



(11)

**EP 4 023 812 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**06.07.2022 Patentblatt 2022/27**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**D21C 3/20 (2006.01) D21C 9/08 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **20217520.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**D21C 3/20; D21C 9/08; D21C 9/086**

(22) Anmeldetag: **29.12.2020**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **MM BOARD & PAPER GmbH**  
**1040 Wien (AT)**

(72) Erfinder:  
• **FRIEDL, Anton**  
**1130 Wien (AT)**  
• **LEHR, Maximilian**  
**2074 Kleinhöflein (AT)**  
• **MILTNER, Martin**  
**3034 Maria Anzbach (AT)**

(74) Vertreter: **Hofstetter, Schurack & Partner**  
**Patent- und Rechtsanwaltskanzlei**  
**PartG mbB**  
**Balanstrasse 57**  
**81541 München (DE)**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON PRODUKTEN AUF BASIS VON HOLZ ALS ROHSTOFF**

(57) Beschrieben wird ein Verfahren zur Herstellung von Produkten auf Basis von Holz als Rohstoff, dadurch gekennzeichnet, dass Holz in Form von Holzpartikeln einer Extraktionsbehandlung mit einem Extraktionsmittel unterzogen wird, das ein oder mehrere organische Lösungsmittel oder ein organisch-wässriges Gemisch des oder der Lösungsmittel mit Wasser umfasst, wobei der

Gehalt an Fettsäuren in den Holzpartikeln durch die Extraktionsbehandlung der Holzpartikel mit dem Lösungsmittel um mindestens 70 % verringert wird, gemessen als Hexanal-Gehalt in Gew.-% nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C, jedoch der Gehalt an Cellulose, Hemicellulosen und Lignin bei dieser Extraktionsbehandlung im Wesentlichen erhalten wird.

**EP 4 023 812 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft Verfahren zur Herstellung von Produkten auf Holzbasis, insbesondere Verfahren zur Vorbehandlung von Holz.

**[0002]** Holz als Rohstoff für die industrielle Verarbeitung zu auf Holz basierten Produkten (wie z.B. Holzfaserplatten oder Karton) enthält - neben den Hauptkomponenten Cellulose, Hemicellulosen und Lignin - viele verschiedene nieder- und hochmolekulare Stoffe wie Fettsäuren, Harzsäuren, Phenole und Terpene. Diese Substanzen werden als sog. Extraktstoffe (oder Extractives) zusammengefasst, da sie mit heißem Wasser und/oder organischen Lösungsmitteln aus Holz extrahiert werden können (Koch, Raw Material for Pulp; in: Sixta (ed) Handbook of Pulp (2006), Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, p 21-68). Viele dieser Extraktstoffe sind "organoleptisch relevante Substanzen", da sie zu geruchlichen und geschmacklichen Wechselwirkungen und Beeinträchtigungen bei Holzpartikelbasierten Produkten mit der für die jeweilige Endanwendung relevanten Umgebung führen können (beispielsweise Lebensmittel im Falle von Verpackungskarton oder Raumluft im Falle von Holzfaserplatten). Neben Extraktstoffen, die als flüchtige Kohlenwasserstoffe von Natur aus charakteristische Gerüche aufweisen (z.B. Terpene), sind dafür vor allem Aldehyde (ganz besonders Hexanal) verantwortlich, die durch eine autokatalytische Oxidation von im Holz natürlich vorkommenden Fettsäuren gebildet werden (Schreiner et al., Resolving the smell of wood-identification of odour-active compounds in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) (2018), Scientific Reports 8:8294).

**[0003]** Weiters enthalten Holzpartikel Harze, die bei der Verarbeitung der Holzpartikel zu klebrigen Teilchen koagulieren können, was durch die ebenfalls im Holz natürlich vorkommenden Fette und Wachse verstärkt wird. Diese harzigen Teilchen, auch als "Pitch" oder "Stickies" bezeichnet, verursachen auch Störeffekte auf der Papier-/Kartonoberfläche, die in weiterer Folge Probleme bei der Weiterverarbeitung des Papiers/Karton (z.B. Bedrucken) mit sich bringen können. Auch können sich diese Stoffe störend auf den Produktionsprozess auswirken, indem sie Ablagerung auf Maschinenteilen, Walzen und Bespannungsteilen udgl. verursachen (Sixta et al., Chemical Pulping Processes; in: Sixta (ed) Handbook of Pulp (2006), Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, p 109-509; Björklund Jansson et al., Wood Extractives; in: Ek et al. (eds) Wood Chemistry and Wood Biotechnology, 1 (2009), Walter de Gruyter GmbH & Co. KG., Berlin, pp 147-171).

**[0004]** Derzeit werden Fettsäuren aus Holzpartikeln für Holzpartikelbasierte Produkte, wie beispielsweise Karton oder Holzfaserplatten, nicht entfernt. Stattdessen wird die Autooxidation dieser Fettsäuren gehemmt bzw. verzögert, indem die als Katalysator wirkenden Schwermetallionen in den Holzpartikel-Produkten durch die Zugabe von Komplexbildnern wie z.B. Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) oder Diethylentriaminpentaessigsäure (DTPA) gebunden werden. EDTA und seine Metallkomplexe sind in der Abwasserreinigung jedoch nur schlecht und langsam abbaubar und gelten daher heute als ökologisch bedenklich, was insbesondere für Abwasser aus Produktionsanlagen für Holzpartikel-basierte Produkte immer größere Probleme mit sich bringt.

**[0005]** Bei weiteren Verfahren, die zur Verbesserung der organoleptischen Eigenschaften beschrieben wurden, werden bleichende (z.B. DE 10 2004 050 278 A1), delignifizierende (z.B. DE 28 18 320 A1), oxidierende oder reduzierende (z.B. DE 33 44 239 C2, WO 2006/039914 A1, DE 10 2006 020 612 A1) Chemikalien eingesetzt.

**[0006]** Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den Gehalt an freisetzbaren geruchs- und geschmacksaktiven Aldehyden in Holzpartikel-basierten Produkten wie Karton oder Holzfaserplatten durch Autooxidation von im Holz natürlich vorkommenden Fettsäuren zu verringern. Dies soll ohne den Einsatz oder Zusatz von Komplexbildnern erfolgen.

**[0007]** Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist eine signifikante Verbesserung der organoleptischen Eigenschaften der Holz-Partikel sowie gealterter Holz-Partikel, die nach diesem Verfahren hergestellt werden, so dass die damit produzierten Produkte keine oder nur geringe Geruchsbelastungen auch ohne den Einsatz oder Zusatz von bleichenden, delignifizierenden, oxidierenden oder reduzierenden Chemikalien aufweisen. Insbesondere soll mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nach Alterung der Holz-Partikel (bis zu 6 Monate) ein im Zuge dieser Alterung auftretender unerwünschter Geruch und Geschmackveränderungen in den damit in Berührung kommenden Lebensmittel verhindert werden.

**[0008]** Schließlich besteht eine bevorzugte Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, weitere Inhaltsstoffe aus Holzpartikeln zu entfernen, die im geplanten Produkt unerwünscht sind, beispielsweise Harzsäuren.

**[0009]** Demgemäß betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Produkten auf Basis von Holz als Rohstoff, bei welchem Holz in Form von Holzpartikeln einer Extraktionsbehandlung mit einem Extraktionsmittel unterzogen wird, das ein oder mehrere organische Lösungsmittel oder ein organisch-wässriges Gemisch des oder der Lösungsmittel mit Wasser umfasst, wobei der Gehalt an Fettsäuren in den Holzpartikeln durch die Extraktionsbehandlung der Holzpartikel mit dem Extraktionsmittel um mindestens 70 % verringert wird, gemessen als Hexanal-Gehalt in Gew.-% nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C, jedoch der Gehalt an Cellulose, Hemicellulosen und Lignin bei dieser Extraktionsbehandlung im Wesentlichen erhalten wird.

**[0010]** Wie sich im Zuge der vorliegenden Erfindung gezeigt hat, kann mit der erfindungsgemäßen Extraktion der organoleptisch bedenklichen Stoffe aus den Rohstoffen eine signifikante Verbesserung der organoleptischen Eigenschaften der Holz-Partikel ohne Zugabe von Komplexbildnern, sondern durch Entfernung potentieller Aldehydquellen,

allen voran Fettsäuren, erzielt werden. Allerdings ist bekannt, dass Fettsäuren als Aldehydquelle, und in weiterer Folge Quelle organoleptischer Beeinträchtigungen der Holz-Partikel, messtechnisch nur mit großem Aufwand zufriedenstellend zu quantifizieren sind. Erfindungsgemäß wurde daher für die Beurteilung des Extraktionserfolges der Hexanal-Gehalt der Holz-Partikel nach Alterung herangezogen. Dies hat sich als verlässlicher Parameter für die organoleptischen Eigenschaften der aus dem Rohmaterial herzustellenden Produkte, wie Papier, Karton, Holzfaserplatten, etc., erwiesen, der ausgezeichnet mit den (sehr zeitaufwendigen) traditionellen Alterungsversuchen korreliert (s. hierzu die Untersuchungen und Nachweise im Beispielteil, unten).

**[0011]** Es zeigte sich, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Großteil der Fettsäuren und anderer störender Stoffe (Harzsäuren, etc.) extrahiert werden können, ohne dass dadurch die Substanz an Holzmaterial (Cellulose, Hemicellulosen und Lignin) signifikant beeinträchtigt wird. Obgleich jegliche Verbesserung bei der Entfernung von Fettsäuren aus dem Holz-Rohmaterial Vorteile bringt, so ist eine maßgebliche Verringerung von zumindest 70 % für eine im Großmaßstab geeignete wirtschaftliche Verwendung mit dem vorliegenden Verfahren ohne weiteres möglich. Vorzugsweise wird die erfindungsgemäße Behandlung aber so gewählt, dass damit die erwünschte Reduktion jedenfalls erzielt wird, und so eine Reduktion um zumindest 70 %, vorzugsweise um zumindest 90 %, insbesondere um zumindest 95 %, erzielt wird. Entsprechend können die erfindungsgemäß anzuwendenden Bedingungen dann z.B. anhand der Natur des Holzes oder des Extraktionsmittels so gewählt werden, dass sich die erfindungsgemäße Hexanal-Verringerung jedenfalls ergibt. Damit lassen sich auch bevorzugt Höchstwerte in Absolut-Gehalten an Hexanal einstellen. Obgleich auch Holzpartikel mit einem Hexanal-Gehalt von 2 mg/kg Trockenmaterial (TM) für bestimmte Anwendungen verwendet werden können, sind Absolutwerte von unter 1 mg/kgTM bevorzugt. Bei den besonders strengen Richtlinien, die im Zuge der Beispiele der vorliegenden Erfindung angewendet worden sind, wurde ein Hexanal-Gehalt von 0,5 mg/kgTM Hexanal (bezogen auf trockenes Holz) als empirisch ermittelter Wert markiert, unter dem organoleptische Beeinträchtigungen erfahrungsgemäß sensorisch nicht mehr wahrnehmbar sind. Demgemäß betrifft eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Extraktion der Holzpartikel auf einen Hexanal-Gehalt von 0,5 mg/kgTM oder darunter. Für Hexanal-Gehalte der Holz-Partikel > 0,5 mg/kgTM konnte festgestellt werden, dass hier mit zunehmendem Hexanal-Gehalt auch das Risiko einer organoleptischen Beeinträchtigung der Holz-Partikel anstieg.

