

Technische Universität Dresden
Institut für Holz und Papiertechnik
Studienrichtung Holz- und Faserwerkstofftechnik

Anatomie des Holzes

**Orientierende holzanatomische Untersuchungen der Holzart Amerikanischer
Rüster (*Ulmus americana* L.) einschließlich Herkunfts-, Baum- und Holz-
beschreibung derselben**

komplexes Praktikum

eingereicht von:

Fabian Knorr

05.06.1981

Matrikel: XXXXXXXXXX

Inhalt

1	Einleitende Betrachtungen	4
2	Herkunft und Verbreitungsgebiete der untersuchten Holzart sowie weitere Regionalnamen.....	6
3	Beschreibung und Darstellung der Baumart.....	8
4	Beschreibung des Holzes	10
4.1	Beschreibung des Holzes nach makroskopischen Merkmalen.....	10
4.2	Beschreibung des Holzes nach mikroskopischen Merkmalen und Ermittlung ausgewählter Abmessungen von Strukturelementen	10
5	Darstellung chemischer, physikalischer und technologischer Kennwerte	14
	Verzeichnis der Abbildungen.....	17
	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	18
	Langzeitpräparat der Amerikanischen Ulme.....	19

1 Einleitende Betrachtungen

Das Holz der Ulme wird sehr vielseitig eingesetzt. Es findet als Furnierholz Verwendung, überwiegend als Messerfurnier für Deckfurniere, vereinzelt auch als Maserfurnier. Das native Holz wird für Möbel, Vertäfelungen, Verkleidungen, Türen und Parkett genutzt. Aber auch als Konstruktionsholz für mittlere Beanspruchung im Innen- und Außenbau, besonders im Hoch-, Tief-, Wasser-, Schiffs-, Boots- und Waggonbau. Es ist ein Spezialholz für Treppen-, Tisch- und Sitzmöbel, Stilmöbel, Musikinstrumente, Profilhölzer, Gussmodelle, Leisten, Sportgeräte, Werkzeugstiele und Spielwaren. Es wird ferner zum Drechseln und Schnitzen eingesetzt.¹

In Amerika nutzten Indianische Ureinwohner unter anderem die Rinde der Ulmen zur Anfertigung von Kanus, Seilen und anderen Gebrauchsgegenständen.

Es sind etwa 25 verschiedene Ulmenarten bekannt. Die größte Artenvielfalt findet sich in Ostasien, sie werden allerdings überwiegend regional genutzt und haben daher keinen Einfluss auf den europäischen Markt. Von den in Europa und Nordamerika heimischen Ulmenarten besitzen jeweils drei aufgrund der Häufigkeit ihres Vorkommens eine überregionale Bedeutung als Nutzholzlieferant. Das Strukturbild und die technische Eigenschaften dieser Hölzer weichen wegen des ähnlichen Aufbaus nur wenig voneinander ab. Im deutschen Sprachgebrauch wird die Ulme auch als Rüster bezeichnet.

Seit den 1920-er Jahren wird ein „Ulmensterben“ registriert. Als Ursache wird dafür eine von einem Pilz (*Ceratoxystis ulmi*) ausgelöste Krankheit gesehen, die von dem Ulmensplintkäfer verbreitet wird. Der Pilz verstopft die wasserführenden Gefäße des Baumes. Das führt zum Verwelken und schließlich zum Absterben der betroffenen Äste und letztendlich des ganzen Baumes. Ursprung dieser Krankheit war vermutlich die Niederlande, von dort breitete sie sich nach Westen (Amerika) und Osten bis Asien aus. Das Holz der Ulme ist daher nur begrenzt verfügbar. Mittlerweile ist durch das Einkreuzen resistenter Ulmenarten sowie forstliche Maßnahmen das Ulmensterben verlangsamt aber noch nicht ganz aufgehalten.²

¹ Nach: WAGENFÜHR, R. Seite 681

² Nach: <http://www.holzwissen.net/ulme.html>

Die Amerikanische Ulme wurde in vergangenen Jahren aufgrund seiner anmutigen vasenartigen Wuchsform weit verbreitet genutzt als Schattenspender und Straßen säumender Baum, da er eine große Toleranz gegenüber vielen Belastungen hat. So wächst er auch in einfachen Öden. Jedoch wächst die Amerikanische Ulme bevorzugt in der Nähe von Wasserläufen oder sumpfigen Gebieten.³ Der oben genannte Pilz breitete sich ab etwa 1930 in den USA aus. Durch den Befall ist die Population seit 1976 um die Hälfte dezimiert worden. Die Amerikanische Ulme ist der offizielle Staatsbaum der US-Bundesstaaten Massachusetts und North Dakota.⁴

