

Baustoffe aus Recyclaten und Nebenprodukten Holz

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

Altholzklassen

- **A I**
naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Holz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde



Altholzklassen

- **A II**
verleimtes, gestrichenes,
lackiertes oder
anderweitig behandeltes
Altholz ohne
halogenorganischen
Verbindungen in der
Beschichtung (z. B. PVC)
und ohne
Holzschutzmittel



Altholzklassen

- **A III**
Altholz mit
halogenorganischen
Verbindungen in der
Beschichtung ohne
Holzschutzmittel



Altholzklassen

- **A IV**
Mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien, A I, A II, A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz.



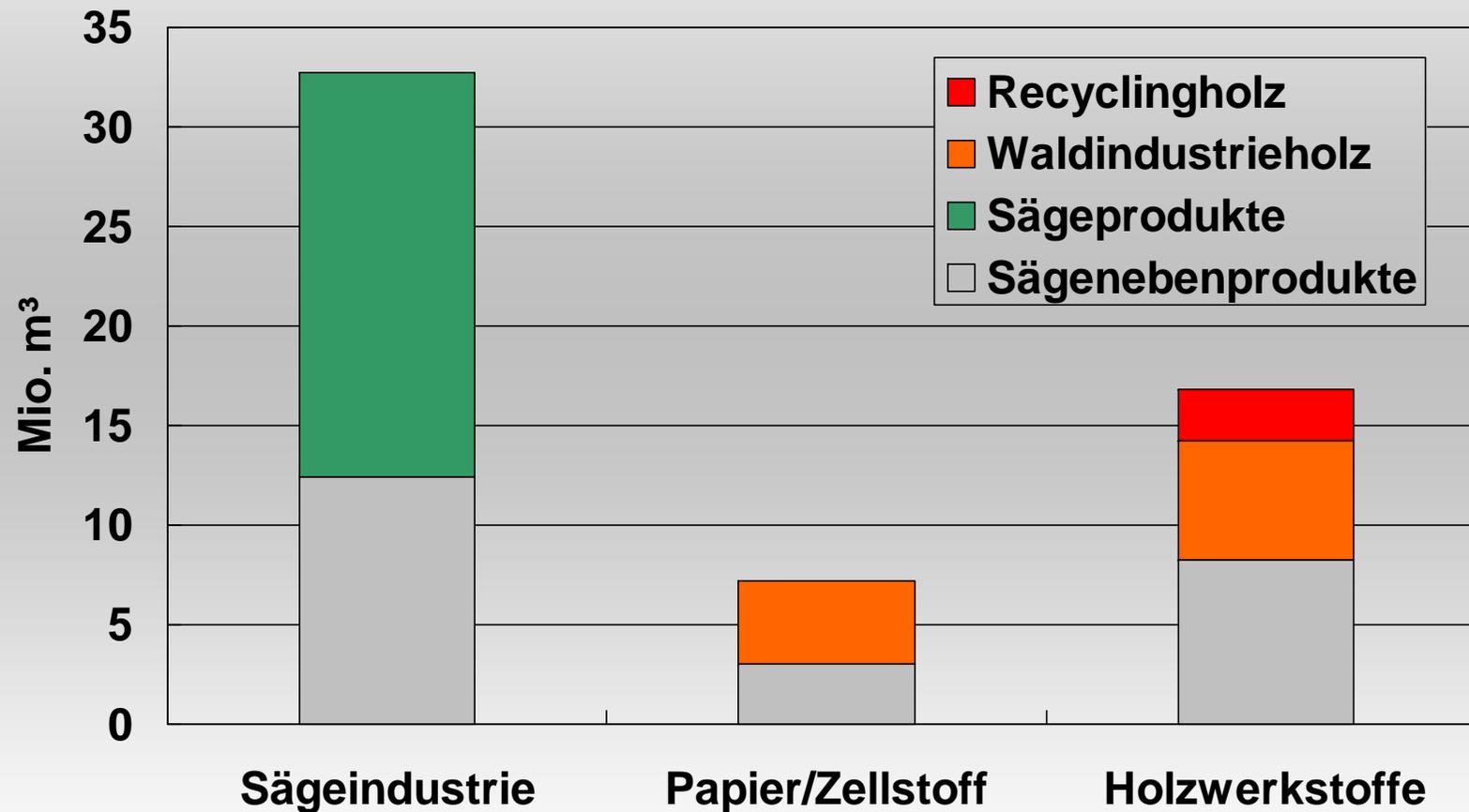
Altholzklassen

- **PCB-Altholz**

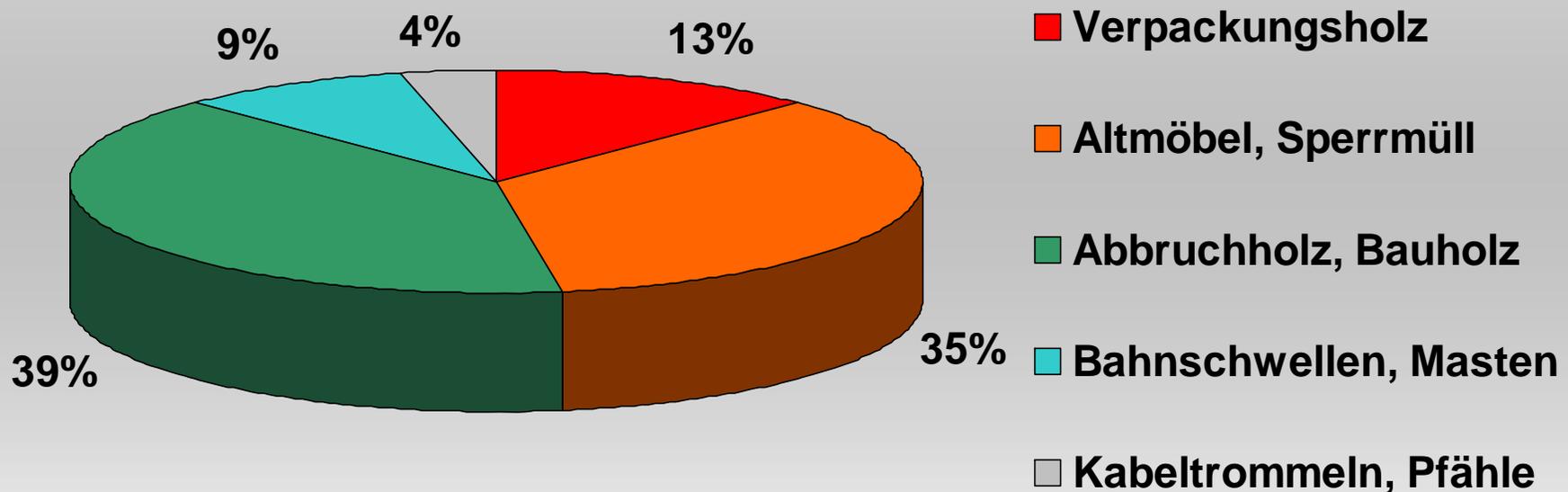
Altholz, das PCB im Sinne der PCB/PCT-Abfallverordnung ist und nach deren Vorschriften zu entsorgen ist, insbesondere Dämm- und Schallschutzplatten, die mit Mitteln behandelt wurden, die polychlorierte Biphenyle enthalten