**[0012]** Für die Zwecke der vorliegenden Erfindung kann die Bestimmung des Hexanal-Gehaltes im Zweifel über eine Headspace-Gaschromatografie (HS-GC) erfolgen, indem ca. 0,2 g lufttrockene Holz-Partikel (90-95 wt% (= Gew.-%) Trockensubstanzgehalt (TSG)) in ein Headspace-Vial gefüllt werden. In diesen Vials müssen die Holzpartikel dann verschlossen bei Raumtemperatur (ca. 20 °C) sechs Monate gealtert werden, um die Fettsäuren zu Hexanal zu oxidieren. Da dies sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, und damit keine zeitnahe Beurteilung des Extraktionserfolges zulässt, erfolgt die Bestimmung des Hexanal-Gehaltes gemäß der vorliegenden Erfindung über die beschleunigte Alterung nach DIN ISO 5630-2. Damit wurde der Hexanal-Gehalt in den Experimenten im Beispielteil (sofern nicht explizit anders angegeben) durchgeführt; dieses Verfahren ist auch im Zweifel für die Ermittlung des Hexanal-Gehaltes für die Zwecke der vorliegenden Erfindung maßgeblich. Dabei werden die Holz-Partikel in HS-GC-Vials verschlossen, 72 h bei 90 °C gealtert und im Anschluss der Hexanal-Gehalt mittels HS-GC ermittelt.

**[0013]** Vorzugsweise liegen die Holzpartikel in einer Größe von kleiner als 5 cm, bevorzugt in Form von Fasern, Spänen, Strands, Hackschnitzel oder Mischungen davon, vor. Dieses Partikelmerkmal (als "Partikelgröße") kann vorzugsweise durch eine Siebanalyse mittels Quadratmaschensieb ermittelt werden. Das Partikelmerkmal der Partikelgröße wird demnach an der Maschenweite formuliert, eben vorzugsweise 5 cm (andere Größen (je nach praktischer Notwendigkeit), z.B. 4, 3, 2 oder 1 cm (oder eventuell auch höher) können damit ebenfalls leicht eingestellt werden). Die Partikel gemäß dieser Größendefinition entsprechen gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform im Wesentlichen somit dem Unterkorn des Siebes mit Maschenweite als Partikelmerkmal.

**[0014]** Die Holzpartikel liegen bevorzugt in Form von Fasern, Spänen, Strands, Hackschnitzel oder Mischungen davon vor.

**[0015]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind die Holzpartikel durch mechanischen und/oder thermischen und/oder chemischen Aufschluss aufgefasertes Holz, insbesondere Holzfasern mit mittleren Faserlängen zwischen 0,5 und 2 mm und mittleren Faserdurchmessern zwischen 10 und 50 µm. Mittlere Faserlänge sowie mittlerer Faserdurchmesser beziehen sich dabei auf das Längen-Mittel, bestimmt mittels optischer Messung der suspendierten Fasern. Diese optische Messung führt in der Regel zu einheitlichen Resultaten (unabhängig von gewählter Methodik und Analysegerät), als besonders geeignet haben sich aber die Geräte PulpEye (<http://www.pulpeye.com/products/pulpeye/>) und insbesondere MorFi Fiber Analyzer (<http://www.techpap.com/fiber-and-shive-analyzer-morfi-neo,labdevice,31.html>), erwiesen.

**[0016]** Die Menge an organischen Verbindungen, die sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren extrahieren lässt, ist je nach Holzart und Bestandteil des Baumes, aus dem die Holzpartikel gewonnen werden (Kernholz/Splintholz), unterschiedlich. Beispielsweise enthalten Pinien im Kernholz bis zu 9 Gew.-% an extrahierbarem Material, wohingegen Tannensplintholz idR nur bis zu 1 % extrahierbares Material aufweisen (Björklund Jansson et al., Wood Extractives; in: Ek et al. (eds) Wood Chemistry and Wood Biotechnology, 1 (2009), Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, , Berlin, pp 147-171; Nisula Wood Extractives in Conifers: A Study of Stemwood and Knots of Industrially Important Species (2018),

Åbo Akademi University Press, Åbo). Vor allem Holzarten wie Kiefer, Birke, Linde oder Pappel enthalten höhere Mengen Fettsäureester (Birke 2315 mg/kg, Linde 7544 mg/kg oder Kiefer 5807 mg/kg an Fettsäuren; DE 10 2009 046 127 A1), die durch die Herstellung von Produkten aus diesen Hölzern zu Aldehyden und organischen Säuren abgebaut werden können, ohne dass dies durch Veränderung von technologischen Parametern verhindert werden kann. Außerdem zeigen

sich größere Schwankungen der Gehalte an Fettsäuren und Triglyceriden in Abhängigkeit vom Standort, Baumalter, Höhenabschnitt des Einzelbaumes sowie zwischen Kern- und Splintholz.

**[0017]** In der DE 10 2009 046 127 A1 wird ein Verfahren zur Herstellung von Holzfaserwerkstoffen beschrieben, bei welchem flüchtige organische Verbindungen ("VOC"), aliphatische und aromatische Aldehyde, insbesondere Hexanal und Furfural, reduziert werden, wobei Holz mit mindestens einer Verbindung zur Einstellung eines neutralen bis basischen pH-Wertes (wie NaOH) und mindestens einem Komplexbildner (wie EDTA oder DTPA) behandelt wird. Dabei wird hervorgehoben, dass für eine derartige Herstellung keine bleichenden, delignifizierenden, oxidierenden oder reduzierenden Chemikalien eingesetzt werden und kein Abpressen flüssiger Formulierung vor der Plastifizierung des Holzes bzw. der Holzhackschnitzel erfolgt. Jedoch bringt der Einsatz von Komplexbildnern wie EDTA und DTPA, wie oben erwähnt, ein gravierendes Abwasser- und Umweltproblem mit sich. Die vorliegende Erfindung bringt somit entscheidende Vorteile auch gegenüber einem bloßen, an sich bekannten chemischthermisch-mechanischen Aufschluss (CTMP), wobei Hackschnitzel mit Natriumsulfit und EDTA vermischt werden, und zwar sowohl hinsichtlich der Umweltaspekte als auch hinsichtlich der erfindungsgemäßen Wirkung in der effizienten Abreicherung von Fettsäuren aus dem Rohmaterial.

**[0018]** Die US 5,698,667 A offenbart eine Vorbehandlung eines ligninhaltigen zellulosehaltigen Materials durch Extraktion mit einem organischen Lösungsmittel (z.B. Aceton), um Holzextraktstoffe, wie flüchtige organische Verbindungen (VOC) und höhermolekulare Pitch-Komponenten zu entfernen, ohne die Integrität der Lignozellulosebestandteile des Materials wesentlich zu beeinträchtigen. Dabei konnten aber keine industriell verwertbaren Abreicherungen hinsichtlich der unerwünschten Inhaltsstoffe erzielt werden (die maximale Abreicherung von Pitch und VOCs betrug 54,4 und 65 % (nach zweimaliger Extraktion für Aceton in Wasser (80/20) und 100 % Aceton), obgleich die dort verwendete Methodologie nicht sicherstellen kann, dass flüchtige Komponenten beim Entfernen des Lösungsmittels aus dem Extrakt in die Gasphase übergehen und somit die Abreicherungen bei Bestimmung durch den Eindampfdruckstand des Extraktes noch niedriger anzusetzen sind.

**[0019]** Demgegenüber wird im erfindungsgemäßen Verfahren mithilfe einer extraktiven Vorbehandlung von Holzpartikeln (wie beispielsweise Holzfasern) mit organischen Lösungsmitteln oder organischwässrigen Gemischen des oder der Lösungsmittel mit Wasser wird ein Großteil der im Holz natürlich vorkommenden Fettsäuren bereits vor einer Weiterverarbeitung (beispielsweise zu Karton oder Holzfaserplatten) entfernt. Darüber hinaus werden durch diese Vorbehandlung weitere Extraktstoffe, wie beispielsweise Harzsäuren, Phenole und Terpene im Holzstoff stark reduziert. Der Hexanal-Gehalt hat sich erfindungsgemäß als Indikator für die Autooxidation im Holz natürlich vorkommender Fettsäuren bewährt, vor allem wenn er dabei nach beschleunigter Alterung der Holzpartikel (72 h bei 90 °C) ermittelt wird. Dieser Hexanal-Gehalt wird erfindungsgemäß um mindestens 70 % bezogen auf das Potential des Ausgangsrohstoffs (sowie - in Absolut-Gehalten) vorzugsweise auf bis zu unter 0,5 mg/kg<sub>TM</sub> reduziert. Dadurch können mit der vorliegenden Erfindung geruchliche und geschmackliche Wechselwirkungen von Holzpartikel-basierten Produkten mit der für die jeweilige Endanwendung relevanten Umgebung (beispielsweise Lebensmittel im Falle von Verpackungskarton oder Raumluft im Falle von Holzfaserplatten) stark reduziert werden. Gleichzeitig werden durch die Vorbehandlung die Holzpartikel in ihrer Zusammensetzung nicht wesentlich verändert, das heißt Cellulose, Hemicellulosen und Lignin werden nicht in nennenswertem Umfang (jedenfalls nicht um mehr als 10%, vorzugsweise um nicht mehr als 6 %, insbesondere um nicht mehr als 4 % verringert) extrahiert und/oder abgebaut, wobei diese Verringerung vorzugsweise als extrahierte Feststoffmasse, bezogen auf den Ausgangsstoff, die Holzpartikel, ermittelt wird. Neben der Verringerung des Anteiles organoleptisch relevanter Komponenten in den Holzpartikeln ergeben sich mit der vorliegenden Erfindung insbesondere für die Papier- und Kartonherstellung noch weitere wichtige Produkt- und Prozessvorteile: Pitch (Stickies, Harze, udgl.) werden aus dem Prozess entfernt und können sich damit nicht störend auf den Produktionsprozess auswirken, so dass es zu keiner oder verringerter Ablagerung auf Maschinenteilen, Walzen und Bspannungsteilen udgl. kommt.

**[0020]** Dadurch können mit der vorliegenden Erfindung auch Störeffekte auf der Papier-/Kartonoberfläche verringert werden, wodurch in weiterer Folge auch Probleme bei der Weiterverarbeitung des Papiers/Karton (z.B. Bedrucken) deutlich reduziert werden. Durch den deutlich geringeren Anteil dieser Komponenten auf der Oberfläche und auch im Inneren des Papiers/Kartons ergibt sich weiters eine gesteigerte Produktqualität wie überraschenderweise eine Erhöhung der mechanischen Festigkeit.

**[0021]** Durch die genannten verbesserten Produkteigenschaften von Produkten, die aus den erfindungsgemäß extrahierten Holzpartikel hergestellt werden, können auch neue Anwendungsgebiete erschlossen werden, die man heute nur mit Papier/Karton abdecken kann, dessen Faserkomponenten Zellstoff und/oder behandeltem BCTMP (bleached chemi-thermo-mechanical pulp) entstammen (beispielsweise hochwertige Verpackungskartons) oder für besonders heikle Anwendungen, die heute ausschließlich mit Zellstoff bedient werden können.

**[0022]** Außerdem werden durch die extraktive Vorbehandlung gemäß der vorliegenden Erfindung auch die CSB-Frachten des Abwassers des Prozesses stark reduziert, wodurch größere Produktionskapazitäten bei gleichbleibender CSB-Fracht im Abwasser ermöglicht werden.

