Gerhard Stephan
Die Gewinnung des Harzes der Kiefer

Gerhard Stephan

Die Gewinnung des Harzes der Kiefer
(*Pinus silvestris*)

Dritte, vollständig überarbeitete Auflage

Mit einem Farbbild-Anhang zur Harzgewinnung in der DDR
von Jürgen Hevers

2012
Verlag Kessel

Die Abbildungen 1-42 stammen aus der 2. Auflage des Buches von Stephan (1973).
Die Abbildungen 43-109 fotografierte Georg Linhardt.

Alle Rechte vorbehalten
Copyright Oktober 2012
Verlag Kessel
Eifelweg 37
53424 Remagen-Oberwinter
Homepage: www.verlagkessel.de
Tel.: 02228-493
Fax: 03212-1024877
E-Mail: nkessel@web.de

Druck:
Druckerei Sieber
Rübenacher Str. 52
56220 Kaltenengers
Homepage: www.business-copy.com

ISBN: 978-3-941300-65-1

Vorwort

Die Kiefernharzung wurde in Deutschland im Mai 1990 im Zusammenhang mit der deutschen Wiedervereinigung eingestellt. Damit endete sie 75 Jahre nach der Aufnahme im 1. Weltkrieg 1916 und ihrem Höhepunkt in der Deutschen Demokratischen Republik. Unter den neuen Bedingungen konnte sie vor allem mit den Angeboten aus tropischen Ländern nicht mehr konkurrieren.

In der DDR jedoch hatte die Harzung der Kiefer *Pinus silvestris* bis zur Wiedervereinigung einen besonders hohen technologischen Stand auf wissenschaftlicher Basis erlangt. Als zusammenfassende Handbücher konnten dabei die ersten beiden Auflagen der vorliegenden Schrift gelten (Stephan 1968 und 1973).

Die bedeutenden Fortschritte in den darauffolgenden 16 Jahren bis 1989 sind bislang noch nicht im Zusammenhang dargestellt worden. Sie sollen nun in dieser 3. Auflage dokumentiert werden, wobei sowohl die weit verstreute Literatur, unpublizierte Examensarbeiten insbesondere auch aus dem Institut für Forstnutzung in Tharandt und die praktischen Erfahrungen aus den Forstwirtschaftsbetrieben berücksichtigt und ausgewertet werden.

Aus diesen angesammelten Erkenntnissen kann zwar gegenwärtig für eine heimische Kiefernharzung kein Nutzen gezogen werden, trotzdem ist es nicht uninteressant sie festzuhalten, da über das historische Interesse hinaus es nicht ausgeschlossen ist, dass in einer nicht vorhersehbaren Zukunft auf den nachwachsenden Rohstoff Kiefernharz wieder zurückgegriffen werden wird.

Außerdem bieten die hier enthaltenen Informationen Anregungen auch zur rationellen Gestaltung der in tropischen Ländern angewendeten Harzungsverfahren. Einen Beitrag dazu konnte ich in Vietnam und Kuba sowie nach 1990 im Rahmen der Projekte der «Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit» (GTZ) in Honduras und in Guatemala leisten.

Die 1. Auflage von 1968 enthielt neben den damaligen Erkenntnissen zu den Grundlagen der Kiefernharzung eine ausführliche Darstellung des Harzungsverfahrens, der Art der Entlohnung und der geltenden Arbeitsnormen.

Da im weiteren Verlauf der Entwicklung das Harzungsverfahren standardisiert wurde, entfielen in der 2. Auflage seine Beschreibung sowie die Wiedergabe der Arbeitsnormen, es fanden jedoch die inzwischen zu den Möglichkeiten der Ertragssteigerung gewonnenen Erkenntnisse Eingang, die vor allem die Anwendung von Stimulationsmitteln und die Mineraldüngung betrafen.

Die hauptsächliche Quelle der Erkenntnisse bestand in drei ständigen Versuchsflächen, in denen erfahrene Harzmeister nach einem einheitlichen Plan zunächst des Instituts für

Forstnutzung der Fakultät für Forstwirtschaft in Eberswalde und ab 1964 des Instituts für Forstnutzung der Sektion Forstwirtschaft in Tharandt arbeiteten.

Die Versuchsflächen lagen in verschiedenen Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieben und repräsentierten unterschiedliche standörtliche Bedingungen:

- «Versuchs- und Ausbildungsstation Eichhorst» im StFB Bernau
- «Versuchsfläche Dessau» im StFB Dessau
- «Versuchsfläche Schwarzbach» im StFB Meiningen

Im Verlauf der Entwicklung der Harzgewinnung stieg der in der Praxis erzielte Durchschnittsertrag aller Staatlichen Forstwirtschaftsbetriebe jährlich kontinuierlich an bis im Jahre 1989 eine Höhe von 135 g je Riss und Lachtenmeter erreicht worden war. Der Ertragsanstieg basierte auf den Ergebnissen der planmäßigen Versuchsarbeit und ihrer stetigen Übertragung in die Praxis.

Ein wesentlicher Bestandteil der Übertragung waren Beratungen und Beschlüsse in einem speziellen Arbeitsgremium, das aus dem für die Harzgewinnung zuständigen Mitarbeiter des Ministeriums für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft und erfahrenen Harzmeistern bestand. Die Beratungen führten zu entsprechenden Pilotversuchen in ausgewählten Staatlichen Forstwirtschaftsbetrieben, unter denen der StFB Fürstenwalde eine herausragende Rolle spielte.

Weiterhin bewirkten die jährlich stattfindenden drei Lehrgänge zur arbeitstechnischen Qualifizierung eine schnelle Umsetzung positiver Versuchsergebnisse und die erforderlichen Kenntnisse für eine effektive Anwendung der Arbeitsverfahren. Die Lehrgänge, ergänzt durch einen speziellen Lehrgang für Harzmeister, erfolgten in der Versuchs- und Ausbildungsstation Eichhorst.

Der zum Zeitpunkt der Beendigung der Harzgewinnung erreichte Durchschittsertrag stellt noch nicht die Grenze dessen dar, was als erreichbar angesehen werden kann. So lagen die Spitzenerträge der Versuchsflächen, die mit zeitlicher Verzögerung stets auch in der Praxis erreicht worden waren, vor der Einstellung der Harzung bei etwa 200 g je Riss und Lachtenmeter. Erträge dieser Größenordnung kommen denen nahe, die von einigen tropischen Kiefernarten erzielt werden. Nach den bestehenden Erfahrungen ist mit der erwähnten Höhe des Ertrages die Grenze der möglichen Erträge noch nicht erreicht worden.