Die wissenschaftliche Einordnung der Amerikanischen Ulme geht auf Carl von Linné (botanisches Autorenkürzel: „L.“) zurück, der die Grundlagen einer binominalen Nomenklatur (Linnésches System) entwickelte.^{5, 6, 7}

Rang	Einordnung	Deutschsprachige Bedeutung
Reich	Plantae	Pflanzen
(ohne Rang)	Embryophyta	Landpflanzen
Unterreich	Tracheobionta	Gefäßpflanzen
Überabteilung	Spermatophyta	Samenpflanzen
Abteilung	Magnoliophyta	Bedecktsamer
Klasse	Magnoliopsida/ Rosopsida	Einfurchenpollen - Zweikeimblättrige
Unterklasse	Rosidae	Rosenähnliche
Ordnung	Rosales	Rosenartige
Familie	Ulmaceae	Ulmengewächse
Gattung	Ulmus	Ulmen
Art	Ulmus americana	Amerikanische Ulme

Im der folgenden Belegaufgabe wird die Holzart Amerikanische Ulme näher untersucht. Zunächst wird die Verbreitung sowie weitere Regionalnamen dargestellt. Anschließend ist die Baumart sowie das Holz nach makro- und mikroskopischen Gesichtspunkten beschrieben. Dabei sind einzelne Strukturparameter vermessen. Zum Schluss werden chemische, physikalische sowie technologische Kennwerte gezeigt.

³ Nach: http://en.wikipedia.org/wiki/American_Elm

⁴ Nach: http://de.wikipedia.org/wiki/Amerikanische_Ulme

⁵ Nach: http://de.wikipedia.org/wiki/Carl_von_Linn%C3%A9

⁶ Nach: <http://www.f-lohmueller.de/botany/fam/u/Ulmaceae.htm>

⁷ Nach: http://de.wikipedia.org/wiki/Systematik_des_Pflanzenreichs

2 Herkunft und Verbreitungsgebiete der untersuchten Holzart sowie weitere Regionalnamen

Die Amerikanische Ulme zählt in den östlichen Staaten der USA und im südöstlichen Kanada zu den weitverbreiteten Laubholzarten. Sie ist die häufigste und typischste von sechs Ulmenarten in Nordamerika.

Wie in Deutschland die Flatterulme ist die Amerikanische Ulme wichtiger Bestandteil der Auenwälder in den Tälern großer Flüsse, beispielsweise des Mississippi über seinen gesamten Verlauf. Sie wurde aber auch millionenfach in den Städten gepflanzt.⁸

Auf der Abb. 2-1 ist eine Darstellung des nordamerikanischen Kontinents gezeigt. In ihr sind alle Bundesstaaten der USA bzw. alle Kanadischen Provinzen eingefärbt, in denen die Amerikanische Ulme nachgewiesen vorhanden ist.