**[0023]** Die Freisetzung von geruchs- und geschmacksaktiven Aldehyden in Holzpartikel-basierten Produkten wie Karton oder Holzfaserplatten durch Autooxidation von im Holz natürlich vorkommenden Fettsäuren kann gemäß der vorliegenden Erfindung auch völlig ohne den Zusatz von Komplexbildnern erreicht werden. Die Zugabe eines Komplexbildners wie EDTA oder DTPA bei der Herstellung Holzpartikelbasierter Produkte zur Verringerung der Geruchs- und Geschmacksbelastung dieser Produkte wird somit überflüssig, wodurch die EDTA-/DTPA-Belastung des Abwassers eliminiert wird, und somit die (grund)wasserbezogenen Umweltauswirkungen der Produktion Holzpartikel-basierter Produkte gesenkt werden, als auch die EDTA-/DTPA-Belastung der Produkte selbst vermieden wird. Des Weiteren werden neben Fettsäuren auch andere Extraktstoffe signifikant reduziert und dadurch aus dem Prozess ausgeschleust, was die Extraktstoffbelastung des Prozesswassers in der Herstellung der Holzpartikel senkt und somit niedrigere Ansprüche an die Abwasser-Reinigung/- Aufbereitung zur Folge hat. Die reduzierte Extraktstoffbelastung des Prozesswassers hat auch den Vorteil, dass Probleme beim Herstellungsprozess Holzpartikel-basierter Produkte verringert und die Qualität der Produkte erhöht werden kann (z.B. Vermeidung von Pitch-/Stickies-Problemen bei der Kartonherstellung). Diese Variante ist daher eine besonders umweltfreundliche Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**[0024]** Die in der Praxis für eine bestimmte Holzart bzw. für bestimmte Holzmaterialien für eine Extraktion von zumindest 70 % der Fettsäuren bzw. zur Etablierung eines maximalen Absolut-Wertes an Hexanal von unter 2 mg/kg Trockenmasse, vorzugsweise von unter 1 mg/kg Trockenmasse, insbesondere von unter 0,5 mg/kg Trockenmasse, (jeweils gemessen als Hexanal-Gehalt in Gew.-% der extrahierten Holzpartikel nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C), erforderlichen konkreten Verfahrensbedingungen (wie Größe, Form und Trockensubstanzgehalt der Holzpartikel, Wahl des Extraktionsmittels, Wasser-Gehalt, Temperatur, Behandlungsdauer, pH, Extraktionsmittelmenge (im Verhältnis zum Holz), Druck, Anzahl der Extraktionsstufen, Varianten der Kontaktierung zwischen Extraktionsmittel und Feststoff, Betriebsweise etc.) können anhand der hierin offenbarten Lehre, insbesondere unter Berücksichtigung der im Beispielteil dargelegten Ergebnisse, unmittelbar und ohne weiteres erfinderisches Zutun festgelegt werden, insbesondere in Anbetracht der (idR bekannten) Mengen an organischen Stoffen (wie Fettsäuren, Harzsäuren, Phenole, Terpene, etc.) des Holz-Ausgangsstoffes, der Natur des Holzes (Kernholz, Splintholz, Mischungen, etc.) und den Erfordernissen für das finale Produkt (Karton, Papier, Holzfaserplatte, Anwendung in bestimmten Bereichen (Lebensmittel, Arzneimittel, Futtermittel, etc.).

**[0025]** Insbesondere kann die vorliegende Erfindung relativ leicht in bestehende Produktionsanlagen integriert bzw. mit bestehenden Anlagen betrieben werden.

**[0026]** Ein oder mehrere der oben gestellten Aufgaben können erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst werden. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen angegeben.

**[0027]** Die Wahl der flüssigen Phase des erfindungsgemäßen Extraktes (hier als Extraktionsmittel bezeichnet) ist auch abhängig von der relevanten Holzart (und deren natürlichen Gehalt an Extraktstoffen). Jedoch muss das Lösungsmittel oder Lösungsmittel-Gemisch im Extraktionsmittel auch so gewählt werden, dass es zu keinem signifikanten Verlust von Cellulose, Hemicellulosen und Lignin kommt und die Behandlungsdauer trotzdem nicht übergebührlich lang ist. Als besonders vorteilhaft haben sich dabei erfindungsgemäße Gemische aus Ethanol, Aceton und Wasser mit 0 - 95 Gew.-% Ethanol, vorzugsweise 50 - 90 Gew.-% Ethanol, und 0 - 99 Gew.-% Aceton, vorzugsweise 30 - 90 Gew.-% Aceton, als organisch-wässrige Lösungsmittel im Extraktionsmittel herausgestellt. Weitere organische Lösungsmittel die anstelle von (oder für bestimmte Zwecke gegebenenfalls auch zusammen mit) Ethanol oder Aceton im Hinblick auf einen industriellen Maßstab im Extraktionsmittel verwendet werden können sind beispielsweise Methanol, n-Propanol und Iso-Propanol.

**[0028]** Bevorzugte Verhältnisse von Extraktionsmittel zu Feststoff-Trockensubstanz betragen beim erfindungsgemäßen Verfahren 5:1 - 25:1 (w/w), vorzugsweise 8:1 - 17:1 (w/w).

**[0029]** Bei den hierin angegebenen Verhältnissen und Konzentrationen im Extraktionsmittel gelten die folgenden Erwägungen: Mit 100 % Extraktionsmittel ist immer die Gesamtmenge an Extraktionsmittel, das nach der Extraktion vorliegt, gemeint, nämlich das Extraktionsmittel, einschließlich des aus den Holzpartikel extrahierten Materialien und dem im Holz-Ausgangsstoff (in den Holzpartikel) enthaltenen Wasser. Da aber die Mengen an Holz-Ausgangsstoff in der Regel hierin als "Holz-Trockenmasse" angegeben werden und die aus dem Holz extrahierten Substanzen in der Regel unter 1 % der Gesamtmasse des Extraktionsmittels betragen, entsprechen die Verhältnisse vor der Extraktion im Wesentlichen (eben +/- 1 %) auch den Verhältnissen nach der Extraktion (der gegebenenfalls vorhandene Wasseranteil im Holz-Ausgangsmaterial, der bei der wirtschaftlichen Verwertung meist gegeben ist, wird demgemäß hierin immer bereits dem Extraktionsmittel zugerechnet). Daraus ergibt sich bei der Verwendung von 100 Gew.-% Aceton-Konzentration des Extraktionsmittels bei 1:10 (Feststoff: Extraktionsmittel) somit 1 kg Holz-Trockenmasse und 10 kg Aceton. 70 Gew.-% Aceton-Konzentration des Extraktionsmittels bei 1:10 (Feststoff: Extraktionsmittel) wären dann z.B. 1 kg Holz-Trockenmasse, 7 kg Aceton und 3 kg Wasser. Das extrahierte Material würde zwar, wie erwähnt, noch

hinzukommen, bewegt sich aber erfahrungsgemäß bei Konzentrationen weit unter 1 Gew.-% im Extraktionsmittel und ist somit vernachlässigbar.

**[0030]** Die Extraktionstemperaturen können ebenfalls anhand der übrigen Holz- und Prozessparametern festgelegt werden, insbesondere auch unter Berücksichtigung des Energieaufwandes, den höhere Temperaturen erfordern. Erfindungsgemäß bevorzugt erfolgt die Behandlung bei einer Extraktions-Temperatur von 20 - 150 °C, vorzugsweise 40 - 120 °C, insbesondere 50 - 110 °C.

**[0031]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird das erfindungsgemäße Verfahren bei Normaldruck betrieben; in bestimmten Fällen kann eine Extraktion unter Druck vorteilhaft sein (trotz des energetischen Mehraufwandes der Druckanwendung). Daher erfolgt die erfindungsgemäße Behandlung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform bei einem absoluten Extraktionsdruck von 1 - 5 bar, vorzugsweise 1 - 1,49 bar.

**[0032]** Auch bei der Dauer des erfindungsgemäßen Extraktionsverfahrens kann man anhand der übrigen Prozessparameter festlegen, welche Dauer für die zu erzielende Abreicherung an Fettsäuren erforderlich ist. Bevorzugter Weise erfolgt die erfindungsgemäße Behandlung während einer Extraktionszeit von 10 min - 8 h, vorzugsweise 30 min - 7 h, insbesondere 1 - 5 h.

**[0033]** Das vorliegende Verfahren ist prinzipiell für alle Holz-basierten Produkte geeignet, bei denen organoleptische Eigenschaften eine Rolle spielen. Besonders geeignet ist das erfindungsgemäße Verfahren für Produkte, die längere Zeit in Verwendung sind, für die Verpackung von Lebensmitteln oder in Innenräumen verwendet werden. Daher eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders zur (großtechnischen) Herstellung von Karton, Papier, Holzfaserplatten, Spanplatten, Gebrauchsgegenständen (beispielsweise (bzw. im Zweifel) gemäß Definition des Österreichischen Lebensmittelsicherheits- und Verbraucherschutzgesetzes (LMSV, BGBl. I Nr. 13/2006, idFv 01.10.2020)), Medizinprodukten (beispielsweise (bzw. im Zweifel) gemäß Definition des Österreichischen Medizinproduktegesetzes (MPG, BGBl. Nr. 657/1996, idFv 01.10.2020)), insbesondere zur Herstellung von Karton.

**[0034]** Besonders vorteilhafte Verfahrensparameter für die Extraktionsbehandlung gemäß der vorliegenden Erfindung sind ausgewählt aus:

- Behandlung mit Ethanol in einer Konzentration von zumindest 65 Gew.-% bei zumindest 65°C für einen Zeitraum von zumindest 3 h;
- Behandlung mit Ethanol in einer Konzentration von zumindest 65 Gew.-% bei zumindest 85°C für einen Zeitraum von zumindest 30 min;
- Behandlung mit Ethanol in einer Konzentration von zumindest 70 Gew.-% bei zumindest 105°C für einen Zeitraum von zumindest 30 min; oder
- Behandlung mit Ethanol in einer Konzentration von zumindest 45 Gew.-% bei zumindest 105°C für einen Zeitraum von zumindest 5 h.
- Behandlung mit Aceton in einer Konzentration von zumindest 50 Gew.-% bei zumindest 40 °C für einen Zeitraum von zumindest 30 min.

**[0035]** Im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat sich herausgestellt, dass sowohl Batch als auch kontinuierliche und semi-kontinuierliche Extraktionen möglich sind, und sich sogar vorteilhaft auf das Extraktionsergebnis auswirken können, insbesondere wenn die Teilverweilzeit pro Extraktionsschritt maximal 1h beträgt.

**[0036]** Wesentlich an der Festlegung der Verfahrensparameter ist auch, dass Bedingungen gewählt werden, bei welchen es zu keinen wesentlichen Verlusten der Holzsubstanz (also beim Gehalt an Cellulose, Hemicellulosen und Lignin) kommt. Daher kann man auch vorsehen, dass bei der erfindungsgemäßen Behandlung der Gehalt an Trockensubstanz der eingesetzten Holzpartikel um weniger als 10 %, vorzugsweise um weniger als 5 %, insbesondere um weniger als 4 %, verringert wird, wobei diese Verringerung vorzugsweise als extrahierte Feststoffmasse, bezogen auf den Ausgangsstoff, nämlich die Holzpartikel, ermittelt wird.