Holznutzung in Deutschland in 2002

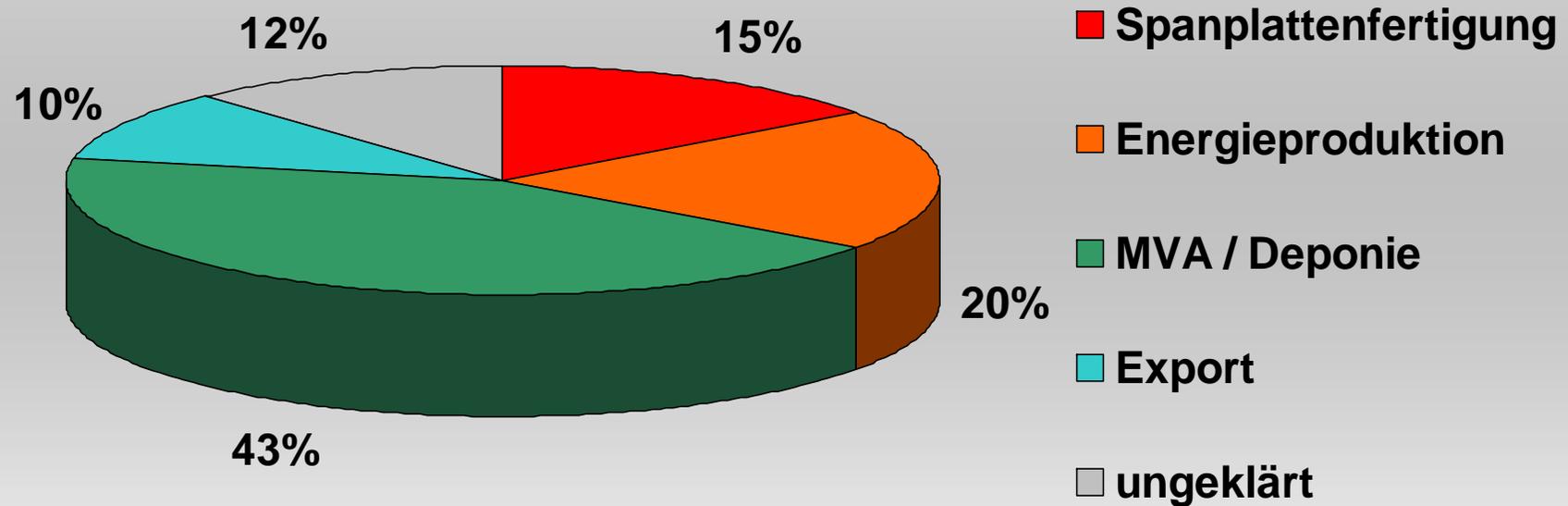


Herkunft von Gebrauchtholz



Gesamtaufkommen an Gebrauchtholz: ~ 8 Mio. t/a
~ 100 kg/(E a)

Verwendung



Einordnung in Altholzkategorien

Verwertung		Verpackungsabfall	Altholz-kategorie	EAK Nummer
Verpackungen	Paletten	Paletten aus Vollholz	A I	15 01 03
		Paletten aus Holzwerkstoffen	A II	15 01 03
		Sonstige Paletten mit Verbundmaterialien	A III	15 01 03
Altholz aus dem Baubereich	Baustellen-sortimente	Naturbelassenes Vollholz	A II	17 02 01
		Holzwerkstoffe, Schalholz, behandeltes Vollholz	A II	17 02 01

EAK Nummer: **europäische Abfallartenkatalognummer**

Bau- und Abbruchabfälle

Holz, Glas und Kunststoff



Einordnung in Altholzkategorien

Verwertung			Altholz- kategorie	EAK Nummer
Altholz aus dem Baubereich	Altholz aus dem Abbruch und Rückbau	Dielen, Bretterschalungen aus dem Innenausbau (ohne schädliche Verun- reinigungen (osV))	A II	17 02 01
		Türblätter, Zargen von Innentüren (osV)	A II	17 02 01
		Profilbretter, Decken- paneele, Zierbalken (osV)	A II	17 02 01
		Dämm- und Schallschutzplatten mit PCB behandelt	PCB- Holz	17 06 03*

Dämmmaterial und
asbesthaltige Baustoffe

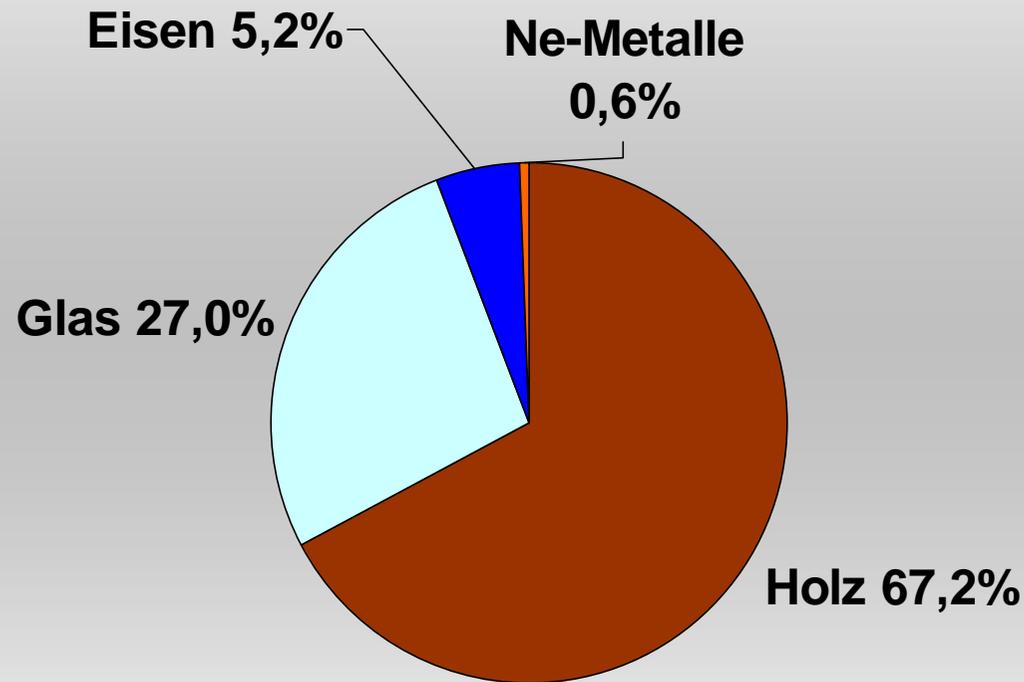
Einordnung in Altholzkategorien

Verwertung		Altholz- kategorie	EAK Nummer	
Altholz aus dem Baubereich	Altholz aus dem Abbruch und Rückbau	Bauspanplatten	A II	17 02 01
		Konstruktionshölzer für tragende Teile	A IV	17 02 04*
		Holzfachwerk und Dachsparren	A IV	17 02 04*
		Fenster, Fensterstöcke, Außentüren	A IV	17 02 04*
		Imprägnierte Bauhölzer aus dem Außenbereich	A IV	17 02 04*
	Altholz aus Schadensfällen, z.B. Brandholz	A IV	17 02 04*	



Aufkommen an Altfenstern

Bestandteile von Altfenstern



15 Mio. Stk./a 450.000 t/a

Einordnung: Altholzkategorie A IV

Beispiel Eisenbahnschwellen

- Aufkommen an Eisenbahnschwellen:
150.000 m³/a
- Bestandteile:
Buchenholz, mit Steinkohlenteeröl imprägniert
- Einordnung: Altholzkategorie A IV