Wenn die «Gewinnung des Harzes der Kiefer» nach so vielen Jahren doch noch in der dritten Auflage erscheinen soll, so möchte ich dafür Herrn Dr. Hevers sehr danken, denn ohne sein Engagement in der Vorbereitung des Manuskripts wäre es nicht dazu gekommen.

3. Oktober 2012
Gerhard Stephan

Inhalt

Vorwort 5

1. Die wirtschaftliche Bedeutung des Kiefernharzes 9
1.1. Kiefernharz in der Geschichte 9
1.2. Die Verwendung der Harzprodukte Terpentinöl und Kolophonium 14
1.2.1. Die Verwendung von Terpentinöl 14
1.2.2. Die Verwendung von Kolophonium 16
1.3. Die Weltproduktion an Kolophonium 19

2. Verfahren zur Gewinnung von Harzprodukten 21
2.1. Die Harzung lebender Kiefern 21
2.2. Die Extraktion von Harzprodukten aus Stockholz 21
2.3. Die Destillation von Tallöl 24

3. Die biologischen Grundlagen der Gewinnung von Kiefernharz 25
3.1. Das Harzkanalsystem der Kiefer 25
3.1.1. Bau und Anordnung der Harzkanäle 25
3.1.2. Anzahl und Verteilung der Harzkanäle 30
3.1.3. Die Funktion der Epithelzellen 32
3.2. Der Harzfluss 33

4. Der Harzertrag 41
4.1. Die Ermittlung von Ertragsdifferenzen 43
4.2. Die Abhängigkeit des Harzertrages von technologischen Faktoren 45
4.2.1. Das Röten 46
4.2.2. Das Ziehen der Tropfrinne 48
4.2.3. Das Anschlagen der Topfhalter 48
4.2.4. Die Risstiefe 49
4.2.5. Der Risswinkel 50
4.2.6. Die Risshöhe 51
4.2.7. Die Risspause 52
4.2.8. Die Rissfolge 54
4.2.9. Der Reißzeitpunkt 59
4.2.10. Die Breite des Lebendstreifens 60
4.3. Die Abhängigkeit des Harzertrages von natürlichen Faktoren 62
4.3.1. Die Ertragsvariation in einem Bestand 62

4.3.2. Der Einfluss des Standorts auf den Harzertrag 64
4.3.3. Der Einfluss der Witterungsbedingungen auf die Höhe des Harzertrages 65
4.3.4. Der Einfluss des Alters der Bäume auf die Höhe des Harzertrages 67
4.4. Die Erhöhung des Harzertrages 68
4.4.1. Die Anwendung von Reizmitteln 68
4.4.2. Die Anwendung von Stimulationsmitteln 71
4.4.3. Die Düngung mit mineralischen Nährstoffen 79
4.4.4. Züchterische Maßnahmen 85

5. Harzungsverfahren und Geräte 89
5.1. Die Entwicklung der Harzungsverfahren 89
5.2. Die Entwicklung der Harzerträge und der Produktion an Rohharz 95
5.3. Das standardisierte Harzungsverfahren 97
5.4. Die Harzungsgeräte 98
5.4.1. Beschreibung der Geräte 98
5.4.2. Die Behandlung der Geräte 101
5.5. Die Qualität des Rohharzes 102
5.6. Die Organisation der Harzgewinnung 103

6. Der Einfluss der Harzung auf die Lebenstätigkeit der Bäume 107
6.1. Die Bedeutung des Harzes für den Baum 107
6.2. Der Einfluss der Harzung auf den Gesundheitszustand der Bäume 108
6.3. Der Einfluss der Harzung auf die Zapfen- und Samenproduktion 110
6.4. Der Einfluss der Harzung auf den Holzzuwachs 111
6.5. Der Einfluss der Harzung auf die physikalischen Eigenschaften des Holzes 118
6.6. Der Einfluss der Harzung auf die Ausbildung des Harzkanalsystems 119

7. Literatur 121

Zum Autor 129

Anhang: Fotos zur Harzgewinnung in der DDR 131
Fallende Harzung der Kiefer 132
Steigende Harzung der Kiefer 143
Schöpfen und Weiterverarbeitung des Kiefernharzes 148
Fichtenscharrharz 154
Spezialharz der Lärche 157

1. Die wirtschaftliche Bedeutung des Kiefernharzes

Kiefernharz ist eine Substanz von aromatischem Geruch, die aus Harzsäuren und Terpentinöl besteht und von lebenden Kiefern ausgeschieden wird, wenn ihr Holzkörper eine Verletzung erfährt.

Das leicht gewinnbare Harz erregte wegen seines würzigen Geruchs, seiner klebenden Eigenschaft und weil es wegen seiner wasserabweisenden Wirkung als Dichtungsmaterial benutzt werden konnte, schon in sehr fernen Zeiten die Aufmerksamkeit des Menschen und hat auch in der Gegenwart Bedeutung als Industrierohstoff.

Das aus verletzten Kiefernstämmen ausfließende Harz kommt mit der Luft in Berührung, wobei die in ihr enthaltene Feuchtigkeit bewirkt, dass das Harz zu kristallisieren beginnt und sich aus einer homogenen honigartigen Substanz in eine halbfeste Masse verwandelt. Unter dem Einfluss von Regenwasser verstärkt sich die Kristallisation, so dass eine grauweiße Masse entsteht, die durch Nadeln und Borkenteile verunreinigt ist. Dieses Rohharz wird, um es nutzbar zu machen, durch einen Destillationsprozess in seine Bestandteile Kolophonium und Terpentinöl zerlegt, die in der wirtschaftlichen Tätigkeit des Menschen zu den verschiedensten Zwecken verwendet wurden und werden.

