



Institut für Werkstoffe des Bauwesens
Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften

Praktikumsskript Werkstoffe und Bauchemie I Kunststoffe & Holz

Univ.-Prof. Dr.-Ing. K.-Ch. Thienel

Wintersemester

der Bundeswehr
Universität  *München*

I. Inhaltsverzeichnis

I. Inhaltsverzeichnis	2
1. Kunststoffe I	3
1.1. Praktikumsinhalt	3
1.2. Duromere	5
1.3. Elastomere	6
1.4. Haptisch-Visueller Test	8
1.5. Erwärmungstest	9
1.6. Verbrennungstest	10
1.7. Abkürzungen und Kurzzeichen aus der Kunststoffchemie	11
2. Kunststoffe II	12
2.1. Praktikumsinhalt	12
2.2. Thermoplaste	13
3. Holz	17
3.1. Praktikumsinhalt	17
3.2. Aufbau des Holzes	17
3.3. Klasseneinteilung	18
3.4. Holzfehler/-schäden	18
3.5. Astigkeit	18
3.6. Jahresringbreite	19
3.7. Faserneigung	19
3.8. Festigkeit	20

1. Kunststoffe I

1.1. Praktikumsinhalt

Das Praktikum behandelt folgende Themen:

- Theoretischer Teil:
 - Kurze Einführung bzw. Auffrischung der Kunststoffchemie
 - Übersicht über die Hauptgruppen Thermoplaste, Duromere und Elastomere
- Praktischer Teil:
 - Vorstellung der Kunststoffgruppen Duromere und Elastomere:
 1. kurze Beschreibung
 2. Vorzeigen und Herumreichen ausgewählter Schaustücke
 3. Aufzeigen von Erkennungsmerkmalen
 4. Verschiedene Versuche

Notizen:

Tabelle 1.1: Kunststoffe – Einteilung und Übersicht

KUNSTSTOFFE: EINTEILUNG UND ÜBERSICHT		
Thermoplaste = Plastomere	Duromere	Elastomere
<p>schmelzbar Formgebung reversibel endgültiges Produkt erhält seine Form durch Spritzguß Recycling werkstofflich (sortenrein wiederverwertbar) nicht oder kaum vernetzte Fadenmoleküle Härte beliebig einstellbar</p>	<p>nicht schmelzbar Formgebung irreversibel Vorprodukt härtet in einer Form aus Recycling rohstofflich (Kunststoff muss bis zur Rohstoffstufe herab zersetzt werden) wenig vernetzte Fadenmoleküle hart</p>	<p>Recycling rohstofflich (Kunststoff muss bis zur Rohstoffstufe herab zersetzt werden) wenig vernetzte Fadenmoleküle weich</p>
<p>Bezeichnung Abk. Anwendungsbereich</p> <p>Polymethacrylamid PMI wärmebeständiger Hartschaumstoff</p> <p>Polymethylpenten PMP Laborgefäße</p> <p>Polyacrylamid PPA wärmefeste Verstärkungsfasern</p> <p>Polyimide PI hitzefest, flex. Leiterplatten, Flachkabel</p> <p>Polyacetale POM Präzisionsteile der Mikro-technik z.B. Medizin</p> <p>Polypropylen PP Folien,</p> <p>Polyethylen PE Röhre für Erdverlegung Folien, Verpackungs-schaum, hoch vorgestreckt</p> <p>PE-Vinyl-Copolymere EVA Aufschmelzfolien</p> <p>Polyethylen-terephthalat PET Folien, Präzisionsteile</p> <p>Polybutylen-terephthalat PBT Folien, Präzisionsteile</p> <p>Polycarbonat PC Präzisionsteile, Optik</p> <p>Polyvinylcarbazol PVK Kunststoffhalbleiter, Solarzellen</p> <p>Polyisobutylen PIB Dichtungsmasse,</p> <p>Polyamide PA Dichtungsbahnen Fasern, abriebfeste Prätz.-Teile, z.B. Zahnräder</p> <p>Polystyrol PS Präzisionsteile, Optik</p> <p>Acryl-Butadien-Styrol ABS schlagzähe, hochfeste Teile</p> <p>Polyvinylacetat PVA Beschichtungen, Lacke, Kleber (UHU)</p> <p>Polyethylmethacrylate PMMA Plexiglas, Acrylglas, Sekundenkleber</p> <p>Polyvinylchlorid PVC Fußbodenbeläge, Fensterprofile, Elektroinstallation</p> <p>Polyvinylalkohol PVAL öfeste Schläuche und Dichtungen</p> <p>Cellulose (1) Fasern, Folien</p>	<p>Bezeichnung Abk. Anwendungsbereich</p> <p>Polymere Carbonfasern C-F sehr zugfeste Fasern</p> <p>Polydiallylphthalat PDAP elektrische Bauteile unter extremen Klimabedingungen</p> <p>Epoxydharze EP (Meißeaktionen, Militär) Beschichtungen, Dachdeckung, Tanks, Zweikomponentenkleber</p> <p>Melaminharze MF Rißsanierungsmittel</p> <p>Alkydharze (2) Möbelbeschichtungen (Resopal), Leime</p> <p>Furanharze (2) Dichtungsmassen</p> <p>Harnstoffharze UF hochfeste Holzleime</p> <p>Kresolharze CF Schalttafeln, Spanplatten Elektroinstallation (Schalter, Sockel usw.)</p> <p>Phenolharze PF in Altbauten</p> <p>Galalith CS Schaumstoffe</p> <p>Polytetrafluorethylen (Teflon) PTFE Ziergegenstände Beschichtungen, Dichtungen, Gleitmittel</p>	<p>Bezeichnung Abk. Anwendungsbereich</p> <p>Polyepichlorhydrin CHR Chem. Hilfsstoff, Explosivstoffherstellung</p> <p>Ethylen-Copolymerisat-ECB ECB-Dachbahnen</p> <p>Bitumen CSM witterungsbeständige Abdeckungen</p> <p>Polyethylen, chlor-sulfoniert ACM Dispersionsfarben, Hilfsstoff zur Kunststoffherst.</p> <p>Polyacrylester PUR Schaumstoffe, Folien, Montageschaum,</p> <p>Polyurethan (3) SI Lacke, Antriebsriemen</p> <p>Silikon Fugenmasse, Dichtungen, hitzefeste Elektro-installation</p> <p>Polychlorbutadien CR Kleber, Leime (wasserfest)</p> <p>Polysulfidkautschuk T Baufugendichtungen, Auskleidungen</p> <p>Polybutadien BR Dichtungsbahnen, Profile</p> <p>Naturkautschuk NR Matratzen, Bodenbeläge</p> <p>Synth. Kautschuk IR Reifen, Dichtungen, (Polyisopren, Neopren) Profile, Beschichtungen, Dichtungsbahnen</p>
<p>Legende: (1) mehrere Kunststoffe mit verschiedenen Kurzzeichen (2) keine Kurzbezeichnung nach DIN 7728 Teil 1 vergeben (3) auch thermoplastische Modifikationen möglich</p>		
<p>Begriffbestimmungen in den neuen Bundesländern: PLASTE: Duroplaste + harte Thermoplaste ELASTE: Elastomere + elastische Thermoplaste</p>		