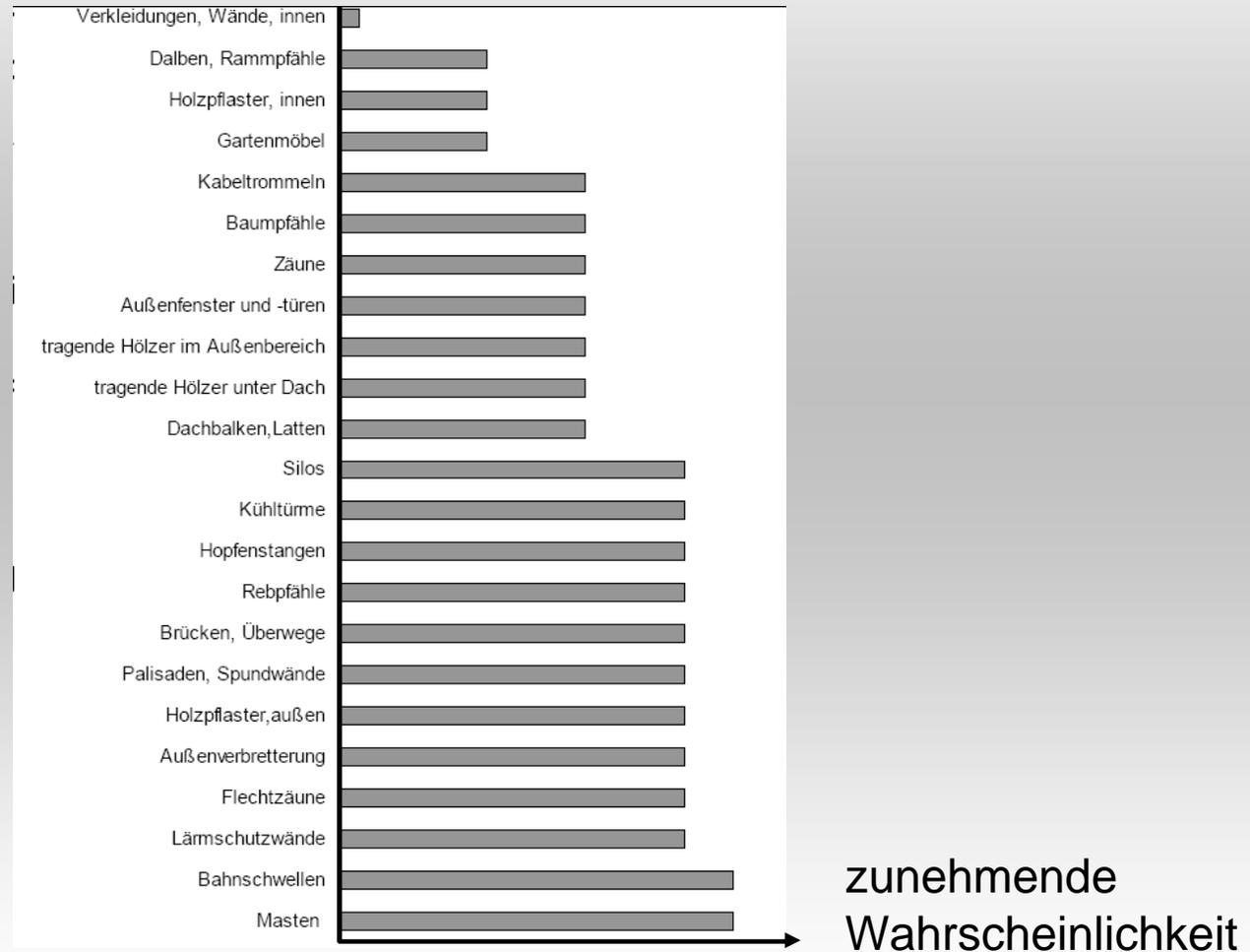
Verunreinigungen von Gebrauchtholz

- Fremdbestandteile aus der ursprünglichen Anwendung
- Farben und andere Beschichtungen
- Holzschutzmittel (HSM)
 - Anorganische Holzschutzmittel
 - Kupfer- Chrom- und Arsensalze
 - Quecksilberhaltige Holzschutzmittel
 - Organische Holzschutzmittel
 - chlorhaltige organische Holzschutzmittel
 - organische Metallverbindungen
 - ölige Holzschutzmittel

Verunreinigungen von Gebrauchtholz

- Wo ist im Gebäude kontaminiertes Altholz zu erwarten?
 - Konstruktionshölzer für tragende Teile
 - Holzfachwerk und Dachsparren
 - Fenster und Fensterstöcke
 - Türen, insbesondere Außentüren
 - Fußbodenbeläge (Parkett, Dielen)
 - Imprägnierte Bauhölzer aus dem Außenbereich (u. a. Zäune, Pfähle, Holzstege, Verkleidungen usw.)
 - Holz aus dem Garten, imprägnierte Gartenmöbel

Einsatz von Holzschutzmitteln



Grenzwerte für Holzhackschnitzel und Holzspäne zur Herstellung von Holzwerkstoffen, nach AltholzV Anhang II

Parameter	Konzentration
	[mg/kg TM]
Polychlorierte Biphenyle	5
Pentachlorphenol	3
Fluor	100
Chlor	600
Quecksilber	0,4
Kupfer	20
Chrom	30
Cadmium	2
Blei	30
Arsen	2

TM: Trockenmasse

Früher häufig verwendete Wirkstoffe in Holzschutzmitteln

- Ölige Holzschutzmittel
 - lösemittelhaltige Holzschutzmittel
 - Chlornaphthaline
 - PCP
 - Lindan
 - DDT (v. a. DDR) -
 - Tributylzinnverbindungen (TBT)
 - Chlorthalonil
 - Endosulfan
 - steinkohleteerhaltige Holzschutzmittel
 - Teeröle
 - Carbolineen (niedrig-viskose Teeröl-Destillate)
 - Teerölpräparate (Mischungen aus Steinkohleteerölen und Mineralölen)

Früher häufig verwendete Wirkstoffe in Holzschutzmitteln

- Wasserlösliche Holzschutzmittel auf Salzbasis
 - anorganische Wirkstoffe
 - Quecksilber, Arsen, Bor, Chrom, Fluorid, Kupfer, Zink

Zuordnung der Wirkstoffe zu älteren DDR – Holzschutzmitteln (TGL 4424)

Zuordnung der Wirkstoffe zu den anerkannten Holzschutzmitteln

Holzschutzmittel nach Holzschutz- mittelverzeichnis	Wirkstoffe
Vogel-Fluat	Silikofluoride
Dohnalit U	Fluoride Dichromat
Dohnalit Ull	Hydrogenfluoride Dichromat
Dohnalit UA	Fluoride Arsenate Dichromat
Dohnalit UAll	Hydrogenfluoride Arsenate Dichromat
Dohnalit Pyro I	Fluoride Ammoniumsalze
Dohnalit FPI	Hydrogenfluoride Ammoniumsalze
Kulbasal 55 PF	Fluoride Alkalicarbonate



Zuordnung der Wirkstoffe zu älteren DDR – Holzschutzmitteln (TGL 4424)

