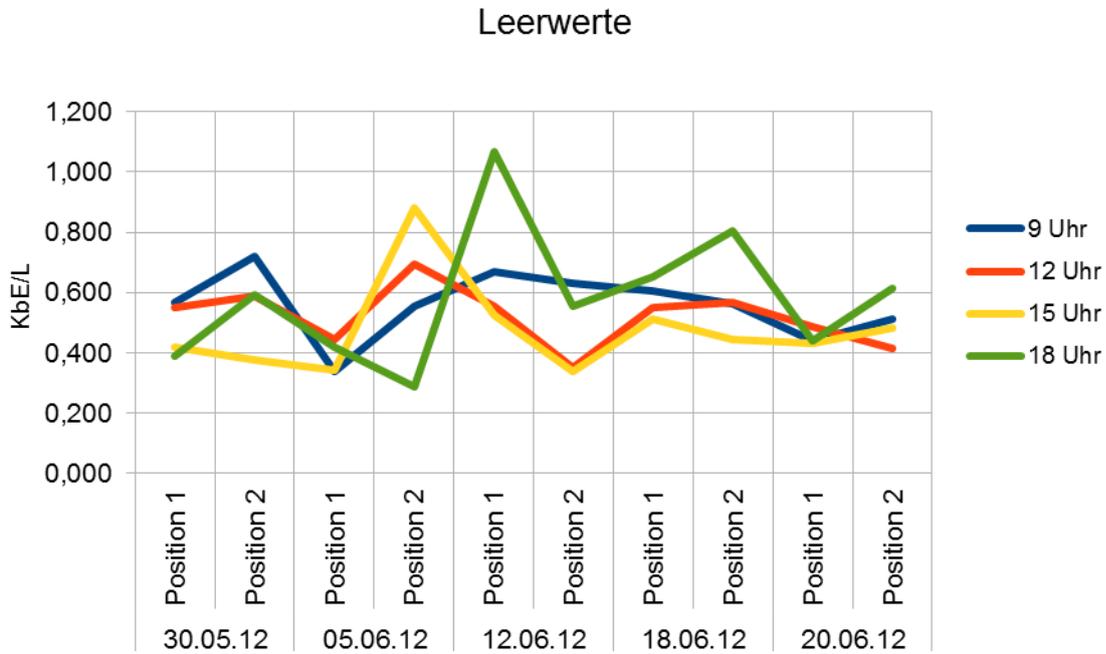


Diagramm 1: Leerwerte um 9, 12, 15, 18 Uhr

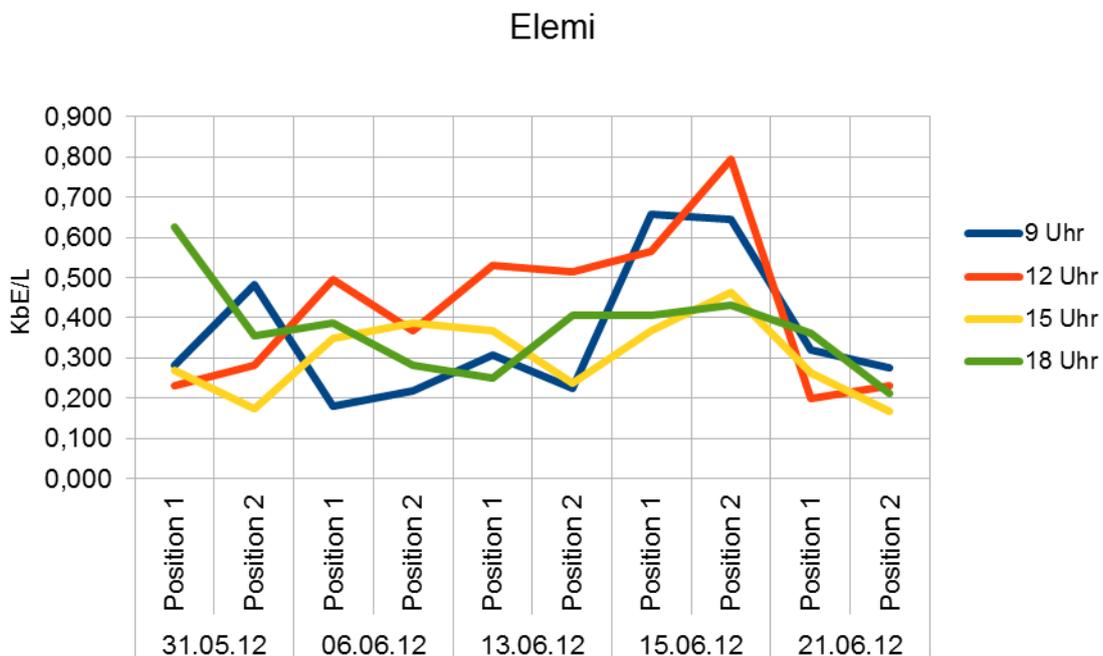


Diagramm 2: Elemi um 9, 12, 15, 18 Uhr

### Olibanum

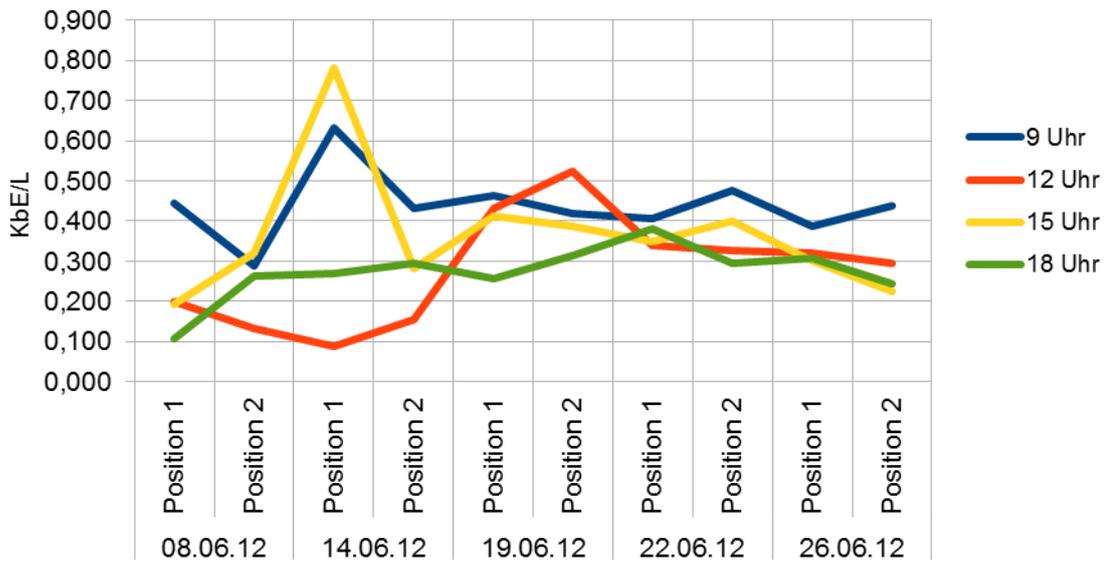


Diagramm 3: Olibanum um 9, 12, 15, 18 Uhr

### Vergleich LW-Elemi-Olibanum 9 Uhr

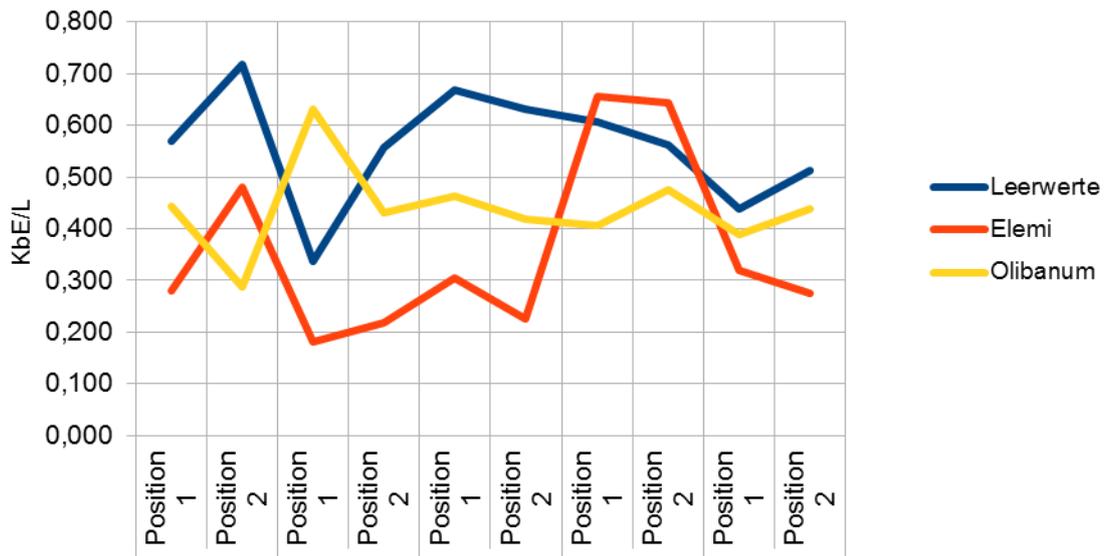


Diagramm 4: Vergleich LW-Elemi-Olibanum um 9 Uhr

Vergleich LW-Elemi-Olibanum  
