



< Holz, ein Wunder der Naturchemie >^[1]

< Wood, one of the miracles of natural chemistry >

< Il legno, miracolo chimico della natura >

Bruno J.R. Nicolaus ²⁾

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1. Pflanzliche und tierische Zellen
2. Das Holzgewebe
3. Die Holzbestandteile
4. Cellulose und Hemicellulose: Zwei Hauptkomponenten
5. Das Lignin
6. Die Extrakte
7. Die Rinde
8. Der Holzaufschluss
9. Das Vergilben
10. Zum Holzabbau durch Bakterien, Pilze und Enzyme
11. Ueber Altern und Verkalken
12. Die Holzverwertung bei der Herstellung von Energie und Chemikalien

13. Die Zukunft: Gentechnische Veränderungen?

14. Schlusswort

15. Literatur

Vorwort

-

Das Holz ist ein komplexer Naturstoff und weist, als direkte Folge seiner chemischen Struktur, anwendungstechnisch massgebende Eigenschaften auf.

Infolgedessen, werden sich gründliche Kenntnisse der Holzchemie, bei jeglicher praktischen Holzanwendung, als nützlich erweisen.

1. Pflanzliche und tierische Zellen

-

Die Energie, welche das Leben auf unserem Planeten ermöglicht, wird von der Sonne geliefert. Dank dem Sonnenlicht, werden über 100 Milliarden Tonnen Kohlenstoff von den Pflanzen in Biomasse (60%) jährlich verwandelt, wobei die restlichen 40% der globalen Biomasse von den Algen im Meer produziert werden. Dieser Biomasse, welche von den pflanzenfressenden Tieren unter Bildung von Kohlendioxyd (CO₂) und Wasser (H₂O) verbraucht wird, verdanken Menschen und Tiere das Leben.

Die höheren Tiere, Mensch inbegriffen, bestehen aus Milliarden lebendige, betreffs Struktur und Funktion, verschiedenartige Zellen mit gemeinsamen Eigenschaften. Die Gewebe sind aus gleichartigen Zellen zusammengesetzt. Jede Zelle stellt ein mikroskopisches Laboratorium dar, in welchem unzählige chemische Reaktionen gleichzeitig ablaufen.

Gewebe und Zellen bestehen aus vier chemischen Elementen (Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff) und kleinen oder sehr kleinen Mengen weniger anderen wie Calcium, Phosphor, Schwefel, Chlor, Natrium, Potassium, Magnesium und Eisen.

Die Tiere sind selber nicht imstande Proteine, Zucker (Kohlehydrate) und Fette (Lipide) aus den Rohelementen der Natur zu synthetisieren. Diese Aufgabe wird von den Pflanzen durchgeführt, mit welchen der Mensch in enger Symbiose lebt.

Die Tiere, obwohl vom Luftstickstoff umhüllt, können nämlich nur den von den Pflanzen verarbeiteten Stickstoff verwenden [2].

2. Das Holzgewebe

Das Holz ist eines der ältesten Rohstoffe und wurde von unseren prähistorischen Vorfahren als Werkzeug und Brennmaterial weit verwendet.

In der Pflanzenwelt dient Holz zur Verstärkung von Stämmen, Ästen und Wurzeln und wird bekanntlich am Ende vom Lebenszyklus in die Grundbestandteile natürlich abgebaut. Schon in der Vergangenheit wurde Holz, neben der Verwendung als Werkzeugstoff, für die Herstellung wichtiger chemischer Produkte gebraucht: **Holzkohle** bei der Schmelze von Eisenerz, **Teer und Pech** zum Schutz von Booten und Schiffen, **Pottasche** bei der Glasfabrikation und als Faserbleichmittel.

Heute noch, gilt Holz als wichtiger Grundstoff zur Herstellung von **Zellstoff, Papier, Films, verschiedenen Textilien und Zusatzmitteln**, wobei Cellulose das weitaus wichtigste Holzumwandlungsprodukt darstellt.

Der zunehmende Holzbedarf und die unaufhaltbare Waldrodung zwingen uns Holz zusehends wirtschaftlicher und sparsamer zu gebrauchen, damit es weiterhin eine bedeutende Hilfsquelle bleibt. Zu diesem Zweck wäre eine breitere Anwendung der Holzchemie bestimmt nützlich.