Tabelle 1.2: Vorauswahl nach Produktgruppe

Es sind nur besonders häufige und typische Anwendungen aufgeführt, die zur Identifizierung des Kunststoffes führen können. Es werden jedoch für jede Produktgruppe noch weitere Kunststoffe eingesetzt.			
Vor einer endgültigen Zuordnung sind weitere Tests vorzunehmen.			
Produktgruppe	Charakteristische Eigenschaften	Kunststoffart	Wichtigste Verwendungen
Dichtungs- und Verpreßmassen	Gummigeruch beim Erhitzen	Polybutadien	Baufugenabdichtung
	Weißglut im Verbrennungstest, weißer Rauch	Silikon	Sanitär- und Küchenbereich
	unregelmäßig wulstförmiger Schaum	Polyurethan	Fenster- und Türrahmen, Injektionen
	graues Schaumstoffprofil	Polyurethan	Baufugenabdichtung
Flaschen	brennt rußend, verkohlt stark	Epoxidharz	Rißverpressung
	brennt tropfend mit Geräusch	Polyethylen	Reinigungsmittel, Chemikalien
	brennt stark rauchend	PET (Polyethylenterephthalat)	Getränke, meistens Einwegflaschen
	brennt stark rußend (in Flocken)	PC (Polycarbonat)	Getränke, oft Mehrwegflaschen
Folien, Dichtungsbahnen, Beläge	Beilstein-positiv	PVC (Polyvinylchlorid)	nur noch selten verwendet
	brennt tropfend mit Geräusch	Polyethylen+ Polypropylen	Wasserbau, Deponieabdichtung, Geovlies
	Gummigeruch beim Erhitzen	Polyisobutylene	Dachdichtungsbahnen
	Beilstein - positiv	PVC (Polyvinylchlorid)	Dachdichtungsbahnen, Fußböden
	wachsartig-gummiartiger Geruch beim Erhitzen	EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Methylkautschuk)	Flachdachdichtung, hinterlüftete Fassaden, Teichfolie
	wachsartig-säuerlicher Geruch beim Erhitzen	EVA (Ethylenvinylacetat)	Kältefeste Anwendungen, Einschweißfolie
	Beilstein - positiv	PVC (Polyvinylchlorid)	Verpackungsfolien (selten)
Gewebe	brennt rußend, verkohlt stark	Epoxidharz	Beton-, Estrichbeschichtungen
	Papiergeruch nach Verbrennung	Cellulose	Lebensmittelverpackung
	brennt tropfend mit Geräusch	Polypropylen	Einweg-Schutzanzüge, Geovlies
	hornartiger Geruch nach Erhitzen	Polyamid	Kleidung, Folienverstärkung (Perlon, Nylon)
	brennt rußend, verkohlt stark	Polyester	Kleidung: Dralon (Wollersatz)
	brennt stark rauchend	PET (Polyethylenterephthalat)	Fleecegewebe
Kabelisolierung	Papiergeruch nach Verbrennung	Cellulose	Kleidung, Viskoseseide (Baumwollersatz)
	Beilstein - positiv	PVC (Polyvinylchlorid)	Kabel, Isolierschlauch (Massenanwendung)
	Gummigeruch beim Erhitzen	Polybutadien	Kabel für für harten Einsatz, warmfest
	Weißglut im Verbrennungstest, weißer Rauch	Silikon	Kabel und Isolierschlauch hitzefest (Heizgeräte, Halogenlampen)
	brennt tropfend mit Geräusch	Polyethylen	Hochfrequenzkabel (Innenisolierung)
Kleber	unbrennbar	Teflon	hochhitzefest, Hochfrequenzanwendung
	brennt nach Verkohlen weiter	Methylcellulose	Tapetenkleister
	essigähnlicher Geruch beim Erhitzen	Polyvinylacetat	Universalkleber, Holzleim
	ausgehärtetes Produkt brennt knisternd	Acryl	Sekundenkleber
	brennt rußend, verkohlt stark	Epoxidharz	Zweikomponentenkleber
	Gummigeruch beim Erhitzen	Polybutadien	für Dichtungsbahnen
	wachsartig-säuerlicher Geruch beim Erhitzen	EVA	Schmelzkleber (am häufigsten, oft Copolymerisate)
	Phenolgeruch beim Erhitzen	Phenol-Formaldehyd	E1-Spanplatten, sonst a. Aminoplastkleber
Optische Bauteile	dunkelbraun	Furan	hochfeste Holzverbindungen
	brennt orangefarben, stark rußend	Polystyrol	einfache optische Anwendungen
	brennt stark (in Flocken) rußend	PC (Polycarbonat)	Brillen, Projektoroptiken, Rücklichter, CDs
Rohre	brennt knisternd	Acryl	Projektoroptiken
	brennt tropfend mit Geräusch	Polypropylen	Wasserleitungen, Leerrohre für Erdverlegung KG - Abwasserrohr warmfest (grau, grün)
Platten (meist durchsichtig)	Beilstein-positiv	PVC (Polyvinylchlorid)	KG - Abwasserrohr f. Kaltwasser (braun)
	brennt stark (in Flocken) rußend	PC (Polycarbonat)	Trennwände, Terrassendächer bes. bruchfest
Schäume	brennt knisternd	Acryl	Trennwände, Terrassendächer