12 Uhr

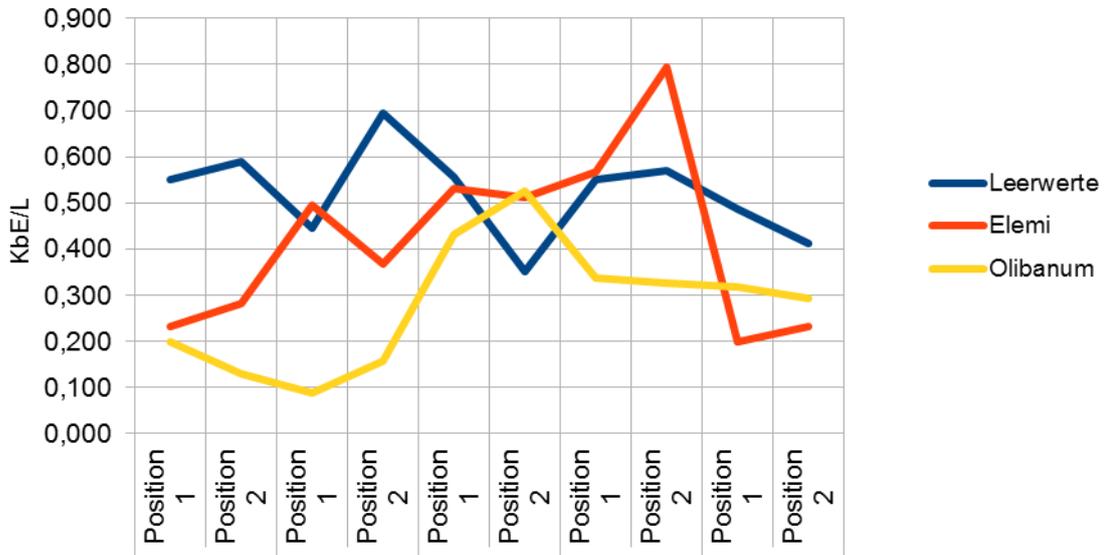


Diagramm 5: Vergleich LW-Elemi-Olibanum um 12 Uhr

Vergleich LW-Elemi-Olibanum  
15 Uhr

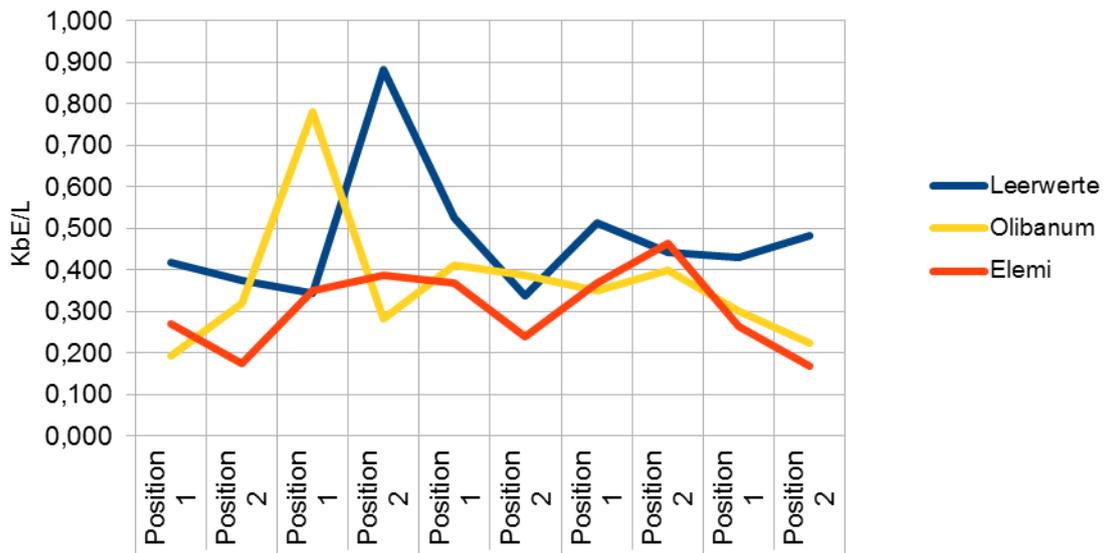


Diagramm 6: Vergleich LW-Elemi-Olibanum um 15 Uhr

Vergleich LW-Elemi-Olibanum  
18 Uhr

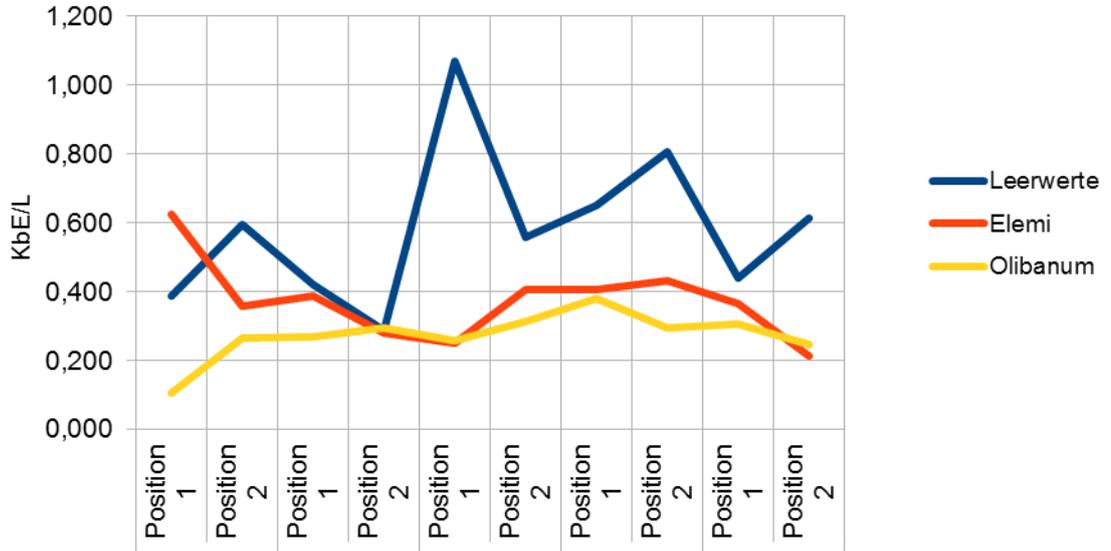


Diagramm 7: Vergleich LW-Elemi-Olibanum um 18 Uhr

Vergleich LW-Elemi-Olibanum  
(Mittelwerte)

