

DEFZS--4346

Jänner 1986

CH--357/86

AT 8600618



Österreichisches Forschungszentrum
Seibersdorf

Strahlungshärtbare Imprägniermittel für die Konservierung archäologischer Holzfunde (Teil 3) und weitere Konservierungsversuche an intakten und künstlich abgebauten Holzproben

Rudolf Schaudy
Josef Wendrinsky
Herbert Kalteis
Walter Grienauer
Erich Slais

OEFZS--4346
CH--357/86

Jänner 1986

STRAHLUNGSHÄRTBARE IMPRÄGNIERMITTEL FÜR DIE KONSERVIERUNG ARCHÄO-
LOGISCHER HOLZFUNDE (TEIL 3) UND WEITERE KONSERVIERUNGSVERSUCHE
AN INTAKTEN UND KÜNSTLICH ABGEBAUTEN HOLZPROBEN

Rudolf Schaudy
Josef Wendrinsky
Herbert Kalteis
Walter Grienauer
Erich Slais

Arbeitsbericht
"Als Manuskript vervielfältigt"

Österreichisches
Forschungszentrum Seibersdorf
Ges.m.b.H.
Lenaugasse 10 A-1082 Wien

INSTITUT FÜR CHEMIE
Forschungszentrum Seibersdorf

OEFZS-- 4346

CH-- 357/86

STRAHLUNGSHÄRTBARE IMPRÄGNIERMITTEL FÜR DIE KONSERVIERUNG ARCHÄOLOGISCHER HOLZFUNDE (TEIL 3) UND WEITERE KONSERVIERUNGSVERSUCHE AN INTAKTEN UND KÜNSTLICH ABGEBAUTEN HOLZPROBEN.

ZUSAMMENFASSUNG

In Fortsetzung der in den OEFZS Berichten Nr. 4165 und Nr. 4195 beschriebenen Arbeiten wurden durch ionisierende Strahlung härtbare Imprägniermittel, bestehend aus Monomeren und Kunstharzlösungen, in Substanz untersucht. An den ungehärteten Proben wurden Dichte und Viskosität, an den mit Gammastrahlen gehärteten Proben Dichte und Gelgehalt bestimmt sowie Härte und elastische Eigenschaften abgeschätzt. Aus der Dichteänderung ergibt sich die härtungsbedingte Schrumpfung. Mit ausgewählten Imprägniermitteln wurden in Fortsetzung von OEFZS Ber. Nr. 4198 Konservierungsversuche an intakten und chemisch abgebauten Holzproben ausgeführt, wobei Kunststoffaufnahme, Längen- und Volumenänderungen sowie die Verformung der Probenkörper zur Bewertung der Imprägniermittel herangezogen wurden.

RADIATION-CURABLE IMPREGNATING AGENTS FOR THE CONSERVATION OF ARCHAEOLOGIC WOODEN OBJECTS (PART 3) AND CONSERVATION EXPERIMENTS APPLYING THESE AGENTS TO INTACT AND ARTIFICIALLY DECAYED WOOD SAMPLES.

ABSTRACT

As a continuation of the work described in the reports OEFZS Ber. No. 4165 and No. 4195, impregnating agents curably ^e by ionizing radiation such as polymerizable monomers or artificial resins have been investigated. Specific weight and viscosity of the liquid mixtures have been as well determined as the specific weight and gel content of the gamma radiation-cured samples. Hardness and elastic behaviour have been estimated only, the shrinkage during

hardening has been calculated. In continuation of OEFZS Ber. No. 4198, conservation experiments have been performed with selected impregnating agents by applying these agents to intact and chemically decayed wood samples, whereby the monomer uptake, the alteration of dimensions and volume and the deformation of the samples have been taken for the evaluation of the impregnating agents.

1. Einleitung

In den ersten beiden Teilen dieser Arbeit (1, 2) wurden 119 Monomere, Harze und Harz-Monomer-Gemische auf ihre Viskosität, ihr Härungsverhalten bei Gammabestrahlung, die dabei in Substanz auftretende Volumenänderung (Schrumpfung) sowie Härte und Gelgehalt der gehärteten Produkte untersucht. Diese für die Bewertung dieser Substanzen als Imprägniermittel erforderlichen Daten sind nicht nur für die Konservierung von archäologischen Hölzern von Interesse, sondern auch für andere poröse und faserartige Materialien, wie poröser Stein, Ton, Schnüre und Gewebe, Pergament, Leder und dergleichen. Diese Materialien stellen, abhängig von ihrem Erhaltungszustand, von Materialstärke und Porosität, an ein Konservierungsmittel stark unterschiedliche Anforderungen, sowohl was die Viskosität der flüssigen Imprägniermittel als auch die Eigenschaften (Härte, Elastizität etc.) der gehärteten Polymeren anlangt. Dabei kann die Härtecharakteristik der unverdünnten Harze ebenso von Bedeutung sein wie jene der Monomere und Harzverdünnungen.

Aus diesem Grund finden sich in der vorliegenden Arbeit unter den rund 140 untersuchten Monomeren, Harzen und Gemischen auch zahlreiche Produkte, die nicht ohne weiteres für die hauptsächlich interessierende Holzkonservierung in Frage kommen. Die an anderer Stelle erfolgende Auswertung der hier zusammengestellten Daten hat die Schaffung von Auswahlkriterien für das bzw. die geeignetsten Imprägniermittel für die Vielzahl der konservierungsbedürftigen porösen oder faserartigen Gegenstände zum Ziel.

Bis zum Vorliegen solcher angestrebten, eine möglichst sichere Konservierung ermöglichenden Vorhersageunterlagen, muß aber auch der empirische Weg zum Auffinden immer besserer Imprägniermittel weiter begangen werden. In Fortführung der im OEFZS-Bericht Nr. 4165 begonnenen Anwendung von für die festigende Konservierung von archäologischen und anderen stark geschädigten Holzobjekten geeigneten Imprägniermitteln auf intakte und künstlich abgebaute Holzproben (3) wurden daher weitere 10 solcher Tränkmittel ausgewählt und getestet.

2. Experimentelles

In Tabelle 1 sind die verwendeten Kunstharze, Kunstharzlösungen und Monomere, deren chemische Charakterisierung (soweit bekannt) und Hersteller bzw. Vertreiber sowie die in dieser Arbeit verwendeten Kurzbezeichnungen zusammengestellt. Die experimentelle Vorgangsweise wurde bereits früher (1) eingehend beschrieben. Gegenüber der dort angeführten Praktiken konnten durch Einsatz zweier neuer Geräte die experimentellen Arbeiten vereinfacht bzw. verbessert werden. Dies betrifft die Dichtemessung der flüssigen Imprägniermittel mit dem neuen Dichtemeßgerät "DMA 46" der Firma Paar, Graz, und die Zerspanung der gehärteten Proben mit einem neuen Hartschnittmikrotom "Polycut S" der Firma Reichert-Jung. Aber auch bei letzterem blieb das Problem des Zerspanens extrem spröder Proben bestehen. Dabei entstehen keine gut extrahierbaren Späne sondern nur feiner Staub, der nicht in den dazu vorgesehenen Extraktionsgefäßen der extrahierenden Behandlung unterzogen werden konnte. Der Versuch, diese staubförmigen Proben in kleinen Soxhlet-Einsätzen zu extrahieren, lieferte bisher zumeist unbefriedigende Ergebnisse.

Die Anwendung ausgewählter Imprägniermittel auf intakte und künstlich abgebaute Holzproben ist ebenfalls schon früher (4) eingehend beschrieben worden. Hierbei wurde auf den Einsatz von durch Pilze abgebaute Holzproben verzichtet, die nicht in der erforderlichen Größe (ca. 153 x 38 x 17 mm) hergestellt werden konnten, bei geringerer Größe aber nur von minderer Aussagekraft sind. Die Vermessung der Proben erfolgte in der bewährten Weise, die in Abbildung 1 dargestellt ist. Zur Bestimmung der erzielbaren Festigkeitserhöhung wurde die Druckfestigkeit nach DIN 50106 bzw. 53454 mit einem Zug-Druck-Prüfgerät der Firma Instron herangezogen.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Härtingsversuche von Monomeren, Oligomeren bzw. Harzen und Monomer-Harz-Gemischen sind in Tabelle 2 zusam-

mengefaßt. Diese Tabelle enthält neben der Zusammensetzung des jeweiligen Imprägniermittels die Dichte und Viskosität desselben bei 20°C oder - in wenigen Fällen - letztere bei 60°C, die angewandte Strahlendosis sowie Dichte und Gelgehalt der gehärteten Proben und die aus der Dichteänderung errechnete Schrumpfung. Die Härte wird nur qualitativ mit den Symbolen sw (sehr weich), w (weich), m (mittel), h (hart) und sh (sehr hart) angegeben. Wo eindeutig feststellbar, wird das elastische Verhalten mit den Symbolen -g (gummielastisch), -e (hart- bzw. zähelastisch) und -s (spröde) näher bezeichnet. Typische Kombinationen sind z.B. w-g (weich-gummielastisch) oder h-s (hart-spröde).

Wie schon einleitend erwähnt, sind nicht alle untersuchten Harze im unverdünnten Zustand für die Konservierung verwendbar. Die Härtungscharakteristik der Harze ist jedoch für die weitere Auswertung der hier vorliegenden Ergebnisse von Bedeutung. Die dazu erforderliche chemische Charakterisierung ist Gegenstand einer eigenen Studie.

Für die Holzkonservierung sind Monomere, Oligomere sowie Oligomer(Harz)-Monomer-Gemische mit Viskositäten bis etwa 600 mPa.s verwendbar, wobei Harze am oberen Ende dieses Viskositätsbereiches nur mehr für Spezialanwendungen, wie z.B. sehr stark verwurmt oder sonst stark beeinträchtigtes Holz, in Frage kommen dürften. In Tabelle 3 sind Imprägniermittel mit einer Schrumpfung $\leq 8\%$ und einer Viskosität ≤ 750 mPa.s, nach steigender Viskosität geordnet, zusammengestellt. Die nach diesen beiden Eigenschaften besten Imprägniermittel wären demnach NVP (Nr. 232), PH 4039 (Nr. 164), SR-259 (Nr. 237), C 9000 (Nr. 201) und RE 8728 (Nr. 192) mit einer Schrumpfung zwischen 4,36 und 5,69 %. Während NVP, PH 4039 und SR-259 niedrigviskos sind, macht sich bei C 9000 mit 200 mPa.s und besonders bei RE 8728 mit 723 mPa.s die erhöhte Viskosität schon deutlich bemerkbar. Da für die Qualität des Imprägniermittels aber auch das die Wechselwirkung mit dem Holz beeinflussende chemisch-physikalische Verhalten vor und während der Härtung und die vom zu konservierenden Objekt abhängige mechanische Festigkeit (Härte, Biegefestigkeit, Elastizität etc.) nach der Härtung von

Bedeutung ist, kann mitunter eine größere Schrumpfung in Substanz toleriert werden. Dies folgt eindeutig aus früheren Beobachtungen (3). Die Werte in den Tabellen 2 und 3 sind für die Beurteilung eines Imprägniermittels zwar unerlässlich, das letztlich erzielte bzw. erzielbare Ergebnis hängt aber auch von der zu verfestigenden porösen Matrix und der schon erwähnten Wechselwirkung zwischen Imprägniermittel und Matrix ab. Weiterführende Untersuchungen, deren Ergebnisse anderswo veröffentlicht werden, haben die Erstellung von Kennziffern für Imprägniermittel zum Ziel, die eine möglichst verlässliche Vorhersage ermöglichen sollen. Diesbezügliche Berechnungen bzw. Auswertungen sind in Arbeit.

Letztlich sollen auch die in Tabelle 4 zusammengestellten, empirisch erzielten Daten in diese Vorhersageunterlagen einfließen. Die in Fortführung der im OEFZS Ber. No. 4198 begonnenen Anwendungsversuche auf intaktes und chemisch abgebautes Holz angewandten Imprägniermittel gehen zum größeren Teil auf frühere Untersuchungsergebnisse zurück. Sie wurden im wesentlichen aus den im OEFZS Ber. No. 4195 (2) zusammengestellten Daten ausgewählt. Diese Auswahl kann keinen wie immer gearteten Anspruch auf Vollständigkeit erheben, zumal die neueren Ergebnisse (Tabelle 2 und 3) noch nicht in dieselbe einbezogen werden konnten.

