

Stoffliche Verwertungsmöglichkeiten Rest- und Altholz, insbesondere von Sägespänen und Sägemehl

1. Einführung und Übersicht

Die Möglichkeiten zur Verwertung von Holzabfällen und –resten werden stark durch deren Gehalt an Störstoffen und Holzschutzmitteln begrenzt. Solange es aber nur um reines Holzmaterial ohne Kontaminationen oder Beschichtungen geht, sind die Stückgröße und die Holzart maßgeblich für die Verwertungsmöglichkeiten.

Rammpfähle aus dauerhaften Holzarten, die z.B. im Hafenausbau verwendet wurden, können nach dem Ausbau in einem Hafen an anderer Stelle für den gleichen Zweck wieder verwendet werden, wenn sie noch gut erhalten sind¹. In ähnlicher Weise können oftmals Fachwerkbalken nach dem Abbruch alter Häuser wieder verwendet werden.² Die Bedeutung dieser Verwertungsmöglichkeit wird durch die Tatsache belegt, dass auf der LIGNA_{plus} 2003 eine Firma eine neu entwickelte spezielle Besäumsäge für Altholz vorstellte.³ Die Möglichkeit, auch anderes Gebrauchtholz zu verkaufen und wieder zu verwenden, wird durch die neuen Möglichkeiten des Internethandels (Ebay) wesentlich erleichtert und daher zunehmend genutzt. In Österreich bietet neuerdings eine Firma Türen an, die aus Brettern von alten Heustadeln und Bauernhäusern hergestellt werden⁴.

Von der Menge her am bedeutendsten sind zweifellos die in den Sägewerken anfallenden Holzreste. Bei einem Gesamteinschnitt von 32,7 Mio. m³ fielen im Jahr 2000 in Deutschland⁵ insgesamt 12,2 Mio. m³ Sägenebenprodukte an, von denen 0,9 Mio. m³ intern (zumeist energetisch) verwertet wurden.⁶ Die durchschnittliche Ausbeute beträgt damit 62,3%. Sie wird im Einzelnen bestimmt durch die Holzarten, -dimensionen und -qualitäten, sowie durch die Einschnittstechnik.

Die auf den Markt gelangenden Sägenebenprodukte setzen sich wie folgt zusammen:

Tabelle 1	m ³	%
Nadelholz insgesamt	10.384.113	100
Sägespäne / Sägemehl	3.740.686	36
Schwarten / Spreiße	659.388	6
Hackschnitzel	5.984.039	58
Laubholz insgesamt	943.798	100
Sägespäne / Sägemehl	445.835	47
Schwarten / Spreiße	252.715	27
Hackschnitzel	245.248	26

Der hohe Anteil von Hackschnitzeln beim Nadelholz beruht auf dem hier üblichen Einsatz moderner Zerspanertechnologien.

Laubholz wird offenbar in kleinere Elemente und mit einer insgesamt niedrigeren Ausbeute gesägt, was den hohen Anteil an Sägespänen und –mehl erklärt.

Die Verwertung dieser einzelnen Reststoffe wird in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2	Energie	Holzwerkstoffe	Zellstoff Papier	Handel	Export	Sonstiges
Nadelholz insgesamt	%	%	%	%	%	%
Sägespäne / Sägemehl	0,2	56,7	0,7	39,0	1,3	2,1
Schwarten / Spreiße	0,3	22,7	10,5	63,5	2,2	1,0
Hackschnitzel	0,3	21,6	30,5	37,3	10,2	0,1
Laubholz insgesamt	%	%	%	%	%	%
Sägespäne / Sägemehl	0,0	38,2	1,2	50,1	2,7	7,8
Schwarten / Spreiße	1,4	26,7	11,5	41,8	10,7	8,1
Hackschnitzel	0,4	80,3	0,0	16,9	0,0	2,3

Hauptabnehmer der Nebenprodukte der Sägewerke ist offensichtlich die Holzwerkstoffindustrie, zumal diese zum Teil auch über den Handel beliefert werden. Bei der Zellstoffproduktion werden sehr hohe Ansprüche an die Qualität der Hackschnitzel gestellt. Hier findet vor allem ein größerer Anteil der Nadelholzhackschnitzel Aufnahme, deren Ausformung möglich optimiert werden sollte⁷. Die Schwarten und Spreißel gehen größtenteils zunächst in den Handel und werden dann weitgehend auch zu Hackschnitzeln verarbeitet und entsprechend weiterverwertet.