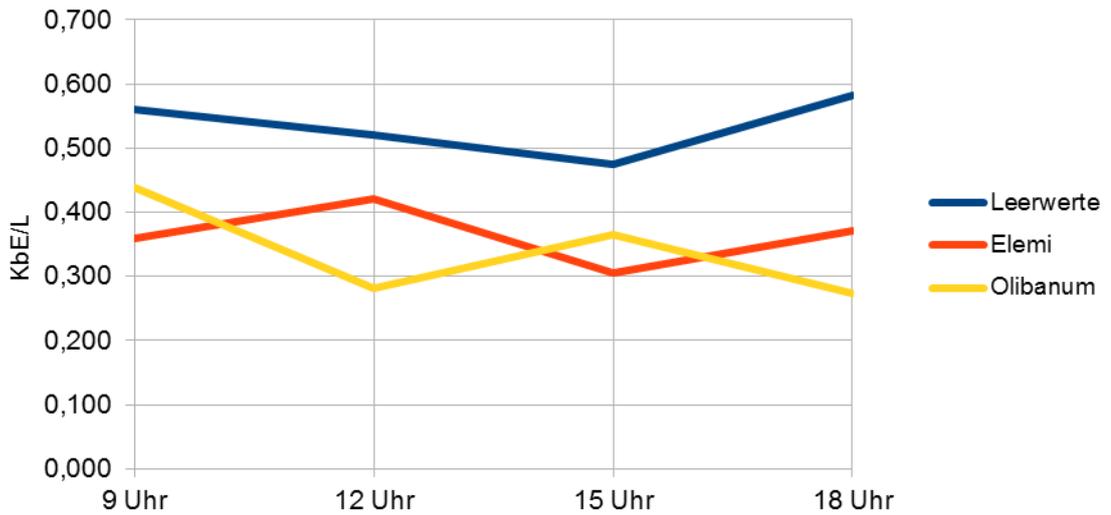


Diagramm 8: Vergleich der Mittelwerte LW-Elemi-Olibanum

### 3.4.2. Apotheke zum heiligen Josef

Leerwerte

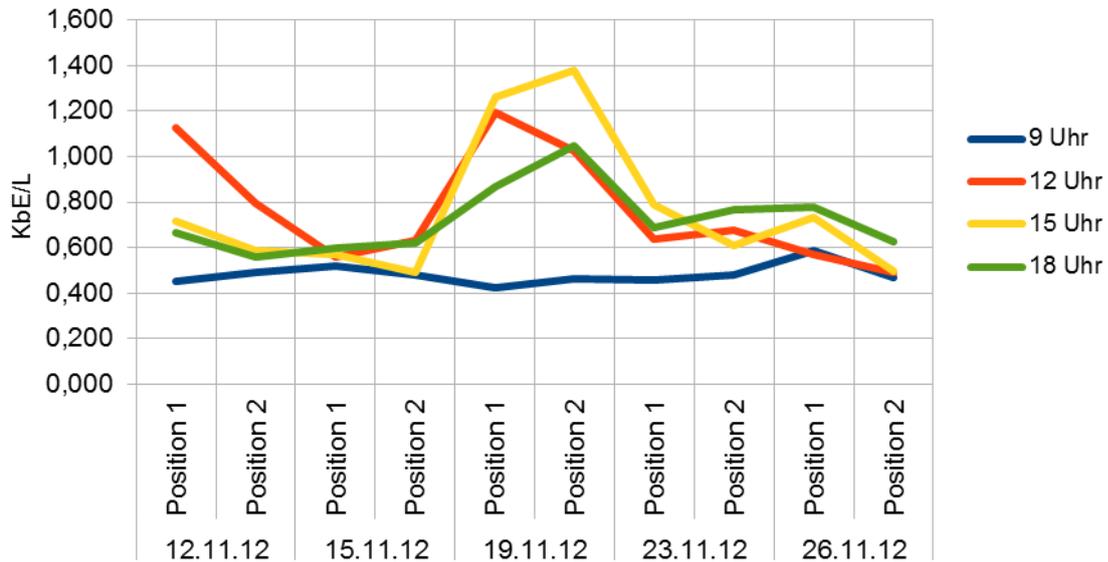


Diagramm 9: Leerwerte um 9, 12, 15, 18 Uhr

Elemi

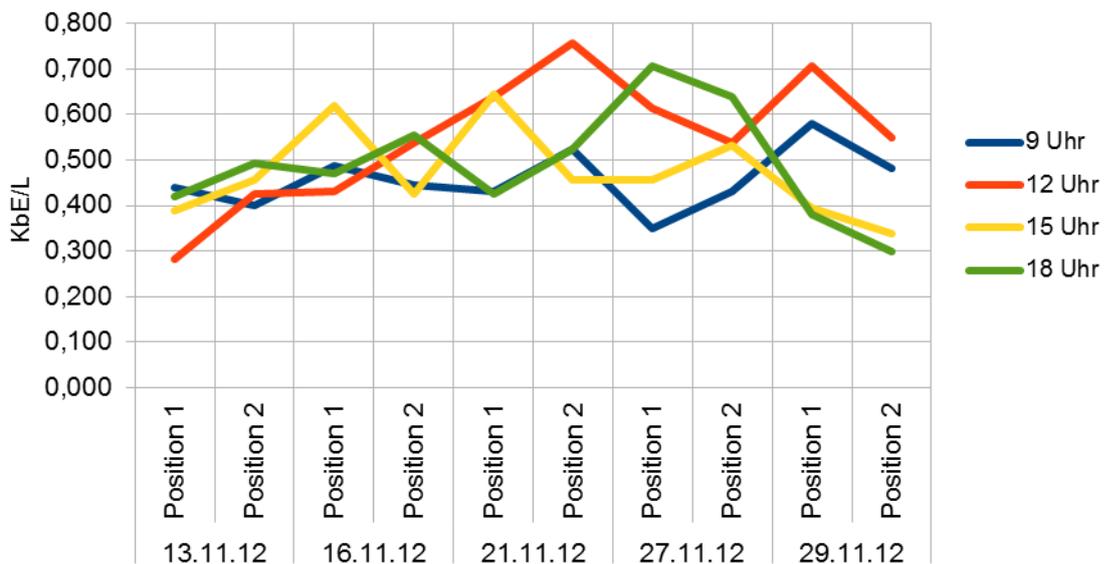


Diagramm 10: Elemi um 9, 12, 15, 18 Uhr

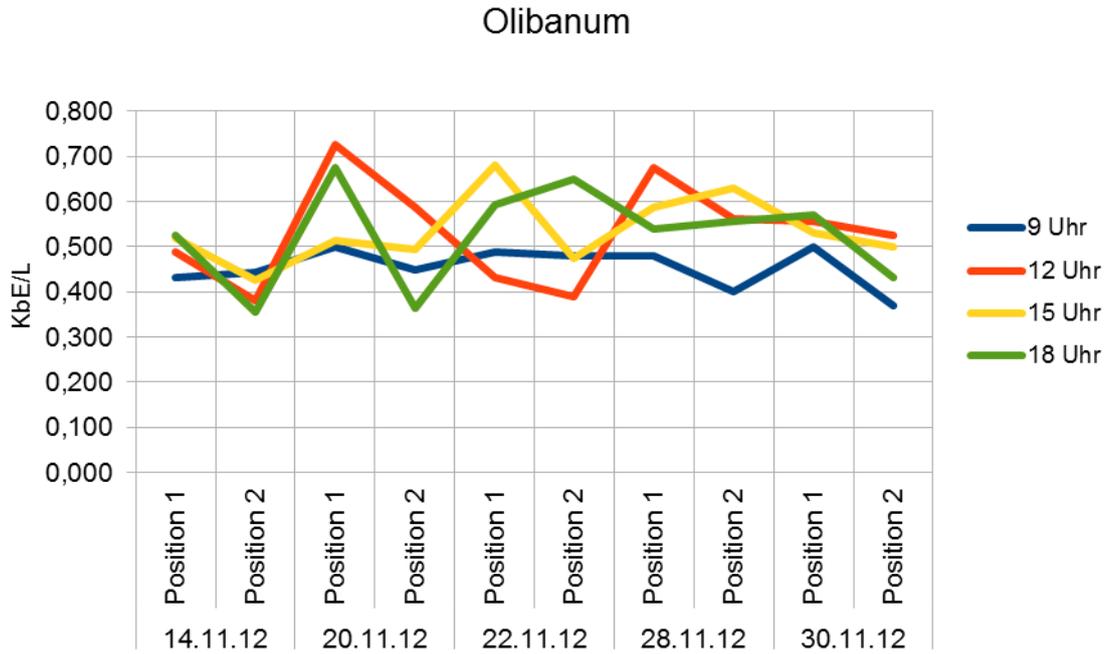


Diagramm 11: Olibanum um 9, 12, 15, 18 Uhr

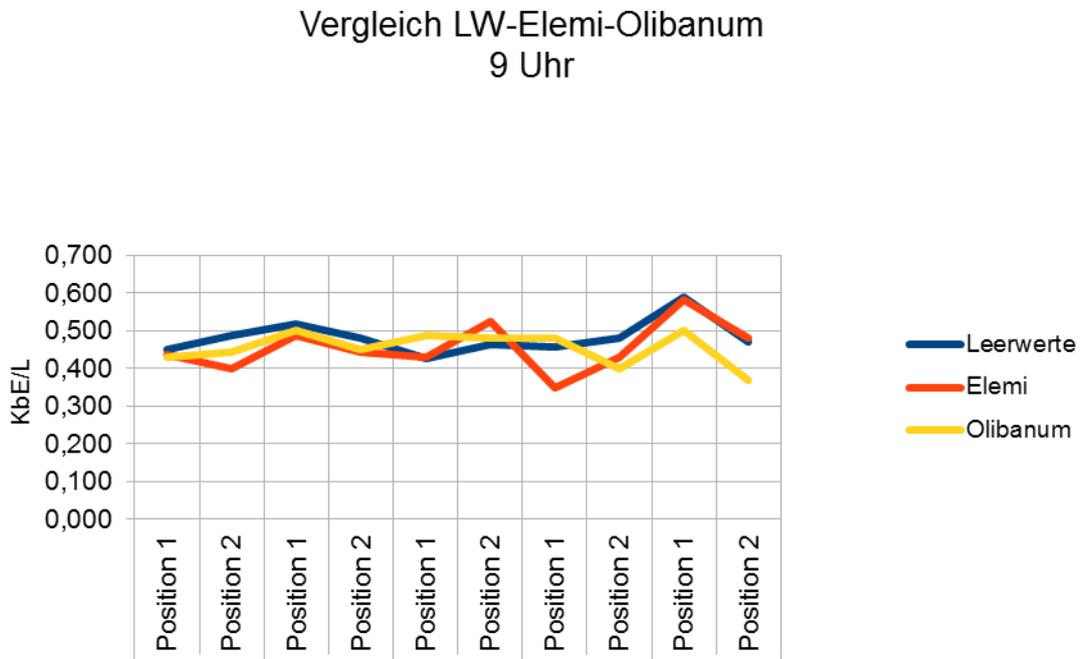


Diagramm 12: Vergleich LW-Elemi-Olibanum um 9 Uhr

### Vergleich LW-Elemi-Olibanum 12 Uhr

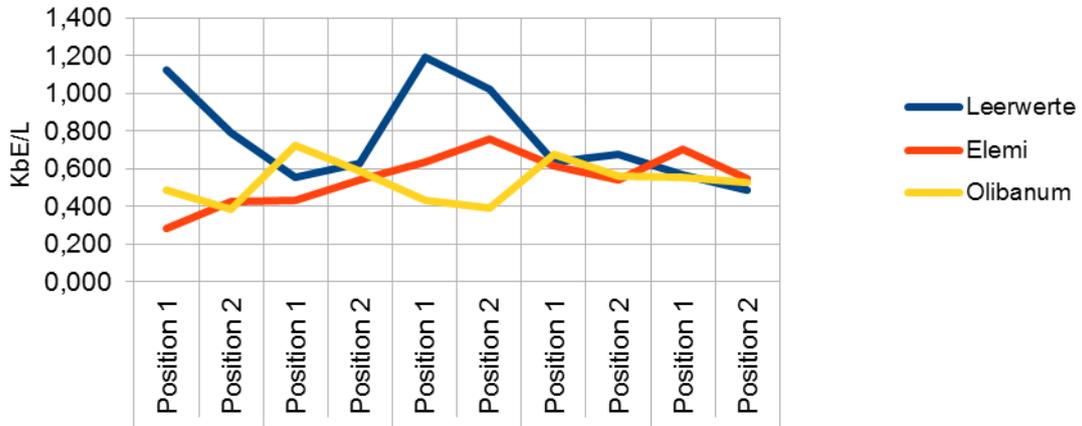


Diagramm 13: Vergleich LW-Elemi-Olibanum um 12 Uhr

### Vergleich LW-Elemi-Olibanum 15 Uhr

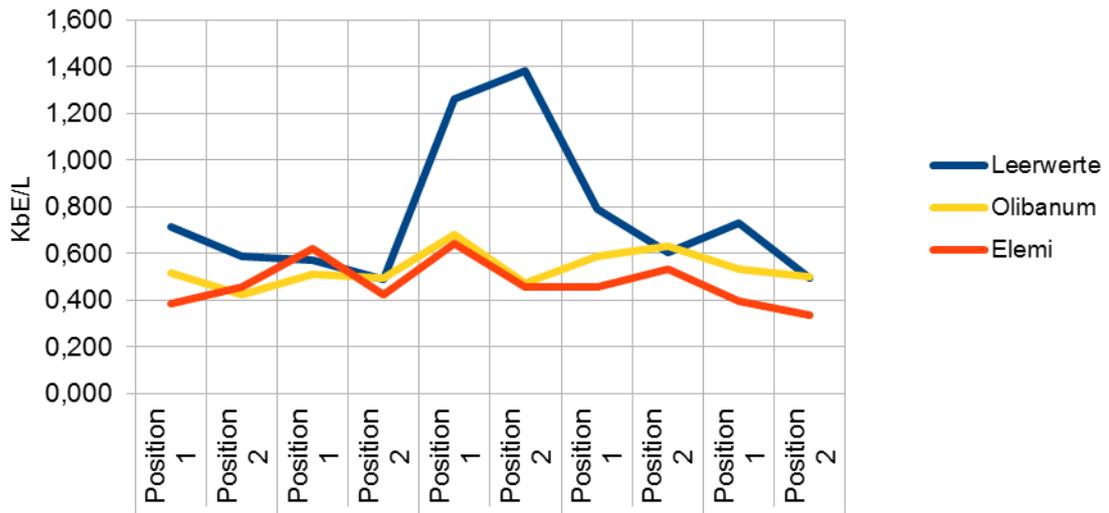


Diagramm 14: Vergleich LW-Elemi-Olibanum um 15 Uhr

Vergleich LW-Elemi-Olibanum  
18 Uhr

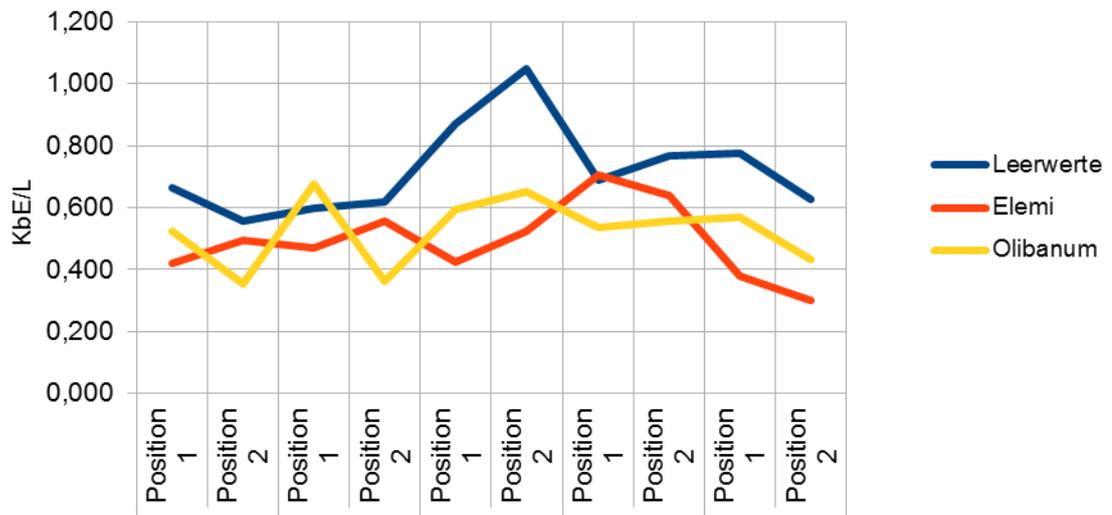


Diagramm 15: Vergleich LW-Elemi-Olibanum um 18 Uhr

Vergleich LW-Elemi-Olibanum  
