Die Ammoniakplastifizierung von Holz

Autor(en): **Bariska, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **89 (1971)**

Heft 38: **Holz 71, Basel, 24. Sept. bis 2. Okt.**

PDF erstellt am: **02.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-84989

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

89. Jahrgang Heft 38 SCHWEIZERISCHE BAUZEITUNG 23. September 1971

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, 8021 ZÜRICH, POSTFACH 630

Die Ammoniakplastifizierung von Holz

DK 674.028.6:546.171.1

Von **M. Bariska**, Institut für Mikrotechnologische Holzforschung, ETH-Zürich

Einleitung

Die zum Biegen erforderliche Eignung des Holzes wird meist durch Dämpfen erreicht. Obwohl das Verfahren sich gut bewährte, wurden immer wieder Anstrengungen unternommen, um die dieser Technik anhaftenden nachteiligen Erscheinungen zu umgehen oder zu überwinden. So lassen sich viele der handelsüblichen Holzarten, vor allem die Nadelhölzer, mit Heissdampf für Biegearbeiten ausgesprochen schlecht oder gar nicht aufweichen. Jene Hölzer hingegen, die auf die herkömmliche Art gut plastifiziert werden können, sind auf die Dauer ohne mechanische Befestigung nur schlecht formbeständig. Die künstlich erzeugten Biegeformen können nämlich durch die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit langsam wieder gerade gestreckt werden. Aus diesen Gründen wurde nach einer Alternativlösung gesucht.

Auf die Spur einer vielversprechenden Möglichkeit führte, wie so oft, der Zufall. In den fünfziger Jahren wurde Ammoniak (NH_3) zur Herstellung von Düngmitteln in grossen Mengen benötigt. Für den Transport wurden verschiedene Stoffe als Behälterwandung vorgeschlagen und auf ihre Beständigkeit bei Ammoniakkontakt überprüft. Dabei erkannte man [1], dass Ammoniak Holz zu plastifizieren vermag, doch es vergingen einige Jahre, bis der Gedanke auftauchte, dieses Mittel für die praktische Weichmachung des Holzes vorzuschlagen. In seiner Patentschrift empfahl *C. Schuerch* 1966 [2], für eine zeitlich begrenzte Erweichung des Holzes zur Formgebung, Oberflächenprägung und Verdichtung reines Ammoniak zu verwenden.

Technik der Ammoniakplastifizierung

Das Verfahren besteht im wesentlichen aus den folgenden Arbeitsgängen: Das Holz wird auf die passenden Abmessungen zugeschnitten, dann mit wasserfreiem Ammoniak getränkt. Dabei scheinen weder die Arbeitstemperatur [3] noch der Feuchtigkeitsgehalt des Holzes [4] eine massgebende Rolle zu spielen. Die Temperatur verändert die Technik insofern, als Ammoniak bei —33 °C zum Sieden kommt. (Für eine Imprägnierung bei Aussentemperaturen um 20 °C wird daher ein Druckkessel benötigt, da der Dampfdruck des Ammoniaks in einem geschlossenen Raum auf etwa 10 atü steigen wird.) Wenn das Holz genügend Ammoniak in sich aufgenommen hat, bleibt es für eine kurze Zeit, annähernd eine halbe Stunde lang, weich und flexibel. Es verliert nachher schnell an Biegsamkeit, da das Ammoniak an der Luft ziemlich rasch verdampft. Das Holz erhärtet sich unter Beibehaltung der künstlich gegebenen Form (Bild 1).

Die eingangs erwähnten Nachteile der Heissdampfplastifizierung liegen hier wesentlich abgeschwächt oder nicht mehr vor. So lassen sich nicht nur weitaus mehr Holzarten mit Ammoniak plastisch machen, sondern ihre Biegeeigenschaften werden auch beachtlich verbessert. Mit der Ammoniaktechnik können bei gleicher Fehlerrate bedeutend kleinere Krümmungsradien erzielt werden als nach der Heissdampf-Weichmachung. Zudem sind die gebogenen Formen nach Aushärtung beständig und werden auch nicht durch Lagerung im Wasser beeinträchtigt.