Auch für die „Entsorgung“ des Materials mit den geringsten Marktpreisen, der Sägespäne und des Sägemehles, spielt der Handel eine wesentliche Rolle, besonders bei den in der Holzwerkstoff und Zellstoffindustrie besonders schwer zu verwertenden Laubholzspänen. Im Mittelpunkt dieses Aufsatzes steht nun die Frage, welche Verwendungsmöglichkeiten es für Sägespäne und Sägemehl neben diesen beiden Branchen und der energetischen Nutzung noch gibt. Insbesondere Sägemehl bereitet ja bei allen genannten Verwendungen besondere Probleme, sodass es in vielen Ländern nur deponiert oder nutzlos verbrannt wird.

Eine Auswertung von Literatur- und Internetquellen ergab eine überraschende Vielfalt von Möglichkeiten zur Nutzung von Holzspänen und Sägemehl. Diese sollen hier dargestellt und in Hinblick auf ihre Entwicklungspotentiale kommentiert werden.

2. Tierhaltung

In der Landwirtschaft, aber auch bei der Heimtierhaltung finden Säge- und Hobelspäne vielfältige Einsatzmöglichkeiten.

Bei der in Mitteleuropa üblichen Form der **Rinderhaltung** in Boxenlaufställen mit Spaltenböden haben Holzspäne gegenüber Stroh den Vorteil, dass sie sich leicht mit der Gülle entsorgen lassen und nicht die Spalten verstopfen. Es wird aber auch von Nachteilen speziell bei Milchkühen berichtet: So können spitze und scharfe Sägespäne Verletzungen an den Zitzen bewirken und Infektionen mit Streptokokken Vorschub leisten.⁸ Es sollte nur Sägemehl aus Weichholz eingestreut werden, das wenig spitze Splitter enthält und trocken ist.⁹ Wenn nicht mehr Stroh durch Holz ersetzt wird, ist mit einer sinkenden Nachfrage zu rechnen, denn im Bereich der 15 bisherigen EU-Staaten ist der Gesamtrinderbestand seit 1995 um fast 8% auf 78,281 Mio. Stück (2002) zurückgegangen.¹⁰ Neue Marktpotentiale können aber in den neuen EU-Staaten entstehen, wenn z.B. in Polen die Landwirtschaft durch die verstärkte Einführung moderner Stalltechnik intensiviert wird.

Von den rund 123 Mio. **Schweinen** im Bereich der Europäischen Union werden 83% in Betrieben mit mehr als 400 Stück gehalten¹¹, in denen meist ganz ohne Einstreu oder mit Stroh gearbeitet wird. In wenigen Fällen wird auch Sägemehl verwendet. Vorteile werden dabei darin gesehen, dass der Ammoniakgeruch gebunden und bei dicken Schichten Eigenwärme erzeugt wird. Insgesamt ergeben sich einige Vorteile für die Gesundheit der Tiere. Jedoch in der Arbeitsaufwand relativ hoch.¹²

Neben Stroh finden Späne auch bei der **Pferdehaltung** breite Anwendung als Eintreu in Boxen. Wichtig ist dabei die hohe Saugfähigkeit insbesondere durch die trockneren Hobelspäne. Zu Ballen gepresst benötigen sie weniger Lagerraum als Stroh. Sie sind aber etwas teurer und der Mist kann Entsorgungsprobleme bereiten, da er von Landwirten und Pilzzüchtern nicht gerne genommen wird. Auf Reitbahnen sind grobe Hackschnitzel sinnvoll.¹³ Neben einfachen Spänen wird heute auch mit einem speziellen Verfahren

aufbereitetes „Weichholzgranulat“ – auch in Form von Pellets - mit einer erhöhten Saugfähigkeit angeboten, das u.a. ein selteneres Entmisten nötig macht und zum besseren Verrotten führt.¹⁴

Auch in Schaf- und Fleischkaninchenbetrieben¹⁵, sowie bei Legehennen, Küken, Mastpoulets und Truten¹⁶ kann mit Holzspänen oder Sägemehl eingestreut werden. Speziell bei Hühnern können Späne aber auch Nachteile haben, da sie für die Gefiederreinigung nicht günstig sind.¹⁷ Mit Sägemehl als Einstreu treten andererseits bei neuartigen Bodenhaltungssystemen von Legehennen relativ geringe Stickstoffverluste auf.¹⁸

Ein in Deutschland bedeutender Markt ist schließlich die **Kleintierstreu**. Dort werden neben Stroh auch Holzspäne eingesetzt Die Zahl der kleinen Säugetiere (Meerschweinchen, Zwergkaninchen etc.) in den deutschen Haushalten stieg von 4 Mio. im Jahre 1996 auf 5,7 Mio. im Jahre 2000. Haushalte mit Kindern stellen hier mit 59% naturgemäß die größte Haltergruppe. Der hier zu erwartende demografisch bedingte Rückgang mag durch eine steigende Neigung älterer Menschen, sich ein solches Tier zu halten, kompensiert werden.¹⁹ Katzen bilden mit 6,9 Mio. Stück (2001) in Deutschland die wichtigste Gruppe und immer noch wachsende an Heimtieren. Die Katzenstreu hat mit 189 Mio. € im Jahre 2002 im Bereich „Bedarfsartikel“ für Heimtiere entsprechend den größten Marktanteil. Dabei handelt es sich allerdings weitaus überwiegend noch um mineralische Streumittel, doch eine Tendenz zur zunehmenden Verwendung von „ökologischen“ und in anderer Hinsicht vorteilhaften Produkten auf Holzbasis wird von deren Herstellern beobachtet.²⁰