	wachsartig; in Aceton quellend, aber unlöslich	Polyethylen	Verpackungsformteile, Schaumfolien
	hart, weiß oder pastellfarben, sofort löslich in	Polystyrol (Styropor)	Dämmung, Verpackungsformteile, Flocken,
	in Aceton allmählich quellend	Polyurethan	"Fensterschaum", besonders druckfeste Dämmlage (Estrich), Dämmwulste, Rohrdämmung, Haushalts-schwämme
	schwarz / grau, Gummigeruch, teilweise	Polybutadien (Chlor/Neopren)	Dichtprofile
Schläuche	Beilstein - positiv	PVC (Polyvinylchlorid)	Haushalt (selten)
	schwarz, grau, oder rot, Gummigeruch	Polybutadien	Wasserschlauch für harten Einsatz
	Beilstein-positiv	PVC (Polyvinylchlorid)	Wasserschlauch (Garten), Chemie
	Weißglut im Verbrennungstest, weißer Rauch	Silikon	Chemie, Lebensmittelabfüllung
Schutzhauben, -helme	fauliger Geruch beim Erhitzen	Polyvinylalkohol	ölfeste Schläuche
	Verstärkungsfasern sichtbar	Polyester/Epoxidharz	Schutzhelme
	brennt stark rußend (in Flocken)	PC (Polycarbonat)	Schutzhelme, Sicherheitsabdeckungen für Werkzeugmaschinen und Elektroverteiler
Seile	brennt knisternd	Acryl	Abdeckhauben für Konsumelektronik
	nicht dehnbar, zieht sich in der Hitze zusammen, brennt tropfend mit Geräusch	Polyethylen	Dyneema (reckfreie Leinen)
	fühlt sich hart an, brennt tropfend mit Geräusch	Polypropylen	Abschleppseile, Lotschnur
	hornartiger Geruch nach Erhitzen	Polyamid	Universalanwendung
Verpackung	brennt rußend, verkohlt stark	Polyester	ölfeste Leinen
	nur als steife Folie verwendet	PET (Polyethylenterephthalat)	Blisterverpackungen
	wachsartiger Griff, quillt langsam in Aceton	Polyethylen - Schaum	hochdruckfeste Formteile
Zahnräder, hochbelastete mechanische Teile	löst sich sofort in Aceton	Polystyrol - Schaum	Formteile, Flocken
	trüb	Polyamid	Massenanwendung, Unterhaltungselektronik
	durchsichtig	Polyacetale	Präzisionsgeräte, Mikrotechnik

1.4. Haptisch-Visueller Test

Tabelle 1.3: Haptisch-Visuelle Beurteilung

Die Kunststoffe sind (1.) nach zunehmender Härte und (2.) nach abnehmender Durchsichtigkeit geordnet. Die Durchsichtigkeit kann bei pigmentgefärbten und gefüllten Kunststoffen nicht beurteilt werden.		
1. Härte und Griff	2. Aussehen	Kunststoffart
sehr weich, gummielastisch (schnelle Rückbildung)	undurchsichtig bis etwas durchscheinend	alle Elastomere, auch gefüllt und verstärkt
	etwas durchscheinend bis transparent	spezielle Elastomere ungefüllt
weich, elastisch (langsame Rückbildung)	durchsichtig	Polyvinylchlorid, weichgemacht
	durchscheinend	Hochdruck-Polyethylen
	undurchsichtig	hochgefüllte Elastomere, Polyisobutylen
mittelhart, fettiger, wachsartiger Griff	durchscheinend bis undurchsichtig	Polyethylen -hohe Dichte, Polypropylen und ihre Mischpolymerisate ungefüllt
mittelhart, wenig elastisch, nur als Folie oder Faser ausgeprägt elastisch	durchsichtig	Polyvinylchlorid, Cellulosen, Polyvinylacetat, Polyvinylalkohol
	durchscheinend bis undurchsichtig	Polystyrol, Polyacrylnitril, Polyamid
		Polyurethan, Polyvinylcarbazol
hart, fast unelastisch	durchsichtig	Polyvinylchlorid -schwach weichgemacht,
	durchscheinend	Polyvinylidenchlorid, Cellulosen, Epoxidharz weichgestellt
	undurchsichtig	Polyacrylnitril, Polyamid, Polyurethan, Polyfluorcarbone
hart, unelastisch, hornähnlich	durchsichtig	Elastomere bei harter Einstellung (Hartgummi)
	durchsichtig	Polyvinylchlorid, Cellulosen, Epoxidharz, Polyesterharze, Alkydharze
	durchscheinend	Polyamid, Polyacetal, Polyurethan
hart, spröde, glasähnlich	undurchsichtig	Elastomere bei härtester Einstellung
	durchsichtig	Polystyrol, Polyacrylat, Polycarbonat, Alkydharze alle ungefüllt
	durchscheinend	Harnstoffharze, Melaminharze, Polyesterharze, Penolharze (meist mit Farbstich)
sehr hart, spröde, keramikähnlich	undurchsichtig	gefüllte Plastomere, Phenol-Kresolharze
	undurchsichtig, selten transparent (Glasfüllung)	alle stark vernetzten Duromere mit harter Füllung oder Verstärkung