Kolbasal B	Borverbindungen
Hylotox S	Pentachlorphenolnatrium
Steinkohlenteeröl	Teeröle
Ricolit DT 420	präparierte Teeröle ölige Komponenten
Hylotox IP	Pentachlorphenol ölige Lösemittel
Hylotox IP braun	Pentachlorphenol Schwefelöle
Paratectol 9025	Pentachlorphenol härtende Öle
Kombinal TO-farblos	Tributylzinnoxid ölige Lösemittel
Kombinal TO-natur	Tributylzinnoxid ölige Lösemittel Bitumen
Hylotox 59	DDT/HCH ölige Lösemittel

Holzschutzmittel auf Lösemittelbasis aus den 70er und 80er Jahren vom Marktführer Firma Desowag (Hersteller der Wirkstoffe: Fa. Dynamit Nobel)

Name des Präparates	Zusammensetzung
	[%]
Xylamon-Echtbraun	5,4 PCP / 0,5 Lindan / 10 Chlornaphthalin
Xylamon-Braun	5,4 PCP / 2,0 Carbamat / 10 Chlornaphthalin
Xyladecor	5,0 T-/PCP-Gemisch / 0,55 Lindan / 0,4 Dichlofluanid
Xyladecor 200 (ab 1978)	1,0 Furmecyclox / 0,4 Lindan / 0,6 Dichlofluanid
Xyladecor 200 (ab 1984)	1,0 Furmecyclox / 0,4 Lindan / 0,1 Permethrin

- Furmecyclox: Hautreizungen
- Lindan: Nervengift (Lateralsklerose, Parkinsonismus und Multiple Sklerose)
- Pentachlorphenol (PCP): 'Holzschutzmittelsyndrom'

DDT-Kristalle auf der Holzoberfläche



Quelle: Dipl.-Ing. M. Klug, LaGetSi Berlin

Schadstoffgehalte im Gebrauchtholz aus Holzschutzmitteln

Parameter	Konzentration [mg/kg TM]		
	AltholzV	naturbelassenes Holz	Gebrauchtholz
Polychlorierte Biphenyle (PCB)	5	0,01	0,2 – 0,5
Pentachlorphenol (PCP)	3	0,01 – 0,1	1 - 10
Polyzyklische aromatisierte Kohlenwasserstoffe (PAK)		< 0,01 – 0,1	20 - 80
Lindan		< 0,001 – 0,13	< 0,1 – 0,6
Fluor	100	k. A.	k. A.
Chlor	600	~ 100	100 – 1000 ...
Quecksilber	0,4	0,01 – 0,05	~ 0,1
Kupfer	20	< 2 – 6,2	7,5 – 55
Chrom	30	0,5 – 5,6	20 – 30 ...

Quelle: Hamburger Umweltbericht 62/02
Schadstoffe im Altholz

Nachweisgrenze

Schadstoffgehalte im Gebrauchtholz aus Farbpigmenten

Parameter	Konzentration [mg/kg TM]		
	AltholzV	naturbelassenes Holz	Gebrauchtholz
Cadmium	2	< 0,1 – 0,3	0,8 – 1,6
Blei	30	< 0,1 - 5	100 – 200
Nickel		n. n.	3 – 10
Zink		6 – 61	100 – 1000

Nachweisgrenze

Quelle: Hamburger Umweltbericht 62/02
Schadstoffe im Altholz

Beispiele für Kontaminationen in Gebrauchtholz verschiedener Herkunft

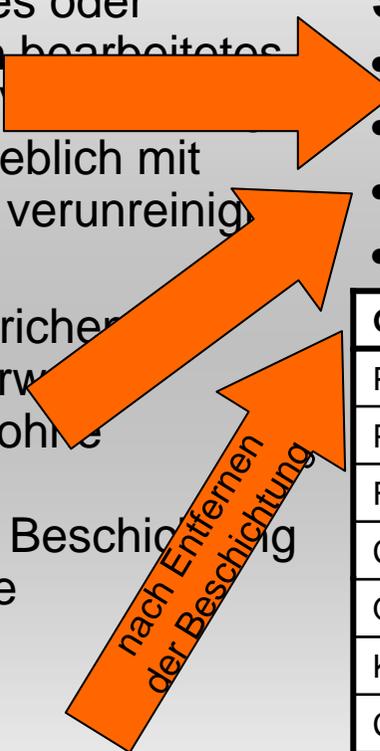
		Pinie	Telefonmast		Fensterholz		Holzböden	
			Spann- weite	Mittel- wert	Spann- weite	Mittel- wert	Spann- weite	Mittel- wert
As	[mg/kg]	< 0,05	24-170	57,2	0,2-0,7	0,4	0,3-0,4	1,9
Cd	[mg/kg]	0,2-0,5	0,08-0,8	0,4	0,2-1,7	1,2	0,2-0,8	0,3
Cu	[mg/kg]	1,6-2,5	6-24	17,1	4,0-21	17,5	3,3-374	132
Cr	[mg/kg]	0,1-0,5	290-558	388	0,6-29	7,7	7,5-435	188
Hg	[mg/kg]	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Pb	[mg/kg]	0,8-2,2	27,8	27,8	116-907	333	2,6-810	220
Cl	[mg/kg]	14-76	180	180	85-142	113	402-483	442
F	[mg/kg]	6,0-20,6	607	607	85-116	100	11,6-20,3	16
PCP	[mg/kg]	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	1-2	1,5
Lindan	[mg/kg]	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08

Stoffliche Verwertung von Altholz

- A I: naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Holz, das bei seiner Herstellung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde
- A II: verleimtes, gestrichenes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung (z. B. PVC) und ohne Holzschutzmittel
- A III: Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel

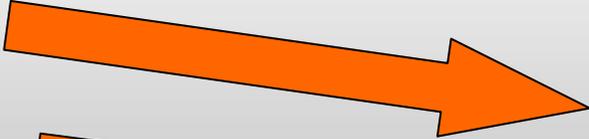
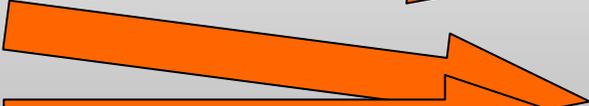
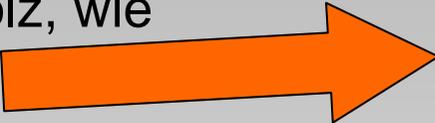
Stoffliche Verwertung

- Holzwerkstoffe
- Synthesegas
- Holzöl,
- Aktivkohle/Industrieholzkohle



Grenzwerte für die stoffliche Verwertung [mg/kg TM]	
Polychlorierte Biphenyle	5
Pentachlorphenol	3
Fluor	100
Chlor	600
Quecksilber	0,4
Kupfer	20
Chrom	30
Cadmium	2
Blei	30
Arsen	2

Energetische Verwertung von Altholz

- A I 
 - A II 
 - A III 
 - A IV: Mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien, A I, A II, A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz. 
- Energetische Verwertung**
- Kleinf Feuerungsanlagen
 - Anlagen nach 4. BImSchV
 - Zugelassenen Anlagen nach 4. BImSchV mit Rauchgasreinigung nach 17. BImSchV

Wiederverwertung

- Die Wiederverwendung von Altholz war schon früher üblich.
- Kurzhölzer können zu Hirnholzparkett verarbeitet werden.