(Mittelwerte)

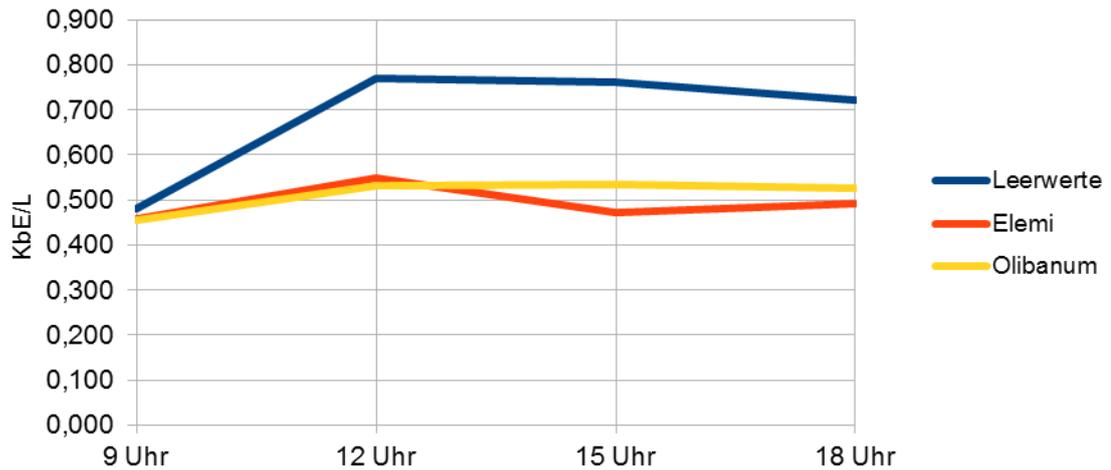


Diagramm 16: Vergleich der Mittelwerte LW-Elemi-Olibanum

## 3.5. Diskussion der Ergebnisse

### 3.5.1. Falken-Apotheke

Diagramm 1 zeigt die Werte der Leerwertmessungen der fünf Tage in der Falken-Apotheke. Während die jeweils zwei Messungen um 9, 12 und 15 Uhr halbwegs konstant sind, ist um 18 Uhr am 2. Messtag mit 0,287 Kolonie bildenden Einheiten pro Liter, der niedrigste Wert, und am 3. Messtag um 18 Uhr, mit 1,069 KbE/l, der höchste Messwert zu finden.

Für diese Schwankungen kommen viele Parameter in Frage. Möglichen Einfluss auf die Messergebnisse hatten die ein- oder ausgeschaltete Klimaanlage, die Frischluftzufuhr bei offener oder geschlossener Eingangstür, die Anzahl und Keimbelastung durch Kunden und Angestellte. Diese verschiedenen, nicht genau einordbaren Einflüsse bestehen aber an jedem der 15 Messtage, bei allen Messungen, was die Werte untereinander vergleichbar macht.