3. Pilzzucht

Die Produktion von essbaren Pilzen lassen sich geringwertige Holzreste (Sägemehl, kurze Stammstücken) in ein wertvolles Lebensmittel umwandeln. Die kann auf sehr effiziente Weise geschehen: Beim Anbau von Shii-take (*Lentinula edodes*) in Intensivkulturen unter kontrollierten Bedingungen (definierte Substratzusammensetzung, Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Belichtung) kann die produzierte Pilzmasse 70 bis 100% der eingesetzten Holztrockenmasse ausmachen.

Shii-take wird in Asien schon seit 2000 Jahren auf Holz angebaut. Die frühere Methode, Ast- und dünne Stammstücken anzubohren und die Löcher mit Pilzmycel zu infizieren heute meist von Hobbyzüchtern angewandt wird. Seit etwa 1974 wird im Intensivanbau mit Schüttsubstraten gearbeitet, bei denen Sägemehl mit verschiedenen Zuschlagstoffen (Kleie, Schrot u.a.) in ganz unterschiedlichen Mischungsverhältnissen aufgewertet und in Plastiksäcken mit ausgewählten Kulturstämmen beimpft wird.²¹ Für die richtige Belüftung ist die Größe der Holzpartikel wichtig. Sie sollten nicht kleiner als 0,85 mm sein. Als sehr wichtig wird auch die Art der Hölzer angesehen. Es kommen vor allem Hartholzarten, z.B. Eiche oder Buche, in Frage. „Minderwertige“ Arten können aber durch Fermentation nutzbar gemacht werden, wie dies in Australien z.B. mit *Eucalyptus*-Sägemehl gemacht wird.²²

Die weltweite Produktion an essbaren Hutpilzen betrug im Jahre 1994 insgesamt etwa 5×10^6 Tonnen (Frischgewicht) im Wert von ca. 9,8 Mrd. US-\$ jährlich. Hier sind noch große Steigerungen zu erwarten, denn bisher werden erst wenige Basidiomycetenarten kommerziell genutzt, vor allem die Species *Agaricus*, *Lentinus*, *Pleurotus*, *Auricularia*, *Volvariella*, *Flammulina* und *Tremella*. Wenn die in vielen Fällen noch offene Frage, wie man die Ausbildung der Fruchtkörper anregen kann, beantwortet ist, kann das Spektrum der genutzten Arten vergrößert und die Produktion noch wesentlich gesteigert werden. Dabei können nicht

nur mehr Holzabfälle, sondern auch Rückstände aus der Landwirtschaft sehr effizient in hochwertiges Protein umgewandelt werden. Wegen ihres geringen Gehaltes an Fett und Cholesterin bei gleichzeitigem Reichtum an Eiweiß, Fasern, Vitaminen und Mineralien stellen Pilze ein sehr wertvolles und gesundes Nahrungsmittel dar. Manche Arten können sogar zur Behandlung von Krankheiten genutzt werden.²³

4. Holz als Futter- und Nahrungsmittel

Vor fast 200 Jahren wurde bereits erkannt, dass sich die die hochmolekularen Kohlenhydrate des Holzes, Cellulose und Hemicellulose durch Säurebehandlung in einfache Zucker (Glucose, Hexosen und Pentosen) zerlegen und damit für die Ernährung verwendbar machen lassen. Wegen des hohen technischen Aufwandes für die dazu notwendigen Anlagen lohnte sich die Holzverzuckerung bisher nur in Notzeiten.²⁴ Da aber zumindest wiederkäuende Tiere in der Lage sind, Zellulose selbst enzymatisch aufzuschließen, wurden auch Untersuchungen angestellt, inwieweit sie neben Gras und ähnlichen Futtermitteln nicht auch Holz verwerten können. Zumindes mit vorgegorenem und säurebehandeltem Holzmehl (siehe 8.) hat man erfolgreiche Versuche machen können. Auch die Fermentation mit dem in Indien kultivierten Speisepilz *Pleurotus sajor-caju* wurde zur Verbesserung des Nährwertes von Sägemehl erprobt.²⁵ Aus Sägemehl hergestellte technische Cellulose kann möglicherweise als Futtermittel verwendet werden, wenn sie nach einer entsprechenden Vorbehandlung fein gemahlen wird.²⁶

In der Liste der unter 8. aufgeführten Holzmehlprodukte findet man auch Futterstreckmittel. Hierbei handelt es sich um feines Holzmehl von sogenannten Fettbäumen (Nadel- und weiche Laubholzarten, z.B. Birke mit 1,5 bis 3,3%, Linde mit 6,3 bis 9,2% fettem Öl u.a.). Dieses wurde insbesondere in Notzeiten dem normalen Tierfutter beigemischt und kann teilweise mit verdaut werden.