1.1. Kiefernharz in der Geschichte

Die Bezeichnungen Kolophonium und Terpentinöl deuten darauf hin, dass diese Naturstoffe schon in der Antike bekannt waren. Die Bezeichnung «Terpentinöl» ist von der Pistazie, einem zu den Rautengewächsen gehörenden und im Mittelmeergebiet heimischen Baum – *Pistacia therebinthus* – abgeleitet worden. Der Name «Pistazie» ist auf die griechische Bezeichnung «pissa» für Harz oder Pech zurückzuführen (Heyse 1919). Die Bezeichnungen «Pech» und «Auspichen» lassen sich unschwer aus dem griechischen Wort ableiten, wobei unter «Auspichen» das Auskleiden von Fässern mit Pech verstanden wird, um sie undurchlässig für Flüssigkeiten zu machen.

Die Bezeichnung «therebinthus» bringt zum Ausdruck, dass ein Vorgang betrachtet wird, der durch «anschneiden, dass Saft fließt», charakterisiert ist (Schmeil & Seyboldt 1945).

Die Pistazie lieferte ein Öl, das nach den Mitteilungen von Theophrast in seiner Naturgeschichte der Gewächse als cyprischer Terpentin in den Handel kam, welche Bezeichnung auf die Öle der Nadelhölzer übertragen wurde.

«Kolophonium» ist vermutlich nach der antiken griechischen Stadt Kolophon benannt worden, die an der heutigen türkischen Küste in der Nähe von Ephesos lag. Das griechische

Wort «Kolophon» hat die Bedeutung von Gipfel oder Bergspitze, so dass man annehmen kann, dass die Stadt Kolophon auf einem Gebirgszug lag. In den Bergregionen des erwähnten Küstengebiets gab es neben zahlreichen Laubholzarten, wie Eichen, Ulmen und Ahorn auch Kiefernarten, vor allem Schwarzkiefern, *Pinus brutia* und Pinien. Diese relativ harzreichen Kiefernarten konnten Pech und Teer liefern, die für den Bau seetüchtiger Schiffe gebraucht wurden. Aus diesem Grunde besaß die Region um die Stadt Kolophon eine erhebliche Bedeutung als Rohstoffbasis für den Flottenbau der Griechen und der Perser und wurde für diesen Zweck auch ausgenutzt.

Zu Ende des Peloponnesischen Krieges (431-404 v.u.Z.), den Sparta und Athen um die Vormachtstellung in Griechenland führten, ließ z.B. der spartanische Befehlshaber Lysander in Ephesos eine Flotte von Kriegsgaleeren bauen, um die Entscheidung im Kampf gegen Athen herbeizuführen. Der Reichtum des Landes an Schiffseichen und die Kiefernvorkommen begünstigten sein Vorhaben, und der hohe Bedarf an Harzprodukten, der noch durch die Möglichkeit erhöht wurde, aus Kolophonium Brandsätze für die Kriegstechnik herzustellen, förderte die Harzgewinnung, so dass daraus ein ständiges Gewerbe entstand, dessen Produkt nach dem Haupthandelsplatz benannt wurde. Aber schon früher spielten Harzprodukte in den Handelsbeziehungen des Mittelmeerraumes eine wichtige Rolle. So lieferten die Makedonen den Athenern Holz, Harz und Pech für ihren Schiffsbau und entwickelten mit dem Erlös ihre Wirtschaft, bis sie schließlich Griechenland und danach das Perserreich unterwerfen konnten.

Im Laufe der späteren Entwicklung von Handel und Gewerbe verbreitete sich die Gewinnung des Kiefernharzes im Mittelmeergebiet vor allem in Abhängigkeit vom Bedarf an Materialien für den Schiffsbau. So entstanden Harzungsgebiete im Südwesten Frankreichs, in Spanien, in Portugal und an den östlichen Küsten des Mittelmeeres, in denen *Pinus pinaster* und *Pinus halepensis* Harz lieferten. Einen Hinweis auf den Handel mit Harzprodukten gab der schwäbische Matrose Martin Wintergerst in der Beschreibung seiner Seereisen damit, dass das Schiff, auf dem er 1698 fuhr, Harz von Pasajes an der Biscaya für den spanischen König nach Cadiz transportierte (Wintergerst 1988). Cadiz war ein vorzüglicher Seehafen in Andalusien, von dem aus Kolumbus 1493 zu seiner zweiten Seereise nach Westindien aufbrach und in dessen Werften Harz für den Schiffsbau benötigt wurde.

Außerhalb des Mittelmeergebiets im Verbreitungsgebiet der Gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris*) wurde bis in das 20. Jahrhundert wegen des niedrigen Ertrages dieser Kiefernart kein Harz zur Herstellung von Kolophonium und Terpentinöl gewonnen. Wohl aber war die Teerschwelerei verbreitet, mit der man aus verkientem Kiefernholz Teer und Pech herstellte.

Holzteer entsteht, wenn verkientes Holz, vorzugsweise Stockholz, das nach dem Fällen der Kiefern einige Jahre im Boden verblieben war und einen Verkienungsprozess durchgemacht hatte, in einem Meiler oder in gemauerten Ringöfen erhitzt wird. Bei dieser trockenen Destillation entsteht zunächst eine dunkelbraune Mischung aus Terpentinöl, Bestandteilen des Kolophoniums und Produkten der Holzverkohlung wie Phenole und Teer. Ein

Teil dieser Mischung verdampft infolge der zugeführten Wärme und wird, nachdem die Dämpfe in einem Kühler kondensierten, als Kienöl aufgefangen.

Die weniger leicht verdampfbaren Bestandteile des im Holz enthaltenen Harzes schmelzen, sammeln sich, stark mit Produkten der Holzverkohlung versetzt, als zähflüssiger Holzteer am Boden des Ofens und werden einem Behälter zugeleitet (Austerweil & Roth 1917).

Kienöl wurde in der Lackindustrie verwendet und Holzteer benutzte man zur Kalfaterung von Schiffen, als Anstrichmittel für Holz zum Zwecke seiner Konservierung und in der Veterinärmedizin.

In Fichtengebieten gewann man das Harz der Fichte, das aus den Stämmen austrat, wenn sie vom Rotwild geschält worden waren. Darüber hinaus wurden den Fichten systematisch Wunden zugefügt, um eine reguläre Gewinnung des Harzes zu ermöglichen. Die Fichten erhielten 3-6 cm breite und 1-1,5 m lange Verwundungen bis in den Holzkörper. Im 2. Jahr nach Anlage dieser «Lachten» (meistens 2 je Stamm) wurde das ausgetretene und verhärtete Harz abgescharrt. Nach weiteren 2 Jahren wurden die Überwallungsränder der Lachten wieder aufgerissen, so dass erneut Harz austreten konnte, und 4 Jahre später wiederholte man den Vorgang.