Seitens der Holzverarbeitenden Unternehmen und Behörden wäre ausserdem eine striktere Beachtung folgender Aspekte wünschenswert:

-Suche nach neuartigen Holzschutzmethoden gegen Chemikalien, Enzyme, Bestrahlung, Temperatur;

-Isolierung und Charakterisierung weiterer Holzbestandteile und Verwandlung deren Derivate in neue Produkte;

-Förderung der Grundlagerecherche, mit besonderer Rücksicht auf Isolierung, Charakterisierung und Chemie der Holzbestandteile.

Das chemische Holzverhalten wird von seiner anatomischen Struktur massgebend beeinflusst. Das kommt dadurch zustande, dass die, aus den chemischen Bestandteilen gebildeten Ultrastrukturen, sich in höher geordneten Systeme verwandeln, welche über die Zellwände das Zellgewebe bilden. Dementsprechend, weisen Holzmuster verschiedener Herkunft unterschiedliche Merkmale (Splinte, Wachstumsringe, Porenanordnung, etc.) auf, welche als Folge des Wachstums und der Entwicklung vom Holzgewebe erklärt werden. Das Holz besteht aus, mit verschiedenen Funktionen ausgestatteten, verschiedenartigen Zellen, wie Gerüst-, Leit-, Speicherzellen, etc. Demzufolge, unterscheiden sich Weichholz und Hartholz auch in der Art ihrer Zellen und deren Funktion [3].

3.Die Holzbestandteile

-
-
Cellulose, Hemicellulose und Lignin bilden die Hauptholzbestandteile:

Holz

Stoffe mit niedrigem MG

Stoffe mit hohem MG(ca.90%)

Organ. Stoffe Anorgan. Stoffe

Polysaccharide(65-75%) **Lignin(20-40%)**

Extracte

Asche

Cellulose (ca.60%) Hemicellulose

(MG=Molekulargewicht)

4.Cellulose und Hemicellulose: Zwei Hauptkomponenten

Unter echter Cellulose, oder Gerüstcellulose, versteht man in chemischem Sinn ein in den Pflanzen als Grundstoff ausserordentlich verbreitetes Polysaccharid, das bei der Totalhydrolyse zu Glucose vollkommen zerfällt.

Neben Cellulose, andere einfachere Polysaccharide wie die Mannane, Galaktane und Pentosane, nehmen am Aufbau der Zellwand teil. Diesen letzteren komplexen Kohlenhydraten kommt aber nicht die Rolle reiner Gerüststoffe zu; sie können in bestimmten Perioden des Pflanzenwachstums wieder assimiliert werden und somit als Reservesubstanzen dienen.

Diese, fuer das Pflanzenwachstum wichtige Substanzen, stellen eine beliebte Nahrung fuer Insekten, Pilze, Bakterien und andere schädlichen Lebewesen. Ihre Konzentration ist saisonbedingt und kann sich auf die Lagerbeständigkeit des gefällten Holzes ungünstig auswirken.

Die Cellulosefaser besitzt micellare Struktur; sie besteht aus vielen kleinen stäbchenförmigen Kristalliten, die alle mit ihrer Längsachse parallel zur Faserachse orientiert sind und eine richtige Faserstruktur besitzen.

Cellulose wird von Microorganismen, Bakterien und Pilzen in CO₂ und H₂O natürlich abgebaut. Cellulose stellt eine reaktionsfähige Struktur dar und kann in mannigfache Derivate von grosser praktischer Bedeutung verwandelt werden. Darunter seien: **Kunstseide** (Chardonnetseide, Kupferseide, Viscoseseide, Acetatseide), **Zellwolle, Papier** u.s.w. beispielsweise erwähnt.