Die Temperatur in den beiden Apotheken war mit ungefähr 24-26°C in der Falken-Apotheke (mit eingeschalteter Klimaanlage) und mit ungefähr 25°C in der Apotheke zum heiligen Josef fast ident. Die ungefähre Kubikmeterzahl der Messräume beläuft sich auf 157,5m<sup>3</sup> bzw. 220m<sup>3</sup> und die Luftfeuchtigkeit bewegte sich zwischen 45-60% in der Falken-Apotheke und 45-55% in der Apotheke zum heiligen Josef.

Festzuhalten ist, dass im Mittelwert der Leerwertmessungen die geringste Luftkeimbelastung mit 0,475 KbE/l am Nachmittag um 15 Uhr und mit einem Mittelwert von 0,582 KbE/l die höchste Luftkeimbelastung um 18 Uhr, kurz vor Ladenschluss, bestand.

An den fünf Elemi-Messtagen in der Falken-Apotheke war die Luftkeimzahl zu jeder der vier Messzeiten (9, 12, 15, 18 Uhr) nie über 0,8 KbE/l (Diagramm 2). Der höchste Messwert mit 0,794 KbE/l wurde am 4. Elemi-Messtag um 12 Uhr gemessen. Auch im Durchschnitt der fünf Messtage zeigten die Messungen bei aufgestelltem Elemi um 12 Uhr, mit einem Mittelwert von 0,421 KbE/l die deutlich höchste Luftkeimbelastung aller vier Messzeiten.

Wie aus Diagramm 3 ersichtlich, wurde auch an den fünf Olibanum-Messtagen die Obergrenze von 0,8 KbE/l nicht überschritten. Am 2. Olibanum-Messtag wurde mit 0,781 KbE/l um 15 Uhr der höchste Wert erhalten. Im Durchschnitt war die Luftkeimbelastung aber bei aufgestelltem Olibanum um 9 Uhr mit einem Mittelwert von 0,438 KbE/l am stärksten.

Diagramm 4, 5, 6 und 7 zeigen die fünf Leerwert-Messtage, die fünf Elemi-Messtage und die fünf Olibanum Messtage im Vergleich um 9, 12, 15 und 18 Uhr.

Auffällig ist, dass bis auf wenige Ausnahmen die Leerwerte immer höher und damit die Luftkeimzahl höher ist als an den Elemi und Olibanum Messtagen.

Diese Erkenntnis zeigt sich auch bei näherer Betrachtung der Mittelwerte aller 15 Messtage (Diagramm 8). Im Durchschnitt lagen die Kolonie bildenden Einheiten pro Liter der Leerwert-Messtage um 9, 12, 15 und 18 Uhr über jenen der beiden Testharze.

Besonders drastisch ist dies auch in Diagramm 7, um 18 Uhr, zu sehen. Bis auf zwei Ausnahmen (am ersten Elemi-Messtag Position 1 und am zweiten Olibanum Messtag Position 2) sind alle Leerwertmessungen höher als die der beiden Testharze.

Der Durchschnittswert der Leerwerte um 9 Uhr beträgt 0,560 KbE/l und ist damit um 0,201 KbE/l höher als der von den Elemi-Mittelwerten (0,359 KbE/l). Diese Werte bedeuten im Durchschnitt eine Reduktion der Keimzahl um 9 Uhr von 35,89 %.

Der Durchschnittswert der fünf Olibanum-Messtage um 9 Uhr ist mit 0,438 KbE/l höher als jener der Elemi-Messtage aber bedeutet im Durchschnitt eine Keimzahlminderung von 21,79 % in Hinblick auf die Leewert-Messtage.

Um 12 Uhr, 18 Stunden nach Aufstellung der Harze, ist die Situation umgekehrt. Olibanum mindert mit einem Durchschnitts-Messwert von 0,281 KbE/l die Keimzahl um satte 45,96 % im Vergleich mit den Leerwert-Messtagen (0,520 KbE/l). Elemi mindert die Keimbelastung um 12 Uhr um 19,04 % (0,421 KbE/l).

21 Stunden nach Aufstellung der Harze ist der Leerwert im Durchschnitt mit 0,475 KbE/l zwar am niedrigsten, trotzdem mindern Elemi (0,305 KbE/l) um 35,79 % und Olibanum (0,365 KbE/l) um 23,16 % die Keimzahl.

Um 18 Uhr, also 24 Stunden nach Aufstellung des jeweiligen Testharzes, zeigt Olibanum mit 0,273 KbE/l seinen niedrigsten Durchschnittswert und die Leerwert-Messungen im Mittelwert mit 0,582 KbE/l die höchste Keimzahl. Dies bedeutet eine Reduktion der Kolonie bildenden Einheiten pro Liter um 53,09 %. Auch Elemi (0,372 KbE/l) mindert um 18 Uhr die Keimbelastung um 36,08 %.

Festzuhalten ist, dass im Mittelwert zu jeder der vier Messzeiten (Diagramm 8) Elemi und Olibanum im Gegensatz zu den Leerwerten die Keimzahl mindestens um 19,04 % (Elemi um 12 Uhr) bis zu maximal 53,09 % (Olibanum um 18 Uhr) mindern.

### 3.5.2. Apotheke zum heiligen Josef

Wie schon aus Diagramm 9 ersichtlich, unterliegen auch die Messwerte in der Apotheke zum heiligen Josef natürlichen Schwankungen. Da die Messungen aber an jedem Messtag ähnlichen Einflüssen ausgesetzt waren, sind auch hier die Messwerte vergleichbar.

Diagramm 1 zeigt die fünf Leerwert-Messtage um 9, 12, 15 und 18 Uhr. Deutlich zu sehen ist, dass die Werte um 9 Uhr klar am niedrigsten sind und am Nachmittag um 15 Uhr mit 1,381 KbE/l das Maximum erreicht wird.

In Diagramm 10 und 11, die fünf Elemi bzw. Olibanum Messtage um 9, 12, 15 und 18 Uhr, sieht man, dass auch in der zweiten Apotheke die Werte die Grenze von 0,8 KbE/l nicht übersteigen. Höchster gemessener Wert von Elemi ist 0,756 KbE/l um 12 Uhr am dritten Elemi-Messtag. Höchstwert am zweiten Olibanum-Messtag ist 0,725 KbE/l.

Diagramm 12, 13, 14 und 15 zeigen die fünf Leerwert-Messtage, die fünf Elemi-Messtage und die fünf Olibanum Messtage im Vergleich um 9, 12, 15 und 18 Uhr.

Diagramm 12 zeigt, dass um 9 Uhr die Werte aller 15 Messtage zwischen 0,350 KbE/l und 0,588 KbE/l liegen. Der Unterschied der Leerwerte zu den beiden Testharzen ist um 9 Uhr eindeutig am geringsten.

In den Diagrammen 13, 14 und 15 zeigt sich dann aber wieder, dass die Leerwerte um 12, 15 und 18 Uhr deutlich über denen an den Harz-Messtagen liegen.

Besonders gut sichtbar sind diese Ergebnisse in Diagramm 16.

Um 9 Uhr sind die Durchschnittswerte mit 0,482 KbE/l der Leerwerte, mit 0,457 KbE/l von Elemi und 0,454 KbE/l von Olibanum sehr eng beisammen, was nur eine minimale Keimzahlminderung von 5,19 % bei aufgestelltem Elemi und 5,81 % bei aufgestelltem Olibanum bedeutet.

Im weiteren Tagesverlauf um 12, 15 und 18 Uhr wird dann aber eine Senkung der KbE/l durch die beiden Testharze sehr deutlich sichtbar.

Um 12 Uhr mindert Olibanum im Durchschnitt (0,532 KbE/l) die Keimzahl um 30,91 % (Leerwert-Mittelwert: 0,770 KbE/l). Elemi (0,548 KbE/l) schafft um 12 Uhr, 18 Stunden nach Aufstellung des Harzes, eine Minderung von 28,83 %.

Im Mittelwert (Diagramm 16) bleiben die Leerwerte, sowie die Werte von Elemi und Olibanum dann um 15 und 18 Uhr relativ konstant.

21 Stunden nach Aufstellung des jeweiligen Testharzes (15 Uhr), mindert Elemi die Keimzahl mit einem Mittelwert von 0,471 KbE/l um 38,19 % und Olibanum, mit einem Mittelwert von 0,536 KbE/l, die Keimzahl um 29,66 % (Leerwert-Mittelwert 15 Uhr: 0,762 KbE/l).

Um 18 Uhr bleibt die Minderung der Keimzahl sowohl bei Olibanum (0,526 KbE/l ) mit 27,05 % und Elemi (0,491 KbE/l ) mit 31,90 % konstant hoch (Leerwert-Mittelwert 18 Uhr: 0,721 KbE/l).

Festzuhalten ist, dass auch in der zweiten Apotheke die Mittelwerte der fünf Leerwert-Messtage immer über den Mittelwerten der beiden Testharze liegen. Um 9 Uhr zwar mit nur einer Keimzahlminderung von 5,19 % (Elemi) noch nicht so deutlich, aber dann von 12-18 Uhr mit einer Minderung von mindestens 27,05 % (Olibanum 18 Uhr) und maximal von 38,19 % (Elemi 15 Uhr) sehr deutlich.