Auch Getreidemehl für die menschliche Ernährung kann mit feinem Holzmehl gestreckt werden, und ansonsten kann Fichten- und Tannenholzmehl auch als Backstreumehl verwendet werden, um das Ankleben des Teiges am Blech zu verhindern.

5. Lebensmittelverarbeitung

Holzreste werden nicht nur direkt oder indirekt zur Produktion von Lebensmitteln verwendet, sondern schon seit Jahrhunderten auch zu deren Haltbarmachung und Geschmacksverbesserung:

Das **Räuchern** ist eine Methode zur Konservierung von Fisch und Fleisch „durch Verschwelen von Harthölzern wie Buche, Eiche, Erle, Ahorn, Wacholder in Form von Sägespänen, Hobelspänen oder gespaltenem Holz; wirkt keimtötend und austrocknend auf das Räuchergut; je nach Räuchertemperatur und Rauchart wird“ z.B. zwischen Kaltrauch, Warmrauch und Heißrauch unterschieden.²⁷

Das Kaltrauchverfahren wird angewendet, wenn das Rauchgut über lange Zeit haltbar gemacht werden soll und/oder wenn man den speziellen, würzigen Rauchgeschmack besonders fördern will Für Kalträuchern wird eine Temperatur von 15 bis 20°C benötigt. Sie wird durch Verglimmen von fest gepresstem oder benetztem trockenem Sägemehl erreicht.

Zum Warmräuchern wird eine Temperatur von 20 bis 50°C benötigt. In diesem Bereich, insbesondere ab 30°C, fördern die eiweißspaltenden Enzyme das Aroma und die begehrte Zartheit des Räuchergutes. Die Temperatur und der Rauch werden durch Verglimmen von Hartholz, das mit trockenem Sägemehl abgedeckt ist, erreicht.

Heißräuchern wird bei Waren angewendet, die zügig verzehrt werden sollen, z.B. Koch- und Bratwürste oder Fisch. Durch Verbrennen von zumeist Buchenholz wird der Räucherofen auf eine Temperatur von über 50°C aufgeheizt. Diese Temperatur sorgt dafür, dass die im Rauch enthaltenen chemischen Stoffe die Oberfläche des Rauchgutes schnell verfestigen und die Ware so gegen das Eindringen schädlicher Organismen geschützt wird. Heißräuchern ist immer mit einem Garen des Räuchergutes verbunden.²⁸

Eine neuartige Methode, den Geschmack von **Rotwein** mit Holzabfällen zu verbessern stellt das Einbringen von Eichenholzstücken und –spänen in Edelstahl tanks. Hier werden meist Abfälle aus der traditionellen Herstellung von Eichenfässern verwertet. Diese werden zunächst „getoastet“, d.h. mit Hitze behandelt, sich aromatische Verbindungen bilden, die den Geschmack und die Färbung des Weines mit formen.²⁹

6. Bauprodukte

Die Verwendung von **Holzspänen zur Wärmedämmung** ist grundsätzlich nichts Neues. Doch erst seit 1993 gibt es in Deutschland bauaufsichtlich zugelassene nicht druckbelastbare Wärmedämmstoffe aus Maschinenhobelspänen. Im Jahre 1997 erhielten die CLIMATE CHIPS® ihre Zulassung. Dabei handelt es sich ebenfalls um Hobelspäne, die in einem Spezialverfahren aufbereitet und mit einem hauchdünnen Zementsteinfilm umhüllt werden.³⁰ Eine Untersuchung an der Universität München erbrachte für Hobelspäne einen zu erwartenden Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit (λ_R) von 0,050 – 0,060, während Sägespäne mit 0,060 – 0,070 etwas schlechter abschnitten. Es erwies sich als notwendig und sinnvoll, das Material in setzungssicherer Dichte einzubauen. Die Anforderungen der Baustoffklasse B2 werden auch ohne Brandschutzmittel erreicht.³¹ Weitere Erkenntnisse sind aus einem Verbundprojekt zu erwarten, das im Juni 2004 abgeschlossen wird. Untersucht wird vor allem die optimale Erzeugung und Verarbeitung von Hobelspänen.³²