Auch bei den vorliegenden 10 Versuchen ergab sich kein in jeder Hinsicht ideales Imprägniermittel. Alle Tränkmittel bewirkten eine Schrumpfung der Holzproben, die bei Genomer M-400 (Nr. 12) und bei Ebecryl 110 (Nr. 15) jeweils unter 4 % blieb. Desgleichen bei der schon früher untersuchten Mischung 70 U 150/30 BuA (Nr. 14), die als das bisher beste strahlungshärtbare Imprägniermittel der eigenen Versuchsreihen schon vielfach erprobt ist (5-7) und die hier als Standard für neu hergestellte, durch saure Hydrolyse abgebaute Holzproben sowie für die mittlerweile etwas veränderten Bestrahlungsbedingungen dient. Die Volumenänderungen - wie erwähnt durchwegs Schrumpfung - sind des besseren Überblicks wegen in Abbildung 2 graphisch dargestellt. Neben den oben erwähnten Imprägniermitteln sind auch die Nummern 11, 16, 17 und 18 mit maximaler Schrumpfung um 5-6 % noch ziemlich gut geeignet,

während die Nummer 13 etwas, 19 und 20 stärker dagegen abfallen. Unter Einbeziehung der durchwegs geringen bis mäßigen Deformationen (Verbiegung, Verdrillung, wellige Verformung etc.) und des Aussehens der Proben ergibt sich ein etwas verändertes Bild, welches aber erneut die Nichtidealität, wenn auch zumeist gute Eignung der Imprägniermittel belegt.

Erstmals wurde auch der Versuch unternommen, durch eine Festigkeitsmessung die konservierungsbedingte Festigkeitserhöhung an den Holzproben exakt zu bestimmen. Dazu wurde die nicht in jeder Beziehung ideale Druckfestigkeit herangezogen, welche vor und nach der festigenden Konservierung mit dem Gemisch 70 U 150/30 BuA bestimmt wurde. Aus den in Tabelle 5 zusammengestellten Festigkeitswerten wurden der "Festigkeitsfaktor" (= Druckfestigkeit nach/Druckfestigkeit vor der Konservierung) bestimmt. Diese ebenfalls in Tabelle 5 angeführte Verhältniszahl zeigt etwas überraschend stark unterschiedliche Festigkeitserhöhungen. Während bei intakter Eiche und Fichte sowie bei abgebauter Fichte die Druckfestigkeit nur etwa verdoppelt wird, konnte bei Ahorn eine mehr als fünffach, bei abgebauter Eiche eine fast siebenfache und schließlich bei Kiefer eine acht- bis über neunfach erhöhte Druckfestigkeit nachgewiesen werden. Die mit Ausnahme von Ahorn stets erhöhte Festigkeitssteigerung der abgebauten gegenüber den intakten Holzproben entspricht den Erwartungen, da ja auch die Kunststoffaufnahme (Monomeraufnahme) bei den abgebauten Hölzern durchwegs gegenüber den intakten erhöht war. Dies gilt nur für harte Kunststoffkomponenten, wie sie u.a. aus dem Gemische 70 U 150/30 BuA bei 30 kGy oder höherer Strahlendosis entstehen.

Herrn Univ. Prof. Dr. C. Eibner gilt unser Dank für die fachliche Betreuung dieser Arbeit aus archäologischer Sicht. Dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung danken wir für die finanzielle Förderung des Projekts, Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. E. Proksch für sein stetes Interesse an diesen Arbeiten. Für ihre Mithilfe im praktischen Bereich sind wir Frau M. Tschank zu Dank verpflichtet.

Literatur

- 1) SCHAUDY R., WENDRINSKY J., KALTEIS H., GRIENAUER W.:
Strahlungshärtbare Imprägniermittel für die Konservierung
archäologischer Holzfunde.
OEFZS Ber. No. 4165, Mai 1982
- 2) ibid. (Teil 2), OEFZS Ber. No. 4195, Dez. 1982
- 3) SCHAUDY R., SLAIS E.:
Konservierungsversuche mit strahlungshärtbaren Imprägnier-
mitteln an intakten und künstlich abgebauten Holzproben.
OEFZS Ber. No. 4198, Februar 1983
- 4) SCHAUDY R., SLAIS E.:
Herstellung von künstlich abgebauten Holzproben für verglei-
chende Imprägnier- und Konservierungsversuche.
OEFZS Ber. No. 4140, Februar 1982
- 5) SCHAUDY R., EIBNER C.:
Konservierung montanarchäologischer Holzfunde durch Impräg-
nierung und Strahlungshärtung.
Z.f. Archäometrie 1 (2), 33-47 (1983)
- 6) SCHAUDY R., EIBNER C.:
Konservierung verschiedener alter Holzobjekte durch Impräg-
nierung und Strahlungshärtung.
Z.f. Archäometrie 1 (4), 120-132 (1983), erschienen März 1985
- 7) SCHAUDY R., EIBNER C.:
Konservierung eines mittelalterlichen Steigbaumes durch
Gefriertrocknung und Harztränkung.
OEFZS Ber. No. 4341, Dezember 1985 (Preprint), zur Veröffent-
lichung in Z. f. Archäologie d. Mittelalters (Köln).

Tabelle 1: Die verwendeten Harze und Monomere sowie die für diese benutzte Abkürzung (Kurzform)

Name (Verbindung)	Chemische Kennzeichnung	Lösungs- mittel * (Monomer)	Festkör- per (%)	Hersteller (Vertreiber)	Bezeichnung Kurzform
<u>Harze (Oligomere)</u>					
Actomer	X-117 Acrylmod. Urethanoligomer	?	?	Union Carbide	X-117
	X-118 - " -	?	60	- " -	X-118
Celrad	3200 Acrylmod. arom./aliph. Epoxidharz	-	100	Celanese Specialty Resins, KY., USA	CE 3200
	3500 Acrylmod. (Bisphenol-A) Epoxidharz	-	100	- " -	CE 3500
	3600 - " -	-	100	- " -	CE 3600
	3700 - " -	-	100	- " -	CE 3700
	3701 - " -	-	100	- " -	CE 3701
Chemlink	C 3000 Acrylmod. Epoxidharz	-	100	Sartomer Co., PA., USA	C 3000
	C 5000 Acryl. Polybutadien	-	100	- " -	C 5000
	C 9000 Polyoxyalkyliertes Diacrylat	-	100	- " -	C 9000
	C 9001 - " -	-	100	- " -	C 9001
	C 9003 - " -	-	100	- " -	C 9003
CMD	1701 Acrylmod. Acrylatharz	-	100	Celanese Specialty Resins, KY., USA	CMD 1701
	3201 Acrylmod. arom./aliph. Epoxidharz	-	100	- " -	CMD 3201
	3702 Acrylmod. (Bisphenol-A) Epoxidharz	-	100	- " -	CMD 3702
	3703 - " -	-	100	- " -	CMD 3703

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Name (Verbindung)	Chemische Kennzeichnung	Lösungs- mittel * (Monomer)	Festkör- per (%)	Hersteller (Vertreiber)	Bezeichnung (Kurzform)
CMD 6700	Arom. Urethanacrylatharz	-	100	Celanese Specialty Resins, KY., USA	CMD 6700
Ebecryl 204	- " -	HDDA	75	UCB, Belgien	EB 204
220	- " -	-	100	- " -	EB 220
230	Aliphath. Urethanacrylatharz	-	100	- " -	EB 230
254	- " -	HDDA	85	- " -	EB 254
264	- " -	HDDA	85	- " -	EB 264
270	- " -	-	100	- " -	EB 270
284	- " -	HDDA	88	- " -	EB 284
436	Polyesterharz in TMPTA	TMPTA	60	- " -	EB 436
440	Polyesterdiacrylat	-	100	- " -	EB 440
505	Ungesättigtes Polyesterharz	TPGDA	60	- " -	EB 505
513	Acrylmod. Polyesterharz	BDDA	60	- " -	EB 513
586	Acrylmod. chloriertes Polyesterharz	TMPTA	60	- " -	EB 586
600	Acrylmod. Epoxidharz	-	100	- " -	EB 600
616	Ebecryl 610(?) in TMPT	TMPTA	75	- " -	EB 616
657	Acrylmod. Polyester (Oligomer)	-	100	- " -	EB 657
754	Acrylharz (Oligomer)	HDDA	ca. 70	- " -	EB 754
770	Acrylmod. Polyester (Oligomer)	-	100	- " -	EB 770
810	Acrylmod. Polyesterharz	-	100	- " -	EB 810
830	- " -	-	100	- " -	EB 830
850	- " -	-	100	- " -	EB 850
1554	Gesättigtes chloriertes Polyesterharz	HDDA	70	- " -	EB 1554

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Name (Verbindung)	Chemische Kennzeichnung	Lösungs- mittel * (Monomer)	Festkör- per (%)	Hersteller (Vertreiber)	Bezeichnung (Kurzform)	
	1559MA	Acrylmod. Polyesterharz	HEMA	60	UCB, Belgien	EB 1559
	1600	Acrylmod. Epoxidharz	-	100	- " -	EB 1600
Gafgard	233D	?	?	?	GAF Corp. NY., USA	GAF 233D
Genomer	D-1200	Aliph. Urethan/Polyesteracrylatharz	-	100	Rahn, Schweiz	D-1200
	T-1200	- " -	-	100	- " -	T-1200
	T-1600	- " -	-	100	- " -	T-1600
Ludopal	U 150	Ungesättigtes Polyesterharz	S	70	BASF	U 150
Pentatron	342	Polyurethanacrylatharz in Monomer	?	?	Wikolin Polymer, BRD	PE 342
	342M	- " -	?	?	- " -	PE 342M
Photomer	3016	Acryliertes Epoxidharz (arom.)	-	100	Diamond Shamrock England	PH 3016
	3049	Fettsäuremod. arom.acryl.Epoxidharz	-	100	- " -	PH 3049
	6052	Aromat. Urethanacrylatharz	-	100	- " -	PH 6052
	6118	Aliph. Urethanacrylatharz	-	100	- " -	PH 6118
	6140	- " -	TPGDA	83	- " -	PH 6140
	6184	- " -	TPGDA	83	- " -	PH 6184
	6250	- " -	TPGDA	80	- " -	PH 6250
	6261	Aromat. Urethanacrylatharz	?	?	- " -	PH 6261
Polylite	LP 36B	Ungesättigtes Polyesterharz	S	66-68	RCI, Österreich	LP 36B
	1024	Acrylmod. Epoxidharz	?	?	- " -	LP 1024

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Name (Verbindung)	Chemische Kennzeichnung	Lösungsmittel * (Monomer)	Festkörper (%)	Hersteller (Vertreiber)	Bezeichnung Kurzform)
Polytron 309	spez. synthetisierte Oligomere mit Monomeren	?	?	Wikolin Polymer, BRD	PO 309
471	(Poly)urethanacrylatharz	?	?	- " -	PO 471
RC 3 (Versuchsprodukt)	?	?	?	RCI, Österreich	RC 3
Resitron 343 ES	Ungesättigtes Acrylatharz	-	100?	Wikolin Polymer, BRD	RE 343 ES
346 ES	- " -	-	100?	- " -	RE 346 ES
(Gloss) ADD 424	- " - (Oligomer)	-	100?	- " -	RE GA 424
8726	Acrylmod.aliph.Polyurethanacrylatharz	-	100	- " -	RE 8726
8728	- " -	HDDA	75	- " -	RE 8728
8734	- " -	HDDA	75	- " -	RE 8734
8760	Ungesättigtes Acrylatharz	?	60	- " -	RE 8760
8775	Acrylatharz (?)	-	100	- " -	RE 8775
8778	Ungesättigtes Acrylatharz	-	100?	- " -	RE 8778
Setalux UV-2260	Acrylmod.aliph.Polyurethanharz	-	100	Synthese BV, Holland	UV-2260
UV-2275	Acrylmod.arom.Polyurethanharz	-	100	- " -	UV-2275
UV-2276	Mod. Epoxyacrylat-Prepolymer	Setalux UV-2245	70	- " -	UV-2276
UV-2277	Acrylmod.aromat.Polyurethanharz	-	100	- " -	UV-2277
UV-2280	Acrylmod. Epoxidharz	-	100	- " -	UV-2280
UV-2290	Ungesättigtes Polyesterharz	S	62-66	- " -	UV-2290
Synocure 3100	Acrylmod. Epoxidharz (mod.)	-	100	CVP Cray Valley, Kent, England	SY 3100
3111	Acryl. epoxid. Sojabohnenöl	-	100	- " -	SY 3111