**[0037]** Wie bereits oben erwähnt, variieren verschiedene Hölzer in ihren Gehalten an VOCs. Dementsprechend sind auch die konkreten erfindungsgemäßen Verfahrensparameter einzustellen. Da dies aber mit der hierin enthaltenen Offenbarung der Erfindung für alle industriell relevanten Holzarten ermöglicht wird, können die Holzpartikel vorzugsweise aus den industriell relevanten Holzarten ausgewählt werden, also z.B. aus Nadelholzpartikel, vorzugsweise Fichtenholzpartikel, Tannenholzpartikel, Kiefernholzpartikel, oder Lärchenholzpartikel; Laubholzpartikel, insbesondere Buchenholzpartikel, Pappelholzpartikel, Birkenholzpartikel, oder Eukalyptusholzpartikel; oder Mischungen davon.

**[0038]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden die Holzpartikel während der Behandlung mit dem Extraktionsmittel durchmischt.

**[0039]** Wie schon oben erwähnt, besteht eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens darin, dass die Holzpartikel nach der Behandlung mit dem Extraktionsmittel abgepresst werden, um das Extraktionsmittel zu entfernen. Vorzugsweise können die Holzpartikel nach der (Extraktions-)Behandlung mit dem Extraktionsmittel ein- oder mehrmals mit einem Extraktionsmittel, noch mehr bevorzugt mit einem organisch-wässrigen Lösungsmittel mit einer ähnlichen oder gleichen Konzentration wie die des Extraktionsmittels, gereinigt werden. Das bei der Extraktion und/oder

Wäsche verwendete Extraktionsmittel kann durch mehrmalige Waschung mit Wasser oder Trocknung aus den Holzpartikeln entfernt werden, wobei eine Trocknung besonders bevorzugt ist. Sowohl Extraktionsmittel als auch Waschwässer werden vorzugsweise im Anschluss an das erfindungsgemäße Verfahren für eine Wiederverwendung regeneriert. Dabei können aus dem Extraktionsmittel wie erwähnt die Extraktstoffe, speziell Fettsäuren und Harzsäuren, abgetrennt und

als Nebenprodukte verwendet werden.

**[0040]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, Holzpartikel so zu präparieren, dass der Gehalt an Fettsäuren in den Holzpartikeln so reduziert wird, dass das herzustellende Produkt aus den Holz-Rohstoffen keine organoleptisch nachteiligen Eigenschaften aufweist. Vorzugsweise wird erfindungsgemäß durch Extraktion der Holzpartikel mit dem Extraktionsmittel der Gehalt an Fettsäuren in den Holzpartikeln um mindestens 75 %, vorzugsweise um mindestens 80 %, insbesondere um mindestens 90 %, verringert, gemessen als Hexanal-Gehalt in Gew.-% der Holzpartikel im Ausgangsmaterial im Vergleich zu den extrahierten Holzpartikeln jeweils nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C.

**[0041]** Die so erhaltenen Holzpartikel weisen vorzugsweise einen Gehalt an Fettsäuren in den Holzpartikeln von unter 2 mg/kg Trockenmasse, vorzugsweise von unter 1 mg/kg Trockenmasse, insbesondere von unter 0,5 mg/kg Trockenmasse, auf, gemessen als Hexanal-Gehalt als Massenanteil der extrahierten Holzpartikel nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C.

**[0042]** Zusätzlich zur Reduktion des Hexanal-Gehaltes ist es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch möglich, die mechanische Festigkeit der extrahierten Holzpartikel, gemessen als Tensile Index von Probeblättern in Nm/g, um mindestens 10 %, vorzugsweise um mindestens 15 %, insbesondere um mindestens 25 %, zu steigern, wobei sich der Mahlgrad, gemessen in °SR, dabei um weniger als 10 % ändert.

**[0043]** Es hat sich erfindungsgemäß gezeigt, dass neben der Extraktion von Fettsäuren mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch Harzsäuren (neben anderen VOCs) extrahiert werden können. Im Rahmen einer bevorzugten Ausführungsform werden die in das Extraktionsmittel extrahierten Fettsäuren, Harzsäuren und/oder gegebenenfalls weitere Extraktstoffe einem weiteren Aufreinigungsverfahren zugeführt und können dann als Nebenprodukte der Herstellung in extrahierter und gegebenenfalls weiter aufgereinigter Form zur Verfügung gestellt werden.

**[0044]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden den Holzpartikeln keine Komplexbildner, insbesondere Komplexbildner ausgewählt aus mehrwertigen und polyfunktionellen Carbonsäuren, Aminomethylcarbonsäuren, Aminomethyl-phosphonsäuren und deren Verbindungen, EDTA, DTPA EGTA, EDDS und deren Salzen, Polyphenolen, Tanninen, Aminosäuren, Peptiden, Proteinen, Polycarboxylaten, Phosphaten, Polyphosphaten, Phosphonsäuren, Polyphosphonaten, phosphatierten, phosphonylierten, sulfatierten und sulfonierten Polymeren, im Verlauf des Extraktionsverfahrens, insbesondere im Verlauf des gesamten Herstellungsverfahrens für die aus den Holzpartikeln hergestellten Produkte, zugesetzt. In dieser Ausführungsform stellt das erfindungsgemäße Verfahren eine alleine schon aus ökologischen Gründen äußerst vorteilhafte und praxisrelevante Variante dar.

**[0045]** Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen, sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Es sind somit auch Ausführungen von der Erfindung als umfasst und offenbart anzusehen, die in den Figuren nicht explizit gezeigt und erläutert sind, jedoch durch separierte Merkmalskombinationen aus den erläuterten Ausführungen hervorgehen und erzeugbar sind. Es sind auch Ausführungen und Merkmalskombinationen als offenbart anzusehen, die somit nicht alle Merkmale eines ursprünglich formulierten unabhängigen Anspruchs aufweisen. Es sind darüber hinaus Ausführungen und Merkmalskombinationen, insbesondere durch die oben dargelegten Ausführungen, als offenbart anzusehen, die über die in den Rückbezügen der Ansprüche dargelegten Merkmalskombinationen hinausgehen oder von diesen abweichen. Insbesondere wird die vorliegende Erfindung anhand der nachfolgenden Beispiele und der Figuren näher erläutert, ohne natürlich darauf beschränkt zu sein. Es zeigen:

Fig. 1 den Hexanal-Gehalt bei 70°C Extraktionstemperatur. Die x-Achse zeigt die Extraktionszeit in h; die y-Achse den Hexanal-Gehalt des extrahierten Holz-Schliffes in mg/kgTM;

Fig. 2 den Hexanal-Gehalt bei 90°C Extraktionstemperatur. Die x-Achse zeigt die Extraktionszeit in h; die y-Achse den Hexanal-Gehalt des extrahierten Holz-Schliffes in mg/kgTM;

Fig. 3 den Hexanal-Gehalt bei 110°C Extraktionstemperatur. Die x-Achse zeigt die Extraktionszeit in h; die y-Achse den Hexanal-Gehalt des extrahierten Holz-Schliffes in mg/kgTM;

Fig. 4 die Hexanal-Gehalt-Reduktion bei 70°C Extraktionstemperatur. Die x-Achse zeigt die Extraktionszeit in h; die y-Achse die Reduktion des Hexanal-Gehaltes in % bezogen auf trockenem Ausgangsstoff;

Fig. 5 die Hexanal-Gehalt-Reduktion bei 90°C Extraktionstemperatur. Die x-Achse zeigt die Extraktionszeit in h; die y-Achse die Reduktion des Hexanal-Gehaltes in % bezogen auf trockenem Ausgangsstoff;

Fig. 6 die Hexanal-Gehalt-Reduktion bei 110°C Extraktionstemperatur. Die x-Achse zeigt die Extraktionszeit in h; die y-Achse die Reduktion des Hexanal-Gehaltes in % bezogen auf trockenem Ausgangsstoff.

Beispiele:

**[0046]** Ziel des entwickelten Verfahrens in diesem Patent ist eine signifikante Verbesserung der organoleptischen Eigenschaften der Holz-Partikel sowie gealterter Holz-Partikel, die nach diesem Verfahren hergestellt werden. Der - insbesondere nach Alterung der Holz-Partikel (bis zu 6 Monate) - auftretende unerwünschte Geruch dieser, und Geschmack der damit in Berührung kommender Lebensmittel, kommt vor allem durch Aldehyde (ganz besonders Hexanal) zustande, die durch eine autokatalytische Oxidation von im Holz natürlich vorkommenden Fettsäuren gebildet werden. Diese autokatalytische Oxidation wird, wie oben erwähnt, industriell derzeit durch die Komplexierung der in den Holz-Partikeln vorhandenen Metallionen, welche als Katalysator wirken, mittels Zugabe von Komplexbildnern wie beispielsweise Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) unterbunden bzw. stark verlangsamt. Das Verfahren dieses Patents erreicht eine signifikante Verbesserung der organoleptischen Eigenschaften der Holz-Partikel ohne Zugabe von Komplexbildnern, sondern durch Entfernung potentieller Aldehydquellen, allen voran Fettsäuren.

**[0047]** Da Fettsäuren als Aldehydquelle, und in weiterer Folge Quelle organoleptischer Beeinträchtigungen der Holz-Partikel, messtechnisch nur mit großem Aufwand zufriedenstellend zu quantifizieren sind, wurde für die Beurteilung des Extraktionserfolges der Versuche dieses Patents der Hexanal-Gehalt der Holz-Partikel nach Alterung herangezogen. An dieser Stelle ist anzumerken, dass 0,5 mg/kgTM Hexanal (bezogen auf trockenes Holz) jenen empirisch ermittelten Wert markieren, unter dem organoleptische Beeinträchtigungen erfahrungsgemäß sensorisch nicht mehr wahrnehmbar sind. Für Hexanal-Gehalte der Holz-Partikel > 0,5 mg/kgTM gilt: Je höher der Hexanal-Gehalt, desto höher die organoleptische Beeinträchtigung der Holz-Partikel.

**[0048]** Die Bestimmung des Hexanal-Gehaltes kann über eine Headspace-Gaschromatografie (HS-GC) erfolgen, indem ca. 0,2 g lufttrockene Holz-Partikel (90-95 wt% TSG) in ein Headspace-Vial gefüllt werden. In diesen Vials müssen die Holz-Partikel dann verschlossen bei Raumtemperatur (ca. 20 °C) sechs Monate gealtert werden, um die Fettsäuren zu Hexanal zu oxidieren. Da dies sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, und damit keine zeitnahe Beurteilung des Extraktionserfolges zulässt, wurde für die vorliegenden Experimente (sofern nicht explizit anders angegeben) die beschleunigte Alterung nach DIN ISO 5630-2 durchgeführt. Die Holz-Partikel wurden in HS-GC-Vials verschlossen, 72 h bei 90 °C gealtert und im Anschluss der Hexanal-Gehalt mittels HS-GC ermittelt. Obwohl diese Norm zur beschleunigten Alterung zurückgezogen wurde, zeigen die durchgeführten Extraktions-Versuche in Tabelle 1, dass die Methode der beschleunigten Alterung vergleichbare Werte liefert bzw. die Hexanal-Werte bei der beschleunigten Alterung im Durchschnitt sogar höher liegen und damit sogar noch Sicherheiten bzgl. des Extraktionserfolges bieten.