Das Fichtenharz verarbeiteten die Pechsieder zu Pech, das zum Auspichen von Bierfässern, für die Herstellung von Wagenschmiere und als Schusterpech zum Einpichen von Hanfgarnen Verwendung fand. Die Gewinnung des Fichtenharzes nahm erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts den Charakter einer Nebennutzung an. In früheren Zeiten, in denen die Waldkomplexe unzugänglich und die Holzpreise niedrig waren, brachte häufig nur das Harz in den Fichtenwäldern einen Ertrag (Gayer 1878), und Harz war damit ein Produkt der Hauptnutzung. Als Ertrag konnte mit etwa 70 bis 80 kg Harz je Hektar und Jahr gerechnet werden.

Nach der Entdeckung Amerikas im Jahre 1492 standen für die europäischen Seemächte weitere Kiefernarten zur Verfügung, von denen Harz gewonnen werden konnte. Der Bedarf an Materialien für den Schiffsbau stieg im Zusammenhang mit der wirtschaftlichen Exploitation der Neuen Welt sehr stark an, weil ein zunehmender Schiffsverkehr von und nach Europa zur Bewältigung des Menschen- und Güterverkehrs benötigt wurde.

Kolumbus selbst war sehr erfreut, als er bei seiner ersten Reise kubanischen Boden betrat und in der Sierra von Moa Kiefernwälder (*Pinus cubensis*) erblickte, von denen er berichtete, dass die «Bäume gerade wie Linien und von wunderbarer Dicke und Höhe» wären, so dass man in Kuba «Planken und Masten für die größten Schiffe Spaniens herstellen könnte».

Das Ausmaß der Waldungen, die er von seinem Schiff aus sehen konnte, beeindruckte den Admiral derart, dass er schrieb, man könne «hierzulande so viele Schiffe bauen als man irgend wünsche, sobald außer dem im Überfluss vorhandenen Holz und Pech das dazu Nötige geschickt werde» (Navarrete 1826).

Als später die Engländer ihren Anteil an den Eroberungen des neuen Kontinents zu realisieren suchten, traf Sir Walter Raleigh, der Gründer der ersten englischen Kolonie Virginia, im Jahre 1584 an der Küste des heutigen Nord-Carolina «Bäume an, von denen die englische Flotte genug Teer und Pech erhalten und mit dem unsere Königin damit zur absoluten Beherrscherin der Meere werden kann», wie es in seinem Bericht heißt.

Eine regelrechte Harzindustrie entwickelte sich in der Neuen Welt jedoch erst ab 1608 und zwar in den kiefernreichen Gebieten des Südens der heutigen Vereinigten Staaten von Amerika. Hier wuchsen die Langnadelkiefer (*Pinus elliottii*) und die Sumpfkiefer (*Pinus palustris*), die beide neben *Pinus merkusii* in Südostasien zu den harzreichsten Kiefernarten der Welt gehören.

Im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts wurde in den USA Terpentinöl ziemlich häufig als Brennmaterial für Lampen verwendet, zu welchem Zweck es entweder rein oder mit Alkohol vermischt benutzt wurde. Die Nachfrage bewirkte eine Ausdehnung der Harzgewinnung nach Süd-Carolina, Georgia, Florida und in die östlichen Golf-Staaten, solange bis Terpentinöl von Petroleum verdrängt wurde (Fernow 1988).

Der Wert der Harzprodukte für den Schiffsbau war so groß, dass die Entdeckung von Kiefernvorkommen eine erhebliche Bedeutung für die Expansionspolitik der europäischen Seemächte hatte. Für die Harzprodukte bürgerte sich daher in englischen Sprachgebieten die Bezeichnung «Naval Stores» ein, die auch gegenwärtig üblich ist. Die Bezeichnung geht auf die Gesetzgebung in der Provinz Massachusetts zurück, die 1694-95 vorsah, dass Pech, Teer, Kolophonium, Knieholz und andere Naval Stores jährlich in bestimmter Menge nach England verschifft werden sollten, um für die Royal Navy verwendet zu werden (Gamble 1988).

Um den großen Bedarf für die Flotte zu decken, veranlassten die Engländer seit 1895 auch die in den Vorbergen des Himalaya verbreiteten Bestände von *Pinus roxburghii* für die Gewinnung von Kiefernharz auszunutzen. Nachdem Indien nach dem zweiten Weltkrieg die Unabhängigkeit erlangt hatte, entwickelte sich die Harzgewinnung in diesem Lande in beträchtlichem Maße.

In Frankreich wurden im 19. Jahrhundert große Flächen unfruchtbarer Heide- und Dünengebiete an der Atlantikküste mit der Seestrandkiefer (*Pinus maritima*) aufgeforstet. Insgesamt entstand ein geschlossenes Waldgebiet von etwa einer Million Hektar. Als infolge des Krieges zwischen den Nord- und den Südstaaten der USA, der in den Jahren 1861-1865 den Süden des Landes verwüstete, Europa nicht mehr mit der Lieferung von Kolophonium rechnen konnte und die Preise anstiegen, entwickelte sich eine erhebliche Harzproduktion auf der Basis der genannten Aufforstungen (Loycke 1941).

In Mexiko, wo es eine relativ große Anzahl von Kiefernarten gibt, begann die Gewinnung von Kiefernharz im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts und entwickelte sich in den letzten 40-50 Jahren beträchtlich. Von den zahlreichen mexikanischen Kiefernarten werden hauptsächlich *Pinus douglasiana*, *Pinus oocarpa*, *Pinus leiophylla* und *Pinus lawsoni*

geharzt (Mas Porras 1975). In geringerem Umfang wird in den mittelamerikanischen Ländern Honduras, Guatemala und Nicaragua Harz hauptsächlich von *Pinus oocarpa* gewonnen.