Das Holz besteht in ueberwiegender Menge aus Cellulose (ca.60%) und Lignin (ca.30%). Bei der Cellulosegewinnung aus Holz, wie sie namentlich zur Papier und Kunstseidenfabrikation in grösstem Mass technisch betrieben wird, ist es notwendig Lignin von Cellulose zu trennen. Das geschieht hauptsächlich dadurch, dass man das Holz mechanisch zerkleinert und darauffolgend mit chemischen Reagenzien behandelt, welche das Lignin auflösen und die Cellulose unverändert lassen. Verschiedene Chemikalien und Verfahren stehen hierzu zur Verfügung (Natronlauge-, Sulfitkochung, u.s.w.).

5.Das Lignin

Lignin stellt den zweitwichtigsten macromolekularen Holzbestandteil dar. Chemisch besteht es aus einem aromatischen System von Phenylpropaneinheiten und ist in der Struktur wie in den Eigenschaften vom Zellstoff gründlich verschieden. Allgemein ist mehr Lignin im Weich- als im Hartholz enthalten, wobei das Lignin in beiden Holzarten strukturelle Unterschiede aufweist. Im Gegensatz zu Cellulose ist Lignin amorph und befindet sich in der mittleren Schicht (Lamella) und

in der sekundären Wand angereichert. Dabei stärkt es die Zellwand durch Durchdringen der Fibrillen.

Die Lignin Abtrennung vom Rohholz, auch Holzaufschluss genannt, sowie die darauffolgenden Bleichprozesse verursachen auch eine leichte Schädigung des Zellstoffanteils.

Nach dem Zellstoff, ist Lignin die meistverbreitete und wichtigste organische makromolekulare Verbindung der Pflanzenwelt. Ohne Zweifel ist es gerade der Einbau von Lignin in die Zellwand der Pflanzen, der denselben die Chance verlieh die Erdoberfläche zu kolonisieren. Durch den Lignineinbau gewannen die Pflanzen an Härte und Widerstandsfähigkeit, welche sie dadurch ermöglichte sonst unvorstellbare Höhen zu erreichen. Als eigenartiger chemischer und morphologischer Gewebestandteil, befindet sich Lignin in den für die Flüssigkeitsbeförderung und mechanische Stütze verantwortlichen Gefäßen angereichert. Der Ligningehalt schwankt zwischen den verschiedenen Pflanzen (20-40%) und seine Verteilung zwischen Zellwand und anderen Pflanzenanteilen ist ungleichmässig.

In den meisten Fällen der Holzverarbeitung, wird Lignin als integrierender Bestandteil unverändert zurückgehalten. **Im Falle von dem Holzaufschluss und von dem Bleichen, wird Lignin hingegen teilweise abgebaut und vom Holz herausgelöst. In diesem Fall, stellen die löslichen Abbauprodukte eine interessante potentielle Quelle von Kohlenstoffderivaten dar, welche bei der Erzeugung von Energie und Chemikalien Verwendung finden.**

Wie schon bemerkt, ist Lignin fuer die Verholzung des pflanzlichen Gewebes verantwortlich, indem es die Cellulosefibrillen umhüllt, in ihre Oberfläche durchdringt und den leeren Raum zwischen den Holzzellen ausfüllt, wo es bis zu 70% angereichert bleibt. Die Holzbildung geht innerhalb des Cambiums in einer Zone zwischen Rand und Stamm vor sich, welche in der Vegetationsperiode saftreich ist. Hier befindet sich, bei den Coniferen z.B., das Glucosid Coniferin, aus welchem Lignin chemisch hervorgeht. In der Natur, findet die Bildung von Lignin durch komplizierte biologische, biochemische und chemische Vorgänge statt.

Es entsteht aus den monomeren p-Coumaryl-, Coniferyl- und Sinaptyl-alcohol durch dehydrierende Polymerisation. In anderen Worten, reagieren drei einfache Pflanzenalkohole, Lignole genannt, untereinander unter Bildung langer Ketten. Dieser Vorgang, auch Polymerisation genannt, erfolgt durch einen statistisch gesteuerten Mechanismus, welcher die Lignole zu verzweigten Ketten aneinander bindet. Die Endstruktur wird naturgemäss von der Reaktivität und Konzentration der Einzelkomponente bestimmt. Vom morphologischen Standpunkt aus, werden die heranwachsenden Ligninmoleküle gezwungen, den Raum zwischen den bereits vorgebildeten Zellstoffasern der Zellwand auszufüllen, wobei gleichzeitig eine Anschwellung der Zellwand stattfindet. Während dem Einbau wird das Lignin an andere Polysaccharide der Zellwand chemisch verknüpft.