Tabelle 1

Analysierte Holz-Partikel	Hexanal-Gehalt beschleunigt gealtert 72 h bei 90 °C in mg/kgTM	Hexanal-Gehalt natürlich gealtert 6 M. bei 20 °C in mg/kgTM
Ausgangsstoff	11,37	10,62
Extrahierte Holz-Partikel 1	2,14	1,41
Extrahierte Holz-Partikel 2	2,17	1,52
Extrahierte Holz-Partikel 3	2,80	1,74
Extrahierte Holz-Partikel 4	3,32	2,57
Extrahierte Holz-Partikel 5	3,64	2,75
Extrahierte Holz-Partikel 6	1,34	2,72
Extrahierte Holz-Partikel 7	2,35	1,69
Extrahierte Holz-Partikel 8	2,86	2,83

**[0049]** Für den Extraktionserfolg aller Experimente gemäß der vorliegenden Erfindung wurde der Hexanal-Gehalt herangezogen, da dieser erfahrungsgemäß den Haupteinflussfaktor der organoleptischen Beeinträchtigung von Holz-



Partikeln darstellt. Der Extraktstoffgehalt mittels Soxhlet-Extraktion nach der TAPPI-Norm T204 ist hierfür zu ungenau, wie Tabelle 2 zeigt. An dieser Stelle ist anzumerken, dass für die Bestimmung des Extraktstoffgehaltes der Holzpartikel aller Versuche dieses Patents nicht die TAPPI-Norm T204, sondern die der T204 sehr ähnliche NREL-Methode NREL/TP-510-42619 angewendet wurde und Holz-Schliff statt Holz-Mehl als Ausgangsstoff eingesetzt wurde.

Tabelle 2

Lösungsmittel	Hexanal-Gehalt des Ausgangsstoffes in mg/kgTM		Hexanal-Gehalt der extrahierten Holz-Partikel in mg/kgTM		Ermittelter Extraktstoff-Gehalt der extrahierten Holzpartikel in wt% bez. auf den Ausgangsstoff
	Mittelwert	STABW	Mittelwert	STABW	
Ethanol	14,07	1,13	< 0,20	-	3,4
Ethanol	14,07	1,13	< 0,20	-	3,0
Aceton	14,07	1,13	0,32	0,02	3,0
Aceton	14,07	1,13	0,27	0,01	2,6

**[0050]** Wie in Tabelle 2 zu erkennen ist, unterscheiden sich die Soxhlet-Extraktionen mit Ethanol signifikant von jenen mit Aceton im Hexanal-Gehalt, jedoch nicht signifikant im Extraktstoff-Gehalt. Dies bedeutet, dass beispielsweise zwei unterschiedlich extrahierte Holz-Partikel unterschiedliche organoleptische Eigenschaften trotz nicht signifikant unterschiedlichem Extraktstoffgehalt aufweisen können. Der Hexanal-Gehalt der Holz-Partikel nach Alterung ist somit ein wesentlich stärkerer und genauerer Indikator für die organoleptische Beeinträchtigung als der Extraktstoffgehalt, und wurde daher für den Extraktionserfolg gemäß der vorliegenden Erfindung herangezogen. Zusätzlich wurde der Hexanal-Gehalt des Ausgangsstoffes und die daraus resultierende Reduktion des Hexanal-Gehaltes für alle Experimente angegeben, da die Ausgangsstoffe Momentaufnahmen sind und der Hexanal-Gehalt daher mitunter sehr stark schwanken kann.

**[0051]** Nichtsdestotrotz ist die extrahierte Extraktstoffmasse (ermittelt als Eindampfrückstand des Extraktes) ein wichtiger Indikator für den Feststoffmassenverlust der Extraktionen, da er - bis auf einige wenige sehr flüchtige Verbindungen - nahezu die gesamte extraktiv entfernte Feststoffmasse miteinschließt. Somit ist der Eindampfrückstand des Extraktes gemeinsam mit dem Hexanal-Gehalt der extrahierten Holz-Partikel ein wichtiges Maß für die Beurteilung der Selektivität der Extraktionen.

#### Versuch: Gegenüberstellung Lösungsmittel anhand von Soxhlet-Extraktionen

**[0052]** Zur Lösungsmittel-Vorauswahl wurden Holz-Schliff-Proben mit drei verschiedenen Lösungsmitteln extrahiert. Es wurden jeweils 3 g lufttrockener Holz-Schliff 24 h mittels Soxhlet-Methode nach der NREL-Prozedur NREL/TP-510-42619 extrahiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3

Lösungsmittel 1 (24 h)	Lösungsmittel 2 (24 h)	Hexanal-Gehalt des Ausgangsstoffes in mg/kgTM	Hexanal-Gehalt des extrahierten Holz-Schliffes in mg/kgTM	Ermittelter Extraktstoff-Gehalt der extrahierten Holzpartikel in wt% bez. auf den Ausgangsstoff
Cyclohexan	-	11,32	2,36	1,0
Ethanol	Cyclohexan	11,32	< 0,20	3,4
Ethanol	-	11,32	< 0,20	3,1
Ethanol	-	14,07	< 0,20	3,0
Aceton	-	14,07	0,32	3,0

**[0053]** In Tabelle 3 ist zu erkennen, dass selbst bei höheren Hexanal-Gehalten des Ausgangsstoffes Ethanol am besten extrahiert, gefolgt von Aceton. Cyclohexan extrahiert mit Abstand am schlechtesten, was bedeutet, dass für die Extraktion von Fettsäuren gänzlich unpolare Lösungsmittel ungeeignet sind. Gemäß Reichardt und Welton (Reichardt und Welton, Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry<sup>4</sup> (2011), Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, pp 550-552) ist die empirisch bestimmte Polarität von Cyclohexan 0 (sehr unpolar) verglichen mit 0,355 von

Aceton und 0,654 von Ethanol. Nichtsdestotrotz konnte auch die Extraktion mit Cyclohexan den Hexanal-Gehalt um 79 % reduzieren.

### Versuch 1: Extraktion von trockenem Holz-Schliff

**[0054]** Anhand der Extraktion von lufttrockenem Holz-Schliff mit Ethanol (EtOH) wurde der Einfluss der Parameter Lösungsmittelkonzentration, Temperatur und Extraktionsdauer untersucht. Dazu wurden ca. 2 g lufttrockener Holz-Schliff in einem Ethanol-Wasser-Gemisch mit einem Feststoff: Extraktionsmittel-Verhältnis von 1:10 w/w und Ethanol-Konzentrationen von 50, 70 und 90 wt% bei Temperaturen von 70, 90 und 110 °C jeweils 0,5, 1, 2, 4 und 8 h lang in kleinen Autoklaven extrahiert. Nach der Extraktion wurde der Holz-Schliff abgepresst, mit Ethanol gewaschen, wieder abgepresst und nochmals mit vollentsalztem Wasser gewaschen bevor er getrocknet, gealtert und analysiert wurde. In den Figuren 1 bis 3 sind die durch die Extraktion erreichten Hexanal-Gehalte bei den unterschiedlichen Extraktionstemperaturen und Lösungsmittelkonzentrationen über der Extraktionszeit aufgetragen.

**[0055]** Die Figuren 1 bis 3 zeigen, dass der Extraktionserfolg bei 70 oder 90 wt% Ethanol deutlich gegenüber jenem bei 50 wt% verbessert ist - insbesondere bei niedrigeren Temperaturen. Ethanol-Konzentrationen von 70 oder 90 wt% Ethanol senken den Hexanal-Gehalt auf ein vergleichbares Niveau. Bei den Extraktionstemperaturen zeichnet sich ab, dass 90 und 110°C den Hexanal-Gehalt in etwa gleich senken, während er bei 70°C nicht so stark reduziert wird. Bei 90 wt% Ethanol kann der Hexanal-Gehalt ab 90°C sogar unter die 0,5 mg/kg<sub>TM</sub>-Marke gesenkt werden, wodurch der unter diesen Bedingungen extrahierte Holz-Schliff erfahrungsgemäß keine organoleptischen Beeinträchtigungen mehr aufweist. Anhand der unterschiedlichen Extraktionszeiten ist erkennbar, dass der Hexanal-Gehalt am stärksten zu Beginn der Extraktion, und vor allem in den ersten 4 h sinkt. Dies ist auch in den Figuren 4 bis 6 ersichtlich. Diese Figuren spiegeln die Extraktionserfolge dargestellt in den Figuren 1 bis 3 wider, da für alle Versuche dieser Versuchsreihe der gleiche Batch Ausgangsstoff verwendet wurde. Es ist gut ersichtlich, dass im schlechtesten Fall (0,5 h mit 50 wt% Ethanol bei 70 wt% der Hexanal-Gehalt lediglich um ca. 20 % reduziert werden konnte, während dieser bei 90 wt% Ethanol ab 90 °C über 95 % reduziert wurde.

**[0056]** In Tabelle 4 ist zu sehen, dass trotz der bei dieser Versuchsserie erzielten hohen Hexanal-Gehalt-Reduktionen, die extrahierte Feststoffmasse max. 7 wt% (bez. auf den Ausgangsstoff) beträgt - meist jedoch deutlich darunter. Dies bedeutet bei einem ermittelten Extraktstoffgehalt des Ausgangsstoffes von ca. 3 wt%, dass weder Hemicellulosen noch Lignin in nennenswertem Umfang extrahiert werden.

Tabelle 4

Extrahierte Feststoffmasse in wt% (bez. auf den Ausgangsstoff)						
Extraktionsdauer in h		0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
70 °C	50 wt% EtOH	4,3	4,6	4,4	4,0	3,6
	70 wt% EtOH	4,9	5,1	4,8	5,6	4,2
	90 wt% EtOH	4,5	5,5	5,7	5,3	6,1
90 °C	50 wt% EtOH	3,7	3,5	4,0	4,7	5,1
	70 wt% EtOH	4,0	4,4	4,8	4,8	5,4
	90 wt% EtOH	5,5	5,6	5,9	5,8	5,6
110 °C	50 wt% EtOH	4,7	4,1	5,3	6,2	6,3
	70 wt% EtOH	5,2	6,6	5,7	5,8	7,2
	90 wt% EtOH	5,8	5,7	6,8	6,5	6,4

### Versuch 2: Extraktion von feuchtem Holz-Schliff mit Ethanol bei verschiedenen Bedingungen

**[0057]** Die Extraktion von feuchtem Holz-Schliff repräsentiert insbesondere bei der Kartonherstellung reale Bedingungen viel besser als die Extraktion von trockenem Holz-Schliff, wie Versuch 1. Außerdem wurde für diese Versuche wesentlich mehr Probenmasse genommen (Faktor 225) als für Versuch 1, um ein aussagekräftigeres Ergebnis zu bekommen. Es wurden ca. 450 g<sub>TM</sub> mechanisch entwässerter Holz-Schliff (ca. 25 wt% TSG) in einem Ethanol-Wasser-Gemisch mit einem Feststoff: Lösungsmittel-Verhältnis von 1:10 w/w und Ethanol-Konzentrationen von 60 wt% bei Temperaturen von 70 und 90°C 2 und 4 h lang in einem Autoklaven extrahiert. Nach der Extraktion wurde der Holz-Schliff abgepresst, mit Ethanol gewaschen, wieder abgepresst und nochmals mit vollentsalztem Wasser gewaschen bevor er getrocknet, gealtert und analysiert wurde. Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse dieser Extraktionen.