Wiederverwertung



Altholzlamelle



Fußboden aus Altholzlamellen

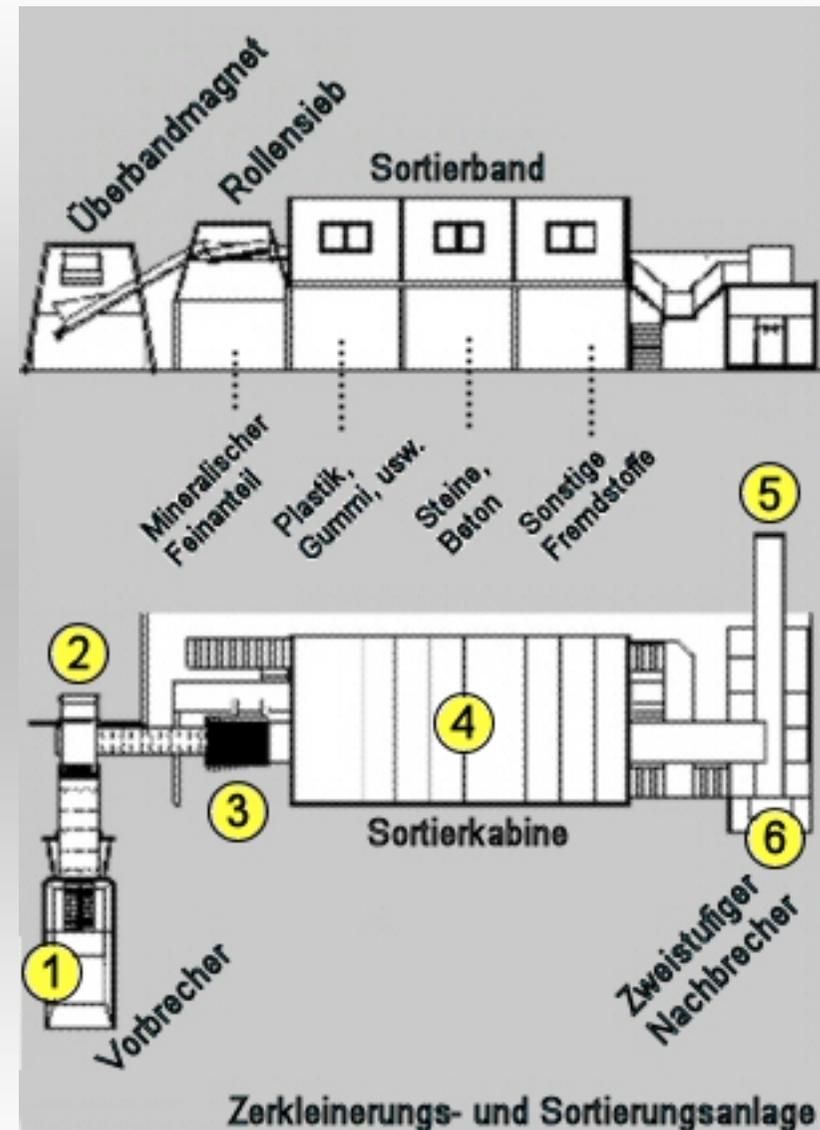
Quelle: <http://www.dh-holz.at/>

Wiederverwertung

- Aufbreitung alter Holzschwellen
 - Ausbau der Riffelplatten und der Metallbänder
 - Endlosstrang durch Keilverzinkung
- Wiederverwendung als passend abgelängte Weichenschwellen



Aufbereitungsschritte vor der Verwertung



Aufbereitungsschritte vor der Verwertung

- Vorsortierung nach Augenschein



Aufbereitungsschritte vor der Verwertung

- Vorbrecher
 - Langsam laufende Brecher
 - Walzenbrecher
 - Trommelbrecher
 - Schneckenhacker
- ⇒ liefern grobe Hackschnitzel