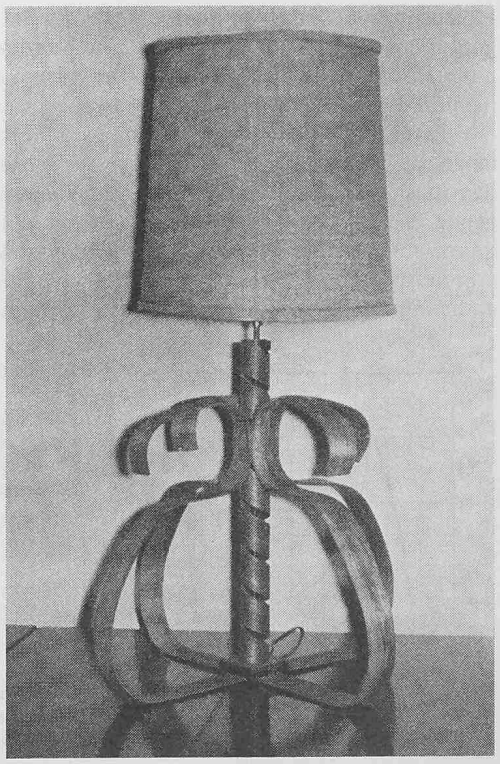
Mit der Ammoniaktechnik wurden jedoch nicht nur Schwierigkeiten überwunden, sondern auch neue anderer Natur eingeführt. Die Ammoniaktränkung des Holzes verändert nämlich einige seiner physikalischen und mechanischen Eigenschaften so gründlich, dass der Praktiker sich einem Stoff mit unbekannten Eigenschaften gegenübergestellt sieht. Dies ist wohl der wichtigste Grund, warum die Ammoniaktechnik den Zugang zur Praxis bis heute nicht recht gefunden hat.

Wesen und Verlauf der Plastifizierung

Versuche der jüngsten Zeit konzentrierten sich darauf, die Reaktionen des Holzes auf die Behandlung kennenzulernen und Richtwerte für die einzelnen Holzarten zu erarbeiten. Die Untersuchungen zeigten, dass sich das Holz bei der Ammoniaktränkung vielfach gleich verhält wie bei der Heissdampfplastifizierung, jedoch sind die Reaktionen merklich verstärkt. Die Ähnlichkeit mancher der hervorgerufenen Reaktionen wird verständlich, wenn auf die vielen Analogien der physikalischen Eigenschaften der zwei Medien hingewiesen wird. So besitzen die Wasser- und Ammoniakmoleküle annähernd die gleichen Dimensionen, beide weisen infolge des räumlichen Aufbaues des Moleküls ein starkes Dipolmoment auf und beide sind bekannt für ihre Fähigkeit, Wasserstoffbrücken zu bilden.

Die Auflockerung der Holzsubstanz geht vermutlich dank diesen Eigenschaften der beiden Plastifiziermedien vor sich. Das Ammoniakmolekül wird durch seine Polarität zu Stellen

Bild 1. Lampenständer aus ammoniakplastifiziertem Eschenholz



des Holzgefüges geleitet, die ihrerseits eine polare Ladungsverteilung haben und dadurch eine Anziehung ausüben. Solche Stellen sind beispielsweise die zwischen den sogenannten Hydroxylgruppen bestehenden Wasserstoffbrücken, die sich in grosser Anzahl zwischen den Makromolekülen des Holzes befinden und der gesamten Struktur zusätzliche Festigkeit verleihen. Werden diese Querverbindungen durch das Wasser- bzw. Ammoniakmolekül aufgebrochen und durch Umlagerung «neutralisiert», so können die Makromoleküle aneinander vorbeigleiten. Das Holz ist plastisch. Nach Entfernung der angelagerten Moleküle können sich die aktiv gewordenen Stellen jetzt an anderen, einander gegenüberliegenden Punkten der Grossmoleküle durch Bildung von Wasserstoffbrücken erneut absättigen. Das Holz verfestigt sich. Ammoniak besitzt jedoch bei der gleichen Temperatur eine viel höhere thermodynamische Aktivität als Wasser. Nach den korrespondierenden Gasgesetzen geschätzt, würde das Wasser erst bei etwa 200 °C mit ungefähr 16 atü Dampfdruck die gleiche Aktivität entfalten wie Ammoniak bei 25 °C mit annähernd 10 atü Dampfdruck. Bei 200 °C würde das Holz anstelle der Erweichung jedoch eine schnelle thermische Zersetzung erfahren.