Holzspan-Mantelbeton ist ein Baustoff aus Zement und Säge- oder Hobelspänen, die durch längeres Eintauchen in Zement oder Kalkmilch mineralisiert wurden. Zu Platten oder Steinen geformt ist das Material sehr druckfest und hat zugleich eine gute Wärmedämmwirkung³³. Holzbetonsteine werden daher auch zu den neuartigen „ökologischen“ Baustoffen gezählt³⁴. Bei der Produktion dieses Materials muss darauf geachtet werden, dass das verwendete Holz mit Zement verträglich ist. Wenn der Zuckergehalt zu hoch ist, kann er durch eine Fermentierung des Sägemehles zunächst reduziert werden.³⁵

Am Forestry Research Institute von Nigeria (FRIN) wurden Deckenpanele und Fußbodenfliesen mit Sägemehl³⁶ entwickelt, die auf der Weltausstellung EXPO 2000 in Hannover zu sehen waren

7. Umweltschutz

Eine Möglichkeit der Verwendung von Sägespänen und Sägemehl im Umweltschutz ist seine Beimischung zu Material, das kompostiert werden muss, ähnlich dem oben erwähnten Hühner- und Schweinemist. So kann **Klärschlamm** mit Holzresten als Strukturmaterial kompostiert werden. Die Zugabe von Strukturmaterial hat den hauptsächlichsten Zweck den Wassergehalt des Rottegemisches auf einen optimalen Wert einzustellen sowie das verfügbare Luftporenvolumen und die Porenstabilität zu erhöhen.³⁷

Modifiziertes Sägemehl kann als **Filtermaterial** verwendet werden: So wurde z.B. eine chemische Modifizierung von Sägemehl mit langkettigen Acylaziden durchgeführt, um neue Stoffe für die Entfernung organischer Verschmutzungen aus Wasser zu erhalten. Das so veränderte Holz zeigt eine verstärkte Affinität zu Elainsäure und Olivenöl, die als typische Vertreter von Fettsäuren und Fetten ausgewählt wurden. Das modifizierte Holzmehl ermöglicht deren Trennung von Wasser.³⁸

In einem anderen Fall wurde Holzmehl der *Picea abies* mit Bernsteinsäureanhydrid in Dichlorethan in Gegenwart oder Abwesenheit eines Katalysators (Pyridin oder Triethylamin) bei 80 grd C verestert. So konnte es der Entfernung von Cadmium(II) aus Wasser dienen.³⁹ Versuche mit unbehandeltem Sägemehl verschiedener Holzarten erbrachten dagegen für Cd (II) eine relativ geringe Ausfilterung, für Kupfer (II) und Zink (II) dagegen eine deutlich bessere. Dabei zeigten die Hartholzarten Eiche und Robinie eine höhere Filterrate als Tanne, Pappel und Weide.⁴⁰

Auch zum **Ausfiltern von Nitraten** aus dem Sickerwasser landwirtschaftlicher Produktionsflächen können Holzpartikel erfolgreich genutzt werden. Aus den USA wird berichtet, dass von Hackschnitzelfüllungen um Drainageleitungen herum das Einwaschen des belasteten Grundwassers in Flüsse verhindert hätten. In den sich zersetzenden Holz würden die Nitrate von Bakterien zu Stickstoff abgebaut und damit unschädlich gemacht werden.⁴¹

8. Holzmehlprodukte

Seit rund 100 Jahren wird Holzmehl entweder nur durch Aussieben von Sägemehl und/oder durch das Mahlen von Sägespänen, Hobel- oder Frässpänen und stückigen Holzresten gewonnen. Wegen der oftmals hohen Anforderungen an die Holzmehlprodukte und der bedarf es hier einer sehr sorgfältigen Auswahl und Aufbereitung der Rohstoffe.

„Grundlegend für die Beschaffenheit und die Eigenschaften von Holzmehlen sind die Holzart, von der sie stammen, die Korngröße oder Feinheit und die Kornform, wobei mit abnehmender Korngröße die Einflüsse der Holzart und Kornform in den Hintergrund gedrängt werden. Weitere wichtige Merkmale und Maßstäbe sind der Reinheitsgrad, der Feuchtigkeits- und Harzgehalt, die Farbe, die Art der chemischen Reaktion, der Aschengehalt und die Jodkalium-Stärkezahl.“

Vorreiter⁴² führt in seiner umfassenden Publikation von 1960 eine große Palette von Verwendungsmöglichkeiten für Holzmehl auf und erläutert diese im Einzelnen:

- ?? Aktivkohle
- ?? Backstreumehl
- ?? Filterpapier
- ?? Füllmittel für Batterien
- ?? Futterstreckmittel
- ?? Holzstein (Xykolith)