Aufbereitungsschritte vor der Verwertung

- Sortierband für Hackschnitzel

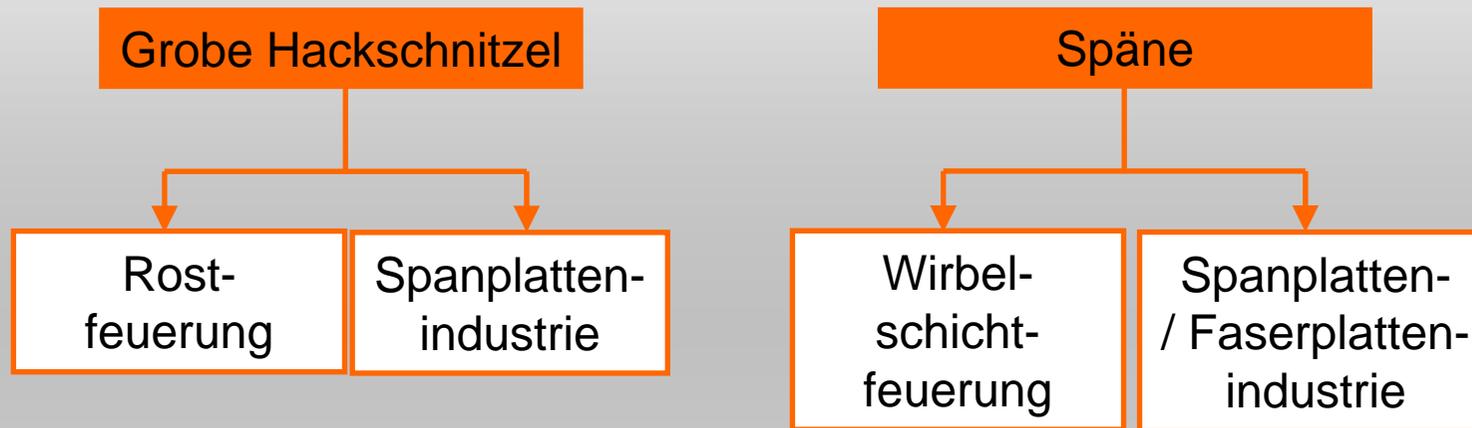


Nachzerkleinerung

- weitere Aufbereitung in schnell laufenden Mühlen
- anschließendes Klassieren

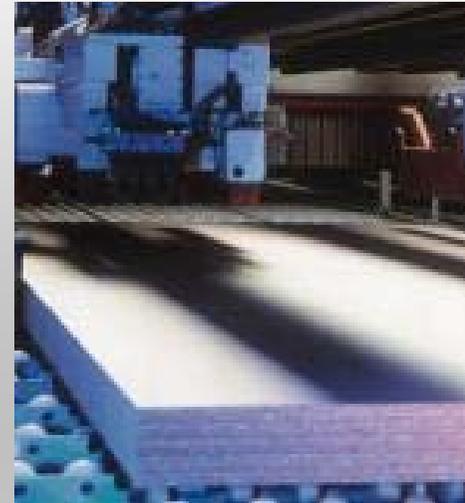


Verwertungsmöglichkeiten



Stoffliche Verwertung in Baustoffen

- Holzwerkstoffe
- Holzbeton
- Porosierungsmittel bei wärmedämmenden Ziegeln

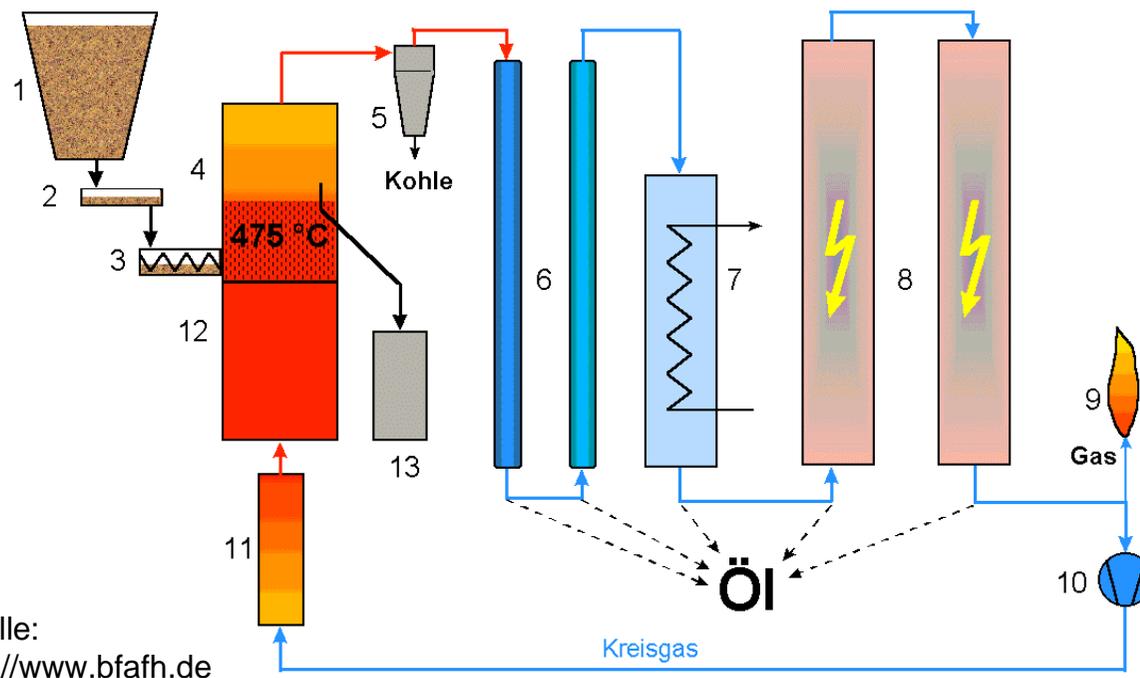
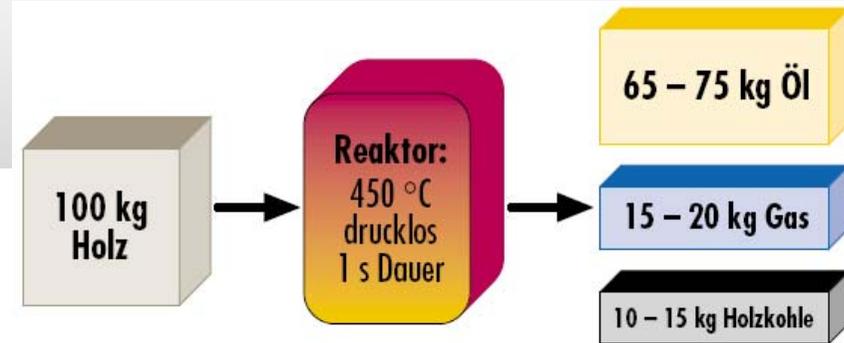


Stoffliche Verwertung durch Pyrolyse

- thermische Spaltung chemischer Verbindungen unter Sauerstoffabschluss
 - Herstellung von Holzöl, Holzkohle und Synthesegas
- Flash-Pyrolyse
 - hohe Flüssigausbeuten ⇒ Holzöl
- langsamere Pyrolyse
 - Holzkohle

Quelle: Dietrich Meier und Oskar Faix: „Heizöl und Chemie-Rohstoffe aus Holz“.
1/1999 Forschungsreport, www. <http://www.bfafh.de/>

