

- 6 Wiederverwertung von Altholz
- 6.1 Definitionen und Begriffe
- 6.2 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
- 6.3 Merkmale des Primärmaterials
- 6.4 Eigenschaften von Gebrauchtholz
- 6.5 Verwertungstechnologien
 - 6.5.1 Wiederverwendung
 - 6.5.2 Stoffliche Verwertung
 - 6.5.3 Energetische Verwertung

Altholz: Sammelbezeichnung für Industrierestholz und Gebrauchtholz

Industrierestholz:

Holzreste, die bei der Holzbe- und -verarbeitung anfallen sowie Holzwerkstoff- und Verbundstoffreste, die in Betrieben der Holzwerkstoffindustrie entstehen. Letztere müssen einem Holzanteil von > 50 M.-% aufweisen.

Gebrauchtholz:

Holzreste, die auf gebrauchte Erzeugnisse aus Massivholz, Holzwerkstoffen oder Verbundstoffen (Holzanteil > 50 M.-%) zurückgehen.

In Abhängigkeit von dem Verarbeitungszustand wird zwischen mehreren Altholzkategorien unterschieden. Die Kategorien sind in der Verordnung über die Entsorgung von Altholz (AltholzV 2002) definiert. Die entsprechenden Verwertungswege sind angegeben.

Besonders zu beachten sind halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung, Holzschutzmitteln und PCB`s.

Altholzkategorie A I: Naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde.

Altholzkategorie A II: Verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel.

Altholzkategorie A III: Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel.

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

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.

Einordnung in Altholzkategorien

| Verwertung | | 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 |

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

| 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, Fenster- stöcke, 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* |

- 6 Wiederverwertung von Altholz
 - 6.1 Definitionen und Begriffe
 - 6.2 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung**
 - 6.3 Merkmale des Primärmaterials
 - 6.4 Eigenschaften von Altholz
 - 6.5 Verwertungstechnologien
 - 6.5.1 Wiederverwendung
 - 6.5.2 Stoffliche Verwertung
 - 6.5.3 Energetische Verwertung

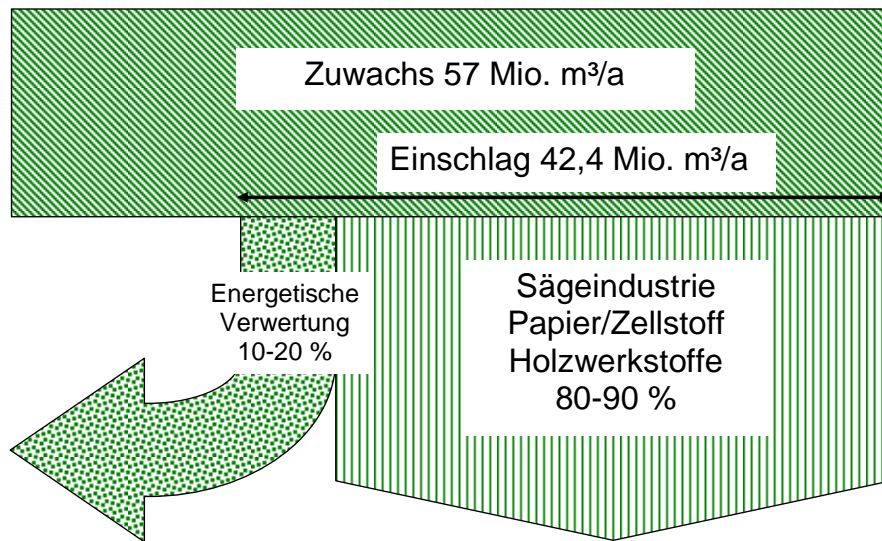
Rohholzbilanz und stoffliche Holzverwertung in Deutschland 2002 (ohne Im- und Export)

| | | A | CH | D |
|------------------------|------------------------|-------|-----|-------|
| Waldfläche | Mio. ha | 3,9 | 1,2 | 10,7 |
| Anteil an Gesamtfläche | % | 47 | 30 | 30 |
| Holzmenge | Mio. m ³ | 1.160 | 416 | 2.890 |
| Zuwachs | Mio. m ³ /a | 31,4 | 10 | 57 |
| Einschlag | Mio. m ³ /a | 19,8 | 4,6 | 42,4 |
| Differenz* | Mio. m ³ /a | 11,6 | 5,4 | 14,6 |

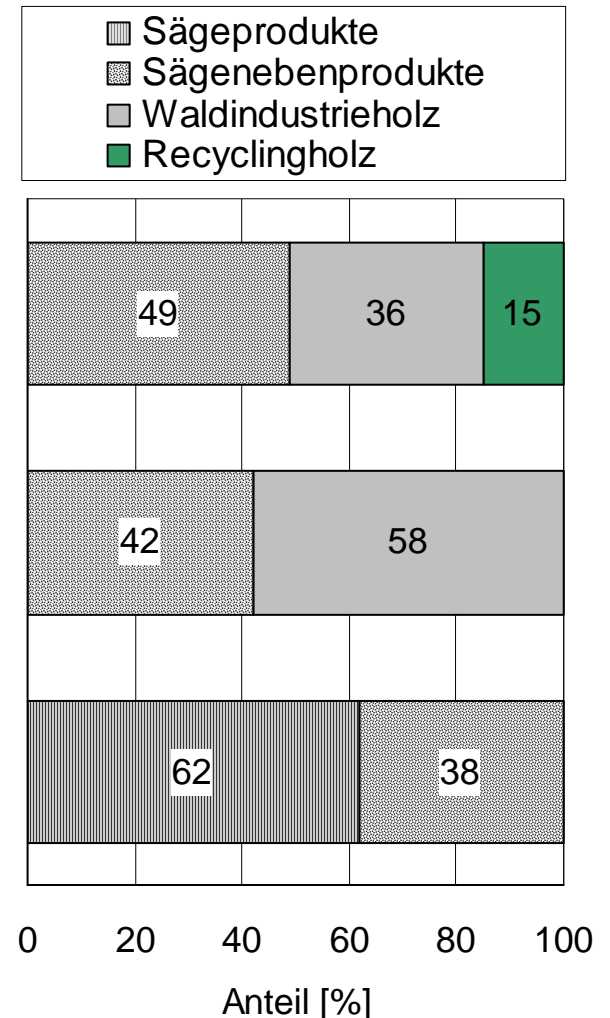
* Zuwachs abzüglich Einschlag ohne Berücksichtigung von Import/Export

Quelle: Marutzky „Biomassen auf Basis von Holz als Brennstoffe in Österreich, der Schweiz und Deutschland“
Referat zum VDI-Wissensforum, Salzburg 2004
Biobrennstoffe.pdf

Rohholzbilanz und stoffliche Holzverwertung in Deutschland 2002 (ohne Im- und Export)



Quelle: Marutzky „Biomassen auf Basis von Holz als Brennstoffe in Österreich, der Schweiz und Deutschland“
Referat zum VDI-Wissensforum, Salzburg 2004
Biobrennstoffe.pdf





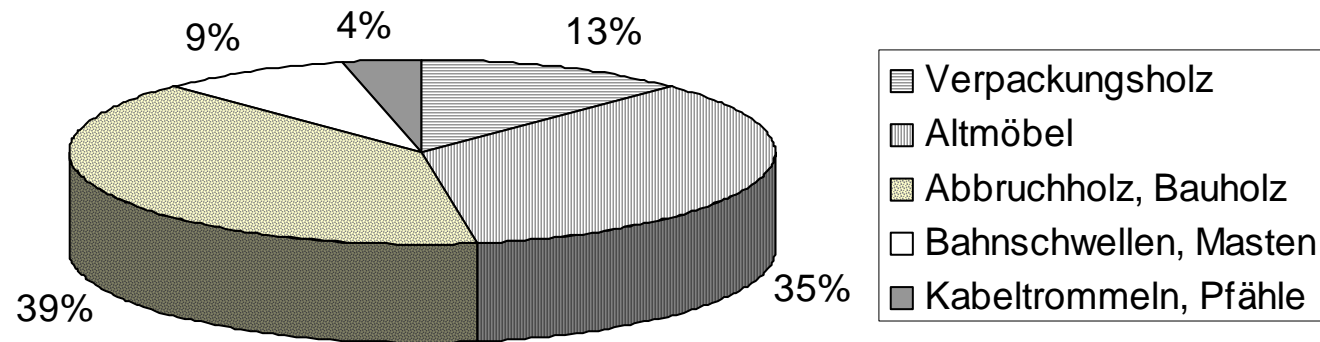
Einsatzbereiche von Holz

Holzwerkstoffindustrie und Papier- und Zellstoffindustrie setzt Sägenebenprodukte als Rohstoffe ein.