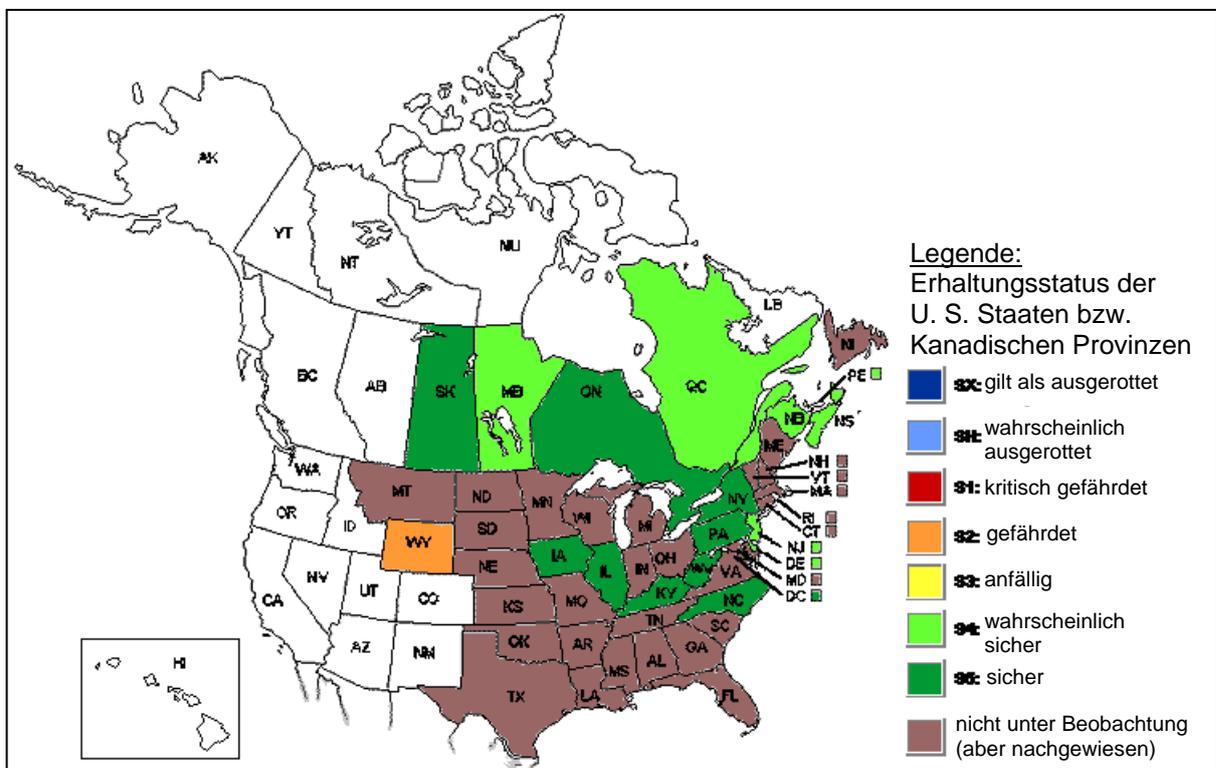


Abb. 2-1 -Verbreitungsgebiete sowie Erhaltungsstatus der Amerikanischen Ulme
(Quelle: <http://www.natureserve.org/explorer/servlet/NatureServe?searchName=Ulmus+americana+>)

Zusätzlich ist in der Abb. 2-1 der NatureServe Erhaltungsstatus entsprechend der Legende angegeben. Dieser Status entspricht einer von NatureServe entwickelten Rangliste für die Gefährdung von Arten in globaler und nationaler Hinsicht. Dieses System beobachtet so die Wahrscheinlichkeit eines Aussterbens.⁹

⁸ Nach: http://en.wikipedia.org/wiki/American_Elm

⁹ Nach: http://en.wikipedia.org/wiki/NatureServe_conservation_status

Fast jeder Bundesstaat in den USA und fast jede Provinz in Kanada ist von der Ulmenkrankheit betroffen. Schon frühzeitig war die Amerikanische Ulme aus diesem Grund Gegenstand intensiver Züchtungsbemühungen. Die heute wichtigsten Sorten sind:

- Ulmus americana „American Liberty“
- Ulmus americana „Ascendens“
- Ulmus americana „Augustine“
- Ulmus americana „Aurea“
- Ulmus americana „Brandon Ascending“
- Ulmus americana „Columnaris“
- Ulmus americana „Delaware“
- Ulmus americana „Independence“
- Ulmus americana „Jefferson“
- Ulmus americana „L'Assumption“
- Ulmus americana „Libertas“
- Ulmus americana „Liberty“
- Ulmus americana „Maine“
- Ulmus americana „New Harmony“
- Ulmus americana „Pendula“
- Ulmus americana „Princeton“
- Ulmus americana „Valley Forge“

Eine Reihe davon ist gezielt auf eine erhöhte Resistenz gegen Krankheit gezüchtet worden, in Europa am bekanntesten ist die Sorte „Princeton“.¹⁰

Folgende internationale Synonyme bezeichnen den Baum Amerikanische Ulme:

Botanische Art (nach DIN EN 13556)	<i>Ulmus Americana</i> L.
Internationaler Code (nach DIN EN 13556)	ULAM
Englische Bezeichnung	white elm (Standardname nach DIN EN 13556), water elm, soft elm, rock elm, Florida elm
Französische Bezeichnung	orme blanc d'Amérique (Standardname nach DIN EN 13556), orme d'Amérique, orme blanc
Deutsche Bezeichnung	Amerikanische Ulme (Standardname nach DIN EN 13556), Weißulme, Amerikanische Rüster

¹⁰ Nach: http://www.ulmenbuero.de/handbuch/ulmus/u_americana.html

3 Beschreibung und Darstellung der Baumart

Die Amerikanische Ulme tritt nicht in Reinbeständen auf, sondern ist vergesellschaftet mit den amerikanischen Vertretern der Birken, Erlen, Eschen und Ahorne, aber auch mit Arten wie Hickory, Liquidambar, Pekan-Nuss, Tupelo-Baum und Zürgelbaum. Der Baum ist sehr widerstandsfähig und kann Temperaturen im Winter bis -42°C überleben. In Gebieten, die von der Ulmenkrankheit verschont sind, kann sie rund 300 Jahre alt werden.