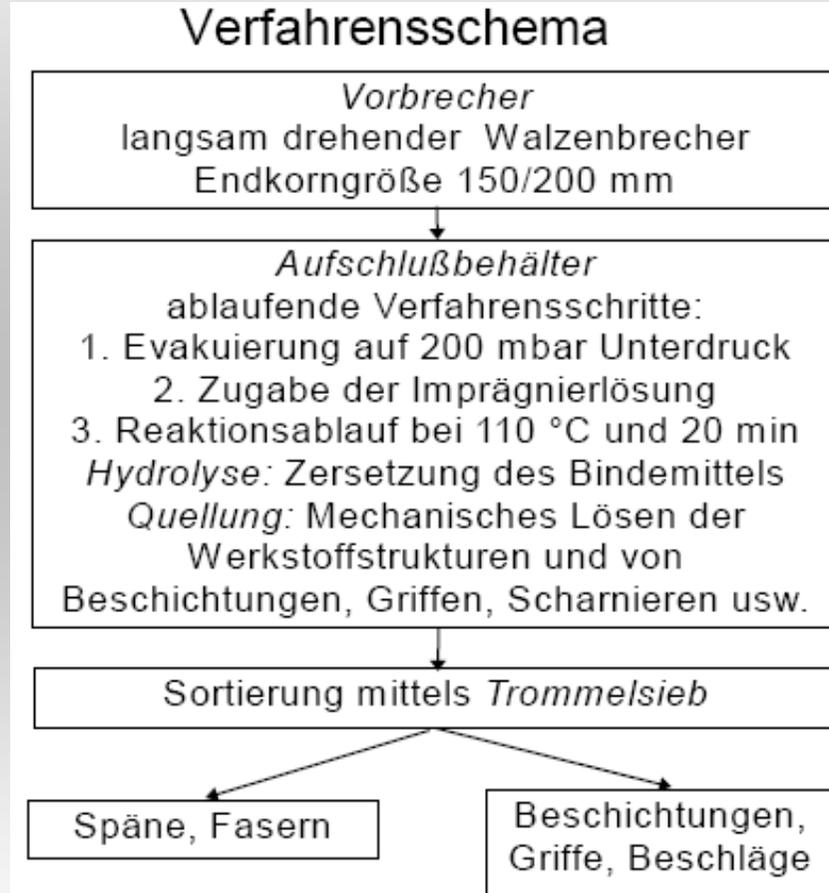
Stoffliche Verwertung durch Pyrolyse



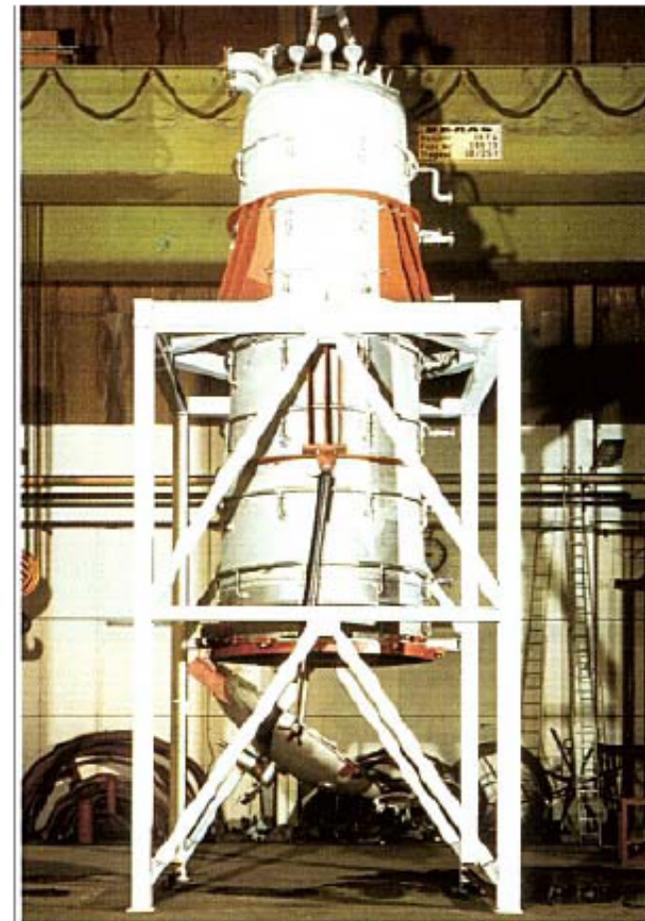
- 1 Silo,
- 2 Vibrationsrinne,
- 3 Eintragsschnecke,
- 4 Wirbelbettreaktor,
- 5 Zyklon,
- 6 Wärmetauscher,
- 7 Intensivkühler,
- 8 Elektrofilter,
- 9 Fackel,
- 10 Kompressor,
- 11 Gasvorheizer 1,
- 12 Gasvorheizer 2,
- 13 Überlaufbehälter

Aufschluss gebrauchter Spanplatten als Vorbereitung zur stofflichen Verwertung

Aufschlussbehälter



entnommen aus MICHANICKL, BOEHME, MDF-Magazin (1997), S. 52-59



Energetische Verwertung Biomasse(heiz)kraftwerke

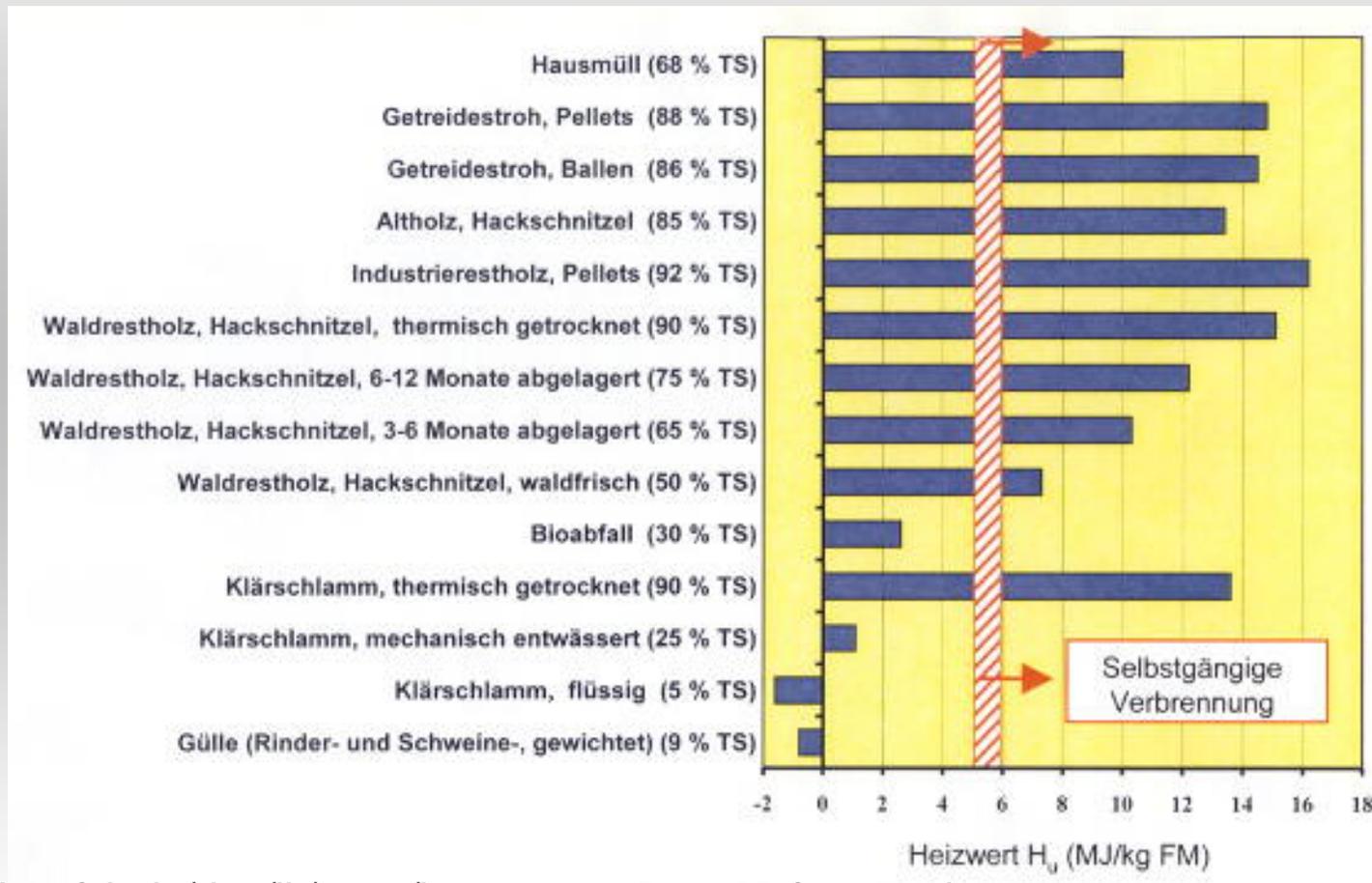


Einsatzmöglichkeiten der Altholzkategorien

Altholzkategorien	A I	A II	A III	A IV
Leistungsgruppe				
15 kW NWL ¹⁾ -1 MW FWL ²⁾	1. BImSchV	-	-	-
50 kW NWL-1 MW FWL	1. BImSchV nur Betriebe der Holzbe- und verarbeitung	1. BImSchV nur Betriebe der Holzbe- und verarbeitung	-	-
1 MW-50 MW	TA Luft 3.3.1.2.1	TA Luft 3.3.1.2.1	-	-
100 kW-50 MW	TA Luft 3.3.1.3.1	TA Luft 3.3.1.3.1	TA Luft 3.3.1.3.1	17. BImSchV
≥ 50 MW	13. BImSchV	13. BImSchV	13. BImSchV	17. BImSchV

1) Nennwärmeleistung, 2) Feuerungswärmeleistung, - bedeutet: nicht zulässig im Rahmen der links genannten Verordnung