Notizen:

1.5. Erwärmungstest

Tabelle 1.4: Erwärmungstest

Die Kunststoffe sind (1.) nach abnehmender Schmelzbarkeit und (2.) nach zunehmender Farb-
tiefe der Abbauprodukte geordnet. Drittes und entscheidendes Kriterium ist dann der Geruch
der Schwaden.

**WICHTIG: Geruch ist nur bei erloschener Flamme zu beurteilen. Verstärkungs- und Füllstoffe
können stören**

BRANDGEFAHR (HAARE, ÄRMEL, UNTERLAGEN) BEACHTEN!

1. Verhalten der Probe bei der Erwärmung	2. Abbauprodukt	3. Geruch der Schwaden	Kunststoffart
leichtes Schmelzen	gasförmig, farblos-weiß	paraffinähnlich (wie der Geruch frisch verlöschter Kerzen)	Polyethylene, Polymethylpenten, Polypropylene und Mischpolymerisate
Schmelzen und Ausgasung	farblos	fruchtartig	Polyacrylate (-methacrylate)
		phenolisch (= etwa wie Tinte)	Polycarbonate
		stechend, Formaldehyd	Polyacetale
	gasförmig, farblos-weiß,	nach Leuchgas, süßlich	Polystyrole
	farblos-weiß	harzartig	Polyisobutylene, unvernetzt
	gelblich	unangenehm, widerlich	Polysulfide, Polysulfone
	gelb-braun	bittere Mandeln	Polyacrylnitril (Acryl-, Plexiglas) erweicht nur und knistert unter Absonderung von Zersetzungsgasen
		nach Leuchgas, mit Beigeruch zimtartig	Polystyrolbutadien, ABS
braun	essigähnlich	Polyvinylacetat	
braun-schwarz	phenolisch	Polyaryle (z.B. PPO)	
Schmelzen und anschließendes Zersetzen	harzartig, flüssig, braun	kratzend	Polyinylalkohol
	harzartig, braun	Salzsäure	Polyvinylchlorid (Hart-PVC:Schmelzen undeutlich)
	dunkelbr., weißer Belag	süßlich kratzend	Polyalkylen-Terephthalate
	harzartig, dunkelbraun	Salzsäure	Polyvinylidenchlorid
	wachsartig, verkohlt	widerlicher typischer Gummigeruch	Polybutadiene, auch seine schwach vernetzten Mischpolymerisate
	verkohlt	harzartig, Beigeruch Gummi	Polyisobutylene-Isopren, vernetzt
		verbranntes Horn	Polyamide
		unangenehm, stechend	Polyurethane, auch vernetzt
		verbranntes Papier ...	Cellulosen (unmodifiziert)
		... und Essig	Celluloseacetat
... und Butter	Celluloseacetobutyrat		
Zersetzung ohne vorheriges Schmelzen, evtl. vorheriges Springen	verkohlt, weiße Kanten <small>(weiße Kanten sind auch bei anderen Kunststoffen bei hohen Füllstoffgehalten (SiO₂) möglich)</small>	Ammoniak	Harnstoffharze
	verkohlt	Ammoniak und stechend	Melaminharze
		kratzend, stechend	Alkydharze
		verbranntes Horn, dann phenolisch	Epoxidharze
		phenolisch, Formaldehyd	Phenolharze, Kresol-Phenolharze
		nach Leuchtgas	Polyesterharze, ungesättigt
		widerlicher Gummigeruch, evtl. süßlich	Polybutadien, auch Mischpolymerisate, vernetzt
		Gummigeruch, Beigeruch Salzsäure	Polychlorbutadien
		Gummigeruch	Polyisopren, Naturkautschuk
	nur Umsetzung bei starker Erwärmung, kein Schmelzen und kaum Zersetzung	bei Rotglut Gas	stechend nach Säure
weißes Pulver	weiße Schwaden ohne Geruch	Silikone	
Braunfärbung	Phenolgeruch	Polyimide	

Notizen:

1.6. Verbrennungstest

Tabelle 1.5: Verbrennungstest

<p>Die Kunststoffe sind (1.) nach zunehmender Brennbarkeit und (2.) nach Flammeneigenschaften geordnet. Drittes und entscheidendes Kriterium ist das Verhalten nach Herausnehmen aus der Flamme.</p> <p>WICHTIG: Geruch ist nur bei erloschener Flamme zu beurteilen. Verstärkungs- und Füllstoffe können stören.</p> <p>Flammschutzmittel können Brennbarkeitskriterium verfälschen; dann meist schwach Beilsteinpositiv (Halogene!)</p> <p>BRANDGEFAHR (HAARE, ÄRMEL, UNTERLAGEN) BEACHTEN!</p>			
1. Verhalten der Probe in der Flamme	2. Farbe und Art der Flamme	3. Verhalten nach Herausnehmen aus der Flamme	Kunststoffe
brennt nicht, verkohlt nicht	keine Änderung, Kunststoff wird jedoch durchscheinend	z.T. schwarz beschlagen durch Ruß aus der Bunsenbrennerflamme. Nach Abkühlen wird der Kunststoff wieder undurchsichtig	Teflon u.a. Polyfluorcarbone
schwer brennbar, nur bei starker Flamme	keine Änderung	Braunfärbung Zersetzung, Verkohlung, Phenolgeruch hellgrauer Rauch	Polyimide Phenolharze
	leuchtend weiß (und weißer Rauch)	nach Reaktion weißes glühendes Pulver Wiederverzündung - VORSICHT!	Silikone
	schwach gelb	teilweise Verkohlung	Harnstoffharze, Melaminharze
brennt mäßig	grün gesäumt	erlischt mit verkohlten Rändern erlischt und rußt	Polyvinylchlorid wenig weich gemacht Polychlorbutadien
	grün gesäumt, sprüht	erlischt	Polyvinylidenchlorid
brennt gut	gelb, hell leuchtend	vergast rußend	Polyaryle (z.B. PPO)
	gelb leuchtend	brennt weiter, knistert, rußt überhaupt nicht	Polyacrylate
		wie Siegellack	Polyurethane
		bildet Schwaden	Alkydharze
		vergast	Polyvinylalkohol
		braunschwarzer Rückstand	Epoxidharze
		verkohlt, rußt	Polyurethane vernetzt
	gelb rußend	knistert, rußt	Polyalkylen-Terephthalate
		verkohlt knackend	Polyesterharze, ungesättigt
	dunkelgelb	Erweichung, Zersetzung	Polyisobutylene und Polyisobutylene-Isopren
		rußt	Polycarbonat
	gelb bräunlich	rußt, schwarzer Rückstand	Polybutadien-Styrol
		rußt, schwarzer Rückstand	Polybutadien-Acrylnitril
	dunkelgelb-orange	vergast rußend	Polystyrole, auch schwach vernetzt
	dunkelbraun	rußt, schwarzer Rückstand	Polybutadiene, Polyisopren, Naturkautschuk
	gelb-dunkelgrün	tropft, bröckelt zu Asche	Cellulosen
grüngelblich	sprüht, blasig	Polyvinylchlorid-weich	
bläulich durchsichtig, Rand gelb	tropft, bildet Blasen, bräunlich verfärbter Rückstand	Polyamide	
bläulich durchsichtig	brennt rußfrei knisternd, erweicht, tropft nicht	Acrylglas (Plexiglas)	
leuchtend mit blauem Kern	brennt gut weiter und tropft ab mit pfeifendem Geräusch	Polyethylen und Polymethylpenten, Polypropylene und Mischpolymerisate	
schwach bläulich	tropft ab	Polyacetate	
blau gesäumt	vergast	Polyvinyläther	
blau, gelbe Spitze	tropft ab, rußt	Polyvinylacetat	
brennt sehr gut mit Stichflamme	gelb-weiß	brennt heftig weiter	Nitrierte Cellulose, Celluloid

Notizen:

1.7. Abkürzungen und Kurzzeichen aus der Kunststoffchemie

ABS	Acryl-Butadien-Styrol (Copolymerisat)
AC	Zelluloseacetat
ACM	Polyacrylester
BR	Polybutadien
C-F	Polymere Carbonfasern
F	Kresolharze
CHR	Polyepichlorhydrin
CN	Nitrozellulose (auch NC)
CR	Polychlorbutadien
CS	Galalith (Casein)
CSM	Polyethylen, chlorsulfoniert
ECB	Ethylen-Copolymerisat-Bitumen
EP	Epoxydharze
EVA	PE-Vinyl-Copolymere (Ethylenvinylacetat)
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff (allg.)
HD..	High Density (Zusatz zum Kennzeichen)
IR	Synth. Kautschuk (Polyisopren, Neopren)
LD..	Low Density (Zusatz zum Kennzeichen)
MF	Melaminharze
NBR	Polybutadien-Acrylnitril
NC	Nitrozellulose (auch CN)
NR	Naturkautschuk
PA	Polyamide
PBT	Polybutylenterephthalat
PC	Polycarbonat
PDAP	Polydiallylphthalat
PE	Polyethylen
PET	Polyethylenterephthalat
PF	Phenolharze
PI	Polyimide
PIB	Polyisobutylen
PMI	Polymethacrylamid
PMMA	Polymethylmethacrylate
PMP	Polymethylpenten
POM	Polyacetale (= Polyoxymethylen)
PP	Polypropylen
PPA	Polyacrylamid
PS	Polystyrol
PTFE	Polytetrafluorethylen (= Teflon)
PU(R)	Polyurethan
PVA	Polyvinylacetat
PVAL	Polyvinylalkohol
PVC	Polyvinylchlorid
PVK	Polyvinylcarbazol
SBR	Polybutadien-Styrol
SI	Silikon
T	Polysulfidkautschuk (Thioplast)
UF	Harnstoffharze

2. Kunststoffe II

2.1. Praktikumsinhalt

Das Praktikum behandelt folgende Themen:

- Theoretischer Teil:
 - Kurze Einführung bzw. Wiederholung Thermoplaste

- Praktischer Teil:
 - Vorstellung der Kunststoffgruppe Thermoplaste
 1. Kurze Beschreibung
 2. Vorzeigen und Herumreichen ausgewählter Schaustücke
 3. Aufzeigen von Erkennungsmerkmalen
 4. Verschiedene Versuche