Die Amerikanische Ulme (siehe Abb. 3-1) ist ein Laubbaum. Sie wächst sehr schnell und kann bis zu 40 Meter hoch werden mit einem maximalen Stammdurchmesser von 1,2 Metern. Der astfreie Stammschaft ist bis zu 10 Meter lang. Die Krone ist hoch und ausgebreitet, der Kronendurchmesser kann bis zu 30 Meter betragen.

Die Amerikanische Ulme ist zweigeschlechtlich, sie hat sowohl weibliche als auch männliche Blüten, und ist daher fähig, sich selbst zu bestäuben. Hauptsächlich werden die Blüten windbestäubt. Ihre fruchtbare Reife erreicht die Amerikanische Ulme in einem Alter von ca. 15 Jahren, die Samen keimen sofort beim ersten Bodenkontakt.¹¹



Abb. 3-1 - Amerikanische Ulme
(Quelle http://en.wikipedia.org/wiki/American_Elm)

¹¹ Nach: http://en.wikipedia.org/wiki/American_Elm

Die einfachen Blätter wachsen abwechselnd am Zweig und sind 30-80mm breit sowie 80-130mm lang. Sie sind an den Rändern doppelt gezackt, die Basis ist deutlich sichtbar. Die Blattoberseite ist grün und glatt oder leicht rau (siehe Abb. 3-2, links).

Die Blüten sind klein, violett bis braun und haben keine Blütenblätter. Sie hängen in Büscheln zu drei bis fünf Blüten herunter und treiben im frühen Frühling bevor die ersten Blattknospen sich öffnen (siehe Abb. 3-2, 2. von links).

Die Frucht ist eine runde, plättchenförmige Flügelfrucht mit einem Durchmesser von 6 bis 10mm. Sie ist an der Spitze tief gefurcht und bis auf die Ränder haarlos. Sie entwickeln sich im Frühling (siehe Abb. 3-2, Mitte).

Die rötlich braunen Zweige sind schmal, kahl und leicht zickzackförmig. Die Knospen sind eiförmig, etwa 6mm lang, rötlich braun mit dunklen Enden. Sie sitzen immer leicht versetzt am Zweig (siehe Abb. 3-2, 2. von rechts).

Die Rinde ist dunkel bis aschgrau. Die flach kreisförmigen Furchen sind durch rautenförmige Risse voneinander getrennt (siehe Abb. 3-2, rechts).

Im Freien teilt sich der Stamm normalerweise in verschiedene, aufsteigende Hauptäste geteilt, die in anmutig herunter hängenden Zweigen enden.¹²



Abb. 3-2 - Von links nach rechts: Blatt; Blüte; Frucht; Zweig mit Knospen; Rinde
(Quelle: <http://www.cnr.vt.edu/DENDRO/dendrology/syllabus/factsheet.cfm?ID=41>)

¹² In Anlehnung an: <http://www.cnr.vt.edu/DENDRO/dendrology/syllabus/factsheet.cfm?ID=41>

4 Beschreibung des Holzes

4.1 Beschreibung des Holzes nach makroskopischen Merkmalen

Die Amerikanische Ulme ist ein Kernreifholzbaum. Das Splintholz ist gelblich-weiß bis grau und schmal bis breit. Das Kernholz ist braun bis hellbraun und kann lebhaft über hellgrau, grüngelb bis rotbraun schwanken. Es zeigen sich farblich oft drei deutlich unterscheidbare Zonen: Splint (hell), Reifholz (etwas dunkler), Kernholz (dunkel bis ziemlich dunkel). Eine längere Lagerung führt zur Angleichung der Farbe von Splint- und Kernholz.¹³ Die Textur im Radialschnitt ist gestreift und im Tangentialschnitt gefladert.

Die Amerikanische Ulme ist ringporig. Die Jahrringgrenzen und die Frühholzporen sind im Querschnitt deutlich und mit bloßem Auge erkennbar. Die Gefäße im Frühholz sind in mehrreihigen Ringen angeordnet. Die Holzstrahlen und Spätholzporen sind erst mit einer Lupe sichtbar und wellenförmig angeordnet.

Im Radialschnitt sind die mitunter relativ breiten Markstrahlen als dunklere Spiegel gut sichtbar. Der Radialschnitt hat einen natürlichen Glanz.

Im Tangentialschnitt sind die Längsgefäße des Frühholzes als Furchen gut erkennbar. Die Fladerstruktur ist aufgrund des Farbunterschiedes von Früh- und Spätholz gut sichtbar.