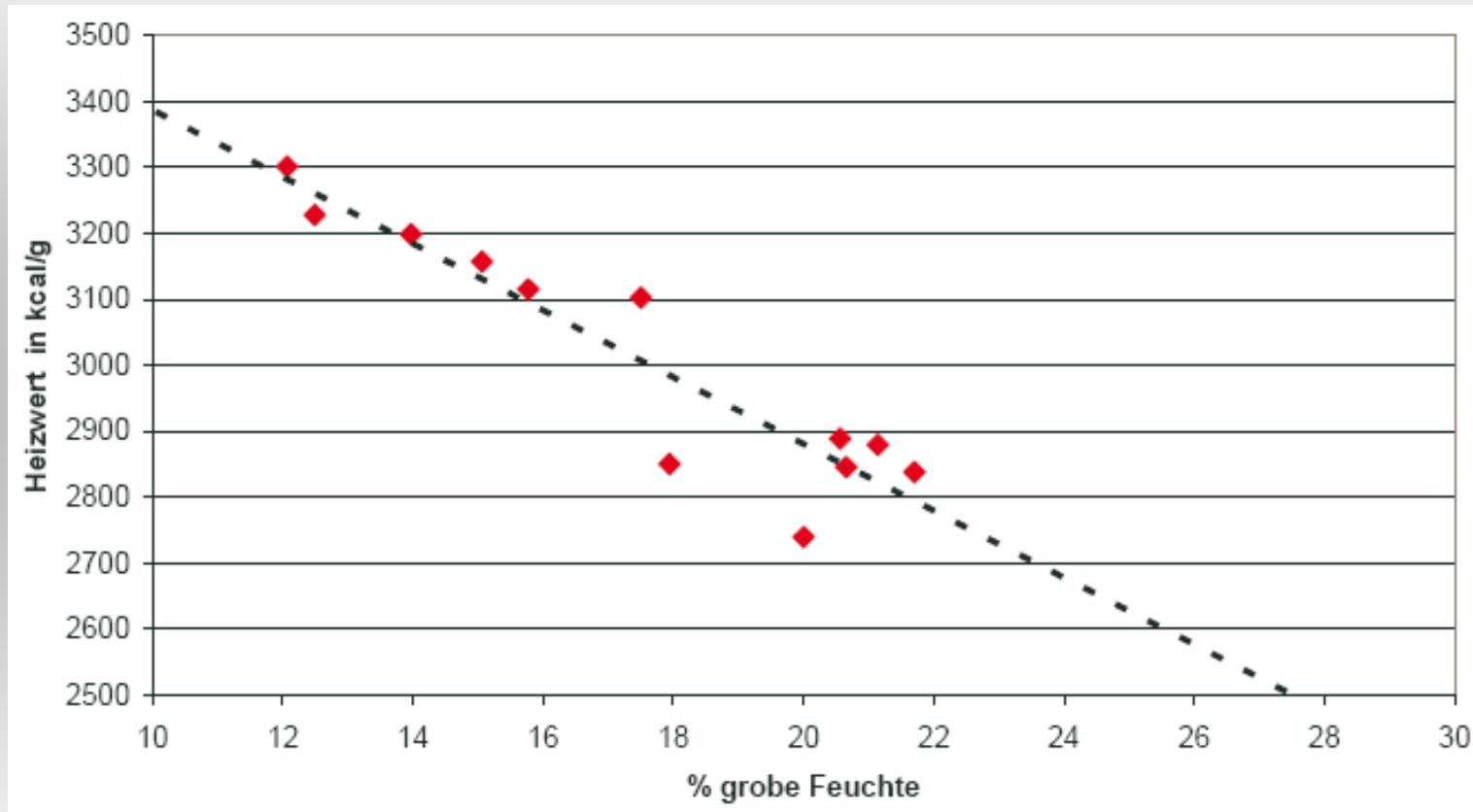
Heizwert (Hu) biogener Rest- und Abfallstoffe in Abhängigkeit vom TS-Gehalt



Quelle:

http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2003/leua03a_zusammenfassung.htm

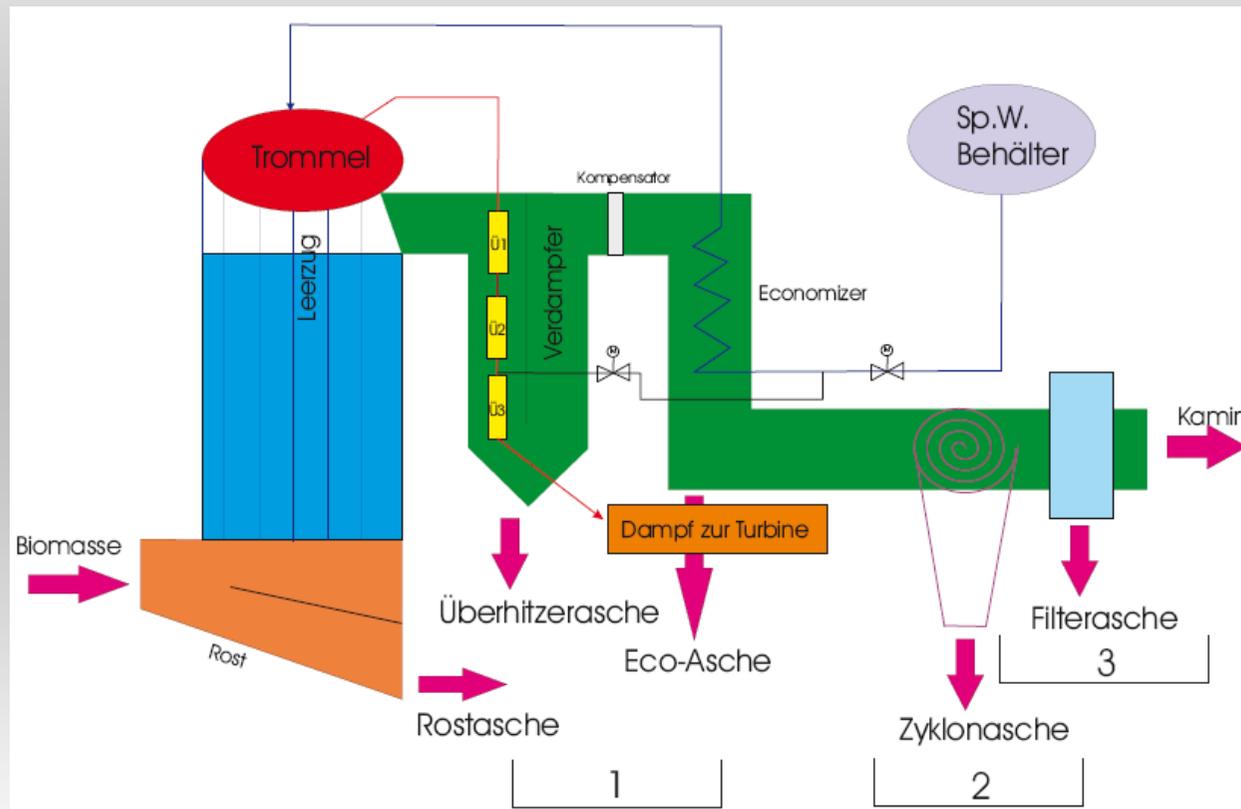
Heizwert von Altholz



Quelle:

<http://www.ievb.tu-clausthal.de/de/lehre/bt1/docs/KA03-Eigenschaften%20fester%20Brennstoffe-0907.pdf>

Anlagenschema Ascheanfall



Feststoffgehalte der Aschefraktionen einer Holzfeuerung

		Aschetyp		
		Grob	Mittel	Fein
Ca	[g/kg]	283	215	167
Mg	[g/kg]	34	34	25
K	[g/kg]	129	98	76
Na	[g/kg]	20	18	13
P	[g/kg]	14	70	28
As	[mg/kg]	n.n.	2	7
Cd	[mg/kg]	< 1	15	63
Cu	[mg/kg]	98	90	122
Cr	[mg/kg]	69	61	50
Hg	[mg/kg]	n.n.	n.n.	0,05
Pb	[mg/kg]	3	18	59
Zn	[mg/kg]	112	816	2920
Cl	[mg/kg]	198	1120	5250
F	[mg/kg]	68	2100	4860