In Deutschland wurde bis zum ersten Weltkrieg kein Kiefernharz gewonnen. Den Bedarf an Kolophonium und Terpentinöl deckten Importe, wobei insbesondere die Vereinigten Staaten von Amerika und Frankreich diese Rohstoffe lieferten. Als während des Krieges die Lagerbestände verbraucht zu werden drohten, wurden Schritte unternommen, die als strategisch wichtige Rohstoffe geltenden Harzprodukte im eigenen Lande zu gewinnen.

Nach verschiedenen Versuchen, bei denen zunächst die französische Dechselharzung (siehe Abschnitt 5.1.) als Vorbild diente, wurde eine Verfahrensweise entwickelt, bei der man mit fischgrätenförmig angelegten Schnittrillen arbeitete.

In die Zeit des ersten Weltkrieges fallen auch die ersten systematischen Untersuchungen zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen der Gewinnung des Kiefernharzes (Münch 1919), deren Ergebnisse eine Rationalisierung der technologischen Verfahren ermöglichten.

Nach dem ersten Weltkrieg wurde die Harzgewinnung aufgegeben, um im Zusammenhang mit der auf Autarkie gerichteten Wirtschaftspolitik wieder aufgenommen zu werden. In diese Zeit fielen die Bestrebungen, die Harzerträge durch die Behandlung der Schnittrillen mit Salzsäure zu erhöhen. Diese «Reizmittelharzung» wurde im Jahre 1943 auf etwa der Hälfte aller Harzungsflächen angewendet.

Nach dem zweiten Weltkrieg wurde die Gewinnung des Kiefernharzes in der Deutschen Demokratischen Republik neu organisiert, um den Bedarf der Wirtschaft an Kolophonium und Terpentinöl zu decken. Die Harzung erfolgte jedoch ohne die Anwendung von Reizmitteln, weil Gründe des Arbeitsschutzes und ein negativer Einfluss auf die Qualität des Kolophoniums dagegen sprachen. Seit 1967 wurden jedoch biologisch wirksame Substanzen als Mittel zur Stimulierung des Harzflusses angewendet, von denen keine negativen Wirkungen ausgehen.

In den übrigen Ländern, in denen *Pinus silvestris* in nennenswertem Umfang verbreitet ist – mit Ausnahme der nordischen Länder, deren Klima nur sehr niedrige Harzerträge zulässt – begann man nach dem ersten Weltkrieg, eine Gewinnung von Kiefernharz zu entwickeln.

In der Sowjetunion gab es sie seit 1926. In Polen wurde dem Aufbau einer Harzgewinnung große Aufmerksamkeit geschenkt, und in Bulgarien begann man 1937, von den Kiefernbeständen des Landes Harz zu gewinnen.

In China begann die Harzgewinnung im 19. Jahrhundert, obwohl Terpentinöl und Kolophonium schon in alten Zeiten Verwendung fanden. Seit 1949 stieg die Harzproduktion kontinuierlich an (Sandermann 1986), wobei *Pinus massoniana* 95 % des Rohharzes liefert. Während China nach wie vor Harz produziert, ist die Harzgewinnung in den ehemals

sozialistischen Staaten unter marktwirtschaftlichen Gesichtspunkten aufgegeben oder doch stark reduziert worden.

Die Aufforstungen, die in den letzten Jahrzehnten in tropischen und subtropischen Ländern erfolgten, haben eine erweiterte Rohstoffbasis für die Gewinnung von Kiefernharz entstehen lassen. Die Ausnutzung dieser Rohstoffbasis ist in bedeutendem Maße seit 1979 in Brasilien in Angriff genommen worden (Taylor 1985). Die Harzproduktion von *Pinus merkusii* in Indonesien nimmt zu (Alderton 1985 b, Danflous 1994), und in Vietnam, wo *Pinus merkusii*, *Pinus massoniana* und *Pinus khasya* geharzt werden, ist eine steigende Tendenz in der Harzproduktion zu beobachten (Stephan & Tien 1986, de Beer 1993).

In Kuba ist mit der Nutzung der Möglichkeiten zur Produktion von Kiefernharz begonnen worden, die *Pinus caribaea*, *Pinus tropicalis* und *Pinus cubensis* bieten.

1.2. Die Verwendung der Harzprodukte Terpentinöl und Kolophonium

Das Rohharz, das im Walde gewonnen wird, kommt in die Destillationswerke und wird dort in seine Bestandteile zerlegt. Vor der Trennung ist das Rohharz zu reinigen, weil die in ihm enthaltenen Fremdbestandteile entfernt werden müssen, um saubere Produkte zu erhalten. Die Reinigung erfolgt durch Filter und durch Absetztanks, in denen Nadeln, Borketeile, Sand und andere Verunreinigungen abgetrennt werden.

Für die Zusammensetzung des Rohharzes gibt es Normen, die die Qualität garantieren sollen und eine Mengenbilanz ermöglichen.

In der DDR musste das Rohharz folgenden Anforderungen genügen (TGL 9947):

Gehalt an mechanischen Verunreinigungen ..... bis ..... 1,5 %
Gehalt an Wasser ..... bis ..... 7,0 %
Gehalt an Terpentinöl ..... über ..... 14,5 %

Die Aufspaltung des Rohharzes in seine Bestandteile erfolgt durch eine Erwärmung mit Wasserdampf bei einer Temperatur von 100° C. Der Dampfstrom treibt das Terpentinöl als wasserhelle Flüssigkeit aus dem Rohharz heraus, und Kolophonium bleibt als Rückstand zurück. Kolophonium ist eine glasige, harte und spröde Substanz mit einer je nach den Destillationsbedingungen wechselnden Farbe von hellgelb bis dunkelbraun.

1.2.1. Die Verwendung von Terpentinöl

Terpentinöl ist ein farbloses Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe, die als Terpene bezeichnet werden und im Terpentinöl der verschiedenen Kiefernarten in wechselnder Zusammensetzung vorkommen. Der Gehalt des Harzes an Terpentinöl ist relativ hoch, solange es sich im Baum befindet. Während des Ablaufs des Harzes in der Schnittrille und in der Tropfrinne und während seiner Lagerung im Auffanggefäß verdunstet ein beträcht-

licher Teil des Terpentinöls: Beim Verlassen der Schnittrille enthält das Harz etwa 30% Terpentinöl, und auf dem Wege in das Auffanggefäß sinkt der Gehalt an Terpentinöl ab (Stephan 1957/58). Der Verlust im Auffanggefäß hängt von der Zeit ab, die bis zur Entleerung des Gefäßes vergeht. Beträgt diese Zeit nur einen Tag, so kann mit einem auf wasserfreies Rohharz berechneten Gehalt an Terpentinöl von durchschnittlich 24 % gerechnet werden (Kriegel 1975).