Die beschriebene Auflockerung der Holzstruktur, die an den mechanischen Eigenschaften von Versuchskörpern gemessen werden kann, entspricht einem dynamischen Hergang. Messungen, die an Buchenstäben mit 6 × 10 mm Querfläche während der Ammoniakplastifizierung vorgenommen wurden, vermitteln ein aufschlussreiches Bild über den Verlauf der Erweichung. Gemessen wurde die Zunahme der Durchbiegung dieser Stäbe unter konstantbleibender Belastung im Verlauf der Imprägnierung mit gasförmigem Ammoniak. Nebst der Erweichungsgeschwindigkeit lassen die gewonnenen Daten auch eine Schätzung der momentanen Festigkeit der Probekörper zu, da der jeweilige Wert der Durchbiegung dem gegenwärtigen Elastizitätsmodul proportional ist [5]. In Bild 2 sind diese Messargumente, die zeitliche Änderung der Durchbiegung und der korrespondierende Elastizitätsmodul E bezogen auf den Ausgangswert E_1, miteinander in Beziehung gebracht. Das Bild besagt, dass der E-Modul, und so vermutlich auch die Festigkeit der Stäbe, während der Ammoniakaufnahme um eine Grössenordnung sinken kann, wobei diese Schwächung im Verlauf der Trockung und Erhärtung praktisch vollumfänglich wettgemacht wird. Die Aufweichung der Holzproben läuft in zwei Phasen ab. Während die Beschleunigungsphase nur kurze Zeit in Anspruch nimmt, etwa 10 Minuten, kann das Fortschreiten der Ammoniakeinwirkung mehrere Stunden, sogar Tage lang verfolgt werden.

Direkte Biegeversuche geben Aufschluss darüber, wie lange das Holz mit gegebenen Abmessungen imprägniert werden muss, damit es für die praktische Biegearbeit eine genügende Plastizität erlangt. Buchenholzstäbe mit den nämlichen Abmessungen wie oben wurden Ammoniak-Behandlungen von verschiedener Dauer unterworfen. Unmittelbar nach Beendigung der Imprägnierung wurden die minimal möglichen Biegeradien ermittelt. Die Ergebnisse, in Bild 3 dargestellt, machen deutlich, dass schon nach einer Stunde Ammoniakbehandlung keine Verbesserung der Biegeeigenschaften der Holzstäbe mehr erzielt werden konnte, obwohl Interaktionen zwischen Holz und Ammoniak noch für längere Zeit andauerten.

Es braucht freilich weitere Versuche, um Erfahrungen über Möglichkeiten und Grenzen dieser Technik zu sammeln. Es gibt noch immer zu viele Lücken, die zu schliessen sind, um beispielsweise die optimalen Arbeitsbedingungen für die praktische Handhabung dieses Verfahrens bezeichnen zu können.