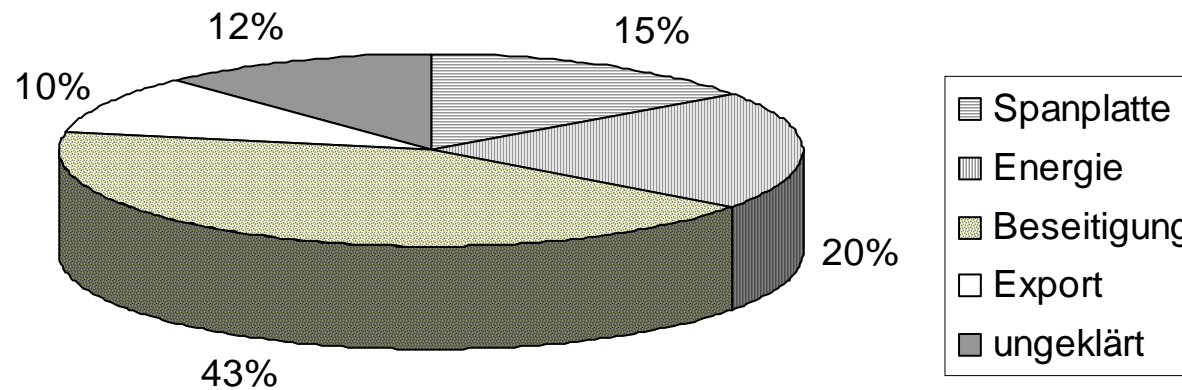
| Verwendungsformen/Sortiment | Einsatzbereiche |
|--|--|
| Wenig bearbeitetes Holz | |
| – Bahnschwellen | Bundesbahn, Betriebsbahnen |
| – Masten | Energieversorgung |
| – Dalben, Rammpfähle, Reibehölzer, Leitpfähle, Pontons, Anlegestege | Hafenbau, Wasserbau |
| – Zäune, Palisaden, Baumpfähle, Hopfenstangen, Rebpfähle, Holzpflaster | Garten- und Landschaftsbau |
| Schnittholz | |
| – Latten, Bretter, Bohlen, Kanthölzer | Bauwirtschaft, Möbelbau, Verpackungsindustrie |
| Holzwerkstoffe | |
| – Sperrholz, Spanplatten, Faserplatten | Bauwirtschaft, Möbelbau, Verpackungsindustrie |
| Holz als Rohstoff | |
| | Papier- und Pappeindustrie, Zellstoffindustrie |

Aufkommen an Gebrauchtholz: ca. 8 Mio. t/a → ca. 100 kg/E*a

Herkunft von Gebrauchtholz

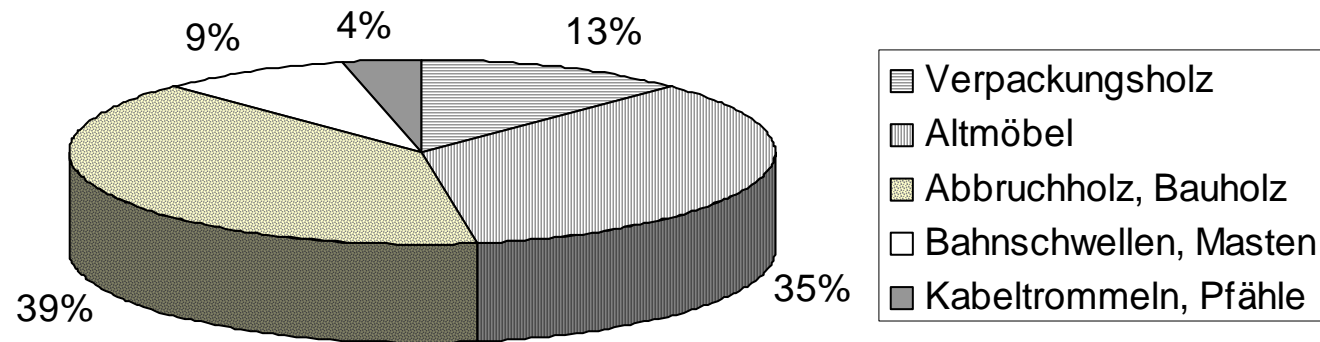


Entsorgungswege

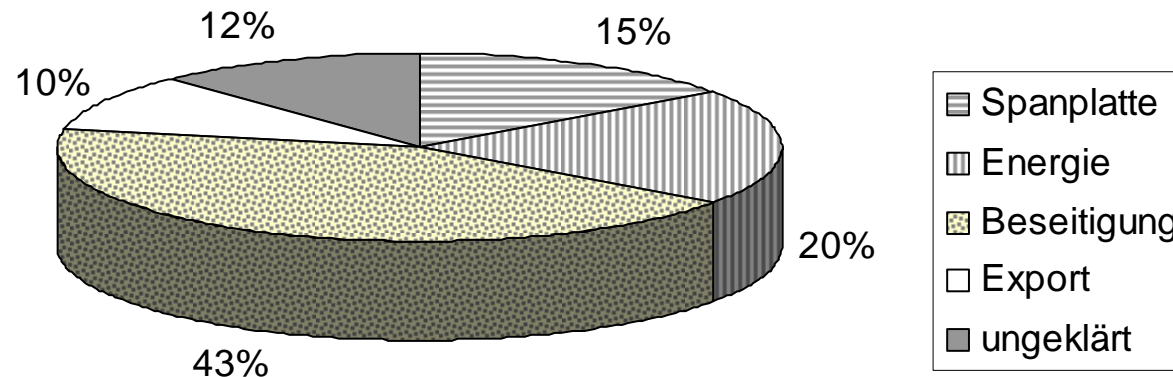


Aufkommen an Gebrauchtholz: ca. 8 Mio. t/a → ca. 100 kg/E*a

Herkunft von Gebrauchtholz



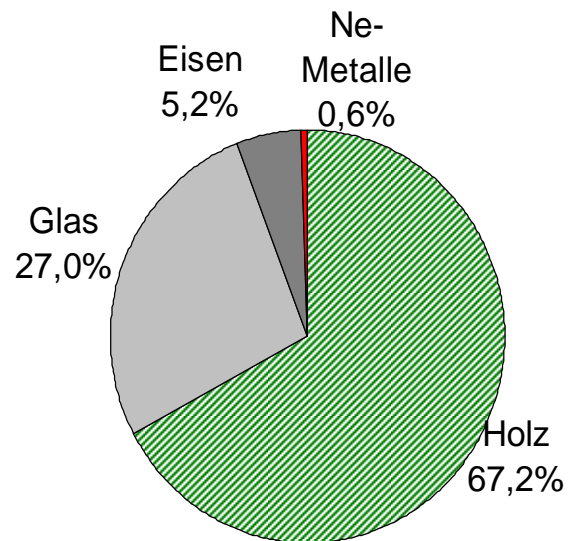
Entsorgungswege



Beseitigung: MVA oder Deponie

Aufkommen an Altfenstern:
15 Mio Stk./a = 450.000 t/a

Bestandteile



Einordnung \Rightarrow A IV

Aufkommen an Eisenbahnschwellen: 150.000 m³/a

Bestandteile

Buchenholz, mit Steinkohlenteeröl impägniert

Einordnung \Rightarrow A IV

- 6 Wiederverwertung von Altholz
 - 6.1 Definitionen und Begriffe
 - 6.2 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 6.3 Merkmale des Primärmaterials**
 - 6.4 Eigenschaften von Altholz
 - 6.5 Verwertungstechnologien
 - 6.5.1 Wiederverwendung
 - 6.5.2 Stoffliche Verwertung
 - 6.5.3 Energetische Verwertung