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Name (Verbindung)	Chemische Kennzeichnung	Lösungsmittel * (Monomer)	Festkörper (%)	Hersteller (Vertreiber)	Bezeichnung Kurzform)
Synocure 3120	Acrylmod. Polyesterharz	-	100	CVP Cray Valley, Kent, England	SY 3120
3131	Aliphath. Urethanacrylatharz	TPGDA	60	- " -	SY 3131
3135	- " -	HDDA	60	- " -	SY 3135
Viaktin VTE 5286	Epoxyacrylat	HDDA	80	Vianova, Österreich	VTE 5286
VTE 5946	acryl- u. urethanmod. Polyester	HDDA	65	- " -	VTE 5946
VTE 5953	acrylmod. gesättigter Polyester	-	100	- " -	VTE 5953
Viapal F 140	Ungesättigtes Polyesterharz	S	70	- " -	F 140

Name (Verbindung)	Chemische Kennzeichnung bzw. nähere Hinweise	Hersteller (Vertreiber)	Bezeichnung Kurzform
<u>Monomere:</u>			
Butandiol-1,4-diacrylat		Röhm, BRD	BDDA
Butandiol-1,4-dimethacrylat		Röhm, BRD	BDDMA
Butoxyethylacrylat		Röhm, BRD	BOEA
n-Butylacrylat		Merck-Schuchardt	BuA
Caprolactonacrylat	s. TONE M-100	Union Carbide	TM-100
Cyclohexylmethacrylat	s. Sartomer SR-208	Sartomer Co., PA., USA	SR-208
Dianoldiacrylat	s. Setalux UV-2246	Synthese BV, Holland	UV-2246
Dicyclopentenylxyethylacrylat	s. Reactive Diluent QM-672	Rohm & Haas, USA	QM-672
Dipentaerythritolmonohydroxypentaacrylat	s. Sartomer SR-399	Sartomer Co.	SR-399

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Name (Verbindung)	Chemische Kennzeichnung bzw. nähere Hinweise	Hersteller (Vertreiber)	Bezeichnung (Kurzform)
Ebecryl 110	Aromat. Monoacrylat	UCB, Belgien	EB 110
Ethandioldimethacrylat	(früher ÄDDMA od. EGDMA)	Fluka, Schweiz (Röhm)	EDDMA
2-(2-Ethoxyethoxy)ethylacrylat	s. Sartomer SR-256	Sartomer Co.	SR-256
Ethoxyethylmethacrylat		Röhm, BRD	EOEMA
Ethoxyliertes Bisphenol-A-diacrylat	s. Sartomer SR-349	Sartomer Co.	SR-349
Ethoxyliertes Trimethylolpropantri- acrylat	s. Sartomer SR-454	Sartomer Co.	SR-454
Ethylacrylat		Röhm, BRD	EA
2-Ethylhexylacrylat		Röhm, BRD	EHA
Ethylenglycoldimethacrylat	= Ethandioldimethacrylat s.o.		EDDMA
Hexandiol-1,6-diacrylat		Degussa	HDDA
n-Hexylmethacrylat	s. Sartomer SR-211	Sartomer Co.	SR-211
Hydroxybutylacrylat		BASF	HBuA
Hydroxyethylmethacrylat		Röhm, BRD	HEMA
2-Hydroxypropylacrylat		Röhm, BRD	2-HPA
3-Hydroxypropylacrylat		Pfalz & Bauer, USA	3-HPA
2-Hydroxypropylmethacrylat		Röhm, BRD (Merck)	2-HPMA
Isobornylacrylat	s. Monomer QM-589	Röhm & Haas, USA	QM-589
Isobutylacrylat			IBuA
Isodecylacrylat	s. Sartomer SR-208	Sartomer Co.	SR-208
Isopropylacrylat			IPA
Monomer QM-589	Isobornylacrylat	Rohm & Haas, USA	QM-589

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Name (Verbindung)	Chemische Kennzeichnung bzw. nähere Hinweise	Hersteller (Vertreiber)	Bezeichnung (Kurzform)
N-Vinylpyrrolidon		GAF	NVP
Pentaerythritoltetraacrylat	s. Sartomer SR-295	Sartomer Co.	SR-295
2-Phenoxyethylacrylat	s. Sartomer SR-339	Sartomer Co.	SR-339
Photomer 4039	Monofunkt. arom. Acrylat	Diamond Shamrock	PH 4039
4094	Trifunkt. Acrylat	- " -	PH 4094
4127	Difunkt. aliph. Acrylat	- " -	PH 4127
4149	Trifunkt. aliph. Acrylat	- " -	PH 4149
Polyethylenglycol-200-diacrylat	s. Sartomer SR-259	- " -	SR-259
Polyethylenglycol-400-diacrylat		Röhm, BRD	PEG 400 DA
Reactive Deluent QM-672	Dicyclopentenylloxyethylacrylat	Rohm & Haas, USA	QM-672
Sartomer SR-208	Cyclohexylmethacrylat	Sartomer Co.	SR-208
SR-211	n-Hexylmethacrylat	- " -	SR-211
SR-256	2-(2-Ethoxyethoxy)Ethylacrylat	- " -	SR-256
SR-259	Polyethylenglycol-200-diacrylat	- " -	SR-259
SR-285	Tetrahydrofurfurylacrylat	- " -	SR-285
SR-295	Pentaerythritoltetraacrylat	- " -	SR-295
SR-339	2-Phenoxyethylacrylat	- " -	SR-339
SR-349	Ethoxyl. Bisphenol-A-diacrylat	- " -	SR-349
SR-395	Isodecylacrylat	- " -	SR-395
SR-399	Dipentaerythritolmonohydroxy- pentaacrylat	- " -	SR-399
SR-454	Ethoxyl. Trimethylolpropantri- acrylat	- " -	SR-454

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Name (Verbindung)	Chemische Kennzeichnung bzw. nähere Hinweise	Hersteller (Vertreiber)	Bezeichnung (Kurzform)
Setalux UV-2245	Polyethylenglycoldiacrylat	Synthese BV, Holland	UV-2245
Synocure 3165	N-(Isobutoxymethyl)acrylamid	CVP Cray Valley	SY 3165
Tetrahydrofurfurylacrylat	s. Sartomer SR-285	Sartomer Co.	SR-285
TONE M-100	Caprolactonacrylat	Union Carbide	TM-100
Tripropylenglycolmonomethacrylat		?	TPGMA
N-Vinylpyrrolidon		GAF	NVP

* Abkürzungen siehe diese Tabelle unter "Monomere"

Tabelle 2: Anfangdichte ρ_A , Viskosität, Härtungsdosis, Enddichte ρ_E , Gelgehalt, Härte und Schrumpfung der untersuchten Harze und Gemische

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A (kg.m ⁻³)	Viskosität (mPa.s)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E (kg.m ⁻³)	Gel (%)	Härte ^{+))} (qualitativ)	Schrumpfung (%)
120	60 UV-2260/40 BuA	1047	36,9	3	1173	81,9	h-e	10,74
				4	1197 ?	z.h.	h-s	12,53 ?
				5	1186	z.h.	h-s	11,72
				20	1191	z.h.	h-s	12,09
121	60 UV-2275/40 BuA	1073	47,3	3	1190	59,6	m	9,83
				4	1194	83,7	m-e	10,13
				5	1207	z.h.	h-e(s)	11,10
				20	1225	z.h.	h-s	12,41
122	60 UV-2277/40 BuA	1039	31,5	5	nicht hart			
				10	1110	63,3	m-g	6,40
				20	1139	85,4	h-e	8,78
				50	1142	88,4	h	9,02
123	60 UV-2280/40 BuA	1046	48,6	3	1113	58,6	m-g	6,02
				20	1150	87,8	h-e	9,04
				50	1156	87,8	h	9,52
				50	1143	91,8		9,10
124	80 UV-2290/20 BuA	1118	67,2	3	1189	63,3	m-e	5,97
				5	1203	78,9	h-e	7,07
				20	1226	90,8	h	8,81
				50	1224	87,8	h	8,66
125	60 D-1200/40 BuA	1026	98,7	3	1099	93,5	m-g	6,64
				4	1106	95,5	m-g	7,23
				5	1106	97,9	m-g	7,23
				20	1106	98,4	m-g	7,23

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Viskosität ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gel (%)	Härte ⁺ (qualitativ)	Schrumpfung (%)
126	60 T-1600/40 BuA	1036	26,4	5	1119	97,9	m(h)-g	7,42
				7	1121	97,3	m(h)-g	7,58
				10	1121	96,9	m(h)-g	7,58
				20	1116	97,8	m(h)-g	7,17
127	60 EB 513/40 BuA	1054	23,3	3	1141	46,1	m-g	7,62
				5	1168	84,0	h	9,76
				20	1193	85,9	h	11,65
				50	1193	85,8	h	11,65
128	60 EB 586/40 BuA	1173	25,4	5	n.h.	-	-	-
				20	1256	60,6	h(opal)	6,61
				50	1258	61,2	h(opal)	6,76
				100	1264	60,8	h(opal)	7,20
129	60 EB 600/40 BuA	1050	91,5	5	n.h.	-	-	-
				7	1152	82,7	h-e	8,85
				10	1168	85,6	h	10,10 ?
				20	1161	90,6	sh	9,56
				50	1167	90,9	sh	10,03
130	80 EB 810/20 BuA	1057	46,5	3	1134	89,3	m(-e)	6,79
				4	1157	89,3	m(-e)	8,64
				5	1156	89,1	m	8,56
				20	1156	90,4	m	8,56
				50	1162	91,0	m	9,04
131	60 EB 830/40 BuA	1058	44,1	5	n.h.	-	-	-
				7	1164	81,3	m	9,11
				10	1180	87,7	h	10,34
				20	1189	87,6	h	11,02
				50	1185	88,7	sh	10,72
132	70 U 150/30 UV-2245	1132	552	5	1220	79,8	-	7,21
				20	1248	91,3	-	9,29
				50	1250	92,1	h	9,44

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A (kg.m ⁻³)	Viskosität (mPa.s)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E (kg.m ⁻³)	Gel (%)	Härte ⁺ (qualitativ)	Schrumpfung (%)
133	70 U 150/30 EB 110	1131	581	10	1234	86,7	m(h)	8,35
				20	1237	89,8	h	8,57
				50	1240	89,4	h	8,79
134	80 F 140/20 QM-589	nicht mischbar						
135	80 F 140/20 QM-672	1133	372	10	1211	83,5	m	6,44
				20	1216	84,9	m	6,83
				50	1216	85,2	m(h)	6,83
136	80 F 140/20 UV-2245	1141	361	10	1230	78,9	m	7,24
				20	1229	80,0	m	7,16
				50	1231	83,3	m(h)	7,31
137	80 F 140/20 EB 110	1137	376	20	n.h.	-	-	-
				50	1218	82,7	m-e	6,65
				100	1217	83,8	m-e	6,57
138	70 LP 36B/30 QM-589	1087	301	20	1168	83,3	sh(-e)	6,93
				50	1166	84,6	sh(-e)	6,78
139	70 LP 36B/30 QM-672	1119	466	10	1205	83,6	h	7,14
				20	1200	90,5	h	6,75
				50	1205	90,4	sh	7,14
140	70 LP 36B/30 UV-2245	1128	568	10	1226	87,3	h	7,99
				20	1229	89,0	sh	8,22
				50	1229	89,3	sh	8,22
				100	1233	87,0	sh	8,52
141	70 LP 36B/30 EB 110	1124	519	10	1223	83,2	h	8,09
				20	1220	88,4	h	7,87 ?
				50	1223	86,9	h	8,09
				100	1221	89,4	sh	7,94