Das Terpentinöl von *Pinus silvestris* enthält Bestandteile, die aus Tab. 1 hervorgehen. Die Angaben beruhen auf der Untersuchung von 14 Einzelbäumen, von denen 6 einen relativ hohen und 8 einen relativ niedrigen Ertrag aufwiesen (Kriegel 1975).

Tabelle 1: Die Zusammensetzung des Terpentinöls. **VK** = Variationskoeffizient.

Bestandteil	Variation (%)	Mittelwert (%)	VK (%)
α-Pinen	41,5-61,4	52,9	10,0
Camphen	1,2-2,2	1,6	18,8
β-Pinen	1,7-3,6	2,5	25,1
Δ_3-Caren	23,7-35,3	31,5	11,8
Dipenten	0,3-12,8	7,2	49,1
α-Phellandren	0,4-1,3	0,6	38,9
β-Phellandren	0-6,0	0,7	69,3
Terpinolen	0-0,5	0,1	121,9
Cymol	0-4,1	2,9	33,0

Ähnliche Werte sind in polnischen Untersuchungen ermittelt worden (Surminski 1989). Terpentinöl wird als Lösungsmittel für Farben benutzt, es ist in Lederpflegemitteln enthalten und Bestandteil von Bohnerwachs. Die Verwendung als Lösungsmittel ist rückläufig, weil häufig Spezialbenzine die Stelle des Terpentinöls eingenommen haben. Das Δ_3-Caren bewirkt bei manchen Personen Hautekzeme, eine Erscheinung, die zur Verdrängung des Terpentinöls beigetragen hat. Sofern Harzarbeiter unter Ekzemen leiden, können sie auf dem Gehalt des Rohharzes an diesem Terpen beruhen.

Eine breite Verwendung finden α-Pinen und β-Pinen, die aus dem Terpentinöl durch fraktionierte Destillation gewonnen werden.

α-Pinen ist das Ausgangsmaterial für synthetischen Campher, der in der Pharmazie Verwendung findet und bei der Herstellung von Zelluloid als Weichmacher diente. Als Naturstoff wird Campher von dem in Ostasien beheimateten Campherbaum (*Cinnamomum camphora*) gewonnen, in dessen Holz er als Inhaltstoff eingelagert ist. Die Synthese des Camphers ermöglichte die Herstellung von Zelluloidfilmen in großem Maße. Ihre Verdrängung durch den unbrennbaren Zellulose-Azetatfilm ließ die Bedeutung des Camphers jedoch zurückgehen.

α-Pinen ist weiterhin ein Ausgangsmaterial für synthetische Reinigungsmittel, und in chlorierter Form wird es für die Herstellung von Insektiziden benutzt.

β-Pinen ist vor allem ein Material, das für die Synthese von Duftstoffen verwendet wird, wobei es gelungen ist, die verschiedenartigsten Geruchsnoten wie Flieder, Lavendel, Geraniol, Menthol, Anis, Zedernholz und Sandelholz zu erzeugen (Young 1963). Auch Polyterpenharze werden unter Verwendung von β-Pinen hergestellt und vielseitig in der chemischen Industrie verwendet (Bajak 1981).

1.2.2. Die Verwendung von Kolophonium

Kolophonium ist ein Gemisch verschiedener Harzsäuren, von denen die Abietinsäure, die Laevopimarsäure und die Dextropimarsäure hauptsächlich von Bedeutung sind.

Die Untersuchung des Harzes der gleichen Bäume, für die die Zusammensetzung des Terpentinöls ermittelt wurde, ergab auch einen Überblick über die Zusammensetzung des Kolophoniums (Tab. 2, Kriegel 1975).

Der größte Teil des auf der Welt erzeugten Kolophoniums wird in der Papierindustrie als Bestandteil des Papierleims verbraucht. Ungeleimtes Papier besteht aus Fasern mit einer großen Saugfähigkeit, so dass es zum Beschreiben mit Tinte nicht geeignet ist. Geleimtes Papier besteht aus Fasern, deren Saugfähigkeit durch einen Leimfilm soweit herabgesetzt ist, dass eine Beschreibung möglich wird.

Tabelle 2: Die Zusammensetzung des Kolophoniums. **VK** = Variationskoeffizient.

Bestandteil	Variation (%)	Mittelwert (%)	VK (%)
Abietinsäure	7,7-14,4	10,4	23,4
Laevopimarsäure	53,7-65,6	59,8	6,1
Dextropimarsäure	6,3-13,1	8,9	20,9
Dehydroabietinsäure	15,5	8,3	52,2
Neoabietinsäure	8,0-17,5	12,6	16,1

Papierleim entsteht, wenn Kolophonium mit verdünnter Natronlauge oder Sodalösung gekocht wird. Die so entstehende Harzseife wird dem Holzschliff oder dem Halbzellstoff in einer Menge von 1 Gewichtsprozent zugesetzt, wenn diese Materialien zur Papierherstellung zermahlen werden (Ömann 1927). Die Entwicklung von Maleinatharzen, die bei geringerem Einsatz von Kolophonium gleiche Leimwirkungen aufweisen, und die Verwendung von Kugelschreiberminen, die auch auf weniger geleimtem Papier ein gutes Schriftbild bewirken, haben zu Einsparungen von Kolophonium geführt. Weiterhin sind bei vielen Papiersorten weniger intensive Leimungen eingeführt worden, und schließlich

hat die wissenschaftliche Durchdringung der Technologie der Leimung zu einem geringeren Bedarf an Papierleim geführt (Moore 1984).

Durch die Einsparung von Kolophonium je Tonne Papier erfolgt zwar eine Reduzierung des spezifischen Bedarfs, der Anstieg im Verbrauch an Papier, der mit der gesellschaftlichen Entwicklung einhergeht, lässt den absoluten Bedarf an Kolophonium jedoch zunehmen.