Anwendungsgebiete und Ausblick

Über das Holz-Ammoniak-System sind bereits viele Einzelerkenntnisse zutage gefördert worden. Zur Zeit scheinen die nachteiligen Eigenschaften des plastifizierten Holzes die Richtung der Entwicklung anzuzeigen. Wohl gewinnt das Holz nach der Behandlung seine ursprünglichen Festigkeitseigenschaften beinahe in vollem Umfange wieder, neigt aber beispielsweise stark zur Verminderung der Ausgangsdimensionen. Die durch den Ammoniakeinfluss verursachte Schwindung der Abmessungen ist nicht nur von der Artzugehörigkeit der Holzproben abhängig, sondern sie nimmt Werte an, die für die Holzart als nicht charakteristisch angesehen werden [6, 7]. Diese Schwindung wird im wesentlichen durch den in der Zellstruktur des Holzes auftretenden Kollaps mitverursacht. Bild 4a zeigt die natürliche Gewebestruktur eines Birkenholzquerschnittes im Lichtmikroskop. Man erkennt gut die offenen Zellumina der dickwandigen Faserzellen (die Faserzellen machen den grössten Teil der Holzmasse aus); auf Bild 4b ist sichtbar, dass diese Zellhohlräume infolge wiederholter Ammoniaktränkung vollständig geschlossen wurden. Plastifizierversuche mit Balken und Brettern, die sich wegen ihrer Abmessungen für Konstruktionszwecke eignen, zeigten, dass in den Versuchskörpern während der Erhärtungsphase häufig tiefe Risse auftraten. Offenbar wurden Teile des Holzgewebes schneller aufgeweicht, als die Zug- bzw. Druckspannungen abgebaut werden konnten, die in jedem Stamm während des Wachstums des Individuums entstehen. Auf diese Art kann es zu Rissbildung kommen.

Diese und ähnliche Erfahrungen liessen den Gedanken aufkommen, dass die Ersatztechnik für die Heissdampfplastifizierung des Holzes nicht im Ammoniak zu suchen sei. Ammoniak bietet dem Holz hingegen andere Möglichkeiten, die es wahrzunehmen und zu nutzen gilt. In Riga [8] nachte man sich die Tendenz des Holzes, in Ammoniak an Dichte zuzunehmen, zunutze, indem Furnierblätter nach der Herstellung in wässeriger Lösung von Ammoniak gelagert und anschliessend verpresst wurden. Damit konnte eine bedeutende Verbesserung der mechanischen Eigenschaften der Blätter herbeigeführt werden. Die Vergütung war der erzielten Dichte der gepressten Furniere proportional. Gleichzeitig gingen die Quellmasse zurück. Diese Technik, die Herstellung von Pressfurnie-

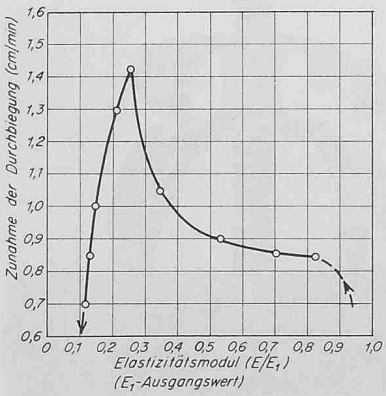
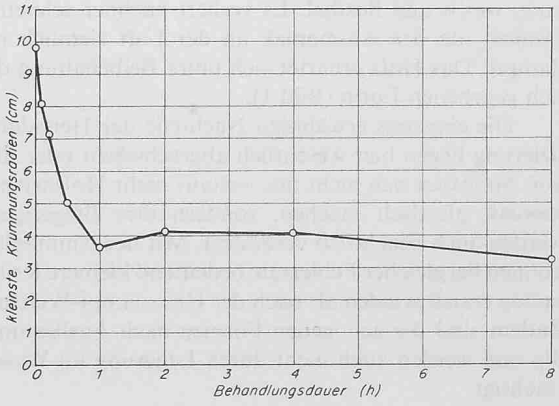
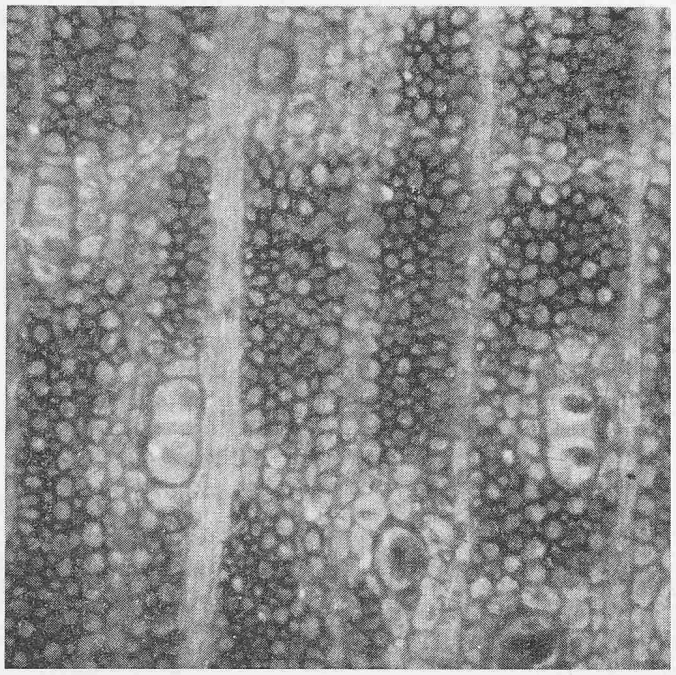