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Viskosität ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gel (%)	Härte ⁺ (qualitativ)	Schrumpfung (%)
142	70 SV-3131/30 HDDA	1084	855	2	1127	57,9	w	3,82
				3	1164	87,6	h	7,04
				5	1183	91,1	h	8,37?
				10	1174	91,2	sh	7,84
143	LP 1024	1161	12013	1	1231	79,8	h	5,69
				3	1239	88,8		6,30
				30	1241	90,2	h	6,45
				100	1245	89,7	h	6,75
144	80 LP 1024/20 HDDA	1138	2071	2	1214	84,8	h	6,92
				3	1208	78,9	h	6,79
				5	1223	86,9	h	7,60
				10	1221	86,2	h	7,78
145	80 UV 2260/20 PEG 400DA	1159	3560	3	1265	95,3	h	8,38
				10	1278	98,0	h	9,31
146	70 UV2276/20 IBA/10 PEG400DA	1127	6430	3	1137	26,3	w	0,88
				10	1187	85,8	m-e	5,05
147	58,4 UV2276/33,3 QM-589 / 8,3 PEG400DA	1101	1390	10	1147	84,7	m	4,01
148	70 U 150/30 EA	1067	78	10	1214	94,0	h	12,11
				20	1213	92,9	h	12,04
				50	1214	94,1	h	12,11
149	70 U 150/30 BOEA	1075	153	10	1188	93,7	h	9,51
				20	1190	94,2	h	9,66
				50	1187	95,1	h	9,44
150	70 U 150/30 EOEMA	1083	131	10	1207	93,7	h	10,27
				20	1208	93,9	h	10,35
				50	1208	94,3	h	10,35
151	BDDA	1060	(6,5) **)	100	1193	94,0	?	11,15

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Viskosität ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gel (%)	Härte ^{+) (qualitativ)}	Schrumpfung (%)
152	EA	922	(0,6)	100	1113	94,6	w-g	17,16
153	SY 3100	1179	*)	5	1228	80,6	m/h	3,99
				20	1234	82,5	h	4,46
				50	1226	86,3	h	3,83
154	SY 3111	1041	(~30000)**)	5	1075	89,2	m	3,16
				20	1079	84,7	m(-s)	3,52
				50	1082	90,9	m(h)(-s)	3,79
155	SY 3120	1135	(1000-1800)	5	1168	59,6	m-g	2,83
				20	1197	84,1	h	5,18
				50	1199	89,7	h	5,34
156	SY 3135	1055	(400-600) 961	5	1131	87,1	h	6,72
				20	1135	87,3	h	7,05
				50	1128	91,0	h	6,47
157	SY 3131	1112	(500-700)	2	1183	90,2	h	6,00
				5	1181	91,1	sh	5,84
				20	1184	94,1	sh	6,08
158	SY 3165	963	(35-45)	5	1065	73,0		9,58
				20	1021 ?	80,8	m(h)	5,68 ?
				50	1066	73,4		9,66
				50	1058	83,4	m(h)	8,98
159	GAF 233D	1145		1	1248	96,5	h	8,25
				5	1278	95,1	sh	10,41
				10	1283	97,7	sh-s	10,76
160	EDDMA	1051	(3,2)	100	1230	94,3	h	14,55
161	X-118	1144	27720	3	1207	96,6	h	5,22
				10	1203	93,3	h	4,90 ?
162	X-117	1132	20910	3	1196	94,5	m-e	5,35
				10	1196	93,3	m-e	5,35

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A (kg.m ⁻³)	Viskosität (mPa.s)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E (kg.m ⁻³)	Gel (%)	Härte ^{†)} (qualitativ)	Schrumpfung (%)
163	T-1200	1154	82136	3	1186	94,5	h	2,70
				10	1184	93,1	h	2,53
164	PH 4039	1117	(33) 51,0	30	1181	93,1	sw-g	5,42
				100	(1174)	93,3	(s)w-g	(4,86)
165	PH 4094	1084	(100)	30	1190	91,7	h	8,91
				100	1193	92,8	sh	9,14
166	PH 4127	1013	(14-20)	30	1120	86,8	h	9,55
				100	1121	80,4		9,63
167	PH 4149	1107	(70-85)	30	1232	91,7	sh	10,15
				100	1229	91,6	sh	9,93
168	PH 3016	1040	(3000-6000)	5	1088	70,1		4,41
				30	1083 ?	79,0	h	3,97 ?
				100	1234	87,8	h	15,72
169	PH 3049	1100	(4000)	5	1171	66,8	m(h)	6,06
				30	1180	76,8	h	6,78
				100	1187	81,7	h	7,33
170	PH 6118	1089	24400 (17000)	5	1173	95,7	h	7,16
				30	1172	95,7	sh	7,08
				100	1172	95,6	sh	7,08
171	PH 6140	1089	*) (250000)	5	1162	93,9	h	6,28
				30	1165	94,6	sh	6,52
				100	1155	96,0	sh	5,71 ?
172	PH 6184	1102	*) (900000)	5	1155	94,8	h	4,59
				30	1152	94,7	h	4,34
				100	1151	96,1		4,26 ?
173	PH 6250	1114	107300	5	1179 ?	94,4	h	5,43
				30	1159	94,5	sh	3,88 ?
				100	1177	95,0	sh	5,35

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Viskosität ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gel (%)	Härte ^{+) (qualitativ)}	Schrumpfung (%)
174	PH 6052	1116	(250000)	5	1125	73,4	m(-e)	0,80
				30	1163	97,8	m-e	4,04
				100	-	-	-	-
175	PH 6261	1111	9670	5	1161	75,9	m	4,31
				30	1186	93,1	h	6,32
				100	1186	92,1	h	6,32
176	CE 3200	1008	4160 (2000)	5	1153	82,6	m	12,58
				30	1157	88,6	h	12,88
				100	1163	92,1	h	13,33
177	CE 3500	1109	*) (75000)	5	1220	89,7	h	9,10
				30	1220	91,8	h	9,10
				100	1217	92,2	h	8,87?
178	CE 3600	1142	*) (300000)	5	1228	78,5	h	7,00
				30	1230	85,5	h	7,15
				100	1230	90,4	h	7,15
179	CE 3700	1139	*) (1000000)	5	-	-	-	-
				30	1227	75,9	h	7,17
				100	1228	91,2	h	7,25
180	CE 3701	1163	*) (1500000)	5	1251	86,9	h	7,03
				30	1250	84,2	h	6,96?
				100	1242	91,2	sh	6,36
181	CMD 3702		*) (650000)	5	-	-	-	-
				30	1179	84,2	h	
				100	1176	88,5	h	
182	CMD 1701	1086	*) (> 1 MM)	5	1113	86,2	m	2,43
				30	1113	93,0	m	2,43
				100	1119	93,3	h	2,95
183	CMD 3201	1134	6390 (5000)	5	1190	91,4	m(h)	4,71
				30	1192	96,9	m(h)	4,87

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Viskosität ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gel (%)	Härte ⁺⁾ (qualitativ)	Schrumpfung (%)
184	CMD 3703	1146	*) (375000)	5	1238	83,0	h	7,43
				30	1241	88,3	h	7,66
				100	1240	88,7	h	7,58
185	CMD 6700	1106	*) (500000)	5	1145	69,0	m	3,41
				30	1150	94,5	h-e	3,83
				100	1152	94,6	h-e	3,99
186	PE 342	1051	4400	5	1155	93,3	h	9,00
				30	1158	93,1	h	9,24
				100	1154	95,8	h	8,93 ?
187	PE 342M	1052	610	5	1152	90,1	h	8,68
				30	1157	95,1	h	9,08
				100	1155	96,5	h	8,92
188	PE 309	1189	7000	5	1266	55,7	m(h) opal.	6,08
				30	1271	56,0	h-opal.	6,45
				100	1263	56,0	h-opal.	5,86 ?
189	PO 471	1150	8890	5	1216	52,6	m(h)	5,43
				30	1228	60,0	h	6,35
				100	1228	63,6	h	6,35
190	RE 343 ES	1037	526 (100)	5	1130	81,1		8,23
				30	1145	86,2	h-e	9,43
				100	1137	93,1	h-e	8,80 ?
191	RE 346 ES	1086	780 (1500)	5	1134	70,6	w(m)	4,23
				30	1183	93,8	h	8,20
				100	1180	96,1	h	7,97
192	RE 8728	1060	723, 6885? (25000)	5	1120	90,6	m(h)	5,36
				30	1124	92,8	m(h)	5,69
				100	1118	94,8	h-e	5,19 ?

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Viskosität ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gel (%)	Härte ^{+))} (qualitativ)	Schrumpfung (%)
193	RE 8734	1040	*) (5000)	5	1139	93,1	h	8,69
				30	1132	95,4	h	8,13
194	RE 8760	1120	3300 (1500)	5	1400	98,2	h	20,00
				30	1405	97,8	h	20,28
195	RE 8726	1050	52000 (7000)	5	1119	97,5	m	6,17
				30	1126	97,2	m	6,75
196	RE 8778	1032	797	5	1194	91,3	m(h)	13,57
				30	1200	83,5	m(h)	14,00
				100	1123	88,0	h	(8,10)
197	RE/GA 424	1119	(4500)	5	1189	81,7	m(h)	5,89
				30	1195	89,7	h	6,36
				100	1192	94,3	h	6,12 ?
198	RE 8775	1112	5300	5	1189	57,3	m	6,48
				30	1195	71,7	h	6,95
				100	1198	71,9	h	7,18
199	C 3000	1146	*)	5	1223	75,0	m(h)	6,30
				30	1229	81,8	h	6,75
				100	1227	88,7	h	6,60 ?
200	C 5000	910	6300	5		kein	kristallin	
				30		91,9		
				100		99,1	m-e(g)	
201	C 9000	1009	200	5	1055	96,3	m-g (tiefbraun)	4,36
				30	1054	96,7	m-g (tiefbraun)	4,27
202	C 9001		*)	5	1041	97,3	m-g	
				30	1046	97,2	h	
203	C 9003	1008	167	5	1112	87,1	h	9,35
				30	1114	89,7	h	9,52
				100	1111	92,8	h	9,27 ?