Tabelle 5

EtOH-Konzentration in wt%	Extraktionsbedingungen		Hexanal-Gehalt des Ausgangsstoffes in mg/kgTM		Hexanal-Gehalt des extrahierten Holzstoffes in mg/kgTM		Reduktion des Hexanal-Gehaltes bez. auf den Ausgangsstoff
	Temperatur in °C	Zeit in h	Mittelwert	STABW	Mittelwert	STABW	
60	70	2	11,37	0,18	3,06	1,18	73%
60	70	4	11,37	0,18	2,15	1,00	81%
60	90	2	11,37	0,18	2,60	0,88	77%
60	90	4	11,37	0,18	2,49	1,50	78%

**[0058]** Die Versuche zeigen, dass - verglichen mit der Extraktion von geringerer und vor allem lufttrockener Holz-Stoff-Masse - die Versuche mit mechanisch entwässertem Holz-Stoff und mehr Probenmasse höhere Hexanal-Gehalte im extrahierten Holz-Stoff aufweisen. Nichtsdestotrotz wurden bei jedem Setting über 73% Reduktion des Hexanal-Gehaltes erreicht.

5

### **Versuch 3: Extraktion von feuchtem Holz-Schliff mit drei verschiedenen organischen Lösungsmitteln**

**[0059]** Versuch 3 wurde durchgeführt, um drei verschiedene technisch relevante Lösungsmittel unter realen Extraktionsbedingungen zu testen. Es wurden ca. 450 gTM mechanisch entwässertem Holz-Schliff (ca. 25 wt% TSG) in einem Lösungsmittel-Wasser-Gemisch mit einem Feststoff: Extraktionsmittel-Verhältnis von 1:10 w/w und einer Lösungsmittel-Konzentration von 70 wt% bei einer Temperatur von 70 °C 4 h lang in einem Autoklaven extrahiert. Nach der Extraktion wurde der Holz-Schliff abgepresst, mit Extraktionsmittel gewaschen, wieder abgepresst und nochmals mit vollentsalztem Wasser gewaschen bevor er getrocknet, gealtert und analysiert wurde. Tabelle 6 zeigt die Ergebnisse dieser Extraktionen.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Tabelle 6

Lösungsmittel	Hexanal-Gehalt des Ausgangsstoffes in mg/kg TM		Hexanal-Gehalt des extrahierten Holzstoffes in mg/kg TM		Reduktion des Hexanal-Gehaltes bez. auf den Ausgangsstoff	Eindampfrückstand des Extrakts in wt% bezogen auf die Ausgangsstoff-Trockenmasse		Reduktion des A-bietinsäure-Gehaltes bez. auf den Ausgangsstoff
	Mittelwert	STABW	Mittelwert	STABW		Ausgangsstoff	Extrahierter Holzschliff	
Ethanol 96 vol% unvergällt	14,07	1,13	4,92	0,40	65 %	3,6	2,3	41 %
Ethanol 96 vol% unvollständig vergällt mit Butanon	14,07	1,13	2,77	0,04	80 %	3,6	2,4	48 %
Aceton	14,07	1,13	3,43	0,04	76 %	3,6	2,2	55 %

[0060] Wie in Tabelle 6 zu sehen ist, extrahiert Aceton die ungesättigten Fettsäuren, die für die Hexanal-Bildung verantwortlich sind, signifikant besser als unvergällter Ethanol. Die besten Extraktionsergebnisse konnten allerdings mit Ethanol erzielt werden, der mit Butanon unvollständig vergällt wurde. Der hierbei mit 70 wt%, 70°C und 4 h Extraktionszeit erreichte Hexanal-Gehalt von 2,77 mg/kgTM liegt zwar noch deutlich über der 0,5 mg/kgTM-Grenze, entspricht aber einer Reduktion von 80 %. Bei allen Extraktionen beträgt der Eindampfrückstand des Extraktes nur zwischen 2,2 und 2,4 wt% bezogen auf die Ausgangsstoff-Trockenmasse, was bei einem ermittelten Extraktstoff-Anteil von 3,6 wt% bedeutet, dass die Holz-Hauptbestandteile Cellulose, Hemicellulosen und Lignin de facto nicht angegriffen wurden und die Extraktionen somit sehr selektiv waren. Der Abietinsäure-Gehalt der Extraktionen dieses Versuches wurde um 41 - 55 %, bezogen auf den Ausgangsstoff, reduziert. Da Abietinsäure hier als Leit-Substanz für den Gehalt an Harzsäuren gewählt wurde, ist eine Reduktion des Gehaltes um rund 50 % ein Indiz für die deutliche Reduktion an Harz durch das Verfahren dieses Patents.

#### Versuch 4: Extraktion von feuchtem Holz-Schliff mit Aceton bei verschiedenen Feststoff-Extraktionsmittel-Verhältnissen

[0061] Der Einfluss verschiedener Feststoff-Extraktionsmittel-Verhältnisse wurde in diesem Versuch untersucht. Es wurden ca. 200 - 450 gTM (je nach Feststoff: Extraktionsmittel-Verhältnis) mechanisch entwässerter Holz-Schliff (ca. 25 wt% TSG) in einem Lösungsmittel-Wasser-Gemisch bestehend aus 70 wt% Aceton und 30 wt% vollentsalztem Wasser mit Feststoff: Extraktionsmittel-Verhältnissen von 1:10, 1:15 und 1:25 w/w bei einer Temperatur von 50 °C 1, 2 und 4 h lang in einem Autoklaven extrahiert. Nach der Extraktion wurde der Holz-Schliff abgepresst, mit Extraktionsmittel gewaschen, wieder abgepresst und nochmals mit vollentsalztem Wasser gewaschen bevor er getrocknet, gealtert und analysiert wurde. Die Ergebnisse dieser Extraktionen sind in Tabelle 7 aufgelistet.

Tabelle 7

Feststoff: Extraktionsmittel -Verhältnis w/w	Extrak- tion s- zeit in h	Hexanal-Gehalt des Ausgangsstoffes in mg/ kgTM		Hexanal-Gehalt des extrahierten Holz- Stoffes in mg/kgTM		Reduktion des Hexanal- Gehaltes bez. auf den Ausgangsstoff	Eindampf rückstand des Extrakt's in wt% bezogen auf die Ausgangs stoff- Trockenmasse	Reduktion des Abietinsäure -Gehaltes bez. auf den Ausgangs stoff
		Mittelwert	STAB W	Mittelwert	STAB W			
1:10	4	14,07	1,13	5,83	0,18	59%	2,0	31 %
1:15	4	14,07	1,13	2,76	0,15	80%	2,5	54 %
1:15	2	7,24	0,03	1,19	0,72	84%	-	38 %
1:25	2	7,24	0,03	0,94	0,23	87%	-	52 %
1:10	1	2,44	0,11	0,40	0,04	84%	2,2	-
1:10	2	2,44	0,11	0,40	0,05	84%	1,5	-
1:15	2	2,44	0,11	0,39	0,01	84%	2,5	-
1:25	2	2,44	0,11	0,33	0,01	86%	2,8	-

[0062] Wie Tabelle 7 zeigt, wird der Hexanal-Gehalt bei allen Extraktionen (mit Ausnahme des Feststoff: Extraktionsmittel-Verhältnisses von 1:10 (w/w) bei einem Ausgangsstoff-Hexanal-Gehalt von 14,07 mg/kg<sub>TM</sub>) um über 80 % reduziert. Bei Extraktionsmittel-Feststoff-Verhältnissen über 10:1 (w/w) ist die Reduktion des Hexanal-Gehaltes bei gleichen Extraktionsbedingungen trotz unterschiedlichen Ausgangsstoff-Hexanal-Gehalten vergleichbar hoch und stets weit über 70 %. Der Eindampfrückstand des Extraktes beträgt dabei weniger als 3 %, was bei ermittelten Extraktstoff-Gehalten des Ausgangsstoffes von 3,4 - 3,7 wt% ein Beweis für den quantitativen Erhalt der Lignocellulose-Bestandteile bei diesem Verfahren ist. Auch dieser Versuch hat durch die Reduktion des Abietinsäure-Gehaltes um 31 - 54 %, bezogen auf den Ausgangsstoff, gezeigt, dass das Verfahren dieses Patents Harz signifikant reduzieren kann.

#### **Versuch 5: Veränderung der mechanischen Eigenschaften durch die extraktive Behandlung von Holz-Schliff gemäß der vorliegenden Erfindung**

[0063] Dieser Versuch dient dazu, die Auswirkungen der extraktiven Behandlung auf die mechanischen Eigenschaften der extrahierten Holzpartikel zu untersuchen. Dazu wurden ca. 300 - 450 g<sub>TM</sub> (je nach Feststoff: Extraktionsmittel-Verhältnis) mechanisch entwässerter Holz-Schliff (ca. 25 wt% TSG) in einem Extraktionsmittel-Wasser-Gemisch mit Feststoff: Extraktionsmittel-Verhältnissen von 1:10 und 1:15 w/w und einer Lösungsmittel-Konzentration von 60 und 70 wt% bei Temperaturen von 50 °C, 70 °C und 90 °C extrahiert. Als Lösungsmittel kamen Ethanol 96 vol% unvergällt (EtOH pur), Ethanol 96 vol% unvollständig vergällt mit Butanon (EtOH verg.) und Aceton zum Einsatz. Nach der Extraktion wurde der Holz-Schliff abgepresst, mit Extraktionsmittel gewaschen, wieder abgepresst und nochmals mit vollentsalztem Wasser gewaschen bevor daraus Probenblätter geformt wurden, anhand derer die mechanischen Eigenschaften untersucht wurden. Der Massenverlust ergibt sich aus dem Eindampfrückstand des Extraktes und ist auf Ausgangsstoff-Trockenmasse bezogen. In Tabelle 8 sind die Ergebnisse aufgelistet.



Tabelle 8

Extraktionsbedingungen					Durchschnittlicher Anstieg der mechanischen Eigenschaften			Durchschnittlicher Massenverlust durch die Extraktion
Lösungsmittel	Konz.	Lsg.-mittel-Verh.	Temp.	Zeit	Steifigkeitsindex gem. in Nm <sup>7</sup> /kg <sup>3</sup>	Tensile index gem. in Nm/g	Mahlgrad gem. in °SR	
EtOH pur	60 wt%	1:10	70 °C	2 h	3 %	25 %	3 %	2 %
			90 °C	4 h				
EtOH pur	70 wt%	1:10	70 °C	2 h	3 %	41 %	0 %	2 %
				4 h				
EtOH pur verg. Aceton	70 wt%	1:10	50 °C	4 h	4 %	27 %	6 %	2 %
			70 °C					
			90 °C					

**[0064]** Wie in Tabelle 8 zu sehen ist, verändert sich der Mahlgrad und somit die Entwässerung des Holz-Schliffes durch die Extraktion kaum, was im Hinblick auf eine etwaige Weiterverarbeitung (beispielsweise zu Karton) den Vorteil mit sich bringt, dass bestehende Produktionsanlagen nicht umgerüstet oder umgestellt werden müssen. Der Steifigkeit-sindex verändert sich durch die Extraktion ebenfalls nur wenig, wohingegen der Tensile index als Maß für die Bruchkraft reproduzierbar stark ansteigt. Verglichen mit dieser hohen Steigerung im Mittel zwischen 25 und 41 %, ist der Massenverlust durch den Eindampfdruckstand des Extraktes mit rund 2 % sehr gering. Das bedeutet, dass die Holzpartikel durch die Extraktion bei geringem Massenverlust überproportional stark an Festigkeit gewinnen, was insbesondere für den Lightweighting-Trend im Verpackungssektor von großer Bedeutung ist.