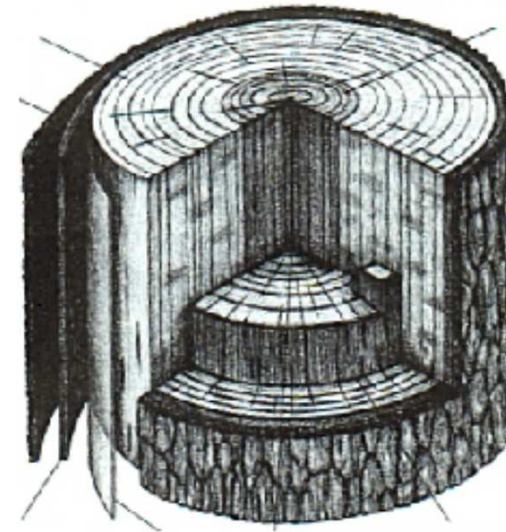
Holzeigenschaften im Überblick

Hauptbestandteile

- 50 % C
- 5 bis 6 % H
- 44 % O
- 1 % N
- 0,6 % Asche

Strukturbildende Komponenten

- Zellulose: 40 bis 60 %, dominierende Gerüstsubstanz, besteht aus über Wasserstoffbrückenbindungen verknüpften Molekülketten, z.T. regelmäßige Anordnung mit Ausbildung von Kristallgittern
- Holzpolyosen: 6 bis 27 %, weitere, flexibilisierende Gerüstsubstanz, besteht aus kürzeren Molekülketten, überwiegend amorph
- Lignin: 18 bis 41 %, dreidimensionales Makromolekül, wirkt als versteifender Füllstoff zwischen den parallel ausgerichteten Molekülketten
- Holzinhaltstoffe: 2 bis 10 %
- Reservestoffe, Farb-, Gerb- und Imprägnierstoffe



Density

without pores about $1,50 \text{ kg/dm}^3$,

bulk density from $0,03 \text{ kg/dm}^3$ (Balsaholz) to $1,50 \text{ kg/dm}^3$ (Pockholz)

Strength and modulus of elasticity

tensile strength $\sim 80 \text{ MPa}$, compressive strength $\sim 25 \text{ MPa}$, modulus of elasticity $\sim 12 \text{ GPa}$

depending on density, direction of stress related to the direction of fibers, temperature, moisture, structure defects.

Durability

between ≥ 25 years und ≥ 5 years



- 6 Wiederverwertung von Altholz
 - 6.1 Definitionen und Begriffe
 - 6.2 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 6.3 Merkmale des Primärmaterials
 - 6.4 Eigenschaften von Gebrauchtholz**
 - 6.5 Verwertungstechnologien
 - 6.5.1 Wiederverwendung
 - 6.5.2 Stoffliche Verwertung
 - 6.5.3 Energetische Verwertung

Verunreinigungen von Gebrauchtholz

- Fremdbestandteile aus der ursprünglichen Anwendung
- Farben und andere Beschichtungen
- Holzschutzmittel (HSM)



↓

Anorganische Holzschutzmittel

- Kupfer- Chrom- und Arsensalze
- Quecksilberhaltige Holzschutzmittel

↓

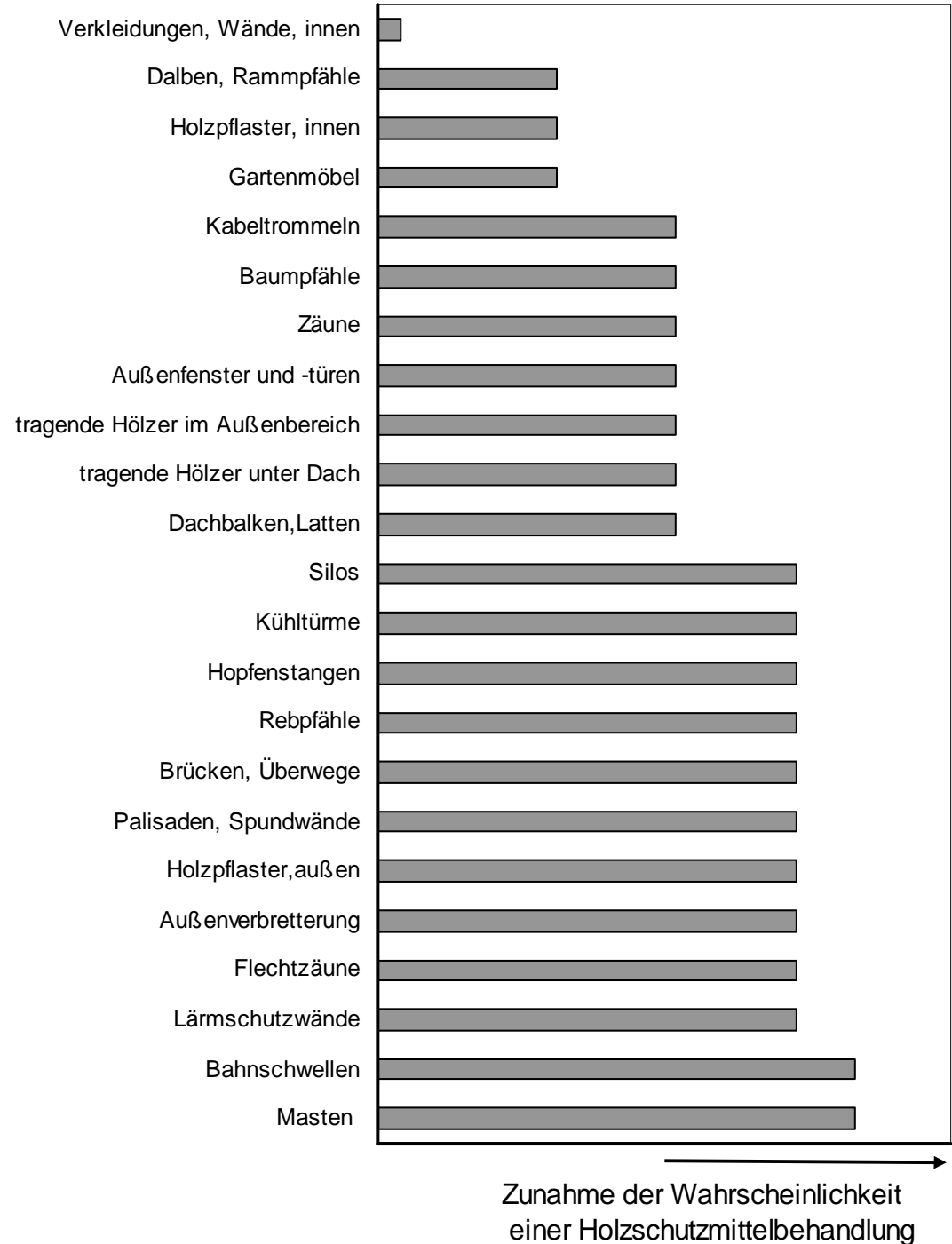
Organische Holzschutzmittel

- chlorhaltige organische Holzschutzmittel
- organische Metallverbindungen
- ölige Holzschutzmittel

Wahrscheinlichkeit der Verwendung von Holzschutzmitteln

Anwendung in Innenbereich <<
Anwendung in Außenbereich

verstärkte Anwendung in den 60er und 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts



Schadstoffgehalte im Gebrauchtholz aus HSM

| | Alt- holzV | Naturbelassenes Holz | Gebrauchtholz |
|------------------|---------------|-------------------------|---|
| | | | [mg/kg TM] |
| Arsen | 2 | ~ NWG (0,02-1) | 1-4 |
| Chrom | 30 | 0,5-5,6 | 20-30 Einzelwerte von Zäunen und Pfählen bis zu 100fach höher |
| Kupfer | 20 | < 2-6,2 | 7,5-55 |
| Queck- silber | 0,4 | ~ NWG (0,01-0,05) | um 0,1 |
| Gesamt- chlor | 600 | um 100 | x*100-x*1000 |
| Fluor | 100 | k.A. | k.A. |
| Lindan | | ~ NWG (<0,001- 0,13) | < 0,1-0,6 |
| PAK | | < NWG (0,01-0,1) | 20-80 |
| PCB | 3 | 0,01 | 0,2-0,5 |
| PCP | 5 | 0,01-0,1 | 1-10 |