4.2 Beschreibung des Holzes nach mikroskopischen Merkmalen und Ermittlung ausgewählter Abmessungen von Strukturelementen

Die Gefäße der Amerikanischen Ulme sind ringporig angeordnet. Die Frühholzporen sind 1- bis 3-reihig und einzeln oder paarig angeordnet. Die Spätholzporen sind in meist 2- bis 3-reihigen unterbrochenen oder zusammenhängenden Tangentialbändern angeordnet. Mit 95-200 µm (durchschnittlich 150 µm) sind die Frühholzporen groß und mit 34-65 auf 1 mm² (durchschnittlich 50) zahlreich. Die Spätholzporen sind mit 20-60 µm (durchschnittlich 35 µm) sehr klein und mit etwa 230 auf 1 mm² äußerst zahlreich. Der Porenanteil beträgt 15-35 % (durchschnittlich 29 %), in den Frühholzgefäßen sind dünnwandige Thyllen vorhanden.

Das Längsparenchym hat einen Anteil von etwa 6 %. Die Anordnung ist apotrachealmarginal, paratracheal-vasizentrisch bzw. konglomerat (Spätholzbereich).

¹³ Nach: <http://www.schreiner-seiten.de/holzarten/index.htm>

Die Holzstrahlen homogen und unregelmäßig angeordnet. Ihre Höhe beträgt 160-990 μm (durchschnittlich 480 μm) bei 15 bis 40 Zellen. Ihre Breite beträgt 16-89 μm (durchschnittlich 48 μm) bei 1 bis 7 Zellen). Im Tangentialschnitt haben sie einen Anteil von etwa 14 % und haben eine Dichte von 5 bis 7 je Millimeter.

Die Fasern (Libriformfasern, Gefäßtracheiden) haben einen Anteil von etwa 51 % und sind unregelmäßig angeordnet, der Verlauf ist gerade, drehwüchsig oder tangential gewellt. Die Wanddicke beträgt 4,5-7,8 μm , die Lumen sind 2,2-5,5 μm groß. Die Länge der Fasern beträgt 900-2.400 μm (durchschnittlich 1.200 μm).

Die Spätholzgefäße haben häufig spiralförmige Verdickungen. Vereinzelt gibt es Kristalle im Längsparenchym.¹⁴

Die Darstellungen Abb. 4-1 bis Abb. 4-4 zeigen mikroskopische Aufnahmen der Amerikanischen Ulme. Alle Aufnahmen entstanden mittels Durchlichtmikroskopie von Langzeitpräparaten. Ein Langzeitpräparat ist diesem Beleg in beigelegt.

In der Abb. 4-1 ist ein Querschnitt abgebildet. Der Übergang von Früh- zu Spätholz sowie die Holzstrahlen sind klar erkennbar. Deutlich ist die wellenförmige, 2- bis 3-reihige Anordnung der Spätholzporen. Die Breite des Frühholzes ist auf dieser Abbildung 1.200 μm und das Spätholz 1.000 μm breit. Eine Vermessung der Porendurchmesser ergab für die Frühholzgefäße einen mittleren Durchmesser von 170-260 μm bei einem Durchschnitt von 210 μm . Der Porendurchmesser im Spätholz schwankt zwischen 23 und 70 μm und beträgt im Mittel 41 μm . Die Parenchymanordnung ist paratracheal.

Die Abb. 4-2 zeigt den Tangentialschnitt der Amerikanischen Ulme. Deutlich sichtbar sind die Holzstrahlen, die auf dieser Darstellung zwischen 80 und 600 μm hoch sowie 40-100 μm breit sind. Damit sind sie mittel-hoch und breit. Die Zusammensetzung der Holzstrahlen ist homogen.

Die Aufnahmen in Abb. 4-3 und Abb. 4-4 zeigen Radialschnitte der Amerikanischen Ulme. Auch hier sind die Holzstrahlen sehr deutlich zu erkennen. Die Gefäße der Holzstrahlen heben sich deutlich von den Längsgefäßen ab. Der Holzstrahl auf Abb. 4-4 ist 440 μm hoch, die einzelnen Fasern messen zwischen 9 und 12 μm .