**Legende:**

**[0065]**

TM = Trockenmasse

TSG = Trockensubstanzgehalt

Bevorzugte Ausführungsformen:

**[0066]** In Anbetracht der obigen Beschreibung der vorliegenden Erfindung werden hierin die nachfolgenden bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung offenbart:

1. Verfahren zur Herstellung von Produkten auf Basis von Holz als Rohstoff, dadurch gekennzeichnet, dass Holz in Form von Holzpartikeln einer Extraktionsbehandlung mit einem Extraktionsmittel unterzogen wird, das ein oder mehrere organische Lösungsmittel oder ein organisch-wässriges Gemisch des oder der Lösungsmittel mit Wasser umfasst, wobei der Gehalt an Fettsäuren in den Holzpartikeln durch die Extraktionsbehandlung der Holzpartikel mit dem Extraktionsmittel um mindestens 70 % verringert wird, gemessen als Hexanal-Gehalt in Gew.-% nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C, jedoch der Gehalt an Cellulose, Hemicellulosen und Lignin bei dieser Extraktionsbehandlung im Wesentlichen erhalten wird.

2. Verfahren nach Ausführungsform 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Holzpartikel in einer Größe von unter 5 cm vorliegen, wobei die Partikelgröße vorzugsweise durch eine Siebung mittels Quadratmaschensieb ermittelt wird, insbesondere mittels Quadratmaschensieb mit einer Maschenweite von 5 cm oder weniger.

3. Verfahren nach Ausführungsform 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Holzpartikel in Form von Fasern, Spänen, Strands, Hackschnitzel oder Mischungen davon vorliegen.

4. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Holzpartikel durch mechanischen und/oder thermischen und/oder chemischen Aufschluss aufgefaseres Holz sind.

5. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Holzpartikel Holzfasern mit mittleren Faserlängen zwischen 0,5 und 2 mm und mittleren Faserdurchmessern zwischen 10 und 50 µm sind, wobei sich die mittlere Faserlänge sowie der mittlere Faserdurchmesser auf das Längen-Mittel, bestimmt mittels optischer Messung der suspendierten Fasern, beziehen.

6. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Lösungsmittelanteil des organisch-wässrigen Lösungsmittel-Gemisches im Extraktionsmittel, bestimmt als Konzentration der flüssigen Phase des Extraktes, aus 0 - 95 Gew.-% Ethanol, vorzugsweise 50 - 90 Gew.-% Ethanol, 0 - 99 Gew.-% Aceton, vorzugsweise 30 - 90 Gew.-% Aceton, 0 - 70 Gew.-% n-Propanol, 0-85 Gew.-% Iso-Propanol und/oder 0 - 99 Gew.-% Methanol besteht.

7. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis von Extraktionsmittel zu Feststoff- Trockensubstanz 5:1 - 25:1 (w/w), vorzugsweise 8:1 - 17:1 (w/w) beträgt.

8. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Extraktionsbehandlung bei einer Extraktions-Temperatur von 20 - 150 °C, vorzugsweise 40 - 120 °C, insbesondere 50 - 110 °C, erfolgt.

9. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Extraktionsbehandlung bei einem absoluten Extraktionsdruck von 1 - 5 bar, vorzugsweise 1 - 1,49 bar, erfolgt.

10. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Extraktionsbehandlung während einer Extraktionszeit von 10 min - 8 h, vorzugsweise 30 min - 7 h, insbesondere 1 - 5 h, erfolgt.

11. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zur Herstellung von Karton, Papier, Holzfaserplatten, Spanplatten, Gebrauchsgegenständen, Medizinprodukten, insbesondere zur Herstellung von Karton verwendet wird.

12. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Ex-

traktionsbehandlung ausgewählt ist aus:

- Behandlung mit Ethanol in einer Konzentration von zumindest 65 Gew.-% bei zumindest 65°C für einen Zeitraum von zumindest 3 h;
- Behandlung mit Ethanol in einer Konzentration von zumindest 65 Gew.-% bei zumindest 85°C für einen Zeitraum von zumindest 30 min;
- Behandlung mit Ethanol in einer Konzentration von zumindest 70 Gew.-% bei zumindest 105°C für einen Zeitraum von zumindest 30 min; oder
- Behandlung mit Ethanol in einer Konzentration von zumindest 45 Gew.-% bei zumindest 105°C für einen Zeitraum von zumindest 5 h.
- Behandlung mit Aceton in einer Konzentration von zumindest 50 Gew.-% bei zumindest 40 °C für einen Zeitraum von zumindest 30 min.

13. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Behandlung mit dem Extraktionsmittel als Batch, kontinuierliche oder semi-kontinuierliche Extraktion durchgeführt wird, vorzugsweise mit einer Teilverweilzeit von maximal 1h pro Extraktionsschritt.

14. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Extraktionsbehandlung der Gehalt an Cellulose, Hemicellulosen und Lignin um weniger als 10 %, vorzugsweise um weniger als 5 %, insbesondere um weniger als 4 %, verringert wird, wobei diese Verringerung vorzugsweise als extrahierte Feststoffmasse, bezogen auf den Ausgangsstoff, die Holzpartikel, ermittelt wird.

15. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Holzpartikel ausgewählt sind aus Nadelholzpartikel, vorzugsweise Fichtenholzpartikel, Tannenholzpartikel, Kiefernholzpartikel, oder Lärchenholzpartikel; Laubholzpartikel, insbesondere Buchenholzpartikel, Pappelholzpartikel, Birkenholzpartikel, oder Eukalyptusholzpartikel; oder Mischungen davon.

16. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Holzpartikel während der Behandlung mit dem Extraktionsmittel durchmischt werden.

17. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Holzpartikel nach der Behandlung mit dem Extraktionsmittel abgepresst werden, um das Extraktionsmittel zu entfernen.

18. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Holzpartikel nach der Behandlung mit dem Extraktionsmittel ein- oder mehrmals mit einem Extraktionsmittel gereinigt, vorzugsweise mit einem organisch-wässrigen Lösungsmittel mit einer ähnlichen oder gleichen Konzentration wie die des Extraktionsmittels, gereinigt werden.

19. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Extraktionsmittel durch ein- oder mehrmalige Waschung mit Wasser oder Trocknung, vorzugsweise durch eine Trocknung, aus den Holzpartikeln entfernt wird.

20. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Gehalt an Fettsäuren in den Holzpartikeln durch Extraktion der Holzpartikel mit dem Extraktionsmittel um mindestens 75 %, vorzugsweise um mindestens 80 %, insbesondere um mindestens 90 %, verringert wird, gemessen als Hexanal-Gehalt in Gew.-% der Holzpartikel im Ausgangsmaterial im Vergleich zu den extrahierten Holzpartikel nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C.

21. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Gehalt an Fettsäuren in den Holzpartikeln durch Extraktion der Holzpartikel mit dem Extraktionsmittel auf einen Gehalt von unter 2 mg/kg Trockenmasse, vorzugsweise von unter 1 mg/kg Trockenmasse, insbesondere von unter 0,5 mg/kg Trockenmasse, verringert wird, gemessen als Hexanal-Gehalt als Massenanteil der extrahierten Holzpartikel nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C.

22. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Extraktion neben den Fettsäuren auch Harzsäuren extrahiert werden.

23. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die mit dem Extraktionsmittel extrahierten Fettsäuren, Harzsäuren und/oder gegebenenfalls weitere Extraktstoffe einem weiteren Aufreinigungsverfahren zugeführt werden.

24. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass den Holzpartikel keine Komplexbildner, insbesondere Komplexbildner ausgewählt aus mehrwertigen und polyfunktionalen Carbonsäuren, Aminomethylcarbonsäuren, Aminomethyl-phosphonsäuren und deren Verbindungen, EDTA, DTPA EGTA, EDDS und deren Salzen, Polyphenolen, Tanninen, Aminosäuren, Peptiden, Proteinen, Polycarboxylaten, Phosphaten, Polyphosphaten, Phosphonsäuren, Polyphosphonaten, phosphatierten, phosphonylierten, sulfatierten und sulfonierten Polymeren, im Verlauf des Extraktionsverfahrens, insbesondere im Verlauf des gesamten Herstellungsverfahrens für die aus den Holzpartikeln hergestellten Produkte, zugesetzt werden.

25. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das

Extraktionsmittel sowie gegebenenfalls verwendete Waschflüssigkeiten, insbesondere Wasser, für eine Wiederverwendung regeneriert werden.

26. Verfahren nach einer oder mehreren der Ausführungsformen 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Extraktionsbehandlung zusätzlich zur Reduktion des Hexanal-Gehaltes auch die mechanische Festigkeit der extrahierten Holzpartikel, gemessen als Tensile Index von Probeblättern in Nm/g, um mindestens 10 %, vorzugsweise um mindestens 15 %, insbesondere um mindestens 25 %, erhöht wird, wobei sich der Mahlgrad, gemessen in °SR, dabei um weniger als 10 % ändert.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Produkten auf Basis von Holz als Rohstoff, **dadurch gekennzeichnet, dass** Holz in Form von Holzpartikeln einer Extraktionsbehandlung mit einem Extraktionsmittel unterzogen wird, das ein oder mehrere organische Lösungsmittel oder ein organisch-wässriges Gemisch des oder der Lösungsmittel mit Wasser umfasst, wobei der Gehalt an Fettsäuren in den Holzpartikeln durch die Extraktionsbehandlung der Holzpartikel mit dem Extraktionsmittel um mindestens 70 % verringert wird, gemessen als Hexanal-Gehalt in Gew.-% nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C, jedoch der Gehalt an Cellulose, Hemicellulosen und Lignin bei dieser Extraktionsbehandlung im Wesentlichen erhalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Holzpartikel in einer Größe von unter 5 cm vorliegen, wobei die Partikelgröße vorzugsweise durch eine Siebung mittels Quadratmaschensieb ermittelt wird, wobei die Holzpartikel vorzugsweise in Form von Fasern, Spänen, Strands, Hackschnitzel oder Mischungen davon vorliegen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Holzpartikel durch mechanischen und/oder thermischen und/oder chemischen Aufschluss aufgefaserter Holz, insbesondere Holzfasern mit mittleren Faserlängen zwischen 0,5 und 2 mm und mittleren Faserdurchmessern zwischen 10 und 50 µm, sind, wobei sich die mittlere Faserlänge sowie der mittlere Faserdurchmesser auf das Längen-Mittel, bestimmt mittels optischer Messung der suspendierten Fasern, beziehen.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Lösungsanteil des organisch-wässrigen Lösungsmittel-Gemisches im Extraktionsmittel, bestimmt als Konzentration der flüssigen Phase des Extraktes, aus 0 - 95 Gew.-% Ethanol, vorzugsweise 50 - 90 Gew.-% Ethanol, 0 - 99 Gew.-% Aceton, vorzugsweise 30 - 90 Gew.-% Aceton, 0 - 70 Gew.-% n-Propanol, 0-85 Gew.-% Iso-Propanol und/oder 0 - 99 Gew.-% Methanol besteht.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Extraktionsbehandlung der Gehalt an Cellulose, Hemicellulosen und Lignin um weniger als 10 %, vorzugsweise um weniger als 5 %, insbesondere um weniger als 4 %, verringert wird, wobei diese Verringerung vorzugsweise als extrahierte Feststoffmasse, bezogen auf den Ausgangsstoff, die Holzpartikel, ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Holzpartikel ausgewählt sind aus Nadelholzpartikel, vorzugsweise Fichtenholzpartikel, Tannenholzpartikel, Kiefernholzpartikel, oder Lärchenholzpartikel; Laubholzpartikel, insbesondere Buchenholzpartikel, Pappelholzpartikel, Birkenholzpartikel, oder Eukalyptusholzpartikel; oder Mischungen davon.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Holzpartikel nach der Behandlung mit dem Extraktionsmittel ein- oder mehrmals mit einem Extraktionsmittel gereinigt, vorzugsweise mit einem organisch-wässrigen Lösungsmittel mit einer ähnlichen oder gleichen Konzentration wie die des Extraktionsmittels, gereinigt werden.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt an Fettsäuren in den Holzpartikeln durch Extraktion der Holzpartikel mit dem Extraktionsmittel um mindestens 75 %, vorzugsweise um mindestens 80 %, insbesondere um mindestens 90 %, verringert wird, gemessen als Hexanal-Gehalt in Gew.-% der Holzpartikel im Ausgangsmaterial im Vergleich zu den extrahierten Holzpartikel nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt an