Die Substitution von Kolohonium als Rohstoff für die Herstellung von Papierleim ist technisch möglich (Fischer 1975). Zu diesem Zweck sind hochmolekulare und niedermolekulare Verbindungen geeignet. Zu den ersteren gehören halbsynthetische Präparate auf der Basis von Kohlehydraten, wie z.B. Stärkederivate und Produkte aus Carboxymethylcellulose, die allein oder in Mischung mit den Stärkederivaten zur Verwendung kommen können und 45 % des Kolophoniums einsparen würden.

Es können auch vollsynthetische Produkte zum Einsatz kommen, die als «synthetische Papierleime» bezeichnet werden, z.B. Acrylsäureester.

Zu den niedermolekularen Verbindungen gehören Derivate von Fettsäuren, von denen Verbindungen auf der Basis von Palmitin- und Stearinsäure gute Leimungseigenschaften aufweisen. Die Entwicklung solcher Verbindungen erfordert eine leistungsfähige Industrie zur Herstellung von Plasten und Zwischenprodukten und bewirkt in erster Linie eine Reduzierung des Verbrauchs an Kolophonium.

Beträchtliche Mengen an Kolophonium werden bei der Herstellung von Synthesekautschuk benötigt. Für die Polymerisation von Butadien und Styrol zu Buna wird Kolophonium in chemisch veränderter Form als Emulgator verwendet. Der Kolophonium-Emulgator hat den früher verwendeten synthetischen Emulgator verdrängt, weil ersterer eine wesentliche Verbesserung der Autoreifen mit sich brachte. Die Verbesserung besteht in einer erhöhten Haftfestigkeit des Gummis an der Gewebeeinlage des Reifens und in seiner erhöhten Abrieb- und Weiterreißfestigkeit (Sandermann 1960).

Der Kolophonium-Emulgator verbleibt fast vollständig im Gummi und besitzt deshalb unter dem Gesichtspunkt des Umweltschutzes wesentlich bessere Eigenschaften als der früher verwendete synthetische Emulgator, der ausgewaschen wurde, ins Abwasser gelangte und die Flüsse stark verunreinigte.

Die Entwicklung auf diesem Gebiet zeigt, dass Naturprodukte den Syntheseprodukten technisch und ökologisch überlegen sein können.

Neben diesen hauptsächlichen Verwendungen gibt es zahlreiche Industriezweige, die Kolophonium zumeist in chemisch modifizierter Form verarbeiten. Hier ist die Farben- und Lackindustrie, die Herstellung von Elasten und die Verwendung als optischer Kitt für die Verbindung von Linsensystemen zu nennen.

Die Herstellung moderner Klebemittel hat eine zunehmende Bedeutung bekommen, weil sie im Maschinen- und Gerätebau zur Reduzierung des Gewichts führen (Bajak 1981). Kolophonium hat für die Herstellung von Klebemitteln besondere Bedeutung, weil es

den Klebstoffen die Eigenschaft verleiht, an unterschiedlichen Materialien zu haften. Bei der Neuentwicklung spielen Klebemittel eine große Rolle, die ohne die Anwendung von Druck schnell und sicher haften und die in den verschiedensten Industriezweigen – Automobilbau, Elektro- und Elektronikindustrie, Informationstechnik, Bauwesen, Textilindustrie – verwendet werden (Wherry 1981).

Hochwertige Druckfarben werden mit Zusätzen aus Kolophonium hergestellt, zum Feinlöten dient ein Lötzinn mit einer Kolophoniumseele und viele andere Verwendungen könnten aufgezählt werden, wobei es charakteristisch ist, dass der zunehmende Erkenntnisfortschritt immer neue Verwendungsmöglichkeiten erschließt.

Die Vielfalt der Produkte, in denen Kolophonium – vor allem in chemisch veränderter Form – enthalten ist, und die kleinen Mengen, die häufig jeweils gebraucht werden, erschweren einen allgemeinen Ersatz des Naturstoffes durch ein Syntheseprodukt, so dass diese Erscheinung sowie der Preis den Markt für Kolophonium auch in der Zukunft sichern.

Die gegenwärtige Verbrauchsstruktur für Kolophonium zeigt Tab. 3 am Beispiel des europäischen Marktes (Lofthouse 1993).

In Tab. 3 ist **S-%** der Prozentanteil der Produkte, bezogen auf die Gesamtsumme, **B-%** der Prozentanteil des Balsamkolophoniums bezogen auf den Verbrauch für das jeweilige Produkt. Als **Balsamkolophonium** wird das aus dem Rohharz erzeugte Kolophonium bezeichnet.

Tabelle 3: Der Verbrauch 1991 an Kolophonium für verschiedene Industrieprodukte.

Produkte	Tallharz (t)	Balsam-kolophonium (t)	Summe (t)	S-%	B-%
Papierleim	35 000	52 000	87 000	40,1	59,8
Druckfarben	8 000	39 000	47 000	21,7	83,0
Klebemittel	38 000	7 000	45 000	20,7	15,6
Kaugummi	1 000	12 000	13 000	6,0	92,3
Reifen	1 000	12 000	13 000	6,0	92,3
Gummiartikel	1 000	3 000	4 000	1,8	75,0
Fußbodenmaterial	1 000	4 000	5 000	2,3	80,0
Anderes	1 000	2 000	3 000	1,4	66,7
Summe	86 000	131 000	217 000	100,0	60,4
%	39,6	60,4	100,0		

Tab. 3 zeigt, dass etwa 60 % des in Industrieländern verbrauchten Kolophoniums aus dem von lebenden Kiefern gewonnenen Rohharz stammen. Der hohe Anteil beruht zum Teil

auf den besseren Eigenschaften des Balsamkolophoniums im Vergleich zum Tallharz (Lofthouse 1993), zum Teil aber auch auf den dem Markt angebotenen Mengen und dem Preis.

1.3. Die Weltproduktion an Kolophonium

Kolophonium wird gegenwärtig mit drei verschiedenen Verfahren hergestellt. Das vom Umfang her bedeutendste Verfahren ist die Harzung lebender Kiefern, ihr folgen die Destillation des in der Sulfatzellstoffindustrie anfallenden Tallöls und die Extraktion des Harzes aus dem Stockholz.