¹⁴ Nach: WAGENFÜHR, R. Seite 680



Abb. 4-1 - Querschnitt der Amerikanischen Ulme

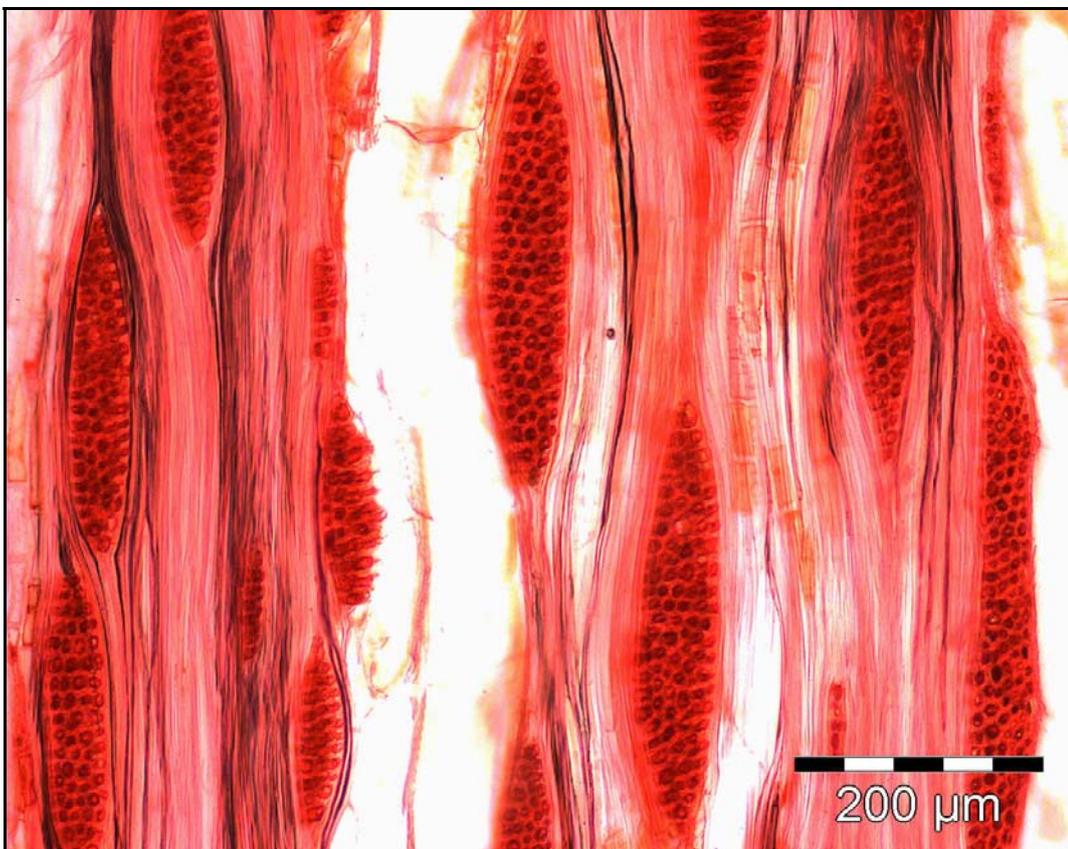


Abb. 4-2 - Tangentialschnitt der Amerikanischen Ulme



Abb. 4-3 - Radialschnitt der Amerikanischen Ulme

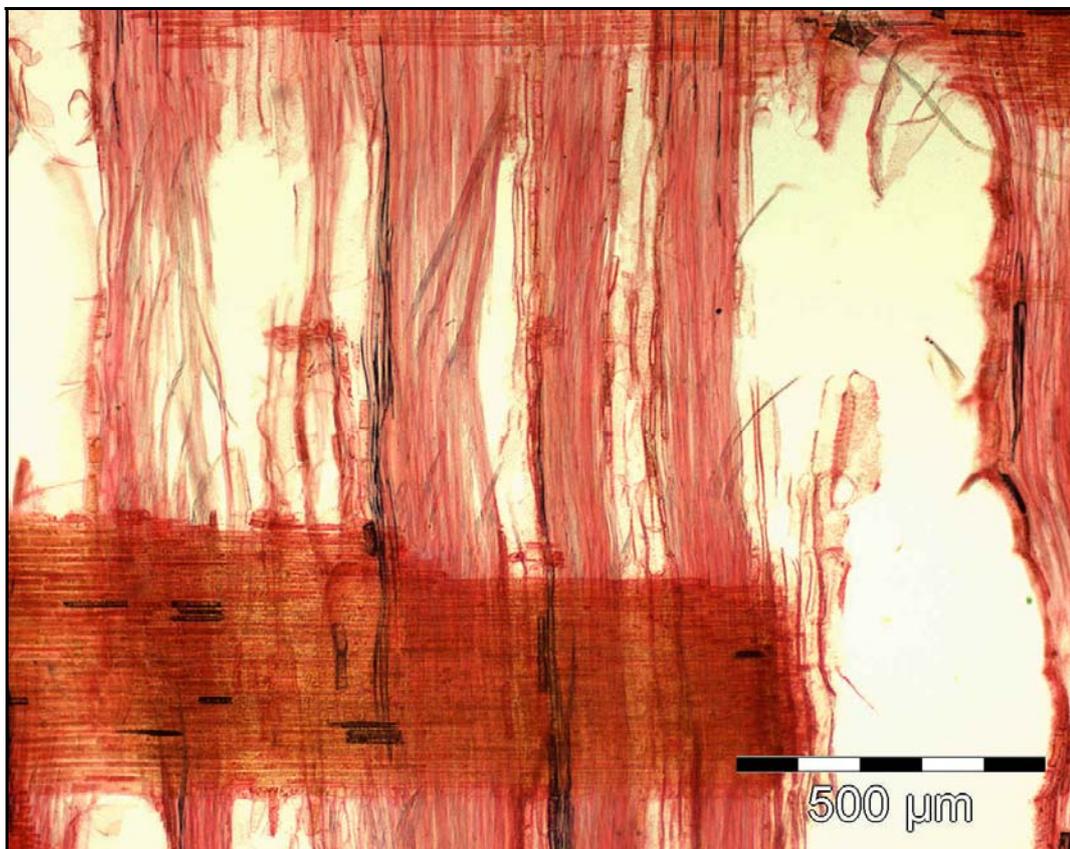


Abb. 4-4 - Radialschnitt der Amerikanischen Ulme

5 Darstellung chemischer, physikalischer und technologischer Kennwerte

Die folgende Auflistung enthält dokumentierte Kennwerte der Amerikanischen Ulme (Quelle: WAGENFÜHR, R. Seite 680 f.)

Chemische Kennwerte	
Benzol-Alkohol-Auszug	etwa 1,6%
Etherauszug	0,5...0,8%
Wasserlöslichkeit	1,6...3,7% heiß; 1,8...2,1% kalt
Lignin	20,5...27,3%
Gesamtzucker	73...80,3%
Zellulose	35,9...55,2%
Pentosane	12,2...23,7%
Acetylgruppen	3,9...6,0%
Asche	0,3...0,9%
pH-Wert	etwa 6,4
Sonstiges	Methoxyl: 5,3...6,6%
Physikalische Kennwerte	
Darrdichte	$\rho_{dtr} = 440...640...820 \frac{kg}{m^3}$
Rohdichte	$\rho_{12...15\%} = 480...680...850 \frac{kg}{m^3}$; $\rho_{grün} = 750...850...1.050 \frac{kg}{m^3}$
Porenanteil	$c \approx 58\%$
Schwindsatz längs	$\beta_l = 0,3\%$
Schwindsatz radial	$\beta_r = 4,6...4,8\%$
Schwindsatz tangential	$\beta_t = 6,9...8,3\%$
Volumenschwindsatz	$\beta_v = 11,8...13,8\%$
Schwindsatz bei 1% Feuchteabnahme	<i>Volumen</i> : 0,39...0,46% , <i>radial</i> : 0,20% ; <i>tangential</i> : 0,28%
Wärmeleitzahl	$\alpha_{\perp} = 0,14 \frac{W}{m \cdot K}$
Druckfestigkeit	$\sigma_{dB} = 33...46...56 \frac{N}{mm^2}$
Biegefestigkeit	$\sigma_{bB} = 65...72...111 \frac{N}{mm^2}$