Schadstoffgehalte im Gebrauchtholz aus Farbpigmenten

| | Alt- holzV | Naturbelassenes Holz | Gebrauchtholz |
|---------|---------------|-------------------------|---------------|
| | [mg/kg TM] | | |
| Blei | 30 | ~ NWG (0,1-5) | 100-200 |
| Cadmium | 2 | ~ NWG (0,1-0,3) | 0,8-1,6 |
| Nickel | | ~ NWG | 3-10 |
| Zink | | 6-61 | 100-1000 |

Altholzverordnung:
Grenzwerte für die stoffliche Verwertung



Vorlesung D/Kapitel 6: Altholz

Beispiele für Kontaminationen in Gebrauchtholz verschiedener Herkunft

| | | pine | Telephone mast | | Wood from windows | | Wood from floors | |
|--------|---------|----------|----------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|
| | | | Spannweite | Mittelwert ¹⁾ | Spannweite | Mittelwert ¹⁾ | Spannweite | Mittelwert ¹⁾ |
| 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 |

¹⁾ Mittelwert aus jeweils 8 Einzelwerten

- 6 Wiederverwertung von Altholz
 - 6.1 Definitionen und Begriffe
 - 6.2 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 6.3 Merkmale des Primärmaterials
 - 6.4 Eigenschaften von Gebrauchtholz
 - 6.5 Verwertungstechnologien**
 - 6.5.1 Wiederverwendung
 - 6.5.2 Stoffliche Verwertung
 - 6.5.3 Energetische Verwertung

Verwertungstechnologien hängen vom Schadstoffgehalt des Gebrauchtholzes ab : Unbelastetes oder wenig belastetes Holz kann stofflich oder energetisch verwertet werden. Hoch belastetes Holz muß beseitigt werden.

Vorlesung D/Kapitel 6: Altholz

Altholzkategorie A I: Naturbelassenes oder lediglich mechanisch bearbeitetes Altholz, das bei seiner Verwendung nicht mehr als unerheblich mit holzfremden Stoffen verunreinigt wurde.

Altholzkategorie A II: Verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes oder anderweitig behandeltes Altholz ohne halogenorganische Verbindungen in der Beschichtung und ohne Holzschutzmittel.

Altholzkategorie A III: Altholz mit halogenorganischen Verbindungen in der Beschichtung ohne Holzschutzmittel.

Stoffliche Verwertung

- Holzwerkstoffe
- Synthesegas
- Holzöl
- Aktivkohle/Industrie-holzkohle

Anforderungen bei der Anwendung in Holzwerkstoffen

mg/kg TM

| | |
|-------------|-----|
| Arsen | 2 |
| Blei | 30 |
| Cadmium | 2 |
| Chrom | 30 |
| Kupfer | 20 |
| Quecksilber | 0,4 |
| Chlor | 600 |
| Fluor | 100 |
| PCP | 3 |
| PCB | 5 |



Altholzkategorie A I

Altholzkategorie A II

Altholzkategorie A III

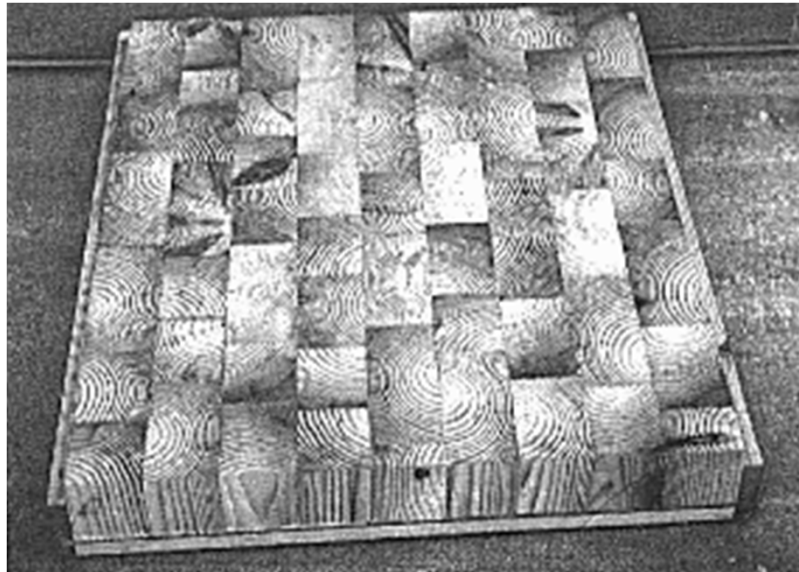
Altholzkategorie A IV: Mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz, wie Bahnschwellen, Leitungsmasten, Hopfenstangen, Rebpfähle, sowie sonstiges Altholz, das aufgrund seiner Schadstoffbelastung nicht den Altholzkategorien A I, A II oder A III zugeordnet werden kann, ausgenommen PCB-Altholz.

Energetische
Verwertung

- Kleinf Feuerungsanlagen
- zugelassene Anlagen nach 4. BImSchV
- zugelassene Anlagen nach 4. BImSchV mit Rauchgasreinigung nach 17. BImSchV

- 6 Wiederverwertung von Altholz
 - 6.1 Definitionen und Begriffe
 - 6.2 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 6.3 Merkmale des Primärmaterials
 - 6.4 Eigenschaften von Gebrauchtholz
 - 6.5 Verwertungstechnologien
 - 6.5.1 Wiederverwendung
 - 6.5.2 Stoffliche Verwertung
 - 6.5.3 Energetische Verwertung

Hirnholzplaster



Kurzhölzern wie Riegel und Kopfbänder oder Verschnittabfälle können zu Hirnholzplaster verarbeitet werden.

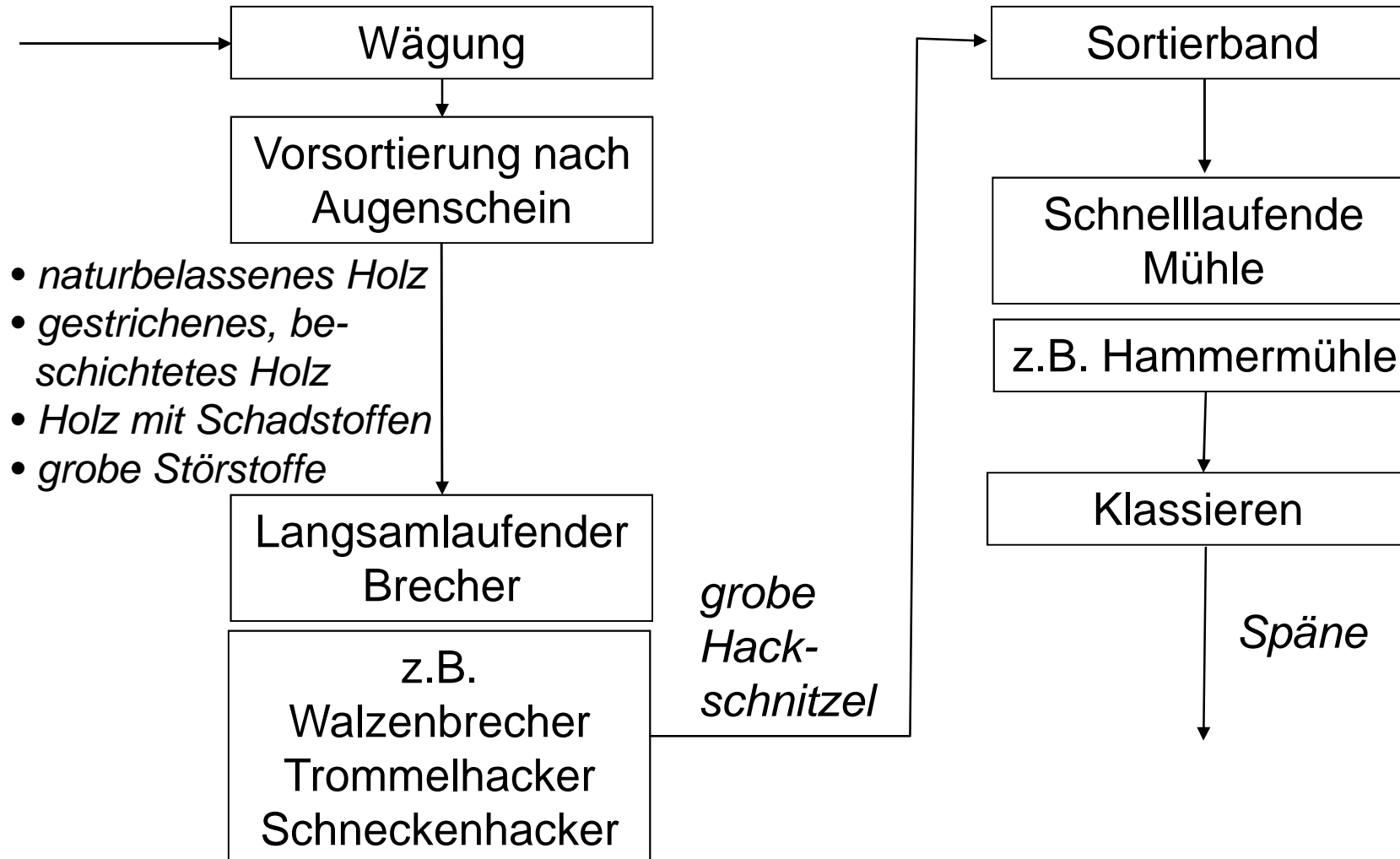
Beams, door, parquet...