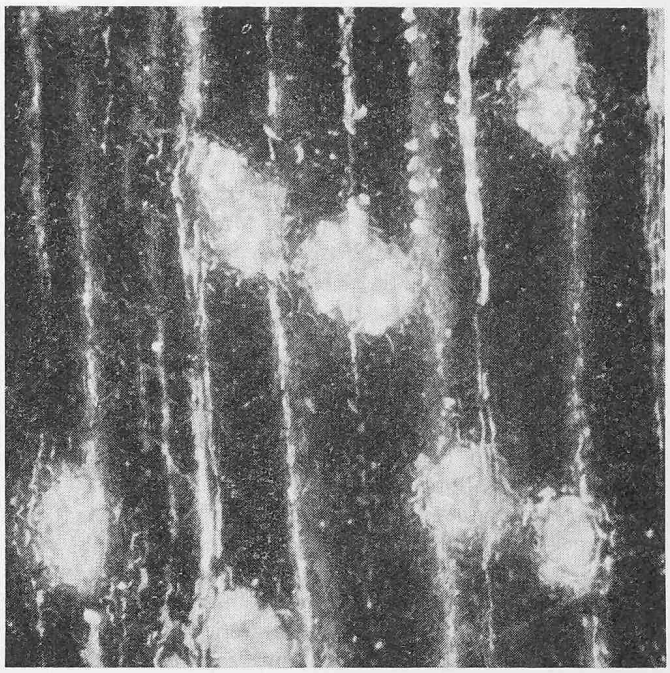
Bild 2 (links). Zusammenhang zwischen der Durchbiegungszunahme und dem momentanen Elastizitätsmodul einer Buchenlatte während der Ammoniakplastifizierung. E_1 = Ausgangswert

Bild 3 (rechts). Minimale Krümmungsradien von plastifizierten Buchenlatten nach verschieden langen Behandlungszeiten





Unbehandelt. Man erkennt die offenen Zellumina



NH_3-behandelt 10×10 Stunden. Die Zellumina sind geschlossen

Bild 4. Kollabiertes Holz der Birke infolge übermässiger Schwindung (rechts) nach mehrmaliger NH_3-Imprägnierung. Der Ausgangszustand wird im Bild links veranschaulicht

ren mit verbesserten Eigenschaften, wird heute in der UdSSR zur Anwendung bereits empfohlen.

Einer der originellsten Vorschläge stammt aus den USA von *R. W. Davidson* [9]. Er zeigte mit seinen erfolgreichen Versuchen, dass es möglich ist, ammoniakplastifiziertes Holz mit Schneideblättern ohne Sägezähne aufzutrennen. Die zahllosen Vorteile dieses Verfahrens sprechen für sich. Das Holz liess sich in allen Richtungen (quer, bzw. tangential zum Jahrringverlauf und auch parallel zur Stammachse) gut schneiden, ohne dass durch die Keilwirkung das Messer einer vorgebildeten Spalte folgen würde. Die Schnittflächen wiesen zudem ausgezeichnete Beschaffenheit auf. Hervorzuheben sind ferner der niedrige Energieverbrauch im Vergleich zum Aufsägen nicht ammoniakaufgeweichter Bretter, dann die verlustfreie Zerlegung des Holzes (es fiel praktisch kein Sägemehl an) und die einfache Wartung der Schneideblätter (sie mussten zur Schärfung nicht abmontiert werden).