Zugfestigkeit	$\sigma_{zB,\parallel} = 65...80...210 \frac{N}{mm^2}$; $\sigma_{zB,\perp} \approx 4,0 \frac{N}{mm^2}$
Scherfestigkeit	$\tau_{aB} = 6,9...11,0 \frac{N}{mm^2}$
Härte nach Brinell	$HB_{\parallel} \approx 64 \frac{N}{mm^2}$; $HB_{\perp} \approx 30 \frac{N}{mm^2}$
E-Modul	$E_{b,\parallel} = 5.900...11.000...16.000 \frac{N}{mm^2}$
Spaltfestigkeit	$\sigma_s = 0,6...0,7 \frac{N}{mm^2}$
Kennwerte nach DIN 68364	Rohdichte: $\rho_N = 0,65 \frac{g}{cm^3}$ Elastizitätsmodul: $E_m = 11.000 \frac{N}{mm^2}$ Zugfestigkeit: $f_t = 80 \frac{N}{mm^2}$ Biegefestigkeit: $f_m = 81 \frac{N}{mm^2}$ Druckfestigkeit: $f_c = 51 \frac{N}{mm^2}$ Scherfestigkeit: $f_v = 7 \frac{N}{mm^2}$
Technologische Kennwerte	
Trocknung	Die Trocknung ist mäßig gut und langsam und schonend durchzuführen. Das Holz neigt zum Werfen und Reißen und hat gutes Stehvermögen. Anfangstemperaturen 60...70°C
Verklebung	Die Verklebung ist gut und ohne Schwierigkeiten möglich.
Oberflächenbehandlung	Das Holz ist gut beiz- und lackierbar.
Sonstiges	Das gedämpfte Holz der Amerikanischen Ulme ist sehr gut biegsam. Das Holz ist nur befriedigend imprägnierbar.
Bekannte Holzfehler	Krümmungen, Unrundheit (Spannrückigkeit, Hohlkehligkeit, Wurzelanläufe), Drehwuchs, Wasserreiser, Wasserreiserkröpfe, Maserkröpfe, Zwiesel, unvollständige Verkernung (Mondringe), oxidative Verfärbungen durch Eisen-Gerbstoffreaktion (Grünfärbung), Frostrisse, Frostleisten, Ringschalen, Spinnen, Fäulen, Fraßgänge