Processing of used wood

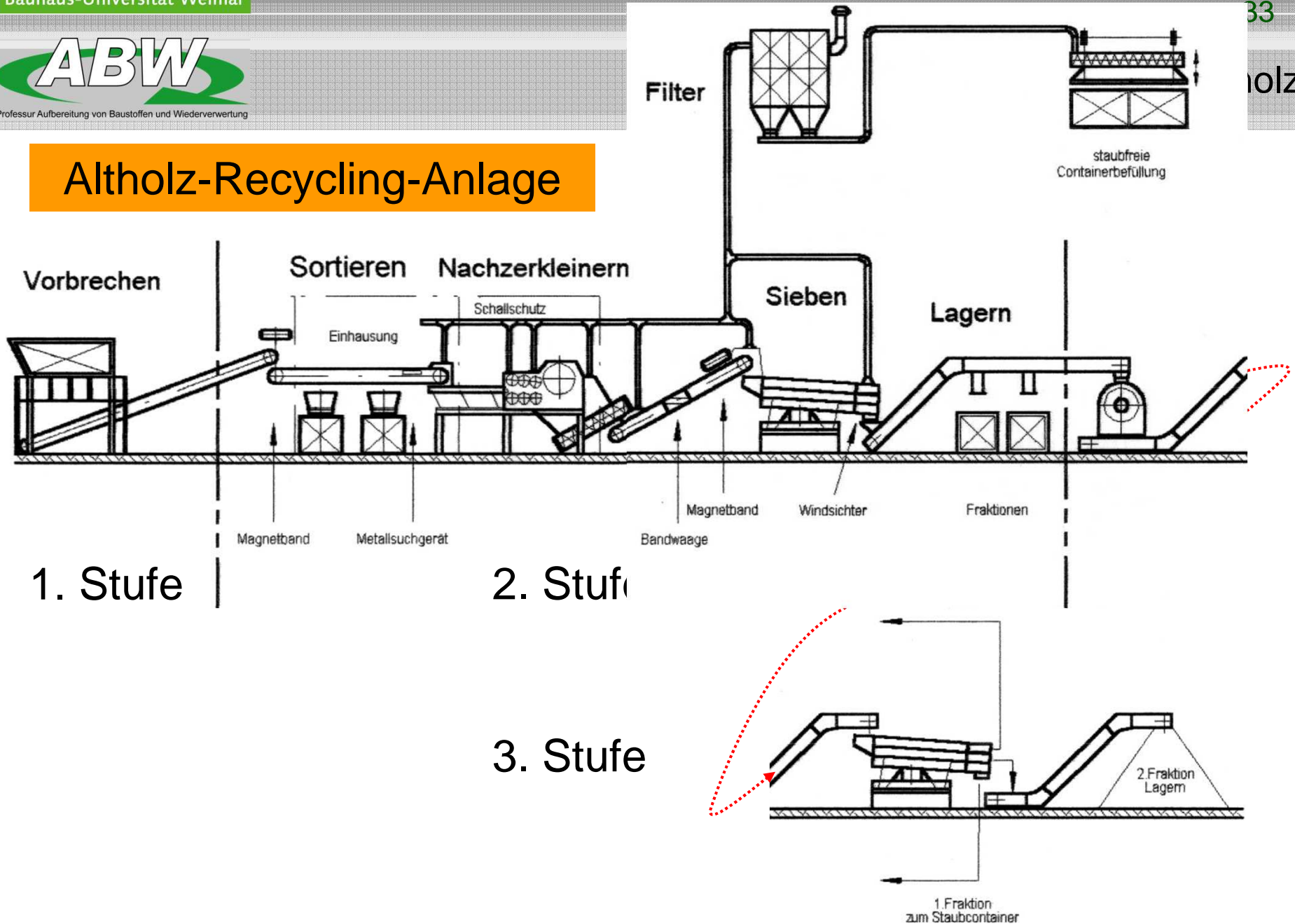


- 6 Wiederverwertung von Altholz
 - 6.1 Definitionen und Begriffe
 - 6.2 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 6.3 Merkmale des Primärmaterials
 - 6.4 Eigenschaften von Gebrauchtholz
 - 6.5 Verwertungstechnologien
 - 6.5.1 Wiederverwendung
 - 6.5.2 Stoffliche Verwertung**
 - 6.5.3 Energetische Verwertung

Aufbereitungsschritte vor der stofflichen oder energetischen Verwertung

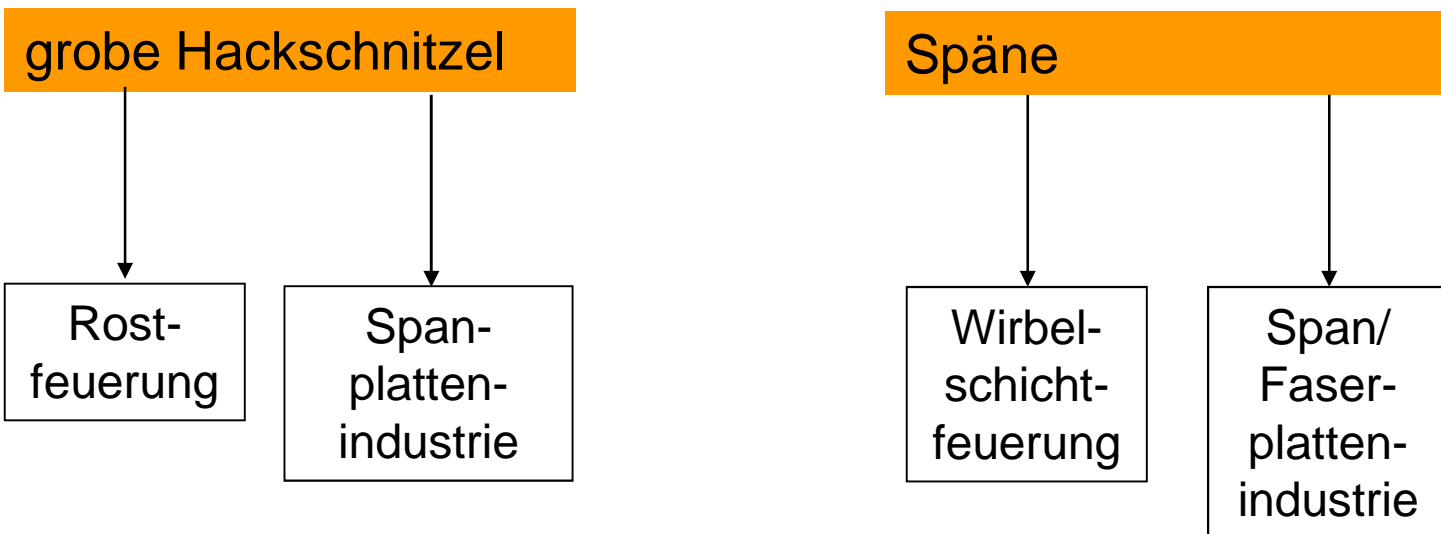


Altholz-Recycling-Anlage





Aufbereitungsprodukte und die nachfolgende Verwertung müssen aufeinander abgestimmt sein