Die Stärke der Ammoniakplastifizierung liegt offenbar bei der Behandlung des Holzes kleinerer Abmessungen bzw. bei der Auftrennung grösserer Stücke. Die wenigen hier zitierten Beispiele zeigen zugleich, dass die chemische Plastifizierung ihre eigentliche Anwendung in neuen Verfahren und Produkten finden wird.

Literaturverzeichnis

[1] *Stamm A. J.:* Swelling of Wood and Fiberboards in Liquid Ammonia. «Forest Prod. Jou», *5* (1955), S. 413—416.

[2] *Schuerch C.:* Method of Forming Wood and Formed Wood Product. US Patent No. 3 282 313, 1966.

[3] *Schuerch C.:* Wood Plasticization. «Forest Prod. Jou», *14* (1964), S. 377—381.

[4] *Bariska M., Skaar C.* and *Davidson R. W.:* Studies of the Wood-Anhydrous Ammonia System. «Wood Scie», *2* (1969), S. 65—72.

[5] DIN 52186, Biegeversuch, 1952.

[6] *Pentoney R. E.:* Liquid Ammonia-Solvent Cominations in Wood Plasticization. «I & E. C. Prod. Res. Develp», *5* (1966), S. 105 bis 110.

[7] *Pollisco F. S.:* Physical Properties of Maple Wood Treated with Ammonia Vapor. Dissertation S. S. U. N. Y., 1969.

[8] *Berzins G. W.* und *Doronin J. G.:* Die Verbesserung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften von Press-Schichtholz aus plastifiziertem Schälfurnier. «Holztechnologie», *11* (1970), S. 125 bis 131.

[9] *Davidson R. W., Baumgardt W. G.:* Plasticizing Wood with Ammonia — A Progress Report. «Forest Prod. Jou», *20* (1970), S. 19—24.

Adresse des Verfassers: Dr. *M. Bariska,* Institut für mikrotechnologische Holzforschung der ETH Zürich, Universitätsstrasse 2, 8006 Zürich.

Schweizerische Wald- und Holzwirtschaftspolitik

DK 634.0.81.003.1

Nachdem der Bundesrat die parlamentarische Intervention von Nationalrat Dr. Grünig in der Frühjahrssession 1969 positiv beantwortet hatte, hat das Eidg. Departement des Innern kürzlich die Expertenkommission zur Erarbeitung einer Gesamtkonzeption für eine schweizerische Wald- und Holzwirtschaftspolitik ernannt. Diese setzt sich zusammen aus: Prof. Dr. *G. Crettol,* Volkswirtschaftsinstitut der Universität Freiburg i. Ue., Frau Prof. Dr. *H. Schelbert,* Institut für Empirische Volkswirtschaft der Universität Zürich, und Prof. Dr. *H. Steinlin,* Rektor der Universität Freiburg i. Br.

Diesem wissenschaftlichen Gremium wurde das Mandat überbunden, die wesentlichsten künftigen Aufgaben der schweizerischen Wald- und Holzwirtschaft gesamtwirtschaftlich und unter Berücksichtigung der Volkswohlfahrt zu definieren, die optimalen Voraussetzungen, insbesondere die günstigste Strukturierung der einzelnen Branchen, darzulegen, damit Wald- und Holzwirtschaft in der Lage sind, die ihnen innerhalb der schweizerischen Lebensgemeinschaft zufallenden künftigen Aufgaben zu erfüllen. Dabei soll sowohl den auf die wirtschaftlichen, auf die europäischen und weltweiten Integrationen hinzielenden Tendenzen wie auch den zunehmend an Bedeutung gewinnenden Umweltproblemen und der Rolle des Waldes als wichtiges Landschafts- und Erholungselement Rechnung getragen werden.

Die Experten vertreten drei verschiedene Wissensgebiete:

Prof. Steinlin ist ein in Forst- und Holzwirtschaftskreisen international bekannter Forscher und Dozent, der sich besonders mit der engeren technischen und organisatorischen