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Viskosität ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gel (%)	Härte ⁺ (qualitativ)	Schrumpfung (%)
204	RC 3	1112	1141	5	1209	88,3	h	8,02
				30	1220	93,4	h	8,85
				100	1211	94,7	sh	8,18 ?
205	VTE 5946	1185	*)	5	1208	91,3	h	1,90
				30	1217	90,7	h	2,63
				100	1216	90,2	h	2,55
206	VTE 5953	1190	*) (18000)	5	1207	89,2	m(h)	1,41
				30	1217	85,7	h	2,22
				100	1219	92,1	h	2,38
207	VTE 5286	1198	?	5	1214	77,3	h	1,32
				30	1216	85,7	h	1,48
				100	1219	89,7	h	1,72
208	EB 204		(17000) thixotrop	2	zu weich			
				5	1196	92,2	m(h-e)	
				30	1214	97,4	h	
209	EB 220	1212	57700 (28500)	2	1302	88,0	h	6,91
				5	1305	91,9	h	7,13
				30	1335	93,3	h	9,21
210	EB 230	1036	72900 (40000)	2	1037	56,8	sw-g	0,10
				5	1042	91,8	(m)-g	0,58
				30	1043	91,0	m-g	0,67
211	EB 254	1105	274000 (4000) bei 60°	2	1157	93,2	h	4,49
				5	1166	94,0	h	5,23
				30	1162	93,4	sh	4,91 ?
212	EB 264	1088	70800 (45000)	2	1137	93,9	h	4,31
				5	1141	92,5	h	4,65
				30	1143	92,5	h	4,81

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Viskosität ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Gel (%)	Härte ^{†)} (qualitativ)	Schrumpfung (%)
213	EB 270	1068	203000 (2700 bei 60°C)	2	1098	92,1	m-(g) e	2,73
				5	1100	95,6	m-(g) e	2,91
				30	1102	94,1	m-e	3,09
214	EB 284	1128	14700 (7500 bei 60°C)	2	1170	95,9	h	3,59
				5	1183	97,1	h	4,65
				30	1177	96,0	h	4,16
215	EB 440	1466	221000 (~1250 bei 60°C)	2	1521	82,6	h	3,62
				5	1524	76,2	h	3,81
				30	1524	80,1	sh	3,81
216	EB 505	1152	3100	2	1218	65,8	h	5,42
				5	1239	76,2	h	7,02
				30	1249	80,1	h	7,77
217	EB 616	1150	38300 (~20000)	2	1154	30,3	sw-g	0,35
				5	1218	79,9	h	5,58
				30	1239	87,8	h	7,18
218	EB 657	1110	306000 (~3500 bei 60°C)	2	1156	80,9	h	3,98
				5	1173	95,6	h	5,37
				30	1177	94,3	h	5,69
219	EB 770	1169	127 (~100)	2	zu weich			
				5	1309	92,3	h	10,70
				30	1313	92,3	h	10,97
220	EB 754	1101	260000 (~75)	2	1117	89,8		1,43
				5	1151	92,2		4,34
				30	1146	92,1		3,93
221	EB 850	1216	32500 (20000)	2	1301	85,3	h	6,53
				5	1308	92,2	h	7,03
				30	1308	96,1	h	7,03
222	EB 1554	1344	*) (40000)	2	1400	87,4	m(h)-e opal	4,00
				5	1415	92,3	h opal	5,02
				30	1412	93,4	h opal	4,82

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A (kg.m ⁻³)	Viskosität (mPa.s)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E (kg.m ⁻³)	Gel (%)	Härte ⁺ (qualitativ)	Schrumpfung (%)
223	EB 1559 MA	1334	9900 (8000)	2	1429	89,1		6,65
				5	1428	91,1	h	6,58
				30	1430	91,9	h	6,71
224	EB 1600	Luft- blasen!	*)	2			h (Blasen)	
				5	1216	77,7	h --	
				30	1220	82,5	h --	
225	EB 436			2	1263	91,6	h opal.	
				5	1263	92,3	h opal.	
				30	1272	93,6	h opal.	
226	TM-100	1097	230098	20	1156	89,9	w-g	5,10
				50	1157	89,4	w-g	5,19
				100	1155	89,1	w-g	5,02 [?]
227	70 BuA/30 IBA	923	n.b.	100	1050	87,0	w-g	12,10
228	50 BuA/50 IBA	943	n.b.	100	1064	76,8	w-e	11,37
229	30 BuA/70 IBA	958	n.b.	100	1072	0		10,63
230	IBA (= QM-589)	988	9,1	100	1074	0	m/h	8,01
				40/100			h/h	
231	BDDMA	1105	(6,5) 5,5	100	1188	0		6,99
				40/100			sh	
232	NVP	1043	2,9	100	1100	0	w(m)	5,18
233	TMPTA	1024	(~65)	100	1267	0	h	19,18
234	PEG 400 DA	1125	(44,8) 65,8	100	1208	91,8	m(h)-s	6,87
235	SR-208	964		30	1098	88,4	h	12,20
				100	1102	91,1	h-s	12,52
236	SR-211	881		30	zu weich			
				100	--			
237	SR-259	1197	(64) 29,8	30	1253	92,3	h	4,47
				100	1248	94,9	h	4,09

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A (kg.m ⁻³)	Viskosität (mPa.s)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E (kg.m ⁻³)	Gel (%)	Härte ⁺⁾¹ (qualitativ)	Schrumpfung (%)
238	SR-285	1067		30	1190	80,1	sw-g	10,34
				100	1186	82,2	w-g	10,03
239	SR-295	1177	(700)	30	1332	84,6	h	11,64
				100	1344	93,5	sh-s	12,43
240	SR-339	1104	(6)	30	1211	92,5	w-e	8,84
				100	1212	91,2	w-e	8,91
241	SR-349	1120	(2500)	30	1186	80,0	h	5,56
				100	1191	91,9	h	5,96
242	SR-395	884	(2)	30		92,3	sw(-g)	
				100		91,9	sw(-g)	
243	SR-399	1192	(4400 bei 26°C)	30	1322		h	9,83
				100	1333	86,9	h-s	10,58
244	SR-454	1103	(50-100)	30	1225	89,8	h	9,96
				100	1239	91,4	h	10,98
245	SR-256	1016		5	n.gehärtet			
				30	1112	91,5	w-g	8,63
				100	1115	90,2	w-g	8,88
246	MA	955	(0,5)	100	uneinheitliche Probe			
247	IBuA	889		100	1025	92,6	sw-g	13,27
248	IPA	885		100	1031	88,6	sw(-g)	14,16
249	EHA	885	(1,7)	10		92,1		
				20		89,3		
				50		93,7		
250	EOEMA	967	(10)	100		95,3		
251	BOEA	946	(10)	100	1104	91,2	sw-g	14,31
252	HBuA	1040	13,7	100	1114	95,6	w-g	6,64
253	TPGMA	1107		100	1080	91,6	w-g	?

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Nr.	Harz (Gemisch) in Gew.%	Dichte ρ_A (kg.m^{-3})	Viskosität (mPa.s)	Dosis (kGy)	Dichte ρ_E (kg.m^{-3})	Gel (%)	Härte ^{†)} (qualitativ)	Schrumpfung (%)
254	3-HPA	1062	(9,5)	100	1199	93,9	w-g	11,43
255	2-HPMA	1029		100	1194	96,4	h	13,82
256	2-HPA	1056		100	1176	96,8	w	10,20
257	HEMA	1072	8,5	100	1154	95,8		7,11
258	HEA	1106	(9,0)	100	1271	93,2	h	12,98
<u>Nachträge:</u>								
3	BuA	900	~0,90	100 ? 200	1037 1036	94,9 94,9	w-g	13,21
14	70 U 150/30 BuA	1055	~90-95	10 20 50	1177 1179 1182	94,4 92,4 93,5	h h h	10,37 10,52 10,74

* Viskosität zu hoch für die Bestimmung

** in Klammer stehende Werte sind Angaben des Herstellers

+ Die Härte wurde qualitativ beurteilt: sw = sehr weich; w = weich; m = mittelhart; h = hart;
sh = sehr hart; -e = hart(zäh)elastisch; -g = gummielastisch;
-s = spröde; n.b. = nicht bestimmt

Tabelle 3: Zusammenstellung der am wenigsten schrumpfenden Imprägniermittel gereiht nach steigender Viskosität (nur Viskositäten <1000 mPa.s erfaßt).

Nr.	Imprägniermittel	Chemische Charakterisierung	Viskosität (mPa.s)	Dosis (kGy)	Gel (%)	Schrumpfung (%)
232	NVP	N-Vinyl-2-pyrrolidon	2,9	100	0	5,18
231	BDDMA	1,4-Butandiolmethacrylat	5,5	100	0	6,99
257	HEMA	2-Hydroxyethylmethacrylat	8,5	100	95,8	7,11
252	HBuA	Hydroxybutylacrylat	13,7	100	95,6	6,64
128	60 EB 586/40BuA	Acrylmod. chlor. Polyesterharz/BuA	25,4	100	60,8	7,20
126	60 T-1600/40 BuA	Aliph. Urethan/Polyesteracrylatharz/BuA	26,4	10	96,9	7,58
237	SR-259	Polyethylenglykol-200-diacrylat	29,8	30(100)	92,3	4,47
164	PH 4039	Monofunkt. aromat. Acrylat	51,0	30	93,1	5,42
234	PEG 400 DA	Polyethylenglykol-400-diacrylat	65,8	100	91,8	6,87
125	60 D-1200/40 BuA	Aliph. Urethan/Polyesteracrylatharz/BuA	98,7	4(20)	98,4	7,23
201	C 9000	Polyoxyalkyliertes Diacrylat	200	5(30)	96,7	4,36
138	70 LP 36 B/30 QM-589	Ungesätt. Polyesterharz/Isobornylacrylat	301	20(50)	84,6	6,93
136	80 F 140/20 UV-2245	Ungesätt. Polyesterharz/PEG-diacrylat	361	50	83,3	7,31
135	80 F 140/20 QM-672	Ungesätt. Polyesterharz/DCPOEA	372	20(50)	85,2	6,83
137	80 F 140/20 EB 110	Ungesätt. Polyesterharz/Arom. Monoacrylat	376	50(100)	83,8	6,65
139	70 LP 36 B/30 QM-672	Ungesätt. Polyesterharz/DCPOEA	466	50	90,4	7,14

Tabelle 3 (Fortsetzung)

Nr.	Imprägniermittel	Chemische Charakterisierung	Viskosität (mPa.s)	Dosis (kGy)	Gel (%)	Schrumpfung (%)
157	SY 3131	Aliphat. Urethanacrylatharz	(500-700)	20	94,1	6,08
192	RE 8728	Acrylmod. aliph. Polyurethanacrylatharz	723*	30	92,8	5,69
156	SY 3135	Aliphat. Urethanacrylatharz	961** (400-600)	20(50)	91,0	7,05

* Bei einer wiederholten Viskositätsmessung wurde mit 6885 mPa.s ein wesentlich höherer Wert erhalten, was die Einordnung in Frage stellt.

** Der gemessene Wert liegt deutlich über der Angabe des Viskositätsbereichs (in Klammer) durch die Herstellerfirma

Tabelle 4: Imprägniermittel, Härtungsdosis, Art und Abbaugrad (Gewichtsverlust) des Holzes, Monomeraufnahme, Dimensionsänderungen und Verformung der untersuchten Probenkörper

Nr.	Imprägniermittel (Härtungsdosis)	Holzart	Abbaugrad (%)	M (%)	Längenänderung (mm)			Volumen			Verbiegung [*]		Bemerkungen		
					Δl	$\overline{\Delta b}$	$\overline{\Delta h}$	unbeh. (cm ³)	beh. (cm ³)	ΔV (%)	unbeh. (mm)	beh. (mm)			
11	Polylite VE 011 bzw. UP 052 (40 kGy)	Ahorn	n	72,2	-4,2	0	-0,1	86,5	82,5	-4,6	0,2 (-0,1)	1,3 (-0,2)	mäÙig bis stark verformt		
			n	71,6	-3,8	0	0	86,3	82,0	-5,0	0,3	2,0 (0,1)			
			n	71,5	-3,3	-0,1	-0,2	86,0	81,9	-4,8	0,3 (0,1)	1,8			
			n	75,8	-2,4/-3,2	0,1	-0,3	87,1	82,8	-4,9	0,3 (-0,1)	3,0			
					72,8 ⁺					-4,8 ⁺					
					31,4	80,9	-0,2	0	-0,2	84,4	81,1	-3,9	(0,1)	0,7 (0,3)	wenig wellig verformt
					30,7	89,1	-1,6	0	-0,1	84,5	80,7	-4,5	(-0,1)	0,3 (-0,1)	
						85,0					-4,2				
			Eiche	n	38,4	-0,7	0	0	97,1	94,6	-2,6	0,3 (-0,1)		wenig verformt	
				n	33,4	-0,6	0	0	97,3	95,7	-1,7	(-0,2)	(-0,2)		
					35,9						-2,2				
					31,6	118,3	-0,2	0,1	-0,2	91,2	87,2	-4,4	0,1 (-0,1)		1,0
					31,6	114,6	-1,7/-2,1	0,1	-0,2	91,8	87,6	-4,6	0,1	1,6	
						116,5					-4,5				
			Fichte	n	125,7	-2,8/-3,7	0	-0,1	91,7	89,0	-3,0	0,4 (-0,1)	2,1 (-0,3)	mäÙig teils wellig verformt	
				n	126,9	-3,1/-2,6	0	-0,1	91,6	88,7	-3,2	0,5 (0,1)	2,2 (-0,1)		
					126,3						-3,1				
					27,9	164,5	-0,2/-3,1	0,1	0	92,4	88,7	-4,0	0,5		2,1 (0,1)
					27,9	142,8	-2,7	0	0	92,4	88,7	-4,0	1,2 (0,1)	2,8 (0,1)	
						153,7					-4,0				
	Kiefer	n	117,0	-3,2	0	0	85,6	82,5	-3,6	(0,1)	0,5 (-0,1)	mäÙig teils wellig verformt			
		n	115,7	-2,9/-3,6	0,1	-0,1	85,5	82,0	-4,1	0,3 (0,1)	0,7 (0,1)				
			116,4						-3,9						
			28,7	188,4	-1,0/2,0	0	-0,2	92,4	87,2	-5,6	0,6		1,7 (0,2)		
			29,2	192,3	-2,0/-2,3	0	-0,2	92,4	86,9	-6,0	0,4	1,8 (-0,2)			
				190,4					-5,8						
12	Genomer M-400 (25 kGy)	Ahorn	n	72,0	-2,2/2,6	0	-0,2	87,4	84,0	-3,9	-0,1	0,4	wenig bis mäÙig verformt		
			n	71,9	-1,9/2,2	0	-0,2	87,3	84,4	-3,3	0,1 (-0,1)	0,7 (-0,1)			
			n	77,0	-1,4/2,0	0	-0,2	87,6	84,8	-3,2	0,2 (-0,2)	1,6 (-0,2)			
				73,6						-3,5					