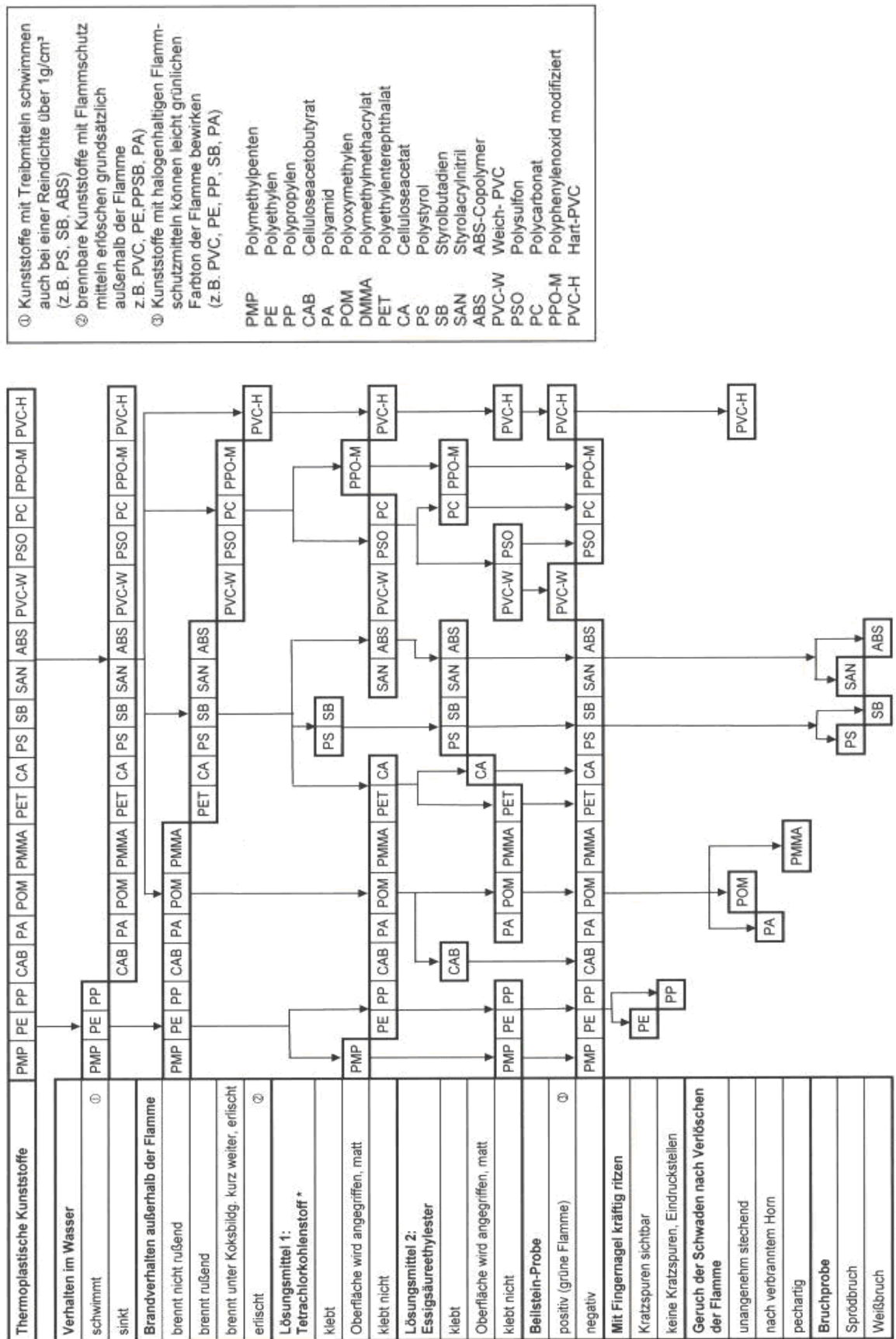
Notizen:

- Polyvinylacetat (PVA)

- Polystyrol (PS)

- Polyamid (PA)

Tabelle 2.1: Organigramm zur Thermoplastbestimmung



* im Praktikum durch Aceton ersetzen

3. Holz

3.1. Praktikumsinhalt

Das Praktikum behandelt folgende Themen:

- Theoretischer Teil:
 - Aufbau des Holzes
 - Holzfehler
 - Klassen
- Praktischer Teil:
 - Astigkeit
 - Jahresringbreite
 - Faserneigung
 - Festigkeit

3.2. Aufbau des Holzes

Der makroskopische Aufbau des Holzes kann im Querschnitt mit bloßem Auge an den ringförmigen Schichten (von außen nach innen) unterschieden werden, siehe Abbildung 4.1:

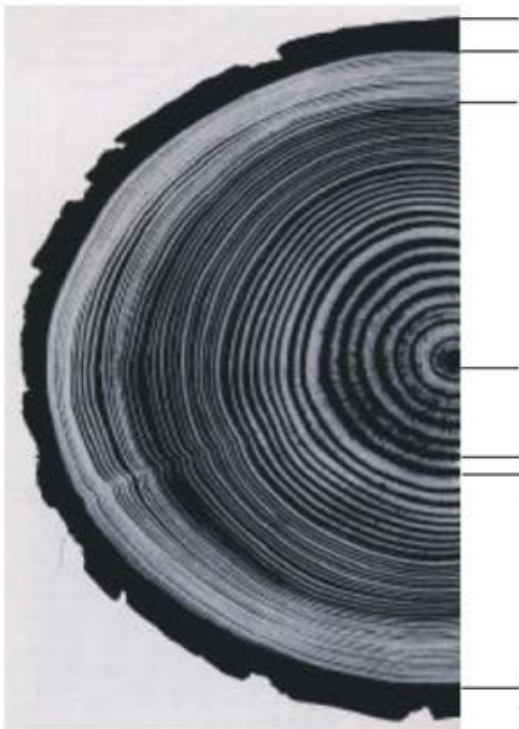


Abbildung 4.1: makroskopischer Holzaufbau

Chemisch betrachtet besteht das Holz aus 2 Hauptelementen:

-
-

Diese bilden wiederum die 3 chemischen Hauptbestandteile:

-
-
-

3.3. Klasseneinteilung

Schnittholz wird durch fachkundige Personen oder Maschinen in Sortierklassen eingeteilt. Die Einteilung erfolgt nach visueller Beurteilung nachfolgender Kriterien:

Ästen, Baumkanten, Breite der Jahresringe, Druckholz, Faserneigung, Insektenfraß, Krümmung, Mistelbefall, Rissen, Verfärbungen

Nach DIN 4074-1 werden 3 Klassen unterschieden:

- S7: geringe Tragfähigkeit
- S10: übliche Tragfähigkeit
- S13: überdurchschnittliche Tragfähigkeit

Zur Bemessung von Bauteilen werden die Holzeigenschaften in Festigkeitsklassen nach DIN EN 338 und nach DIN 1052 festgelegt. Dabei gibt es die Klassen:

- für Nadelholz: C14, C16, C18, C22, C24, C27, C30, C35, C40
- für Laubholz: D30, D35, D40, D60, D70
- für Brettschichtholz: GL24h oder GL24c, GL28h oder GL28c, GL32h oder GL32c, GL36h oder GL36c

Die Zahlenwerte geben bei allen Klassen die charakteristische Biegezugfestigkeit in N/mm² an. Die Buchstaben h bzw. c beim Brettschichtholz stehen für homogenes bzw. kombiniert symmetrisch aufgebautes BSH.

Die Klassen geben neben den Festigkeits- auch die Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte wieder.

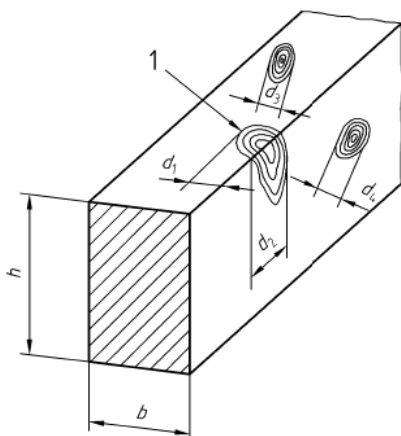
3.4. Holzfehler/-schäden

Holzfehler sind Abweichungen vom normalen oder gesunden Holz. Durch diese Abweichungen wird die Verwertbarkeit des Holzes gemindert. An Hand von Holzfehlern können die Hölzer in ihre jeweilige Sortierklasse eingeordnet werden. Holzfehler können sein:

•

3.5. Astigkeit

Maßgebend ist der kleinste sichtbare Durchmesser d , bei Kantenästen gilt die Bogenhöhe (siehe d_1), wenn dieser kleiner als der Durchmesser ist. Die Astigkeit berechnet sich aus dem Durchmesser d , geteilt durch das Maß b oder h der zugehörigen Querschnittsseite, siehe Abbildung 4.2.



$$A = \max \left(\frac{d_1}{b}; \frac{d_2}{h}; \frac{d_3}{b}; \frac{d_4}{h}; \right)$$

A =

Abbildung 4.2: Astmaße und Berechnung der Astigkeit von Kanthölzern

3.6. Jahresringbreite

Bei Baumstämmen lässt sich das Alter an den Jahresringen abzählen. Dies liegt an der unterschiedlichen Wachstumsgeschwindigkeit im Frühjahr und Herbst sowie den verschiedenen Zellstrukturen von Frühholz und Spätholz. Frühholz ist hell, Spätholz ist dunkel - es entstehen die Jahresringe.

Die Bestimmung der Jahresringbreite erfolgt an einer rechtwinklig zu den Jahresringen verlaufenden Gerade, deren Länge gemessen und in deren Bereich die Anzahl der Jahresringe gezählt wird, siehe Abbildung 4.3.