### 3.5.3. Zusammenfassung

An beiden Messorten, sowohl in der Falken-Apotheke als auch in der Apotheke zum heiligen Josef, konnte an jeweils 15 Messtagen gezeigt werden, dass die KbE/l bei aufgestelltem Elemi oder aufgestelltem Olibanum deutlich niedriger waren als an den Leerwert-Messtagen.

In der Falken-Apotheke gab es gesamt gesehen mit einem Minimum der Keimzahlminderung von 19,04 % von Elemi (12 Uhr) und einem Maximum der Keimzahlminderung von 53,09 % die im Vergleich mit der Apotheke zum heiligen Josef größere Minderung der KbE/l.

Aber auch die Werte, gemessen in der zweiten Apotheke, zeigen mit einer Minderung von mindestens 5,19 % und einer maximalen Keimzahlreduzierung von 38,19 % klaren Erfolg.

Interessant ist, dass die Werte in der Apotheke zum heiligen Josef konstanter sind als jene von der ersten Apotheke. Um 9 Uhr war der Unterschied der KbE/l minimal, während um 12, 15 und 18 Uhr die Keimzahl deutlich um 27,05-38,19 % gesenkt werden konnte.

In der Falken-Apotheke unterschieden sich die Werte (19,04-53,09 %) stärker, aber auch die Minderung der KbE/l im Vergleich zu den Leerwert-Messtagen war höher. Elemi zeigte um 9 und um 15 Uhr eine stärkere Keimzahlminderung und Olibanum um 12 und 18 Uhr.

Dass die Werte in der Apotheke zum heiligen Josef grundsätzlich höher sind als in der Falken-Apotheke könnte mehrere Gründe haben. Die Messungen in der Falken-Apotheke wurden im Juni durchgeführt, die Temperaturen waren wesentlich höher als im November, in welchem die zweiten 15 Messtage stattfanden. Die Frischluftzufuhr und Verbreitung der Luft war im Juni durch die Aktivität einer Klimaanlage und meistens geöffneten Türen mit Sicherheit höher. Eine andere Erklärung könnten natürlich die zwar ähnlich, aber unterschiedlich großen Räume sein, in denen die Messungen durchgeführt wurden. Eine weitere Erklärung sind natürlich unterschiedliche Kontaminationsquellen, wie Personal und Anzahl der Kunden pro Messung im Raum bzw. in der Nähe des Messgerätes.

Die antimikrobielle Wirkung der beiden Testharze war theoretisches Thema in der Arbeit von Mag. Pojer. Sie beschreibt in Ihrer Diplomarbeit 17 Harze, von denen sie 15 Harzen eine positive antimikrobielle Wirkung, auf Grund von Literaturrecherche und Tabellenerstellung, bescheinigt.

Die Untersuchungen der Stammpflanzen des Elemi-Harzes *Calophyllum brasiliense* und *Symphonia globulifera* zeigen sehr positive antimikrobielle Wirkung. Die aus der Wurzelrinde und Rinde isolierten Reinsubstanzen wirken gegen die Bakterien *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis* und gegen *Staphylococcus epidermis* mit einer minimalen Hemmkonzentration von 1-16 mg/L.

Auch die isolierten Reinsubstanzen von *Calophyllum brasiliense*, Extrakte aus Kernholz und Blättern, zeigen vielversprechende Hemmung des methicillinresistenten *Staphylococcus aureus* (Pojer 2012, S. 105, 106).

Die einzig vorhandene Studie zum Elemi-Harz selber zeigt, dass die ätherischen Öle des Harzes, gewonnen aus *Canarium schweinfurthii*, leicht antioxidativ wirken und die Bakterien- oder Pilzstämme *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Listeria innocua*, *Salmonella enterica*, *Shigella dysenteria*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus camorum*, *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Streptococcus pyogenes* hemmen. Die ätherischen Öle des Harzes wirkten sogar stärker gegen *Salmonella enterica* als Tetracycline und stärker gegen *Candida albicans* im Vergleich mit Fluconazol und Griseofulvin (Obame et al.; 2007).

In der Arbeit von Pojer 2012 ist auch der Weihrauch (Olibanum) zu finden. Der Methanol-Extrakt der Rinde von *Boswellia socotrana*, einer Stammpflanze des Weihrauch, zeigt im Vergleich mit Gentamicin, Ampicillin und Amphotericin antimikrobielle Aktivität. Auch die Tests gegen *Micrococcus flavus* und *Staphylococcus aureus* sind positiv und zeigen antimikrobielle Wirkung (Pojer 2012, S. 109, 110).

Wie in zwei Studien aus 2011 gezeigt, besitzt Acetyl-11-keto- $\beta$ -boswelliasäure (AKBA), isoliert aus dem Olibanum-Harz, sowohl antibakterielle Wirkung, einen postantibiotischen Effekt und auch Anti-Tumor-Wirkung (Raja et al.; 2011; Park B. et al.; 2011).

Diese Erkenntnisse über die antimikrobielle Wirkung des Elemi-Harzes, seiner Stammpflanzen und des Olibanum-Harzes und seiner Stammpflanzen, unterstützen die Aussage, dass diese beiden Harze auch die Luftkeimzahl, wie in den Versuchen eindeutig gezeigt, mindern. Weitere Untersuchungen und Forschungsarbeiten in diese Richtung sind angebracht und nötig.

## IV Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/BenzoeSiam.htm> (14.8.13)  
Abb. 2.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Damar.htm> (14.8.13)  
Abb. 3.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Elemi.htm> (14.8.13)  
Abb. 4.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Gurjunbalsam.htm> (14.8.13)  
Abb. 5.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Copaivbalsam.htm> (14.8.13)  
Abb. 6.1.: Urheber: Didier Descouens, wikipedia (14.8.13)  
Abb. 6.2.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Copal.htm> (14.8.13)  
Abb. 7.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Myrrhe.htm> (14.8.13)  
Abb. 8.1.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Weihrauch.htm> (14.8.13)  
Abb. 8.2.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Weihrauchindisch.htm> (14.8.13)  
Abb. 9.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Opopanax.htm> (14.8.13)  
Abb. 10.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Perubalsam.htm> (14.8.13)  
Abb. 11.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Styrax.htm> (14.8.13)  
Abb. 12.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Tolubalsam.htm> (14.8.13)  
Abb. 13.: <http://www.roeper.de/produktdetail.html?nummer=32> (23.8.13)  
Abb. 14.: <http://www.senger-naturrohstoffe.de/Sandarak.htm> (14.8.13)  
Abb. 15: Foto: Felix Bachmair

## V Literaturverzeichnis

*Europäisches Arzneibuch, 6. Ausgabe, Grundwerk 2008, Band 2 – Monographien A-J, S. 1784, 1786*

*Europäisches Arzneibuch, 6. Ausgabe, Grundwerk 2008, Band 3 – Monographien K-Z, S. 3330*

Bruchhausen, F.; Hager, H.; Blaschek, W.; Hänsel, R.; Keller, K.; Heubl, G.; Reichling, J.; Rimpler, H.; Schneider, G.; *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis - Folgeband 2, Drogen A-K*, Berlin-Heidelberg-New York, Springer Verlag, 1998

Blaschek, W.; Keller, K.; Hänsel, R.; Reichling, J.; Rimpler, H.; Schneider, G.; *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis - Folgeband 3, Drogen L-Z*, Berlin-Heidelberg-New York, Springer Verlag, 1998

Hänsel, R.; Sticher, O.; Steinegger, E.; *Pharmakognosie – Phytopharmazie*, (Springer-Lehrbuch) 9. Auflage, Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2010

Wagner, H.; *Pharmazeutische Biologie: Drogen und ihre Inhaltsstoffe*, 5. Auflage, Gustav Fischer Verlag Stuttgart-New York, 1993

Burger, A.; Wachter, H.; *Hunnius pharmazeutisches Wörterbuch*, 8. Auflage, (neu bearbeitet und erweitert von Artur Burger und Helmut Wachter) Walter de Gruyter-Berlin-New York, 1998

Langenheim, J.H.; *Plant Resins*, Portland, Oregon 97204, USA: Timber Press Inc., 2003

Teuscher, E.; *Biogene Arzneimittel*, 5. überarbeitete und erweiterte Auflage, wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 1997

Ziegler, O.; Petzold, A.; *Drogenkunde*, 1929

Dingermann, T.; Hiller, K.; Schneider, G.; Zündorf, I.; *Schneider Arzneidrogen*, 5. Auflage, Elsevier GmbH München, 2004

Fukarek, F.; Schultze-Motel, J.; Siegel, M.; *Urania Pflanzenreich Moose-Farne-Nacktsamer Bd.2*, Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin, 1992

Danert, S.; Fukarek, F.; Hammer, K.; Hanelt, P.; *Urania Pflanzenreich Blütenpflanzen 1 Bd.3*, Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin, 1993