Stoffliche Verwertung in Bau- und Werkstoffen

- Herstellung von Holzwerkstoffen
- Herstellung von Holzbeton
- Einsatz als Porosierungsmittel in Ziegeln oder Blähton

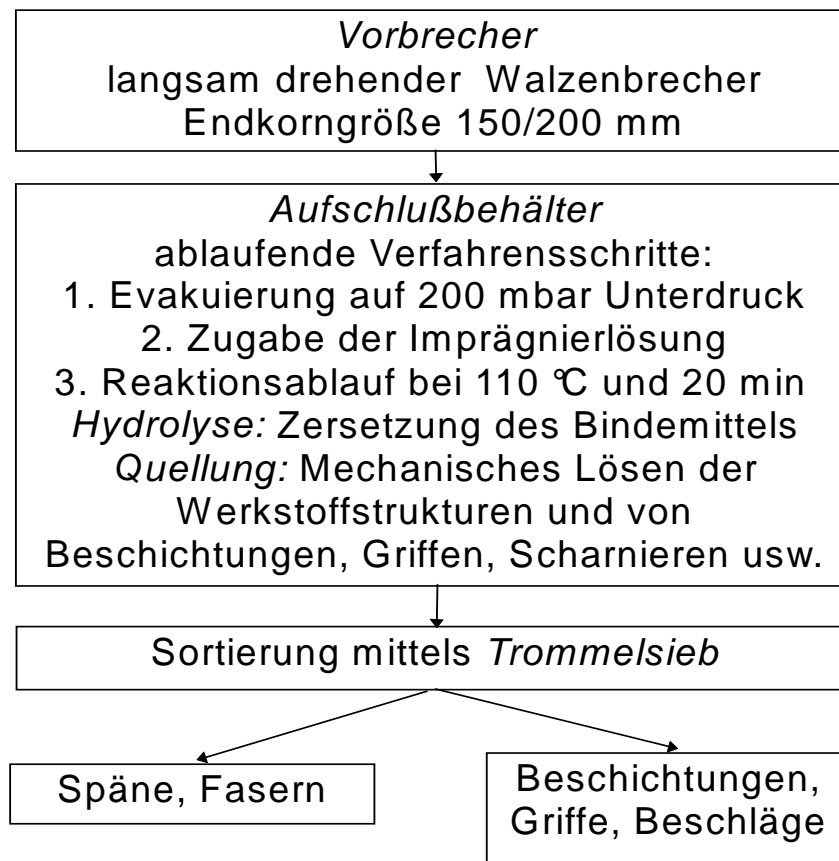
Stoffliche Verwertung als Roh- oder Hilfsstoff

- Einsatz als Reduktionsmittel bei der Stahlerzeugung
- Einsatz zur Konditionierung von Klärschlamm oder von Sonderabfall

Stoffliche Verwertung hauptsächlich für Kat. I

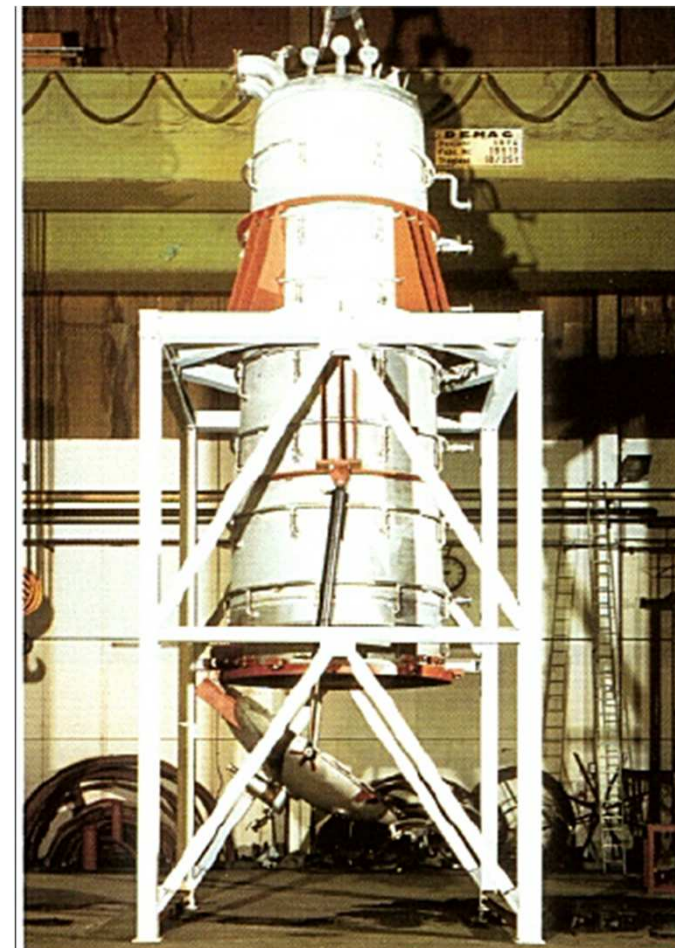
Alternatives Aufbereitungsverfahren: Aufschluss von gebrauchten Spanplatten als Vorbereitung zur stofflichen Verwertung

Verfahrensschema



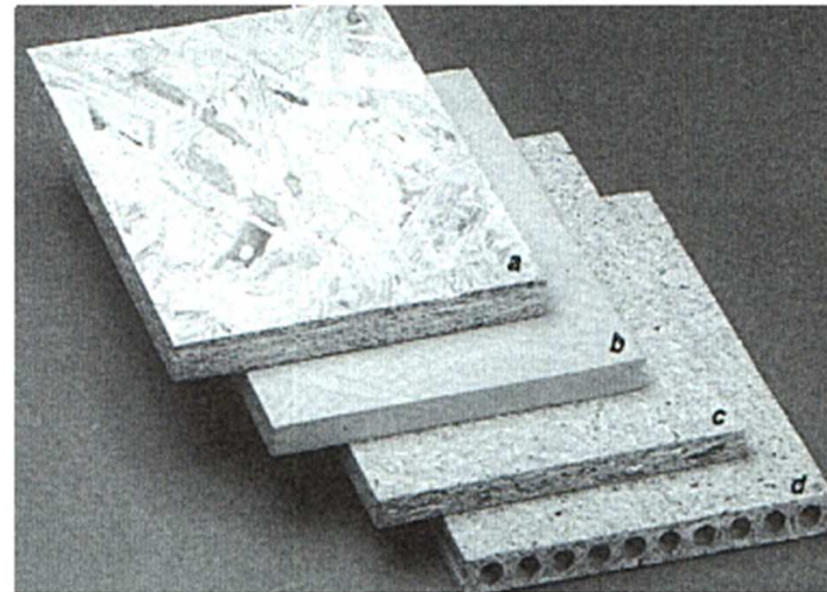
entnommen aus MICHANICKL, BOEHME, MDF-Magazin (1997), S. 52-59