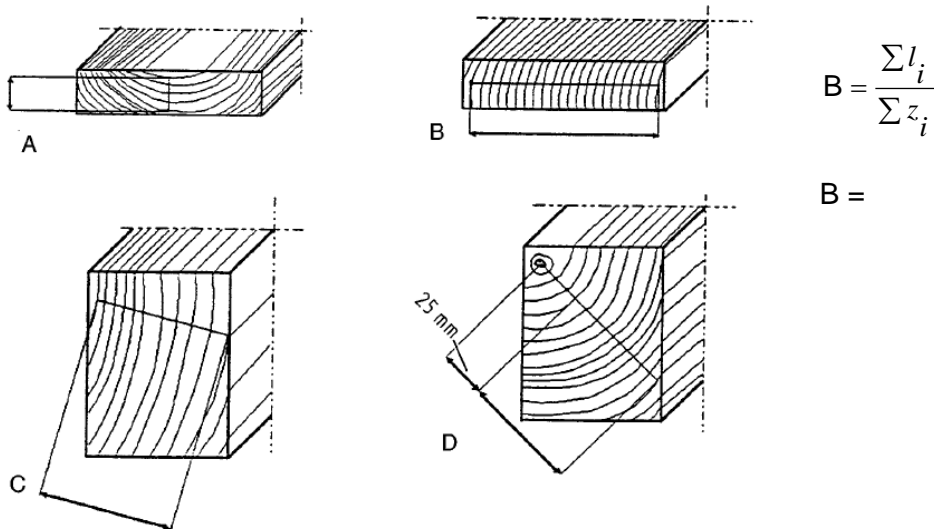


Abbildung 4.3: Bestimmung der mittleren Jahresringbreite

3.7. Faserneigung

Als Faserneigung gilt die Abweichung der Faserrichtung des Holzes von der Längsachse des eingeschnittenen Holzes, siehe Abbildung 4.4. Örtliche Faserabweichungen, die von Ästen hervorgerufen werden, bleiben unberücksichtigt. Die Faserneigung wird nach den Schwindrissen (Bildabschnitt links) oder nach DIN EN 1310 mit einer Reißnadel nach dem Jahrringverlauf (Bildabschnitt rechts) gemessen.

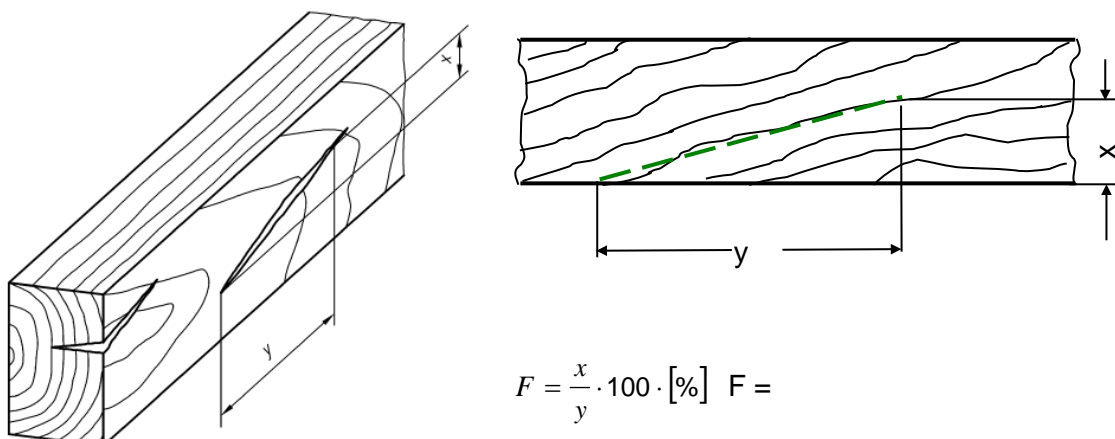


Abbildung 4.4: Bestimmung der Faserneigung

3.8. Festigkeit

Untersucht werden Druck-, Biegezug- und Zugfestigkeit. Die dabei eingesetzten Probekörper sind in Abbildung 4.5 enthalten.

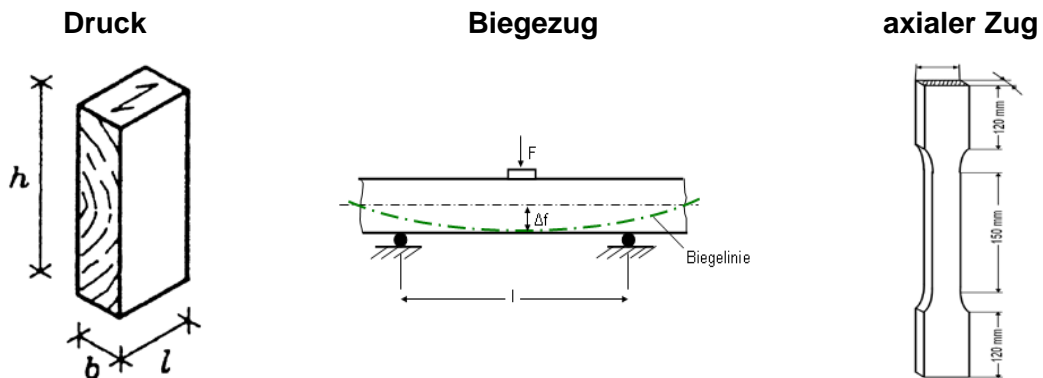


Abbildung 4.5: Probenformen/Versuchsaufbau Festigkeiten

Tabelle 4.1: Druckversuche

Probe	Einheit	1	2	3	4	5	6	7
Winkel zwischen Last- und Faser-richtung	[°]	0	0	0	0	30	90	90
Feuchtezustand der Probe beim Versuch		lufttrocken	lufttrocken	nass	nass	lufttrocken	nass	lufttrocken
Jahresringbreite	weit/eng							
Masse	[g]							
Breite b	[mm]							
Tiefe l	[mm]							
Höhe h	[mm]							
Querschnitt A	[mm ²]							
Volumen V	[mm ³]							
Rohdichte	[kg/dm ³]							
Höchstlast	[KN]							
Druckfestigkeit	[N/mm ²]							

Notizen:

Tabelle 4.2: Biegezugversuche

	Holzart	A	F	B
Probe 1				
Probe 2				
Probe 3				

Mit:

- Widerstandsmoment: $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$;
- Biegemoment: $M = \frac{F \cdot l}{4}$;
- Biegezugspannung: $\sigma = \frac{M}{W} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}$

Tabelle 4.4: axialer Zugversuch

Querschnittmaße			Höchstkraft max F [kN]	Zugfestigkeit β_z [N/mm ²]	Lage / Art des Bruches
a [mm]	b [mm]	A [mm ²]			