6.Die Extrakte

Unter dieser Definition, versteht man eine beträchtliche Anzahl verschiedener chemischen Verbindungen, welche aus dem Holz mit Hilfe polarer und nichtpolarer Lösungsmitteln ausgezogen

werden. Inhalt und Zusammensetzung der Extrakte schwanken je nach Herkunft und Jahreszeit ganz bedeutend.

Einzelne Extrakte besitzen praktisches Interesse und werden laufend produziert, obwohl sie gegen die Konkurrenz totalsynthetischer Produkte hart kämpfen müssen.

7. Die Rinde

Die Rinde stellt mit einem, nach Pflanzenart und Wachstumsbedingungen, schwankenden Inhalt von 10-20%, das zweitwichtigste Holzgewebe dar. **Die Rinde, welche in vergangenen Jahren eher vernachlässigt wurde, gewinnt heute, dank neuer Struktur Befunde, an Interesse.**

Sie unterscheidet sich vom Holz wegen ihren mechanischen Eigenschaften, dem hohen Anschwellungsvermögen, dem niedrigen Zellstoffinhalt, dem höheren Extraktengehalt und der Gegenwart von Polyphenolen und **Suberin**. Die letzte Verbindung stellt einen unlöslichen Bestandteil der äusseren Rinde dar und befindet sich in den Korkzellen angereichert. Zum Beispiel, enthält der Eichenkork (*Quercus suber*) bis 40-45% Suberin.

Die, aus langkettigen Fettsäuren und Hydroxyfettsäuren gebildete, Polyesterstruktur vom Suberin unterscheidet sich in den chemischen und mechanischen Eigenschaften von den anderen Holzbestandteilen beträchtlich. Diese, für die technische Korkverwendung wichtige Eigenschaften, können auf die Gegenwart von phenolartigen Ketten im Suberinmolekül zurückgeführt werden.

8. Der Holzaufschluss

Trotz der macromolekularen Struktur, weist das Ligninmolekül verschiedene reaktionsfähige Stellen auf, welche für den chemischen, mikrobiologischen und enzymatischen Abbau verantwortlich sind.

Der Holzaufschluss bezweckt das Lignin zu entfernen, um einen möglichst reinen Zellstoff zu gewinnen. Durch den chemischen Angriff wird das Lignin in kleinere löslichen Bruchstücke gespalten und vom Holz herausgelöst. Als unvermeidbare Nebenerscheinung, beobachtet man zugleich eine leichte Beschädigung vom Zellstoffanteil.

Zellstoff stellt das wichtigste Holzumwandlungsprodukt dar, während die Verwertung von Abfallpapier und Holzrückständen zusehends an Bedeutung gewinnt.

Aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen, versucht man heute den Holzaufschluss neuartig zu gestalten und verfolgt man folgende Ziele:

- 8.1-Erhöhung der Zellstoffausbeute**
- 8.2-Herabsetzung des Stromverbrauches**
- 8.3-Herabsetzung der verwendeten Chemikalien**
- 8.4-Verbesserung der Chemikalien Rückgewinnung**
- 8.5-Herabsetzung der Luft und Wasser Verunreinigung**
- 8.6-Entwicklung von sulfitfreien Aufschlussverfahren**
- 8.7-Entwicklung von chlorfreien Bleichverfahren**
- 8.8-Erhöhte Verwendung der beim Aufschluss anfallenden Nebenprodukte**
- 8.9-Herabsetzung der festen Kapitalanlagen in den Produktionswerken.**

Diese ehrgeizigen Ziele verdienen weitere politische und finanzielle Unterstützung.

9.Das Vergilben

-

Es ist lange bekannt, dass Papier und unreiner Zellstoff zum Vergilben neigen und dass sie dadurch an Wert einbüßen.