Aufschlußbehälter



Chipboards from used chipboards and fibre boards

Secondary fibres



Separated impairing substances

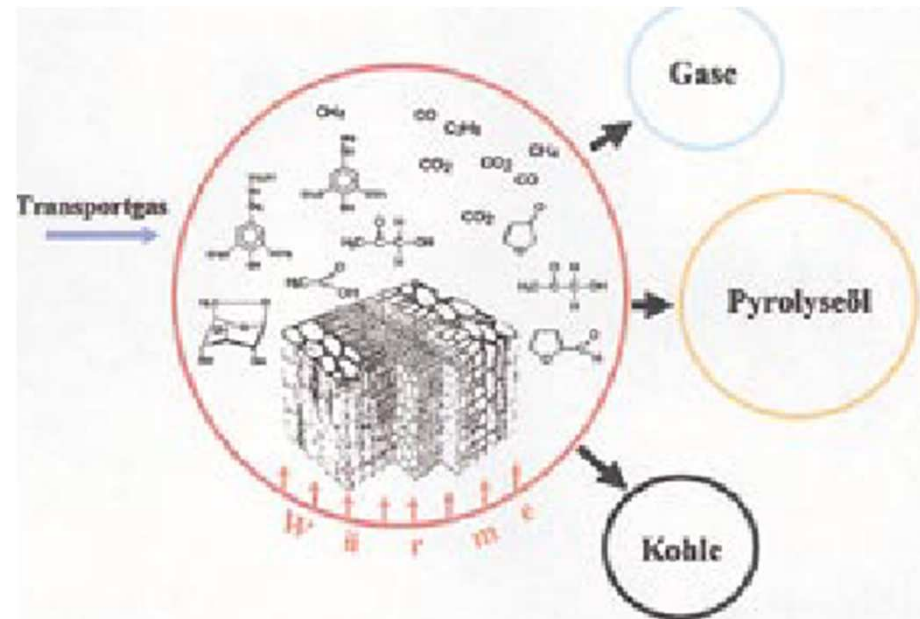


Stoffliche Verwertung durch Pyrolyse

Pyrolyse: Erhitzung unter Luftabschluss, dient der Herstellung von Holzkohle, Holzöl und Synthesegas

Unterscheidung zwischen „langsamer“ Pyrolyse und Flashpyrolyse

- langsame Pyrolyse → Hauptprodukt Holzkohle
- Flashpyrolyse → Hauptprodukt Holzöl

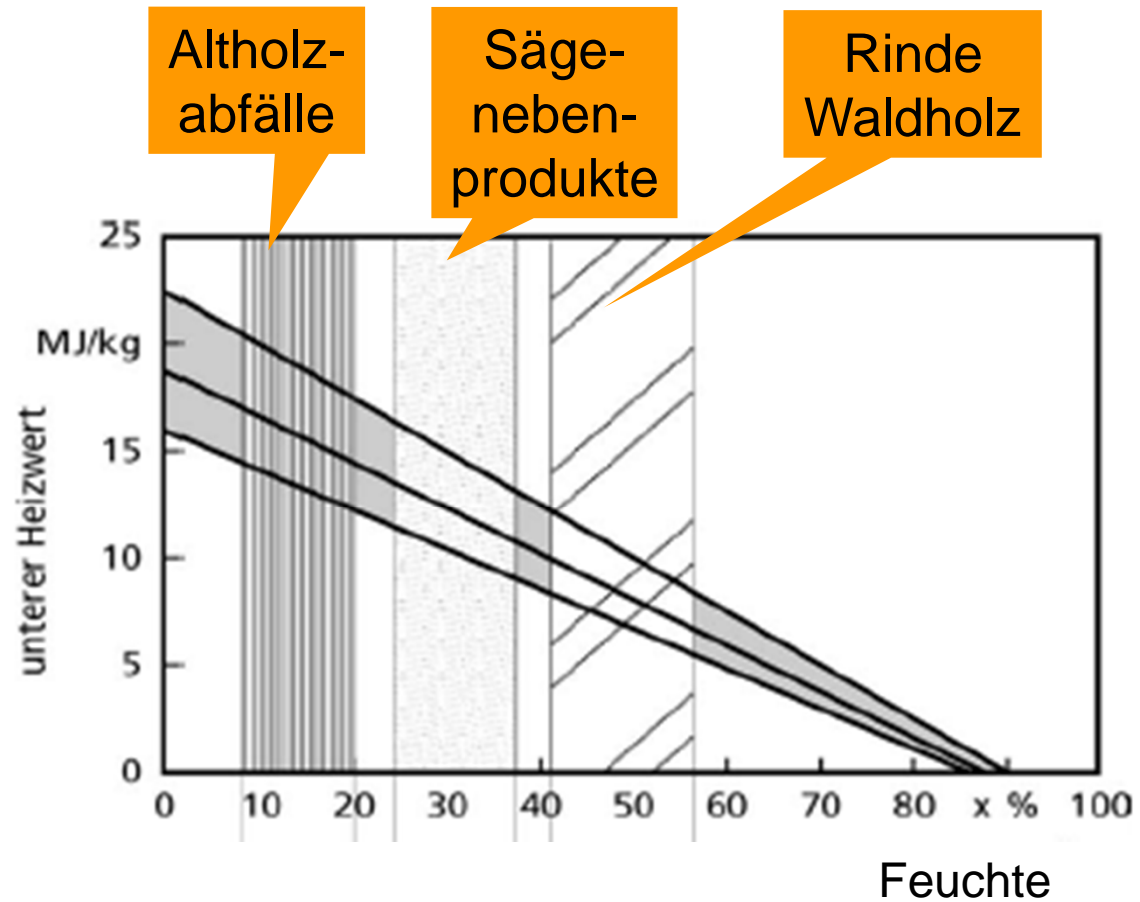


- 6 Wiederverwertung von Altholz
 - 6.1 Definitionen und Begriffe
 - 6.2 Verbrauch an Primärmaterial, Abfallentstehung
 - 6.3 Merkmale des Primärmaterials
 - 6.4 Eigenschaften von Gebrauchtholz
 - 6.5 Verwertungstechnologien
 - 6.5.1 Wiederverwendung
 - 6.5.2 Stoffliche Verwertung
 - 6.5.3 Energetische Verwertung**

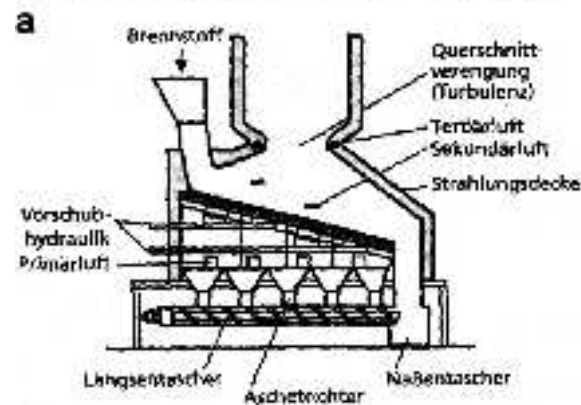
Energetische Verwertung basiert auf dem Heizwert von Holz.

Vergleichswert
Heizöl: 44.000 kJ/kg

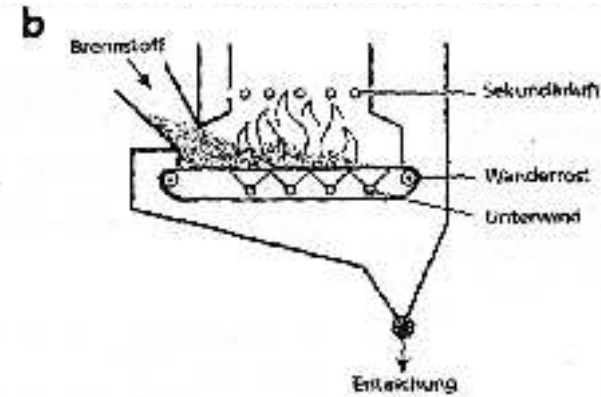
Starke Abhängigkeit
vom Wassergehalt



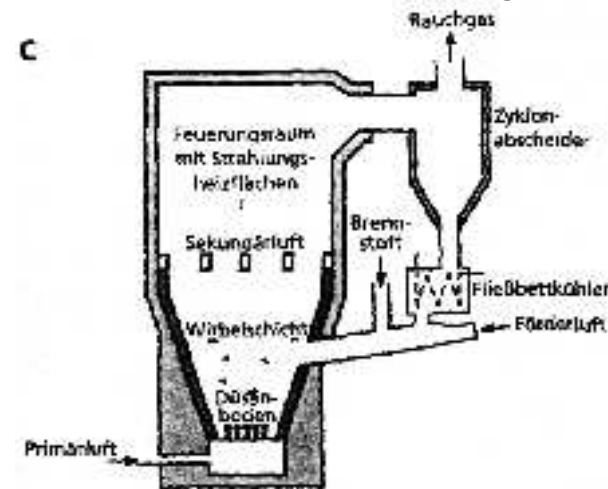
Überblick über Verbrennungsanlagen für Rest- und Altholz