- ?? Kehrmitel
- ?? Kunstharzpressmassen
- ?? Kunstholz
- ?? Lignogener Kunststoff
- ?? Linoleum
- ?? Leimstreckmittel
- ?? Papier- und Pappenfüllmittel
- ?? Plastisches Holz
- ?? Putz- und Poliermittel
- ?? Saugmittel für Spreng- und Zündstoffe
- ?? Schleifscheiben
- ?? Tapetenstreu
- ?? Treibstoff
- ?? Trockenmittel
- ?? Überzug- und Klebmassen
- ?? Verbandstoffe
- ?? Waschseife

Die Hälfte des Holzmehlverbrauchs entfiel um 1960 auf die Produktion von **Linoleum**. Nach einem deutlichen Rückgang der Produktion (1929 in Deutschland: 42,9 Mio. m²) erfreut sich dieser aus reinen Naturstoffen (vor allem Leinöl, Kolophonium und Jute) bestehende Bodenbelag in den letzten Jahrzehnten einer verstärkten Nachfrage, die in Deutschland bei 10 – 12 Mio. m² liegt⁴³. Dies sind allerdings nur 2,3% des gesamten Marktes an Bodenbelägen. Dabei stieg der Verbrauch an Linoleum-Fertigböden in Deutschland von 0,06 Mio. m² im Jahre 1994 auf 2,38 Mio. m² im Jahre 2003 an. Dieses Wachstum beruht überwiegend aus Substitutionseffekten gegenüber Linoleum-Rollenware.⁴⁴

Ein wenig jünger als das Linoleum ist die Mischung von Holzmehl mit **Kunststoffen**. Nach den Entwicklungsarbeiten von Dr. Leo Hendrik Baekeland wurde 1910 bei Berlin die erste Fabrik für vollsynthetische Kunststoffe (aus Phenol und Formaldehyd) errichtet. Unter dem Namen Bakelite wurden u.a. viele Gebrauchsgegenstände produziert und dabei bis zu 50% sehr feines Holzmehl als Füllstoff mit teilweise ästhetischer Wirkung eingesetzt⁴⁵. In den letzten Jahren erlebt der Einsatz von Holz (und anderen Naturfasern) in der Kunststoffproduktion einen deutlichen Aufschwung. Besonders in den USA haben **Wood Plastic Composites (WPC)** schon einen beachtlichen Marktanteil erobern können, nicht zuletzt, weil durch das Verbot des dort bis vor kurzem üblichen Holzschutzmittels CCA (chrome copper arsenic) ein erhöhter Bedarf an dauerhafteren Holzprodukten (Woodlike plastics) besteht. Auch die Verarbeitung der Holz-Kunststoff-Gemische durch das am weitesten verbreitete Verfahren des Spritzgießens (Extrusion) hat große Fortschritte gemacht. Es wird laufend ein einer Optimierung der Werkzeugtechnik und der Rohstoffeigenschaften gearbeitet. Der Mischungsanteil von Holz kann von 1% bis 95% variiert werden.⁴⁶ Durch die Entwicklung von geschäumten Kunststoffen mit Holz- und anderen Naturfasern vergrößert sich die Werkstoffpalette und damit die Möglichkeit zur Verwertung von Sägespänen noch weiter.⁴⁷ Allerdings können die Entwicklungsarbeiten auch dazu führen, dass man in manchen Fällen nicht mehr mit Sägewerksresten arbeiten kann, sondern Rundholz oder gar reine Zellulose verwenden muss.

Mit der Feststellung, dass er zu 70% aus Sägemehl hergestellt werden kann, das zudem mit 15% Holzfeuchte verarbeitet werden kann, wird für den biologisch abbaubaren Werkstoff fasalex® geworben. „Formen, die bisher nur in der Kunststofftechnologie realisierbar waren,

können nun mit "fließendem Holz" extrudiert werden. ... Profile, Rohre oder Paneele in verschiedenen Formen und Stärken, mit Hohlräumen oder als Vollprofile“ sind möglich. „fasalex® ist ein isotroper, antistatischer, homogener Werkstoff, der sich je nach Mischung durch geringe Quellwerte auszeichnet. Dazu erfüllt der neuartige Werkstoff die Brandklasse B2. Doch nicht nur die funktionellen und natürlichen Eigenschaften sprechen für fasalex®.“⁴⁸

Eine etwas andersartige Neuentwicklung aus der Schweiz ist **innovation wood (iwood)** ein völlig neuartiger Holzwerkstoff, geeignet als statisch beanspruchbarer Kern einer Holzverbundplatte oder zur Verwendung als ökologisches Dämm- und Füllmaterial. Ein Werkstoff für den vielseitigen Einsatz in der Möbelindustrie oder im Holzbau, leicht bearbeitbar, porös, mit guten Festigkeitswerten und mit sehr geringem Gewicht, kostengünstig und ökologisch hergestellt aus Holzspänen und Holzstaub. Das Verfahren besteht darin, die Holzstärke aus dem Holzverbund zu lösen und umzuwandeln, so dass eine geschäumte Holzpaste entsteht, vergleichbar mit einem Brotteig. Diese geschäumte Holzpaste wird in einem speziellen Ofen getrocknet. Das Resultat ist ein harter, dem Zwieback ähnlicher Werkstoff, dessen Eigenschaften mit denjenigen einer Spanplatte und ähnlicher Produkte verglichen werden können.⁴⁹

¹ Jordan J (ESPEN AG) (2003) Personal communication.