Das Vergilben rührt hauptsächlich von Ligninverunreinigungen her, welche am Zellstoff haften. Die Verfärbung folgt Oxydationsprozessen, welche unter der Wirkung von Luftsauerstoff und Licht zu gelbgefärbten Lignin Derivaten führen (Chinone, Chinonmethoxiden, Stilben).

Heute weiss man, dass diese Abbauprodukte den Zellstoff langsam angreifen und für seinen Zerfall verantwortlich sind.

In Europa, nach dem Jahre 1850, wurden die meisten Bücher auf ligninhaltiges Papier gedruckt, weil es um ca. 10% billiger war als das bisher verwendete Papier aus Baumwolle und Leinen Abfällen. Die Mehrzahl dieser Bände ist heute zerfallen oder vernichtungsreif, da unreiner Zellstoff langsam spröde und brüchig wird. Gemäss neuen Presseberichten, sind aus diesem Grund ungefähr eine Milliarde alte Bücher hoffnungslos gefährdet. Diese Katastrophe hätte vermieden werden können, wenn das chemische Verhalten von Lignin und Zellstoff rechtzeitig studiert worden wäre.

Ligninfreies Papier und ganz reiner Zellstoff (z.B. Baumwolle) vergilben bekanntlich nur sehr langsam, soweit sie gutgelagert werden. In diesem Fall bilden sich Oxydationsprodukte der Cellulose (Carbonyl-, Carboxyl-, Hydroperoxyd-gruppen), welche dem Material eine leicht gelbe Färbung verleihen, ohne seine mechanischen Eigenschaften zu beeinträchtigen.

10. Zum Holzabbau durch Bakterien, Pilze und Enzyme

-

Der natürliche Holzabbau erfolgt durch die Wirkung von Enzymen, welche von Holzabbaumikroorganismen geliefert werden. Sie verwandeln die unlöslichen Holzbestandteile in lösliche Fragmente und einfachere chemischen Verbindungen, welche ihrerseits von Mikroorganismen als Nährstoff verbraucht werden. Dieses Phänomen weist wichtige ökologischen Vorteile auf, es ist aber zugleich für den schnellen Zerfall von Holzprodukten verantwortlich.

Es ist wichtig den enzymatischen Abbauvorgang gründlich zu verstehen und zu meistern. Diese Kenntnisse erlauben, nämlich:

-geeignete Vorsichtsmaßnahmen zu treffen um den natürlichen Abbau zu verhindern oder zu verlangsamen;

-den industriellen Abbauvorgang möglichst natürlich zu gestalten und in erwünschte Chemikalien oder Nährstoffe sachkundig zu leiten;

-die Isolierung und Verwertung von erwünschten Holzabbauprodukten zu erleichtern.

Holz wird von tierischen oder pflanzlichen Parasiten angegriffen. Unter den tierischen Parasiten zählt man: Insekten, Käfer, Wespen, Ameisen und Termiten, Krustentiere und Molluske. Diese Tiere, sowie deren Larven, pflegen das Holz anfänglich mechanisch anzugreifen um es durch Bohren und Fressen zum Zerfall zu bringen.

Die pflanzlichen Plagen gehören hingegen zur Gruppe der Pilze und Bakterien. Die letzteren vermehren sich durch Zellverteilung und pflanzen sich durch das Holz fort, wenn es unter Wasser gelagert wird. Demzufolge ist der Schaden durch bakteriellen Eingriff eher selten und begrenzt, während die Pilze imstande sind entweder Lignin oder Cellulose oder beide Gewebe zugleich abzubauen. Aus dem Vergleich der Kinetik des Holzabbaus durch Bakterien mit derjenigen durch Pilze, geht es klar hervor dass der Pilzabbauprozess schneller vor sich geht. Pilze scheinen deshalb gefährlicher als Bakterien zu sein.

11. Ueber Altern und Verkalken

-

Das Holz eines toten Baumes wird in seine ursprünglichen Bestandteile von Mikroorganismen rasch

abgebaut. Dieser natürliche Abbauvorgang ist den klimatischen Verhältnissen der Umwelt stark unterworfen. Man hat, zum Beispiel, sehr gut erhaltene, 4-5000 Jahre alte ägyptische Holzskulpturen oder prehistorische Holzspeere und Pfeile gefunden. Die ersten verdanken dem trockenen Wüstenklima ihren guten Zustand, die letzteren dem lehmartigen sauerstoffarmen Boden, aus welchem sie ausgegraben wurden.