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Nr.	Imprägnier- mittel (Härtungsdosis)	Holz- art	Abbau- grad (%)	M (%)	Längenänderung (mm)			Volumen			Verbiegung ^{*)}		Bemerkungen	
					Δl	Δb	Δh	unbeh. (cm ³)	beh. (cm ³)	ΔV (%)	unbeh. (mm)	beh. (mm)		
13	Setalux UV-2252 (30 kGy)	Eiche	31,8	97,1	-2,1	0,1	-0,1	85,7	82,1	-4,2		0,7	} wenig } verformt	
			31,8	94,6	-1,9	0	-0,1	84,8	81,9	-3,4	0,2	0,9 (-0,1)		
				95,9						-3,8				
			n	27,1	-0,5	0	0	97,6	97,0	-0,6	0,1 (-0,2)	0,2 (-0,2)		
			n	21,1	-0,4	0	0	98,7	97,7	-1,0	0,4	0,3 (-0,1)		
				24,2						-0,8				
		Fichte	29,3	104,3	-1,8	0,2	-0,1	92,3	90,1	-2,4	0,7			} wenig } verformt
			28,4	98,4	-1,2	0	-0,1	93,2	90,3	-3,1	0,7			
				101,4						-2,8				
			n	122,1	-1,5	0	-0,1	92,6	91,6	-1,1	0,4 (0,1)	1,1 (0,1)	wenig	
		Kiefer	n	116,1	-1,7	0	-0,1	92,6	91,4	-1,3		(-0,1)	0,2 (-0,1)	verformt
				119,1						-1,2				
		Kiefer	28,0	144,3	-1,0/2,0	0	-0,1	93,0	90,5	-2,7	0,6		2,2 (-0,2)	mäßig
			27,9	159,9	-2,0	0	0	92,2	89,9	-2,5	0,5 (-0,1)		2,1 (0,1)	verformt
				152,1						-2,6				
			n	109,7	-1,4	0	0	85,9	84,2	-2,0		(-0,1)	0,3 (-0,1)	wenig
		Ahorn	n	110,4	-1,4	0	-0,1	86,5	84,5	-2,3		(-0,1)	0,6 (-0,1)	teils wellig
				110,1						-2,2				
			28,8	191,8	-1,0	0	-0,2	91,8	89,7	-2,3	0,3		0,6 (-0,3)	verformt
			28,3	178,3	-1,0	-0,1	-0,2	92,4	90,1	-2,5	0,6 (-0,1)		1,2 (0,2)	
		Eiche		185,1						-2,4				
n	71,8		-2,5/3,1	0	-0,2	87,2	82,9	-4,9		(0,1)	1,5 (0,2)	mäßig		
n	70,4		-2,5	0,1	-0,1	87,3	83,3	-4,6	0,1		1,8 (0,1)	verformt		
n	74,4		-2,2/2,7	0	-0,3	87,4	83,6	-4,3	0,3 (-0,1)					
	72,3							-4,6						
27,5	81,5		-2,2/3,2	0	-0,1	85,1	82,1	-3,5			0,8	wenig		
Eiche	29,1	81,9	-2,1	0	-0,1	85,4	80,8	-5,4		(-0,2)	1,4 (0,1)	verformt		
		81,7						-4,5						
Eiche	n	27,6	-0,9	0	0	97,6	95,4	-2,3		(0,2)	0,3 (0,1)	wenig		
	n	25,0	-0,6	0,1	0	98,3	97,0	-1,3		(0,2)		verformt		
		26,3						-1,3						

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Nr.	Imprägnier- mittel (Härtungsdosis)	Holz- art	Abbau- grad (%)	M (%)	Längenänderung (mm)			Volumen			Verbiegung [*]		Bemerkungen
					Δl	Δb	Δh	unbeh. (cm ³)	beh. (cm ³)	ΔV (%)	unbeh. (mm)	beh. (mm)	
14	70 U 150/30 BuA (30 kGy)	Fichte	28,9	89,5	-2,3	0,1	-0,2	92,3	88,2	-4,4	(0,1)	1,5 (0,1)	mäßig verformt
			28,2	86,2	-2,1	0	-0,2	92,4	88,9	-3,8		1,4 (0,1)	
				87,9						-4,1			
			n	112,3	-1,8/2,8	0	0	92,6	90,2	-2,6	0,1	0,9 (-0,1)	wenig verformt
			n	116,4	-2,1	0	-1	92,6	90,7	-2,1		0,2	
				114,4						-2,4			
		Kiefer	28,0	117,7	-2,2	0,1	-0,2	92,8	89,3	-3,8	0,3	2,3	mäßig verformt
			26,8	128,8	-2,7	0	-0,1	92,8	88,1	-5,1	0,2 (-0,1)	1,6 (-0,1)	
				123,3						-4,5			
			n	110,0	-3,4	0	-0,1	86,5	82,4	-4,7		0,9 (-0,1)	wenig verformt
			n	109,4	-3,2/3,8	0	-0,1	85,9	82,5	-4,0		1,2	
				109,7						-4,4			
		Ahorn	?	150,0	-3,4	0	-0,3	92,8	87,0	-6,3	(-0,1)	2,9 (0,1)	mäßig stark verformt
			28,0	174,4	-3,2	0	-0,3	93,0	87,1	-6,3	0,2 (-0,1)	2,3 (-0,1)	
				162,2						-6,3			
			n	72,6	-3,2	0	-0,1	84,7	82,6	-2,5	(0,1)	0,7	wenig
			n	71,5	-2,4	0	-0,1	85,1	81,8	-3,9	(0,1)	0,9 (0,1)	
				72,1						-3,2			
		Eiche	28,3	77,4	-2,5	0	0	84,4	81,6	-3,3	0,1	1,1 (0,2)	verformt
			27,6	72,1	-2,1	0	0	84,4	82,0	-2,8		0,8 (0,2)	
	74,8							-3,1					
n	35,4		0,1	0,1	0	96,8	95,8	-1,0	(-0,2)	0,2	wenig		
n	34,9		0,1	0	0	98,0	96,5	-1,5	0,1 (0,1)	0,4 (0,1)			
	35,2							-1,3					
Fichte	28,2	81,8	-1,1	0	-0,1	90,9	87,8	-3,4	0,3 (0,2)	0,8 (0,1)	verformt		
	28,5	82,7	-1,5	0	-0,1	91,0	87,6	-3,4	gebrochen				
		82,3						-3,4					
	n	115,6	-3,6	0,1	-0,3	92,0	89,2	-3,0	0,2	3,0 (-0,4)	rel. stark wellig verformt		
	n	110,2	-3,7	0,1	-0,3	91,9	88,1	-4,1	0,3 (0,1)	3,7 (-0,3)			
		112,9						-3,6					

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Nr.	Imprägnier- mittel (Härtungsdosis)	Holz- art	Abbau- grad (%)	M (%)	Längenänderung (mm)			Volumen			Verbiegung ^{*)}		Bemerkungen		
					Δl	$\overline{\Delta b}$	$\overline{\Delta h}$	unbeh. (cm ³)	beh. (cm ³)	ΔV (%)	unbeh. (mm)	beh. (mm)			
15	Ebecryl 110 (50 kGy)	Kiefer		27,1	148,9	-1,1/-1,8	-0,1	-0,2	91,8	89,3	-2,7	0,5	2,0 (-0,1)	mäßig	
				27,1	145,4	-1,0	0,1	-0,1	91,6	89,5	-2,3	1,0 (-0,1)	1,5 (0,2)	verformt	
					147,2						-2,5				
			n	102,3	-2,6	0	-0,1	85,5	82,6	-3,4		0,9			} wenig bis mäßig
			n	101,4	-2,5	0	-0,1	85,3	82,3	-3,5	0,3 (-0,1)	1,8 (-0,2)		verformt	
					101,9					-3,5					
			32,1	188,8	-1,4	0	0	92,0	90,1	-2,1	0,3	0,7 (-0,8)		} verformt	
			31,7	200,3	-1,2	0,1	0,1	92,0	90,0	-2,2	(-0,3)	1,0 (0,1)			
				194,6						-2,2					
		Ahorn	n	68,0	-0,8	0,1	0	87,3	85,4	-2,2	0,3 (0,1)	0,9 (0,1)		} sehr wenig	
			n	77,0	-1,6	0,1	-0,1	87,3	84,0	-3,8	(-0,1)	1,2			
				72,5						-3,0					
			34,1	94,7	-0,9	0,1	-0,1	92,9	91,0	-2,1	(-0,1)	0,8		} verformt	
			33,1	79,9	0	0	0	92,7	91,0	-1,8	0,1	0,3			
				87,3						-1,9					
		Eiche	n	63,3	-0,5	0,1	-0,1	98,4	96,1	-2,3	(-0,1)	0,3		} wenig verformt	
			n	61,5	-0,8	0	-0,1	99,3	96,1	-3,2	0,4	0,8			
				62,4						-2,8					
			32,1	125,7	-1,2	0,1	-0,2	91,8	88,3	-3,8	(-0,1)	1,0 (-0,1)		} verformt	
			32,5	90,8	-0,5	0,1	-0,1	92,6	90,1	-2,7	0,1	0,7 (-0,1)			
		108,3						-3,3							
Fichte	n	155,6	-3,3/3,8	0	-0,1	93,1	89,2	-4,2	0,2 (-0,1)	1,2 (0,3)		} wenig wellig verformt			
	n	149,5	-2,9/4,0	0	-0,1	93,2	89,9	-3,5		0,7 (0,2)					
		152,6						-3,9							
	27,1	176,5	0/-2,0	0	0	93,0	90,5	-2,7	0,9 (0,1)	3,1		} mäßig bis verformt			
	26,8	164,4	-1,0	0,1	0	93,0	91,0	-2,2	0,4	1,3					
		170,5						-2,4							
Kiefer	n	108,5	-1,1	0	-0,1	87,2	84,2	-3,4		0,2 (-0,1)		} sehr wenig verformt			
	n	107,7	-1,3	0,1	-0,1	86,5	84,0	-2,9		0,5 (0,1)					
		108,1						-3,2							
	32,2	180,5	-0,4	0,1	-0,1	93,5	91,5	-2,1	0,4 (0,2)	0,6 (0,2)		} verformt			
	32,1	206,6	-0,2	0	-0,1	94,1	92,4	-1,8	(-0,1)	0,3					
		193,6						-2,0							

Tabelle 4. (Fortsetzung)