Bekannte Holzschädlinge	<u>Pilze:</u> <i>fomes fomentarius</i> Fr., <i>Polyporus hispidus</i> Fr., <i>P. squamosus</i> Fr.: verursachen Weißfäule <i>Nectria</i> spp.: verursacht u. a. Krebs <u>Insekten:</u> <i>Cerambyx scopolii</i> Laich., <i>Xyleborus monographus</i> F., <i>Xyloterus domesticus</i> L., <i>X. signatus</i> F., <i>Cossus cossus</i> L., <i>Zeuzera pyrina</i> L. u. a.
Dauerhaftigkeit	nicht witterungsfest <u>Splintholz:</u> gering; <u>Kernholz:</u> besonders in der Erde und unter Wasser ziemlich dauerhaft
Dauerhaftigkeit nach DIN EN 350-2	<u>Natürliche Dauerhaftigkeit:</u> -gegen Pilze: 4 (wenig dauerhaft) -gegen Anobium: S (anfällig) -gegen Termiten: S (anfällig) <u>Tränkbarkeit</u> -Splintholz: 1 (gut tränkbar) -Kernholz: 2-3 (mäßig-schwer tränkbar) <u>Splintholzbreite</u> -schmal, 2-5cm (s nach DIN EN 350-2)

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 2-1 - Verbreitungsgebiete sowie Erhaltungsstatus der Amerikanischen Ulme	6
Abb. 3-1 - Amerikanische Ulme	8
Abb. 3-2 - Von links nach rechts: Blatt; Blüte; Frucht; Zweig mit Knospen; Rinde	9
Abb. 4-1 - Querschnitt der Amerikanischen Ulme	12
Abb. 4-2 - Tangentialschnitt der Amerikanischen Ulme	12
Abb. 4-3 - Radialschnitt der Amerikanischen Ulme	13
Abb. 4-4 - Radialschnitt der Amerikanischen Ulme	13

Literatur- und Quellenverzeichnis

- WAGENFÜHR, R. (2007): Holzatlas. 6., neu bearb. und erw. Aufl., München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. 2007
- DIN EN 13556:2003: Rund- und Schnittholz - Nomenklatur der in Europa verwendeten Handelshölzer. Oktober 2003
- DIN 68364:2003: Kennwerte von Holzarten - Rohdichte, Elastizitätsmodul und Festigkeiten. Mai 2003
- DIN EN 350-2:1994: Dauerhaftigkeit von Holz- und Holzprodukten - Natürliche Dauerhaftigkeit von Holz. Oktober 1994
- o. V.: http://de.wikipedia.org/wiki/Amerikanische_Ulme (online: 06.01.2008)
- o. V.: http://en.wikipedia.org/wiki/American_Elm (online: 06.01.2008)
- o. v.: <http://www.cnr.vt.edu/DENDRO/dendrology/syllabus/factsheet.cfm?ID=41> (online: 06.01.2008)
- o. V.: http://www.ulmenbuero.de/handbuch/ulmus/u_america.html (online: 20.01.2008)
- o. V.: <http://www.holzwissen.net/ulme.html> (online: 25.01.2008)
- o. V.: http://www.efloras.org/object_page.aspx?object_id=7177&flora_id=1 (online: 24.01.2008)
- o. V. (2007): <http://www.natureserve.org/explorer/servlet/NatureServe?searchName=Ulmus+americana+> (online: 24.01.2008)
- o. V.: http://de.wikipedia.org/wiki/Carl_von_Linn%C3%A9 (online: 24.01.2008)
- o. V.: http://en.wikipedia.org/wiki/NatureServe_conservation_status (online: 26.01.2008)
- SEILER, J. R. u. a. (2008): <http://www.cnr.vt.edu/DENDRO/dendrology/syllabus/factsheet.cfm?ID=41> (online: 26.01.2008)
- o. V.: <http://www.schreiner-seiten.de/holzarten/index.htm> (online: 26.01.2008)
- o. V.: <http://www.f-lohmueller.de/botany/fam/u/Ulmaceae.htm> (online: 30.01.2008)
- o. V.: http://de.wikipedia.org/wiki/Systematik_des_Pflanzenreichs (online: 30.01.2008)

Langzeitpräparat der Amerikanischen Ulme