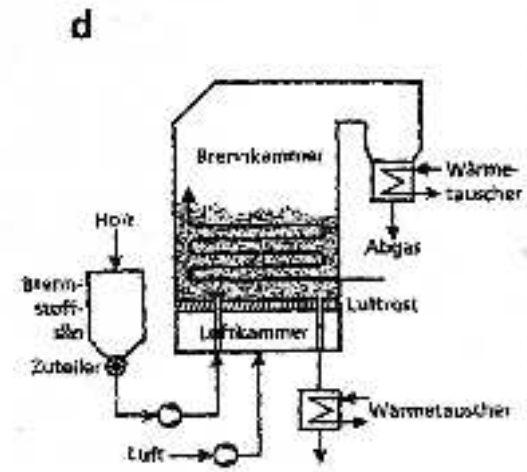
Vorschubfeuerung



Wanderrostfeuerung



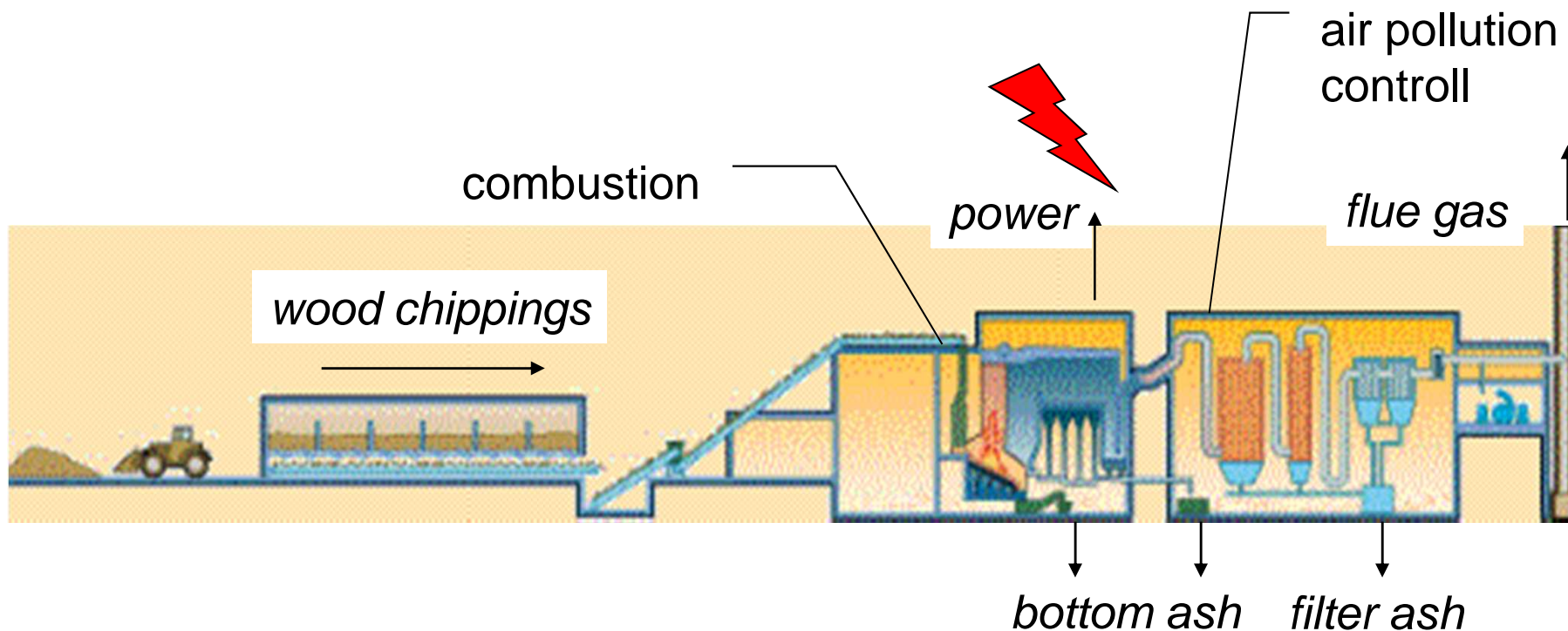
Zirkulierende
Wirbelschicht



Stationäre
Wirbelschicht

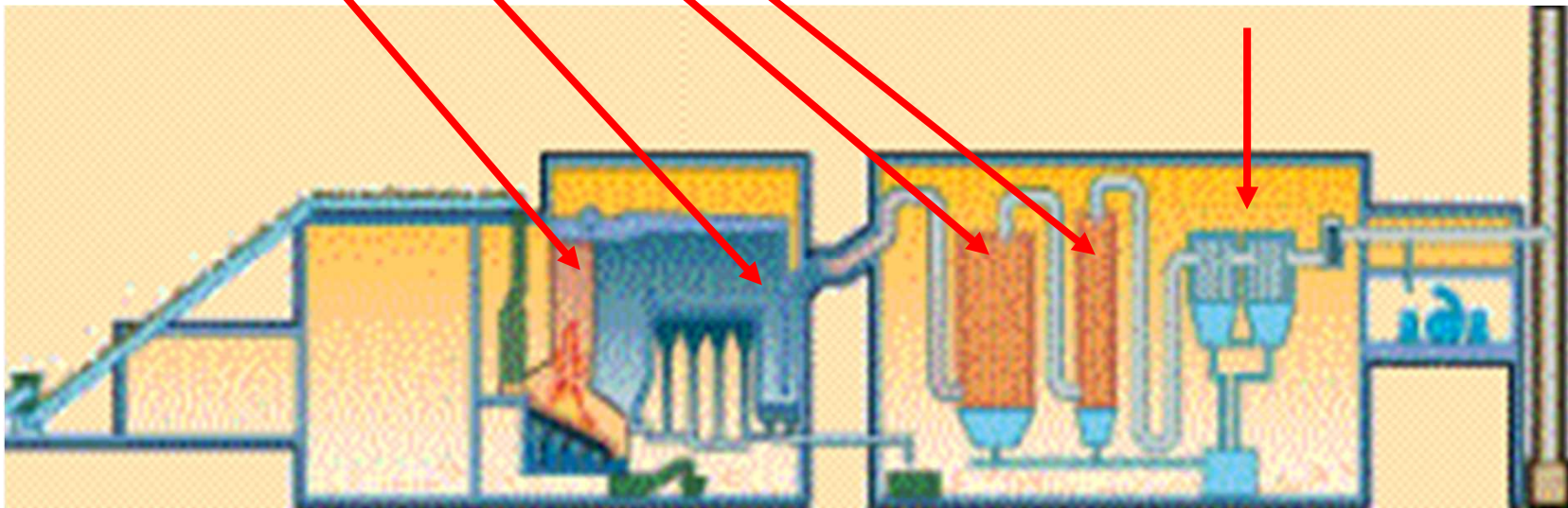
Energetische Verwertung hauptsächlich für Kat. III und IV

Verstromung in größeren Kraftwerken, die nach 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung genehmigt sind



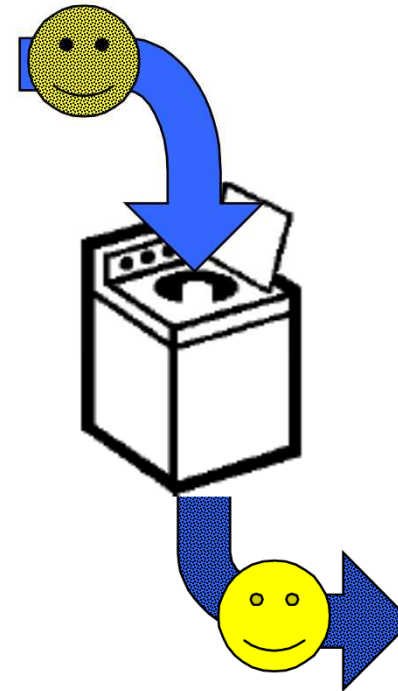
Air pollution control in five steps

1. NO_x reduction by HN_3 in combustion chamber
2. combined cooling and separation for coarse dust
3. reduction of acid components (SO_2 , HCl , HF) with lime
4. elimination of heavy metals and hydrocarbons with activated carbon
5. separation for fine dust



Material balance

- material input 7,0 t/h
- produced power 2.100 kW
- produced by-products
- bottom ash 50 kg per ton wood
- filter ash 10 kg per ton wood



Schadstoffgehalte in Aschefractionen 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 |