² <http://www.historische-baustoffe.de/material/uhb20002.html>

³ Anonymus (2003) Verfeinerte Technik für Tischler und Schreiner. Holz-Zentralblatt 129 (53), 790-794 and http://www.hema-saegen.de/hema/produkte/main_detail_prod_sp.php?prnr=213&i=3&l=de&fl=0&t

⁴ http://www.dana.at/docudb/psfile/doc/76/Altholz_Fl3f5eea321232b.pdf <20.01.2004> and Anonymus 2004: Bleibende Werte in neuer Form. Dana entwickelt Türeserie aus Altholz. B + H Nr. 1, January 2004, 11

⁵ Mantau U, Weimar H, Laber J. (2003a) Rundholzeinschnitt in Deutschland. Holz-Zentralblatt 129 (61), 887-888.

⁶ Mantau U, Weimar H, Laber J (2003b) Aufkommen und Vertrieb von Sägenebenprodukten. Holz-Zentralblatt 129 (97), 1405-1407.

⁷ Felber G 2003. Qualität von Industriehackgut. . Holz > Bildung > Forschung 06.2003, 12-13

⁸ Wie drei Betriebe ihre Herden saniert haben. top agrar 2/2003, 14R

⁹ Hochboxen zu Tiefboxen umbauen? Top agrar 6/2001, 6-8

¹⁰ Weiler F, Chroková E (2004) Die Entwicklung des Rinderbestandes in der EU von 1994-2002. Statistik kurz gefasst Landwirtschaft und Fischerei. Thema 5-8, 2004, eurostat, ISSN 1562-1359, http://www.eu-datashop.de/download/DE/sta_kurz/thema5/nn_04_08.pdf

¹¹ Vidal C (2002) Ein leistungsfähiger Schweinesektor, der nicht ohne Auswirkungen auf die Umwelt ist. . Statistik kurz gefasst Landwirtschaft und Fischerei. Thema 5-26, 2002, eurostat, ISSN 1562-1359,

http://www.eu-datashop.de/download/DE/sta_kurz/thema5/nn_02_26.pdf

¹² <http://www.brueckenbauer.ch/INHALT/0345/45minfo1.htm> <31.01.2004>

¹³ Cordes 2004. Personal communication. <http://www.cordes-grasberg.de/>

¹⁴ <http://www.tierwohl.de/>

¹⁵ Brendt D, Marten J (1987) Leitsatz: Bauliche Anlagen zur Zucht und Mast von Fleischkaninchen. KTBL-Arbeitsblatt 1074

¹⁶ Tierschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Veterinärwesen, Bern, UFA-Revue 9/01 http://www.bvet.admin.ch/tierschutz/d/berichte_publicationen/lbl_tierschutz_merkblatt_d.pdf

¹⁷ Sewerin K (2002) Beurteilung der Tiergerechtigkeit des angereicherten Käfigtyps "Aviplus" unter besonderer Berücksichtigung ethologischer und gesundheitlicher Aspekte bei Lohmann Silver Legehennen. Diss. Tierärztliche Hochschule Hannover, http://elib.tiho-hannover.de/dissertations/sewerink_2002.pdf

¹⁸ Oehm U, Petersen J (1999) Vergleich und Bewertung von Behandlungsmaßnahmen der Tiefstreu in der Bodenhaltung von Legehennen unter Verwendung unterschiedlicher Einstreumaterialien. Archiv für Geflügelkunde, ISSN: 0003-9098, 63 (4) 158-168

¹⁹ Zentralverband Zoologischer Fachbetriebe Deutschlands e.V. 2004: <http://www.zzf.de/presse/markt/>

²⁰ <http://www.catsbest.de/cb/index.htm>

²¹ Schmidt O (1994) Holz- und Baumpilze. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-57334-8, 175-178

²² Chen AW 2001. Cultivation of *Lentinus Edodes* on Synthetic Logs. The Mushroom Growers Newsletter. August 2001. <http://www.mushroomcompany.com/200108/shiitake.pdf>