Danert, S.; Helm, J.; Lehmann, C.O.; Fukarek, F.; Hammer, K.; Hanelt, P.; *Urania Pflanzenreich Blütenpflanzen 2 Bd.4*, Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin, 1994

Keller, K.; Hänsel, R.; Rimpler, H.; Schneider, G.; *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis, 4. Drogen A-D*, Berlin-Heidelberg-New York, Springer Verlag, 1992

Hager, H.; Hänsel, R.; Bruchhausen, F.; Aye, R.D.; Rimpler, H.; Keller, K.; Schneider, G.; *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis, 5. Drogen E-O*, Berlin-Heidelberg, Springer Verlag, 1993

Rätsch, C.; *Weihrauch und Copal - Räucherharze und -hölzer*, AT Verlag, Baden und München, 2004

List, P.H.; Hörhammer, L., Kern, W.; Roth, H.J.; Schmid, W.; *Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis für Apotheker-Arzneimittelhersteller-Ärzte und Medizinalbeamte, Vierter Band, Chemikalien und Drogen CI-G*, Berlin-Heidelberg-New York, Springer Verlag, 1973

World Health Organization, <http://www.euro.who.int/de/what-we-do/health-topics/disease-prevention/sections/news/2012/11/antibiotic-resistance-a-growing-threat>, Abruf: 12.09.2013

Seyfarth, H.; „*Mikrobiologisches Monitoring: Kontaminationsquellen*“, Maas & Peither AG – GMP-Verlag, 2012, [http://www.gmp-verlag.de/media/files/leitartikel\\_2012/LOGFILE-44-2012-Kontaminationsquellen-Mikrobiologisches-Monitoring.pdf](http://www.gmp-verlag.de/media/files/leitartikel_2012/LOGFILE-44-2012-Kontaminationsquellen-Mikrobiologisches-Monitoring.pdf), Abruf: 14.09.2013

*Betriebsanleitung*, Biotest AG Landsteinerstrasse 5 D-6072 Dreieich  
*hycon certificate of analysis*, Biotest AG Landsteinerstrasse 5 D-6072 Dreieich

Pojer, K.; *Antimikrobielle Wirkung von pflanzlichen Harzen und Balsamen*, Diplomarbeit an der Karl Franzens Universität Graz, 2012

Journale: Pubmed: 8.7.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of Styrax

(1) Wang, J.; Cheng, D.; Zeng, N.; Xia, H.; Fu, Y.; Yan, D.; Zhao, Y.; Xiao, X.; (2011) *Microcalorimetric study of the effect of Benzoinum and Styrax on the growth of Escherichia coli*, Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters, 25:4, 457-463

(2) Park, C.; Woo, E.R.; Lee, D.G.; (2010) *Anti-Candida Property of a Lignan Glycoside Derived from Styrax japonica S. et Z. via Membrane-Active Mechanisms*, Mol. Cells 29, 581-584

Journale: Pubmed: 8.7.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of dammar resin

(3) Poehland, B.L.; Carte, B.K.; Francis, T.A.; Hyland, L.J.; Allaudeen, H.S.; Troupe, N.; (1987) *In vitro antiviral activity of dammar resin triterpenoids*, Research and Development Division, Smith, Kline and French Laboratories, Philadelphia, Pennsylvania 19101; 1.J Nat Prod., 50(4):706-13

(4) Ukiya, M., Kikuchi, T.; Tokuda, H.; Tabata, K.; Kimura, Y.; Arai, T.; Ezaki, Y.; Oseto, O.; Suzuki, T.; Akihisa, T.; (2010) *Antitumor-promoting effects and cytotoxic activities of dammar resin triterpenoids and their derivatives*, College of Science and Technology, Nihon University, 1-8 Kanda Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8308, Japan; Chem. Biodivers. 7(8):1871-84

Journale: Scifinder: 11.7.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of commiphora myrrha  
(5) Hassan, A.; Al-Abdalall, A.; (2013) *Antibacterial Properties and Phytochemical analysis of aqueous extract of Oleo-gum resins of Commiphora myrrha and Commiphora molmol*, Department of Botany and Microbiology, Faculty of Science Dammam University El-Dammam, Kingdom of Saudi Arabia; SENRA Academic Publishers; British Columbia Vol. 7, No. 2, pp. 2315-2323

Journale: Scifinder: 9.8.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of canarium schweinfurthii  
(6) Obame, L.C.; Koudou, J.; Kumulungui, B.S.; Bassolé, I.H.N.; Edou, P.; Ouattara, A.S.; Traoré, A.S.; (2007) *Antioxidant and antimicrobial activities of Canarium schweinfurthii Engl. Essential oil from Centrafrican Republic*, African Journal of Biotechnology Vol. 6 (20), pp. 2319-2323

Journale: Pubmed: 31.7.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of Boswellia serrata  
(7) Raja, A.F.; Ali, F.; Khan, I.A.; Shawl, A.S.; Arora, D.S.; Shah, B.A.; Taneja, S.C.; (2011) *Antistaphylococcal and biofilm inhibitory activities of acetyl-11-keto- $\beta$ -boswellic acid from Boswellia serrata*, Microbiology Unit, Indian Institute of Integrative Medicine (CSIR), Sanatnagar, Srinagar, 190005, India; BMC Microbiol. 2011 Mar. 16; 11:54  
(8) Park, B.; Prasad, S.; Yadav, V.; Sung, B.; Aggarwal, B.B.; (2011) *Boswellic acid suppresses growth and metastasis of human pancreatic tumors in an orthotopic nude mouse model through modulation of multiple targets*, Cytokine Research Laboratory, Department of Experimental Therapeutics, The University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas, United States of America; PLoS One; 6(10):e26943

Journale: Scifinder: 31.7.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of Liquidambar orientalis  
(9) Sagdiç, O.; Özkan, G.; Özcan M.; Özçelik, S.; (2005) *A Study on Inhibitory Effects of Sigla Tree (Liquidambar orientalis Mill. var. orientalis) Storax Against Several Bacteria*, Phytother. Res. 19, 549–551

Journale: Scifinder: 13.8.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of Tetraclinis articulata  
(10) Chikhoun, A.; Hazzit, M.; Kerbouche, L.; Baaliouamer, A.; Aissat, K.; (2013) *Tetraclinis articulata (Vahl) Masters essential oils: chemical composition and biological activities*, Journal of Essential Oil Research, 25:4, 300-307

Journale: Scifinder: 13.8.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of Myroxylon balsamum  
(11) Ohsaki, A.; Takashimab, J.; Chibab, N.; Kawamura, M.; (1999) *Microanalysis of a Selective Potent Anti-Helicobacterpylori Compound in a Brazilian Medicinal Plant, Myroxylon peruiferum and the Activity of Analogues*, Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters 9, 1109-1112

Journale: Scifinder: 9.8.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of Commiphora erythraea  
(12) Fraternal, D.; Sosa, S., Ricci, D.; Genovese, S.; Messina, F.; Tomasini, S.; Montanari, F.; Marcotullio, M.C.; (2011) *Anti-inflammatory, antioxidant and antifungal furanosesquiterpenoids isolated from Commiphora erythraea (Ehrenb.) Engl. Resin*, Fitoterapia 82, 654–661  
(13) Marcotullio, M.C.; Messina, F.; Curini, M.; Macchiarulo, A., Cellanetti, M.; Ricci, D.; Giamperi, L.; Bucchini, A.; Minelli, A.; Mierla, A.L.; Bellezza, I.; (2011) *Protective Effects of Commiphora erythraea Resin Constituents Against Cellular Oxidative Damage*, Molecules 2011, 16, 10357-10369

aus (13):

Tanaka, K.; Kuba, Y.; Ina, A.; Watanabe, H.; Komatsu, K.; (2008) *Prediction of cyclooxygenase inhibitory activity of Curcuma rhizome from chromatograms by multivariate analysis*, Chem. Pharm. Bull. 2008, 56, 936-940.