Die wichtigsten Produktionsländer für Balsamkolophonium sind aus der Herkunft des in Europa vermarkteten Kolophoniums abzuleiten, die in Tab. 4 für das Jahr 1991 aufgezeigt ist (Lofthouse 1993).

Tabelle 4: Herkunft des in Europa verbrauchten Kolophoniums in Tonnen (1991).

Land	Menge (t)	%
China	74 926	57,4
Portugal	41 561	31,8
Indonesien	4 664	3,6
Honduras	2 841	2,2
Brasilien	2 708	2,1
Russland	952	0,7
Andere	2 880	2,2
Summe	130 532	100,0

Die im Weltmaßstab erzeugte Menge an Kolophonium betrug für die Jahre 1985/88 nach den zu der Zeit vorliegenden Angaben 1,24 Millionen Tonnen je Jahr (Stephan 1989). Von dieser Menge entfielen 64,1 % auf die Harzung lebender Kiefern, 30,9 % auf die Destillation des Tallöls und 5,0 % auf die Extraktion von Stockholz.

Abbildung 43: Für die 1. Nutzung geröteter, 87-jähriger Kiefernbestand, wie er nach Einstellung der Harzung 1990 verblieben war. Die Lachten wurden nach Möglichkeit auf der Ost- oder Südostseite der Stämme angebracht, um den Einfluss der meist von Westen kommenden Niederschläge möglichst gering zu halten.

Abbildung 44: Beim Röten für die 1. Nutzung wird ein kleiner Tritt verwendet, um hoch genug beginnen zu können. Der zu rötende Bereich wurde vom Harzmeister oder auch dem Harzer selbst durch Einkerbungen vorgezeichnet.

Abbildung 45: Beim Röten mit dem Bügelschaber (Abb. 32) wird die grobe Borke von der Lachte bis auf eine 2 mm dicke Schicht sorgfältig entfernt, um eine saubere Fläche für die späteren Risse zu erhalten. Diese sieht im Gegensatz zur dunkleren äußeren Borke heller rötlich aus, daher der Name «Röten».

Abbildung 46: Mit dem Tropfrinnenzieher (Abb. 33) wird in der Mitte der Lachte ein 15 mm breiter und 5 mm dicker Span entfernt. Die senkrechte Tropfrinne reicht über die gesamte Lachtenlänge eines Jahres. In ihr fließt das Harz aus den Schnittrillen in den Harztopf.

Abbildung 47: Sofort nach dem Ziehen der Tropfrinne wurde der Topfhalter mit dem Anschlaghammer am unteren Ende der Tropfrinne angeschlagen. Er musste dem Stamm dicht anliegen, damit kein Harz am eingehängten Harztopf vorbeifloss.

Abbildung 48: Der Topfhalter war eine besonders sinnreiche Erfindung ab der Mitte der 1950er Jahre. Er hielt den Topf an seinem oberen Rand und besaß zusätzlich einen Haltestift, auf den sich der Topf vor dem ersten Riss überkopf aufstecken ließ, um Schmutz und Regen abzuhalten. Er konnte aus einem Stück Blech gestanzt werden und wurde gegen Rost verzinkt.

Abbildung 49: Nun wurden die Harztöpfe geholt, um sie auf die Bäume zu verteilen und auf die Haltestifte der Topfhalter zu stecken.

Abbildung 50: Die Harztöpfe in der DDR waren zu 70 % Glastöpfe. Sie fassten das Harz von 5 Rissen und waren ab 1963 im praktischen Einsatz. Durch die Perlung in der unteren Hälfte für einen sicheren Griff hatten sie ihr unverwechselbares Aussehen.

Abbildung 51: Beim Reissen wurden die eigentlichen Schnittrillen rechts und links der Tropfrinne angelegt. Sie sollten in einem Winkel von 40° zur Tropfrinne schräg nach oben verlaufen. Es gehörte viel Erfahrung dazu, den 3 mm tiefen und 10 mm hohen Rissen die richtige Kehlung zu geben. Oberhalb der Brusthöhe wurde mit dem Harzhobel stoßend gearbeitet.

Abbildung 52: Den Harzhobel 1 für fallende Risse gab es in 2 Ausführungen, mit Tropfrinnenreiniger (Abb. 34) und mit Halterung für die Sprühpumpe zum Ausbringen eines Stimulationsmittels. Hier ist die Sprühpumpe aufgesetzt mit einer Schlauchverbindung zur umgebundenen Plastikflasche, die das Mittel enthält. Häufig hatte der Harzer eine Ausführung in der einen und eine in der anderen Hand, für jede Lachtenseite einen Hobel.

Abbildung 53: Um den 2. Riss genau parallel zum 1. zu führen, musste eine Führungsschiene des Harzhobels (siehe Abb. 34) im 1. Riss entlang laufen.

Abbildung 54: Mit der Sprühpumpe auf dem Harzhobel wurde das Stimulationsmittel sofort auf den frischen Riss auf beiden Seiten der Lachte gesprüht. Das Stimulationsmittel (Hefeextraktlösung, Kap. 4.4.2.2) regte eine vermehrte Harzproduktion in den Harzkanälen an, sodass der Harzertrag seit Anfang der 1970er Jahre um 30 bis 40 % erhöht werden konnte.

Abbildung 55: Lachte nach dem 2. Riss. Bäume bis 30 cm Durchmesser erhielten eine Lachte. Ein Drittel des Stammumfanges blieb als sog. Lebendstreifen unversehrt. In ihm konnte der Stofftransport von der Krone in den Wurzelbereich und umgekehrt ungehindert erfolgen.

Abbildung 56: Dickere Stämme von mehr als 30 cm Durchmesser erhielten 2 gegenüber liegende Lachten und entsprechend auch 2 Harztöpfe. Die Lebendstreifen konnten etwas schmaler ausfallen, da es 2 gegenüber liegende unversehrte Streifen gab.

Abbildung 57: Kiefernbestand nach den ersten beiden Rissen. Normalerweise würde nun hier von Mai bis Anfang Oktober wöchentlich ein Riss hinzukommen. Diese Risspausen zwischen den Rissen waren wichtig für den Harzertrag. Sie erlaubten dem Baum, das Harz in den Harzkanälen nachzubilden, das ihm durch den vorherigen Riss entzogen worden war. Die entleerten Harzkanäle füllten sich in etwa einer Woche wieder.