-
- ²³ Kües U, Liu Y 2000. Fruiting body production in basidiomycetes. Appl. Microbiol Biotechnol 54: 141-152
- ²⁴ Knigge W, Schulz H 1966. Grundriss der Forstbenutzung. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
- ²⁵ Lal N, Panda T (1995). Studies on protein enrichment in sawdust by *Pleurotus sajor-caju*. Bioprocess and Biosystems Engineering 12 (4), 163 - 165
- ²⁶ Rauch H 1940. Sulfitzellstoff aus Sägemehl und seiner Weiterverarbeitung zu Viskose-Kunstfasern und verdaulichen Futtermitteln in Form von Zellmehl. Diss. TH Karlsruhe, 56p
- ²⁷ <http://www.fleischwirtschaft.de/service/fachbegriffe/pages/>
- ²⁸ <http://www.asv-quickborn.de/raeuchern.html>
- ²⁹ Makowski M (2003) Holzwege zum guten Wein. Holz-Zentralblatt 129 (70), 967, 970
- ³⁰ <http://home.t-online.de/home/Dr.-Ing.Mahler/>
- ³¹ Vogel K, Wegener G, Tröger F (1999) Dämmstoffe aus Holz, mikado 9/1999, 50-53, http://www.mikado-online.de/media.php/842/19134/mik_09_99_050_053hut1.pdf
- ³² Verbundprojekt Lose Dämmstoffe aus Holz: <http://www.holz-und-umwelt.de/projekt.php?showproject=31>
- ³³ <http://www.durisolbuild.com/default.html> and <http://www.isospan.at/>
- ³⁴ <http://www.isospan.at/>
- ³⁵ Simatupang MH, Handayani SA (2001) Fermentation of saw dust from freshly cut rubber wood to improve its cement compatibility, Holz als Roh- und Werkstoff 59 (1-2) 27-28
- ³⁶ <http://www.rmrdc.org/Agro%20Raw%20materials/Forestry%20product.htm#FORESTRY>
- ³⁷ Maile A, Müsken J, Bidlingmeier W. (1997) Verfahren und Einsatzgebiete der Klärschlammkompostierung. In: Erfahrungen und Perspektiven. 12. ZAF-Seminar Braunschweig, 18.-19. September 1997. Zentrum für Abfallforschung und Institut für Siedlungswasserwirtschaft der TU Braunschweig. ISSN 0934-9243, <http://www.zfw.tu-bs.de/pubs/tb485/08maile.htm>
- ³⁸ Maurin E, Clément A, Gérardin P, Loubinoux B (1999) A feasibility study on the use of chemically modified sawdusts bearing fatty alkyl chains for removal of oleic acid and olive-oil from water. Holz als Roh- und Werkstoff 57 (4) 265 - 266
- ³⁹ Marchetti V, Clément A, Gérardin P, Loubinoux B (2000) Synthesis and use of esterified sawdusts bearing carboxyl group for removal of cadmium(II) from water. Wood Sci. Technol. Berlin 34(2) 167 – 173
- ⁴⁰ Šciban M, Klačnja M (2004) Wood sawdust and wood originate materials as adsorbents for heavy metal ions. Holz als Roh- und Werkstoff, ISSN: 0018-3768 (Paper) 1436-736X (Online)
- ⁴¹ Beeman P (2002) Wood chip-lined drainage tiles remove farm runoff nitrates. Minnesota IssueWatch July 2002 Agriculture: <http://www.mnplan.state.mn.us/issues/scan.htm?Id=2288>
- ⁴² Vorreiter L (1960) Holzmehl – Eigenschaften, Erzeugung und Verwendung. Holz-Zentralblatt 86, 1734ff, 1791ff, 1828ff
- ⁴³ Bodenbeläge aus Kork weiter auf Erfolgskurs. B + H Nr. 2 / February 2004, 9
- ⁴⁴ Linoleum – Wiedergeburt eines Klassikers. B + H Nr. 12, December 2003, 14
- ⁴⁵ <http://www.bakelite.de/>
- ⁴⁶ Müller U, Teischinger A. (2003) Wood Plastic Composites. Holz > Bildung > Forschung 04.2003, 10-11
- ⁴⁷ Bledzki A K, Faruk O (2002) Microcellular wood fibre reinforced polypropylene composites in an injection moulding process. Cellular Polymers 21 (6), 417-429
- ⁴⁸ <http://www.fasalex.com/> and Burckhardt-Karrenbrock A, Seegmüller S, Burk R (2001) Flüssigholz – Ein Überblick. Holz als Roh- und Werkstoff 59, 13-18
- ⁴⁹ <http://www.iwood.ch/>

Fotos:

- zu 1. Fachwerkbalken + Haus (Zieseniss), Sägemehl Russland (einscannen)
- zu 2. Pferdestall (Badenstedt) oder Kleintierstreu
- zu 3. Pilze Forstbotanik
- zu 8 Linoleum, Iwood (LIGNA)