Journale: Pubmed: 13.8.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of *Abies balsamea*

(14) Pichette, A.; Larouche, P.L.; Lebrun, M.; Legault, J.; (2006) *Composition and Antibacterial Activity of Abies balsamea Essential Oil*, Phytother. Res. 20, 371–373

Journale: Scifinder: 11.7.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of *Copaifera duckei*

(15) Gomes dos Santos, E.C.; Donnici, C.L.; Ribeiro da Silva Camargos, E.; Augusto de Rezende, A.; Helena de Aguiar Andrade, E.; Lira Soares, L.A.; Farias, L.d.M.; Roque de Carvalho, M.A.; Almeida, M.d.G.; (2013) *Effects of Copaifera duckei Dwyer oleoresin on the cell wall and cell division of Bacillus cereus*, Journal of Medical Microbiology, 62, 1032–1037

Journale: Scifinder: 9.8.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of *Copaifera multijuga*

(16) Mendonca, D.E.; Onofre, S.B.; (2009) *Atividade antimicrobiana do óleo-resina produzido pela copaiba – Copaifera multijuga Hayne (Leguminosae)*, Brazilian Journal of Pharmacognosy 19(2B): 577-581

Journale: Scifinder: 9.8.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of *Copaifera langsdorffii*

(17) Souza, A.B.; de Souza, M.G.M.; Moreira, M.A.; Moreira, M.R.; Furtado, N.A.J.C.; Martins, C.H.G.; Bastos, J.K.; dos Santos, R.A.; Heleno, V.C.G.; Ambrosio, S.R.; Veneziani, R.C.S.; (2011) *Antimicrobial Evaluation of Diterpenes from Copaifera langsdorffii Oleoresin Against Periodontal Anaerobic Bacteria*, Molecules 16, 9611-9619

Journale: Scifinder: 2.9.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of *Bursera simaruba*

(18) Yasunaka, K.; Abe, F.; Nagayama, A.; Okabe, H.; Lozada-Perez, L.; Lopez-Villafranco, E.; Estrada Muniz, E.; Aguilar, A.; Reyes-Chilpa, R.; (2005) *Antibacterial activity of crude extracts from Mexican medicinal plants and purified coumarins and xanthones*, Journal of Ethnopharmacology 97; 293–299

Journale: Scifinder: 2.9.2013 Eingabe: Antimicrobial effect of *Copaifera religiosa*

(19) Lekana-Doukil, J.B.; Liabagui1, S.L.O.; Bongui, J.B.; Zatra1, R.; Lebibi, J.; Toure-Ndouo, F.S.; (2011) *In vitro antiplasmodial activity of crude extracts of Tetrapleura tetraptera and Copaifera religiosa*, BMC Research Notes; 4:506

Journale: Scifinder: 19.9.2013 Eingabe: Antimicrobial activity of Myroxylon

Machado, T.d.B.; Leal, I.C.R.; Kuster, R.M.; Amaral, A.C.F.; Kokis, V.; G. de Silva, M.; dos Santos, K.R.N.; (2005) *Brazilian Phytopharmaceuticals – Evaluation Against Hospital Bacteria*, Phytother. Res. 19, 519–525

Journale: Scifinder: 23.09.2013 Eingabe: Essential oil of *Styrax/Liquidambar*

Modugno, F.; Ribechini, E.; Colombini, M.P.; (2006) *Aromatic resin characterisation by gas chromatography–mass spectrometry Raw and archaeological materials*, Journal of Chromatography A, 1134 (2006) 298–304

Journale: Scifinder: 23.09.2013 Eingabe: Essential oils of Shorea  
Muhammad, N.; Ibrahim, N.; Ali, N.-A.M.; Din, L.B.; Zakaria, Z.; Yaacob, W.-A.; Muslim, N.;(2011) *Chemical Composition, Antioxidant and Antibacterial Properties of the Essential Oils of Shorea acuminata (Dipterocarpaceae)*, Journal of Essential Oil Bearing Plants, 14:6, 708-716

Journale: Scifinder: 23.09.2013 Eingabe: Essential oils of Canarium schweinfurthii  
Dongmo, P.M.J.; Tchoumboungang, F.; Ndongson, B.; Agwanande, W.; Sandjon, B.; Zollo, P.H.A.; Menut, C.; (2010) *Chemical characterization, antiradical, antioxidant and anti-inflammatory potential of the essential oils of Canarium schweinfurthii and Aucoumea klaineana (Burseraceae) growing in Cameroon*, Agric. Biol. J. N. Am.,1(4): 606-611

Journale: Scifinder: 23.09.2013 Eingabe: Essential oil of Dipterocarpus  
Roszaini, K.; Nor Azah, M.A.; Mailina, J.; Zaini, S.; Mohammad Faridz, Z.; (2012) *Toxicity and antitermite activity of the essential oils from Cinnamomum camphora, Cymbopogon nardus, Melaleuca cajuputi and Dipterocarpus sp. Against Coptotermes curvignathus*, Wood Sci Technol, DOI 10.1007/s00226-013-0576-1, Received: 11 November 2012, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Journale: Scifinder: 23.09.2013 Eingabe: Volatile components of copal  
Stacey, R.J.; Cartwright, C.R.; McEwan, C.; (2006) *CHEMICAL CHARACTERIZATION OF ANCIENT MESOAMERICAN 'COPAL' RESINS: PRELIMINARY RESULTS*, Archaeometry 48, 2, 323–340

Journale: Scifinder: 23.09.2013 Eingabe: Volatile components of Commiphora  
Hamm, S.; Bleton, J.; Tchaplal, A.; (2004) *Headspace solid phase microextraction for screening for the presence of resins in Egyptian archaeological samples*, J. Sep. Sci. 27, 235–243

Journale: Scifinder: 23.09.2013 Eingabe: Essential oil of Myroxylon pereiira  
Seo, S.-M.; Park, H.-M.; Park, I.-K.; (2012) *Larvicidal Activity of Ajowan (Trachyspermum ammi) and Peru Balsam (Myroxylon pereiira) Oils and Blends of Their Constituents against Mosquito, Aedes aegypti, Acute Toxicity on Water Flea, Daphnia magna, and Aqueous Residue*, J. Agric. Food Chem. 60, 5909–5914

Journale: Scifinder: 23.09.2013 Eingabe: Volatile components of Tolu Balsam  
Wahlberg, I.; Hjelte, M.-B.; Karlsson K.; Enzell, C.R.; (1971) *Constituents of Commercial Tolu Balsam*, Acta Chemica Scandinavica 25; 3285-3295

## **Abstract**

Diese Diplomarbeit zum Thema „Antimikrobielle Wirkung ausgewählter Harze auf luftgetragene Keime“ gliedert sich in einen theoretischen und einen praktischen Teil.

Im theoretischen Teil wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. 14 Harze und Balsame werden in diesem Abschnitt vorgestellt und ihre antimikrobielle Wirkung wird mittels Studien belegt.

Basierend auf der Literaturrecherche und der Tatsache, dass 13 der 14 Harze und Balsame unterschiedlichste Bakterienstämme hemmen, wird in dieser Arbeit die Wirkung zweier Harze auf luftgetragene Keime untersucht.

Im praktischen Teil wurde in zwei Apotheken mit Hilfe des HYCON Luftkeimsammlers getestet, ob die Harze Elemi und Olibanum imstande sind, die Luftkeimzahl zu mindern.

Die Ergebnisse zeigen, dass die gemessene Luftkeimzahl an den Messtagen, an denen Elemi oder Olibanum aufgestellt waren, deutlich geringer ist. An beiden Messorten konnte eine Verringerung der Luftkeimzahl durch die beiden Harze gezeigt werden. In der ersten Apotheke konnte die Keimzahl mindestens um 19,04% und maximal um 53,09% gesenkt werden. Auch in der zweiten Apotheke war die Minderung der Keimzahl mit mindestens 5,19% und maximal 38,19% erfolgreich. Diese Ergebnisse werden anhand von Grafiken und Diagrammen veranschaulicht.

This theses is divided into a theoretical and a practical part.

In the theoretical part a literature search was conducted. 14 resins and balsams are presented in this section and their antimicrobial activity is verified by studies.

In the practical part the reduction of the germ count in the air was investigated in two pharmacies, using the HYCON air sampler, to prove if elemi resin and frankincense resin are able to reduce the germ count. The results show that the measured air germ count of the days on which elemi resin or frankincense resin were set up is significantly lower. At both measurement locations the reduction of the germ count was shown due to the two resins. In the first pharmacy the germ count was reduced to at least 19,04% and to a maximum of 53,09%. In the second pharmacy the reduction of the germ count was successful too, with a reduction to at least 5,19% and to a maximum of 38,19%. The results are illustrated in graphics and diagrams.

# Lebenslauf

## FELIX BACHMAIR

bachmair.f@gmail.com



.....

### Persönliche Angaben:

- Familienstand: ledig
- Staatsangehörigkeit: Österreich
- Geburtsort: Wien

### Ausbildung:

- Sept. 1996- Juni 2004: Goethe-Realgymnasium Astgasse, 1140 Wien  
Matura am 08.06.2004
- 1. Okt 2004: Führerschein Klasse B
- Okt. 2004- Mai 2005: Bundesheer Ehrenkompanie 3. Gd./Kp.  
Maria-Theresien Kaserne, 1130 Wien
- seit Okt. 2005: Studium der Pharmazie an der Universität Wien

### Praktika/Ferialjobs:

- Wintersemester 2010, 2011, 2012: Tutor an der Universität Wien im Praktikum „Allgemeine Mikrobiologie“
- Juli bzw. August 2003, 2005, 2006, 2010: Sommerferialpraktikum in der Falken Apotheke,  
Dr. Gerhard Falkensammer e.U., 4600 Wels
- Juli bzw. August 2008, 2009, 2010, 2011, 2012: Ferialjob (je 1 Monat) Herba Chemosan,  
1110 Wien
- September 2009: TCM-Einführung in Chengdu (China) im Rahmen eines Wahlfaches