Nr.	Imprägnier- mittel (Härtungsdosis)	Holz- art	Abbau- grad (%)	M (%)	Längenänderung (mm)			Volumen			Verbiegung ^{*)}		Bemerkungen	
					Δl	$\overline{\Delta b}$	$\overline{\Delta h}$	unbeh. (cm ³)	beh. (cm ³)	ΔV (%)	unbeh. (mm)	beh. (mm)		
16	90 EB 810/10 BuA (30 kGy)	Ahorn	n	65,6	-1,7	0,1	0	87,1	83,6	-4,0	0,1	0,6 (-0,1)	} wenig verformt	
			n	74,0	-1,6	0,2	-0,1	87,2	84,3	-3,3		0,6 (-0,1)		
				<u>69,8</u>						-3,7				
			32,9	84,1	-0,8	0,1	0	92,7	90,3	-2,6		0,2 (,1)		1,0 (0,1)
		33,7	91,7	-1,1	0,3	0	92,3	89,8	-2,7	(0,1)	1,1 (-0,1)			
			<u>87,9</u>						-2,7					
		Eiche	n	61,1	-0,7	0,1	0,1	98,1	96,4	-1,7	0,2	(0,1)	} wenig verformt	
			n	60,9	-0,5	0,1	0	98,7	97,0	-1,7	(0,1)	0,2 (0,1)		
				<u>61,0</u>						-1,7				
			31,1	85,6	-1,9/2,2	0,2	0	91,4	87,2	-4,6	(0,1)	1,3 (0,2)		
		31,4	99,8	-1,6/1,9	0,2	-0,3	92,6	88,0	-5,0		2,0			
			<u>92,7</u>						-4,8					
Fichte	n	111,3	-2,7/3,1	0	0	92,7	85,2	-3,8	(0,1)	1,8	} mäßig verformt			
	n	115,7	-2,7/3,2	0,1	-0,1	93,1	88,9	-4,5	0,2	2,4 (0,1)				
		<u>113,5</u>						-4,2						
	27,8	123,7	-1,1/2,1	0,2	0	92,4	88,7	-4,0	1,1	1,2 (0,1)				
27,8	146,6	-1,0/2,0	0,2	-0,1	92,4	89,3	-3,4	0,9 (0,1)	2,1 (0,1)					
	<u>135,2</u>						-3,7							
Kiefer	n	107,9	-2,7	0,3	-0,1	86,3	82,6	-4,3	0,1	1,1 (0,1)	} wenig bis mäßig verformt			
	n	106,8	-2,7/3,6	0,2	-0,1	86,0	82,7	-3,8	0,2 (0,2)	1,5 (0,1)				
		<u>99,9</u>						-4,1						
	30,8	177,6	-3,2/3,6	0,2	-0,1	93,1	88,2	-5,3	0,4 (0,2)	1,4 (0,1)				
31,3	148,4	-3,5/2,7	0,3	-0,1	92,0	87,2	-5,2	0,3 (0,1)	1,9					
	<u>163,0</u>						-5,2							
17	80 UV-2246/ 20 BuA (50 kGy)	Ahorn	n	76,3	-2,4	0	-0,2	87,4	83,4	-4,6	(0,1)	1,9 (0,2)	} wenig verformt	
			n	65,2	-2,4	0	0	87,4	84,1	-3,8	0,1 (0,1)	0,6 (-0,2)		
			<u>70,8</u>						-4,2					
		33,2	97,8	-2,5/3,0	0	-0,1	93,5	89,7	-4,1	0,1	2,1 (0,2)			
33,2	85,1	-2,1	0	-0,1	93,5	90,4	-3,3	0,1	0,8 (0,1)					
	<u>91,5</u>						-3,7							

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Nr.	Imprägnier- mittel (Härtungsdosis)	Holz- art	Abbau- grad (%)	M (%)	Längenänderung (mm)			Volumen			Verbiegung [*]		Bemerkungen
					Δl	$\overline{\Delta b}$	$\overline{\Delta h}$	unbeh. (cm ³)	beh. (cm ³)	ΔV (%)	unbeh. (mm)	beh. (mm)	
18	60 EB 860/ 40 BuA (30 kGy)	Eiche	n	57,9	-1,2	-0,1	-0,1	98,8	96,3	-2,5	(0,1)	(0,2)	} (sehr) wenig verformt mäBig wellig verformt mäBig bis stark verformt wenig verformt mäBig verformt wenig bis mäBig verformt sehr wenig verformt
			n	56,7	-0,8/1,3	0	-0,1	98,6	96,6	-2,0	0,2 (0,1)	0,7 (-0,1)	
				57,2						-2,3			
			28,0	79,8	-0,8/1,1	0,1	0	93,1	89,3	-3,4	(-0,1)	1,1 (-0,1)	
			29,5	87,8	-1,9/2,1	0,2	-0,2	92,8	88,3	-4,8	0,3	1,3	
				83,8						-4,1			
		Fichte	n	78,4	-2,4	0,1	-0,1	93,4	90,0	-3,6	0,1 (-0,1)	0,6 (0,3)	
			n	75,9	-2,4	0,1	-0,1	93,3	90,6	-2,9	0,2 (0,1)	0,9 (0,2)	
				77,2						-3,3			
			26,3	93,4	-1,0/2,3	0,1	-0,1	93,0	90,2	-3,0	0,5	2,3 (-0,2)	
			26,2	76,2	-0,8	0,1	-0,1	92,4	90,3	-2,3	0,7 (0,1)	2,4 (0,1)	
				84,8						-2,7			
		Kiefer	n	100,8	-2,5	0	-0,1	86,6	83,6	-3,5	(0,1)	0,8	
				99,0	-2,8/3,5	0	-0,2	87,2	83,2	-4,6		0,5 (-0,2)	
				99,9						-4,1			
			31,8	169,5	-1,6/2,8	0,2	-0,2	93,7	89,4	-4,6	0,2 (-0,2)	1,6	
			31,8	162,4	-1,6/2,8	0,2	-0,2	93,1	87,9	-5,6	(-0,1)	2,2	
				166,0						-5,1			
		Ahorn	n	65,1	-3,0	0,1	-0,1	86,9	83,6	-3,8	0,2 (-0,1)	1,5 (-0,2)	
			n	69,8	-2,1	0,1	-0,2	87,2	83,8	-3,9	0,3 (0,1)	2,3 (0,2)	
		67,5						-3,4					
	33,3	85,0	-1,6	0	-0,1	93,1	89,9	-3,4	0,3	1,7			
	33,1	74,7	-1,3	0	0	92,9	89,7	-3,4	(-0,1)	0,9			
		79,9						-3,4					
Eiche	n	45,1	-0,7	0	0	98,0	96,5	-1,5		(0,1)			
	n	45,1	-0,6	0	-0,1	98,9	97,3	-1,6	(0,1)	0,2 (0,1)			
		45,1						-1,6					
	29,4	75,1	-1,3	0,1	-0,2	92,7	89,3	-3,7		1,6			
	28,7	79,1	-1,8	0,1	-0,1	93,1	89,8	-3,5	(-0,1)	0,4 (-0,1)			
		77,1						-3,6					

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Nr.	Imprägnier- mittel (Härtungsdosis)	Holz- art	Abbau- grad (%)	M (%)	Längenänderung (mm)			Volumen			Verbiegung ^{*)}		Bemerkungen
					Δl	Δb	Δh	unbeh. (cm ³)	beh. (cm ³)	ΔV (%)	unbeh. (mm)	beh. (mm)	
19	60 EB 830/ 40 BuA (50 kGy)	Fichte	n	48,4	-1,4	0,1	0	93,2	90,9	-2,5	0,2 (-0,1)	0,4 (-0,1)	wenig
			n	49,0	-1,6	0,1	0	93,2	90,8	-2,6	0,1 (-0,1)	0,8 (-0,1)	verformt
				<u>48,7</u>						<u>-2,6</u>			
			26,0	68,0	-1,6	0	-0,1	93,0	90,1	-3,1	0,1	0,5 (-0,3)	mäßig
			26,0	<u>89,2</u>	-1,8/3,1	0,1	0	93,0	89,8	-3,4	0,3	2,2 (0,1)	verformt
				<u>78,6</u>						<u>-3,3</u>			
		Kiefer	n	78,0	-1,8	0	-0,1	86,8	84,0	-3,2	0,2	0,1	wenig
			n	<u>80,8</u>	-1,7	0,1	-0,1	86,7	84,1	-3,0	(-0,1)	0,8 (-0,1)	verformt
				<u>79,4</u>						<u>-3,1</u>			
			29,7	191,0	-3,6	0	-0,2	93,2	88,4	-5,2	(-0,3)	1,9 (0,1)	mäßig
			30,7	<u>172,9</u>	-2,2/3,2	0	-0,2	92,3	87,9	-4,8	0,3 (-0,2)	2,4 (-0,1)	verformt
				<u>182,0</u>						<u>-5,0</u>			
		Ahorn	n	64,7	-3,2	-0,1	-0,2	88,0	83,1	-5,6	0,2	0,9 (-0,2)	wenig
			n	<u>74,6</u>	-2,6	0	-0,3	87,5	82,6	-5,6	(-0,1)	2,0 (-0,2)	bis
				<u>69,7</u>						<u>-5,6</u>			
			33,7	92,5	-2,8	0	-0,1	93,8	88,9	-5,2	0,1	0,8	mäßig
			33,1	<u>81,7</u>	-2,1/2,7	0	-0,3	94,1	89,5	-4,9	(-0,2)	0,2 (-0,2)	verformt
				<u>87,1</u>						<u>-5,1</u>			
		Eiche	n	56,6	-0,8	0	0,1	98,1	96,2	-1,9		0,1 (-0,1)	wenig
			n	<u>57,8</u>	-0,6	0	0	98,5	96,1	-2,4	(0,3)	0,8 (0,3)	verformt
		<u>57,2</u>						<u>-2,2</u>					
	32,0	83,3	-2,5	0,1	-0,2	93,0	88,0	-5,4	(0,1)	1,9 (0,1)	verformt		
	31,1	<u>93,2</u>	-2,2	0,2	0,3	91,9	85,6	-6,9	(-0,1)	1,7	verformt		
		<u>88,3</u>						<u>-6,1</u>					
Fichte	n	109,4	-4,0/5,0	0	-0,2	93,7	88,8	-5,2	(0,1)	3,1 (0,2)	(stark)		
	n	<u>105,2</u>	-4,5	0	-0,1	93,4	88,1	-5,7	(-0,1)	1,3 (-0,2)	verformt		
		<u>107,4</u>						<u>-5,5</u>					
	27,8	163,5	-2,2/3,1	0,1	-0,2	92,7	86,8	-6,4	1,1	1,5	mäßig		
	27,8	<u>150,3</u>	-3,1/3,5	0,1	-0,2	92,7	87,1	-6,0	0,9	0,9 (0,2)	verformt		
		<u>156,9</u>						<u>-6,2</u>					
Kiefer	n	103,3	-4,8	0,1	-0,1	86,0	79,6	-7,4	(-0,1)	1,1	wenig bis		
	n	<u>100,4</u>	-4,2	0,1	-0,2	87,0	81,6	-6,2	(0,2)	0,9 (0,3)	mäßig		
		<u>101,9</u>						<u>-6,8</u>			verformt		