Im, mit hartem Wasser durchnässten, Holz können die Salze, durch einen zeitraubenden Kristallisationsprozess ausgeschieden werden und die Zellwandkomponenten ersetzen (**Verkalkung**).

Unter gewissen Umständen, können anaerobische und aerobische Mikroorganismen den, im Holz chemisch gebundenen Wasserstoff und Sauerstoff unter Bildung eines graphitähnlichem Material, völlig entziehen (**Verkohlung**).

12. Die Holzverwertung bei der Herstellung von Energie und Chemikalien

Die Verwendung von natürlichem Pflanzenmaterial, seitens der Entwicklungsländer, dürfte zukünftig eine grössere Rolle spielen, wobei

folgende Ziele als wichtig gelten:

-Herstellung von Chemikalien und energiereichen Produkten aus natürlichen regenerierbaren Quellen, mit dem Ziel Mineralrohstoffe wie Petroleum, Gas und Kohle, so weit wie möglich zu ersetzen

-Bessere Verwendung von Abfällen pflanzlicher Herkunft oder solche aus der Holz und Zellstoff Industrie

Die direkte Umwandlung von Holz und pflanzlicher Biomasse ist vielfältig und kann folgendermassen zusammengefasst werden:

1. **Verkohlung** → Holzkohle
2. **Vergasung** → Synthesegas, Methanol
3. **Verflüssigung** → Brennstoffe, Chemikalien
4. **Verbrennung** → Energie, Wärmeerzeugung
5. **Verzuckerung** → Glucose (Ethanol), Lignin

6. Faserzerschneidung und Chemikalienbehandlung (Sulfat/Sulfit/TMP)

- | | |
|-----------------|--------------------------------|
| → Zellstoff | → Papier, Zellstofftextilien |
| → Lauge | → |
| → Lignin | → Energie (Strom), Chemikalien |
| → Hemicellulose | → |

7. Faserzerschn u. Dampfbeh. → Fasern → Faserprodukte (fiberboards)

→ Hemicellulose, Zuckern → versch. Produkte

Die **Verkohlung** (1) besteht in der Verwandlung von Holz in Holzkohle durch Verbrennung unter schwacher Luftzufuhr. Dieses uralte Verfahren findet in industrialisierten und Entwicklungsländern immer noch Anwendung.

Die **Holzverbrennung** (4) wird in Entwicklungsländern zur Energieerzeugung wie zur Waldrodung massiv verwendet. Die Hauptvorteile bestehen im tiefen Schwefelgehalt der Abgase und im geringen Aschenrückstand, während die Hauptnachteile im tiefen kalorischen Wert und in der bemerklichen Umweltverschmutzung liegen (Russ, CO, CO₂).

Die **Vergasung** (2), **Verflüssigung** (3) und **Verzuckerung** (5) gelten heutzutage als wenig interessant und unwirtschaftlich und werden selten angewendet.

Der **Holzaufschluss** (6,7) stellt das wichtigste Holzabbauprozess und das wichtigste Verfahren zur Zellstoffherstellung dar, wobei der Zellstoff hauptsächlich in Papier und Textilien verarbeitet wird. In Zukunft, dürfte Zellstoff auch zur Herstellung von Chemikalien und Nährstoffe vermehrte Beachtung finden.

Die möglichen Ligninanwendungen lauten folgendermassen:

1. **Lignin als Brennstoff (Hauptanwendung).**
2. **Lignin als Bestandteil vom Zellstoff**
3. **Lignin als Polymer**
4. **Lignin als Ausgangsprodukt fuer niedrigmolekulare Chemikalien**

Obwohl Lignin recht interessante Eigenschaften aufweist, welche auf manche technische Anwendung deuten, bleibt seine praktische Verwendung sehr beschränkt. Folgende unvorteilhafte Merkmale dürften dafür verantwortlich sein:

1. **Komplizierte chemische Struktur**
2. **Ungleichartiges und zerstreutes Vorkommen**
3. **Hoher Gehalt an Verunreinigungen**
4. **Hoher Schwefelgehalt je nach Holzaufschluss**
5. **Beträchtlicher Kosten und Material Aufwand bei der Rohlaugenaufarbeitung.**

Die **Hemicellulose**, das zweitwichtigste Polysaccharid nach dem Zellstoff, wird öfters von einfacheren niedrigmolekularen Sacchariden begleitet, deren Vorkommen und Konzentration Jahreszeit bedingt sind. Heutzutage, gilt die Verarbeitung von diesem Produkt, welches in Glucose und Alkohol hauptsächlich verwandelt wird, als uninteressant. Die Entwicklung innovativer Technologie, dürfte diese Situation in Zukunft nur wenig ändern.

13. Die Zukunft: Gentechnische Veränderungen?

Seit Urzeiten, hat sich der Mensch, oft mit grossem Erfolg, bemüht die Pflanzenwelt durch geeignete Selektion und Pflege zu seinen Gunsten abzuändern.

Dieses Ziel wird heute von verschiedenen Forschungsgruppen unter Anwendung moderner Methoden weiter verfolgt. **Das Hauptziel besteht darin die regulativen Mechanismen der Holzbildung zu erforschen um schlussendlich die Eigenschaften des Holzes zu verbessern.**

Bei der Holzbildung arbeiten verschiedene Faktoren unter der Wirkung spezifischer Gene in komplexer Weise zusammen. **Man versucht Rolle und Funktion der einzelnen Gene sowie deren Zusammenwirkung abzuklären um sie gelegentlich zu beeinflussen.** Dabei wird die Zellwandbildung, welche die Eigenschaften des Holzes bestimmt, besonders berücksichtigt.

Die Beeinflussung der Gene kann durch Selektion oder durch gentechnische Veränderung erfolgen [4]. Diese fortgeschrittene Grundlagerecherche wird von Wissenschaftlern chemischer und biologischer Richtung durchgeführt und sieht vielversprechend aus. Ohne Zweifel, werden deren Resultate einen massgebenden Einfluss auf die zukünftige Holz Produktion und Verwendung ausüben.

14.Schlusswort

Vor ungefähr 2500 Jahren, schliefen die alten Griechen unter zwei Kissen: Sie waren, *laut Pindar's Aussage*, fest überzeugt dass Ihre wertvollen Silberminen unerschöpflich wären. Während der Nacht, sorgten nämlich die Götter dafür, das tagsüber ausgegrabene Silber wieder zu erzeugen.

600 Jahre später, *warnte Plinius der Alte*, seine Zeitgenossen vor einer allzu leichtsinnigen Ausbeutung der Natur, welche, seiner Ansicht nach, nur begrenzte Regenerationsmöglichkeiten besass.

Die moderne Wissenschaft ist heute wie nie zuvor imstande zu zeigen, welche Wege beschritten und welche Grenzen nicht überschritten werden dürfen.

Dabei empfiehlt sie dringend:

-Naturprodukte vorzuziehen, welche, wie das Holz, naturgemäss regeneriert werden;

-jeglichen Verbrauch vernünftig und umweltfreundlich zu gestalten.

Seit *Pindar und Plinius*, ist geraume Zeit verstrichen. Ob der Mensch von der Geschichte wirklich etwas gelernt hat, bleibt heute noch fraglich.

15. Literatur

[1] Ann B. McNaught, Robin Callander < *Illustrated Physiology* > Livingstone, London 1963

[2] < La cellula vegetale > CD Rom 1999 Le Scienze (Scientific American) S.p.A.- Institut für den wiss. Film (IWF)

[3] D.Fengel, G.Wegener < *Wood, chemistry, ultrastructure, reactions* > De Gruyter, Berlin 1984

[4] C.Gruenwald < *Wie entsteht Holz ?* > EMPA Mitteilung 26.09.2001; www.EMPA.ch

[1]< **Innovative Holzverarbeitung- Ein Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung im Alpenraum**
>, Murau, Steiermark (Österreich>, 05-07 Juni 2003; www.alpenforum.org 2)
bruno.nicolaus@virgilio.it; www.brunonic.org