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Nr.	Imprägnier- mittel (Härtungsdosis)	Holz- art	Abbau- grad (%)	M (%)	Längenänderung (mm)			Volumen			Verbiegung ^{*)}		Bemerkungen
					Δl	$\overline{\Delta b}$	$\overline{\Delta h}$	unbeh. (cm ³)	beh. (cm ³)	ΔV (%)	unbeh. (mm)	beh. (mm)	
20	70 U 150/ 30 EB 110 (50 kGy)	Kiefer	31,1	172,5	-4,3	0,4	-0,1	93,3	87,4	-6,3	0,3 (-0,1)	1,2 (-0,2)	} mäßig verformt rel. wenig verformt wenig verformt mäßig verformt mäßig teils wellig verformt wenig bis mäßig verformt
			30,1	182,4	-4,5	0,2	-0,3	92,3	85,9	-6,9	(-0,2)	1,5 (0,2)	
				177,5						-6,7			
		Ahorn	n	64,0	-4,1/4,7	-0,1	-0,1	87,2	83,0	-4,8	0,1 (-0,1)	1,9 (-0,2)	
			n	78,2	-2,9	0	-0,3	86,8	82,2	-5,3	(-0,1)	2,1 (-0,1)	
				71,1					-5,1				
		Eiche	33,3	92,4	-3,8	0	-0,2	93,3	89,3	-4,3	(0,1)	1,8 (0,1)	
			33,3	86,5	-3,4/2,9	0	-0,2	93,5	89,3	-4,3	0,2 (0,1)	1,2 (0,3)	
				89,5						-4,3			
		Fichte	n	60,6	-0,7	0,2	0	98,3	95,7	-2,6	0,1	0,2 (0,1)	
			n	59,5	-0,8/1,3	0	-0,1	98,3	94,8	-3,6	(-0,5)	0,8 (-0,5)	
				60,1						-3,1			
		Kiefer	32,2	123,0	-3,1	0,2	-0,2	92,7	87,0	-6,2	0,1	1,3 (-0,1)	
			33,0	105,2	-2,2/2,8	0,2	-0,2	93,0	87,9	-5,5	0,1	2,0 (-0,1)	
				114,1						-5,8			
		Ahorn	n	105,3	-4,0	0	0	93,5	88,9	-4,8		1,5	
			n	115,7	-4,3/4,7	0	-0,1	93,4	88,4	-5,4	(-0,5)	1,4 (-0,3)	
				110,5						-5,1			
		Eiche	27,6	145,1	-1,3	0	-0,3	92,4	88,2	-4,6	1,0 (0,1)	1,6 (0,1)	
			27,6	134,7	-2,0	0,1	-0,1	92,7	88,2	-4,9	1,1 (0,1)	1,4 (0,1)	
		139,9						-4,7					
Kiefer	n	112,0	-4,3	0,1	-0,2	92,2	81,6	-11,5	(0,1)	1,2 (0,2)			
	n	112,1	-3,7	0,1	-0,1	91,6	81,8	-10,7		1,0			
		112,1						-11,1					
Ahorn	29,2	146,6	-3,0/3,9	0,1	-0,1	91,6	86,6	-5,5	(0,2)	2,1 (0,4)			
	28,2	147,9	-3,7/4,2	0	-0,2	93,3	87,7	-6,0	(0,4)	1,0 (0,4)			
		147,3						-5,7					

*) Verbiegung x gemäß Abb. 1; die in Klammer stehenden Werte geben den Dickenunterschied der Holzproben an den beiden Längsenden an

+) Arithmetisches Mittel

Tabelle 5: Druckfestigkeit von intakten und künstlich abgebauten Holzproben vor und nach der festigenden Konservierung mit 70 U 150/30 BuA (30 kGy)

Holzart	Zustand	Dichte ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)		M (%)	Druckfestigkeit (MPa)		Festigungsfaktor
		vor	nach		vor	nach	
Ahorn	intakt	655	855	72,1	18,17	96,47	5,31
	abgebaut	640	1250	74,8	10,34	54,34	5,26
Eiche	intakt	750	1020	35,2	13,83	28,69	2,07
	abgebaut	600	1205	82,3	5,24	35,37	6,75
Fichte	intakt	430	950	112,9	2,78	5,09	1,83
	abgebaut	330	875	147,2	1,82	4,19	2,30
Kiefer	intakt	530	1180	101,9	6,62	52,96	8,00
	abgebaut	380	1120	194,6	2,33	21,75	9,33

Abbildungen

Abb. 1: Genormte Holzproben

A und C: Vermessung vor und nach der konservierenden
Behandlung

B: Entnahme aus dem Brett bei luftgetrocknetem,
nicht abgebautem Holz

Abb. 2: Die durch die 10 Imprägniermittel bei den unter-
suchten intakten und abgebauten Holzproben
verursachte Volumenänderung (Schrumpfung)

..... nicht abgebaut (intakt)

..... chemisch abgebaut

Abb. 1

Holzproben: Entnahme aus dem Brett und Vermessung

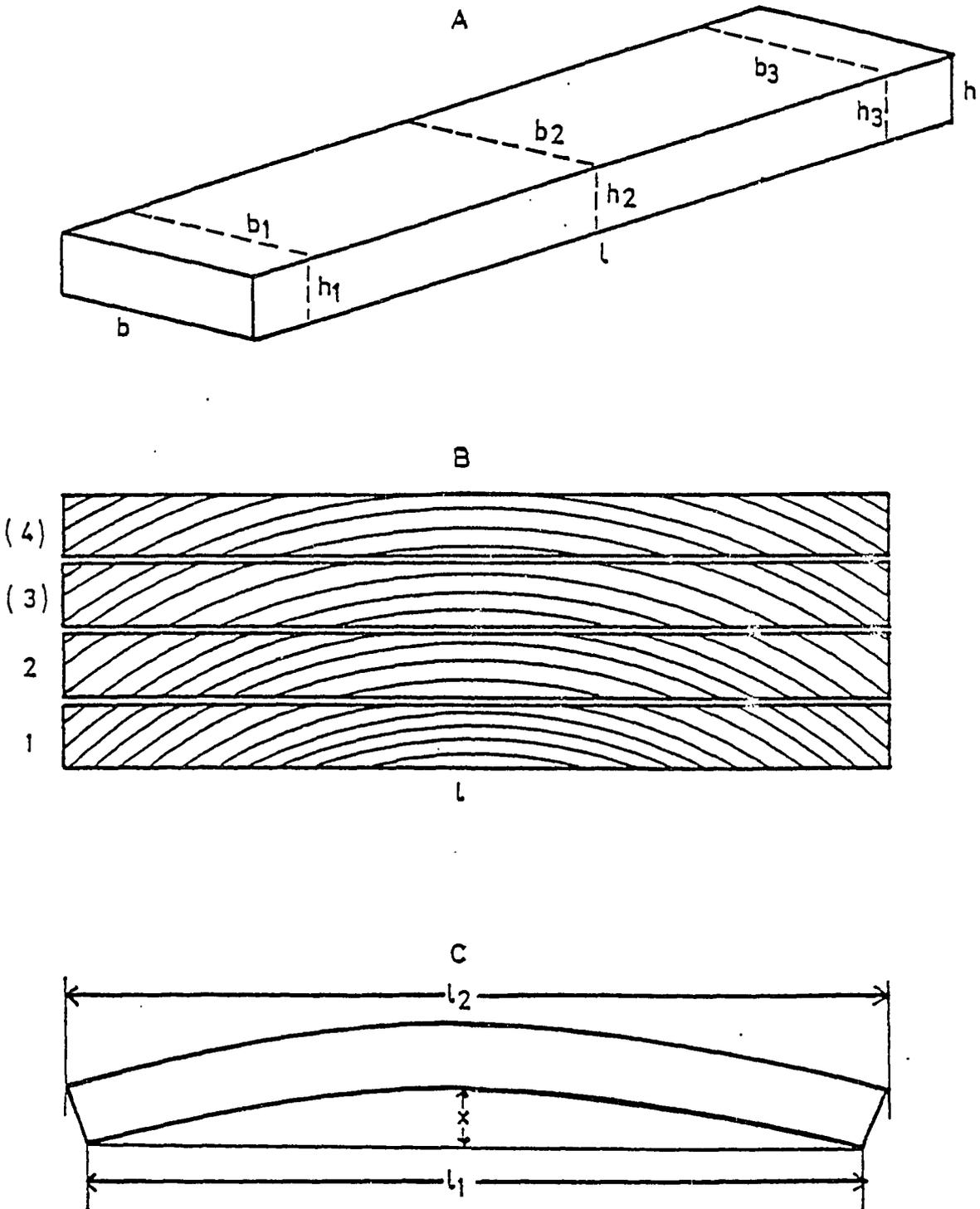
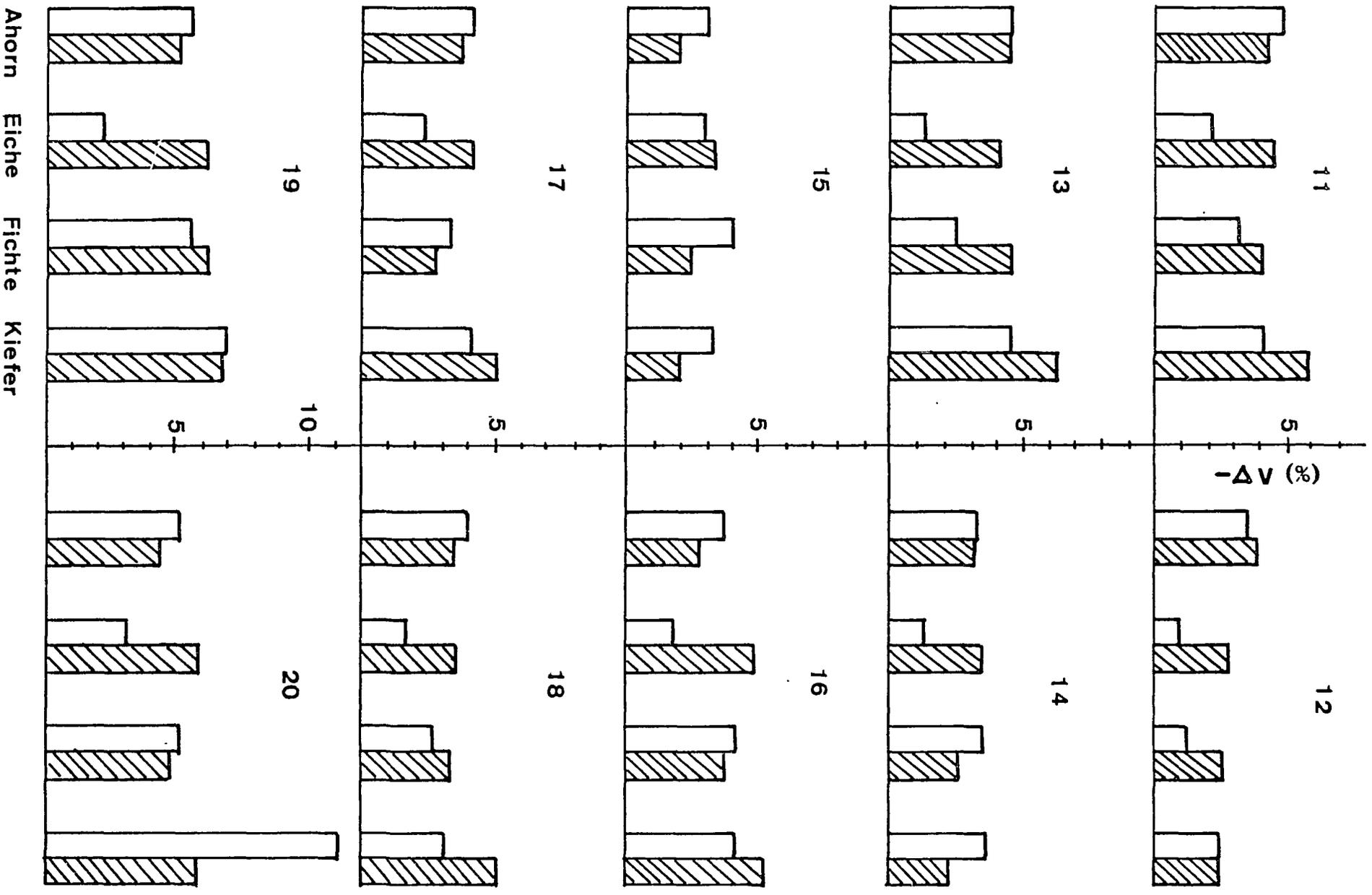


Abb.2



OEFZS-Berichte

Herausgeber, Verleger, Redaktion und Hersteller:

Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf Ges.m.b.H.

Lenaugasse 10, A-1082 Wien, Tel. (0222) 427511, Telex 11-5400

Alle Rechte vorbehalten.