Fettsäuren in den Holzpartikeln durch Extraktion der Holzpartikel mit dem Extraktionsmittel auf einen Gehalt von unter 2 mg/kg Trockenmasse, vorzugsweise von unter 1 mg/kg Trockenmasse, insbesondere von unter 0,5 mg/kg Trockenmasse, verringert wird, gemessen als Hexanal-Gehalt als Massenanteil der extrahierten Holzpartikel nach beschleunigter Alterung für 72 h bei 90°C.

- 5
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Extraktion neben den Fettsäuren auch Harzsäuren extrahiert werden.
- 10 11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit dem Extraktionsmittel extrahierten Fettsäuren, Harzsäuren und/oder gegebenenfalls weitere Extraktstoffe einem weiteren Aufreinigungsverfahren zugeführt werden.
- 15 12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** den Holzpartikel keine Komplexbildner, insbesondere Komplexbildner ausgewählt aus mehrwertigen und polyfunktionellen Carbon-säuren, Aminomethylcarbonsäuren, Aminomethyl-phosphonsäuren und deren Verbindungen, EDTA, DTPA EGTA, EDDS und deren Salzen, Polyphenolen, Tanninen, Aminosäuren, Peptiden, Proteinen, Polycarboxylaten, Phos-phaten, Polyphosphaten, Phosphonsäuren, Polyphosphonaten, phosphatierten, phosphonylierten, sulfatierten und sulfonierten Polymeren, im Verlauf des Extraktionsverfahrens, insbesondere im Verlauf des gesamten Herstellungs-verfahrens für die aus den Holzpartikeln hergestellten Produkte, zugesetzt werden.
- 20 13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Extraktionsmittel sowie gegebenenfalls verwendete Waschflüssigkeiten, insbesondere Wasser, für eine Wiederverwendung regeneriert werden.
- 25 14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Extraktionsbehandlung zusätzlich zur Reduktion des Hexanal-Gehaltes auch die mechanische Festigkeit der extrahierten Holzpartikel, gemessen als Tensile Index von Probeblättern in Nm/g, um mindestens 10 %, vorzugsweise um mindestens 15 %, insbesondere um mindestens 25 %, erhöht wird, wobei sich der Mahlgrad, gemessen in °SR, dabei um weniger als 10 % ändert.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

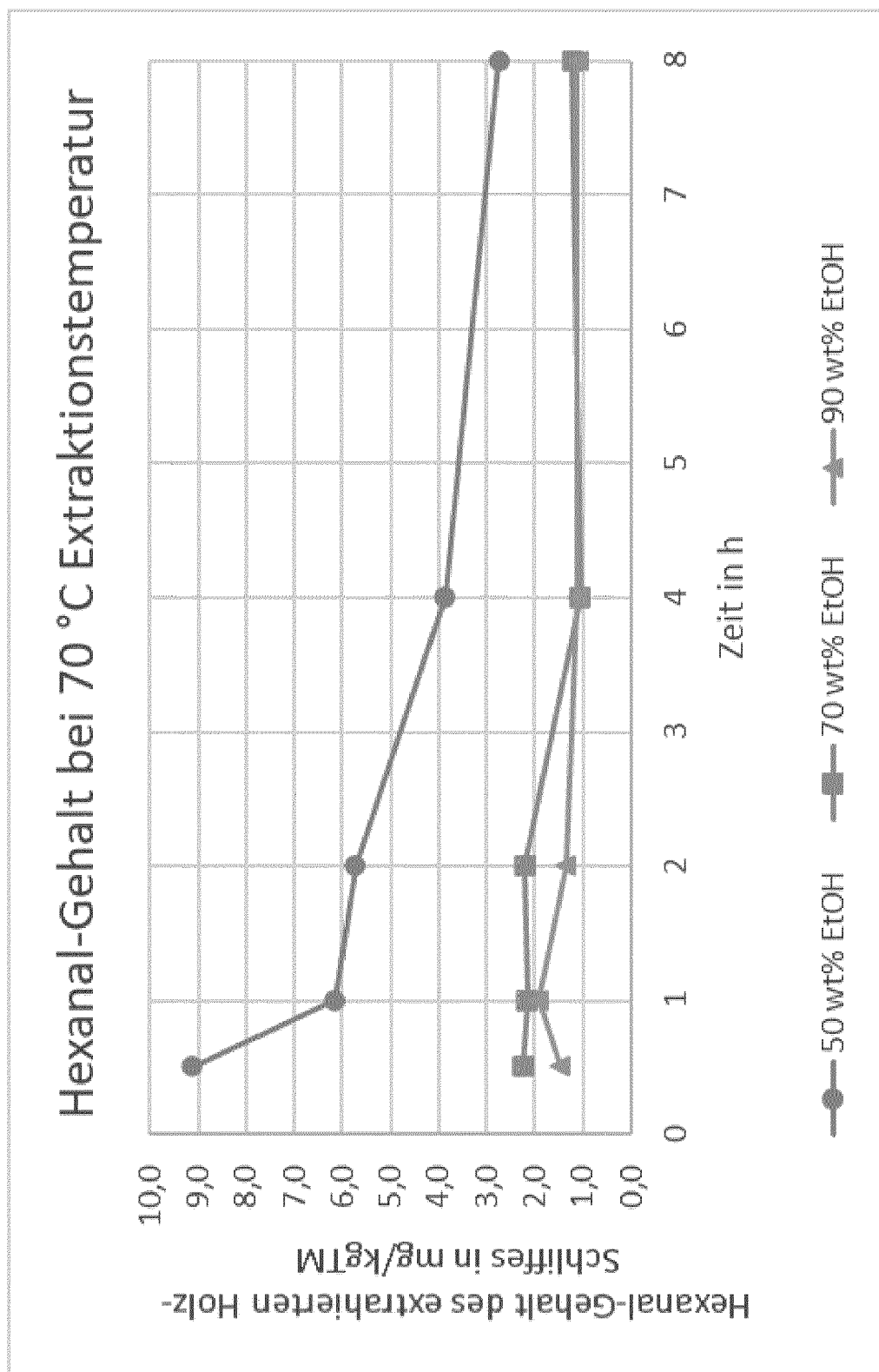


Fig. 1

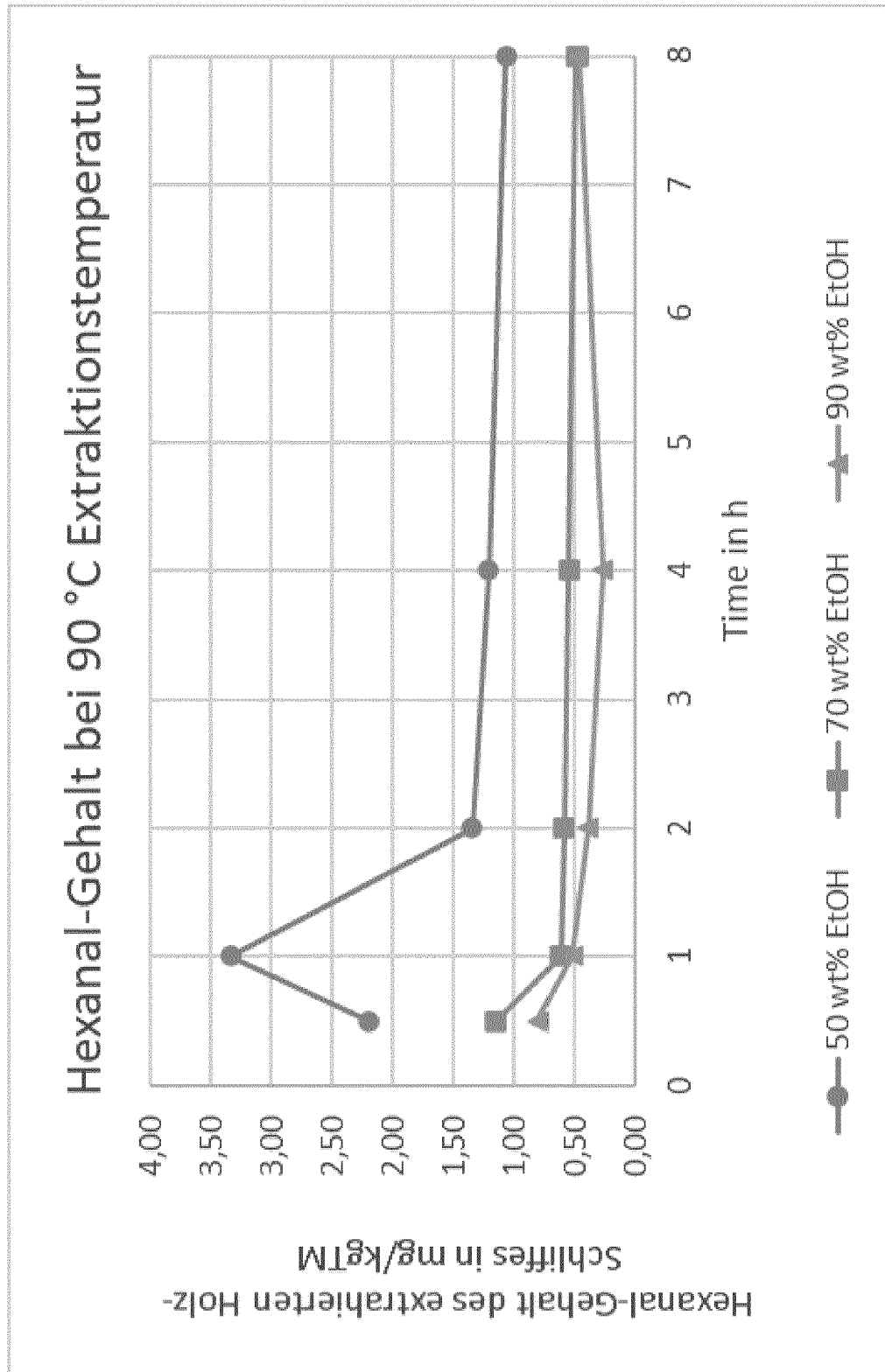


Fig. 2

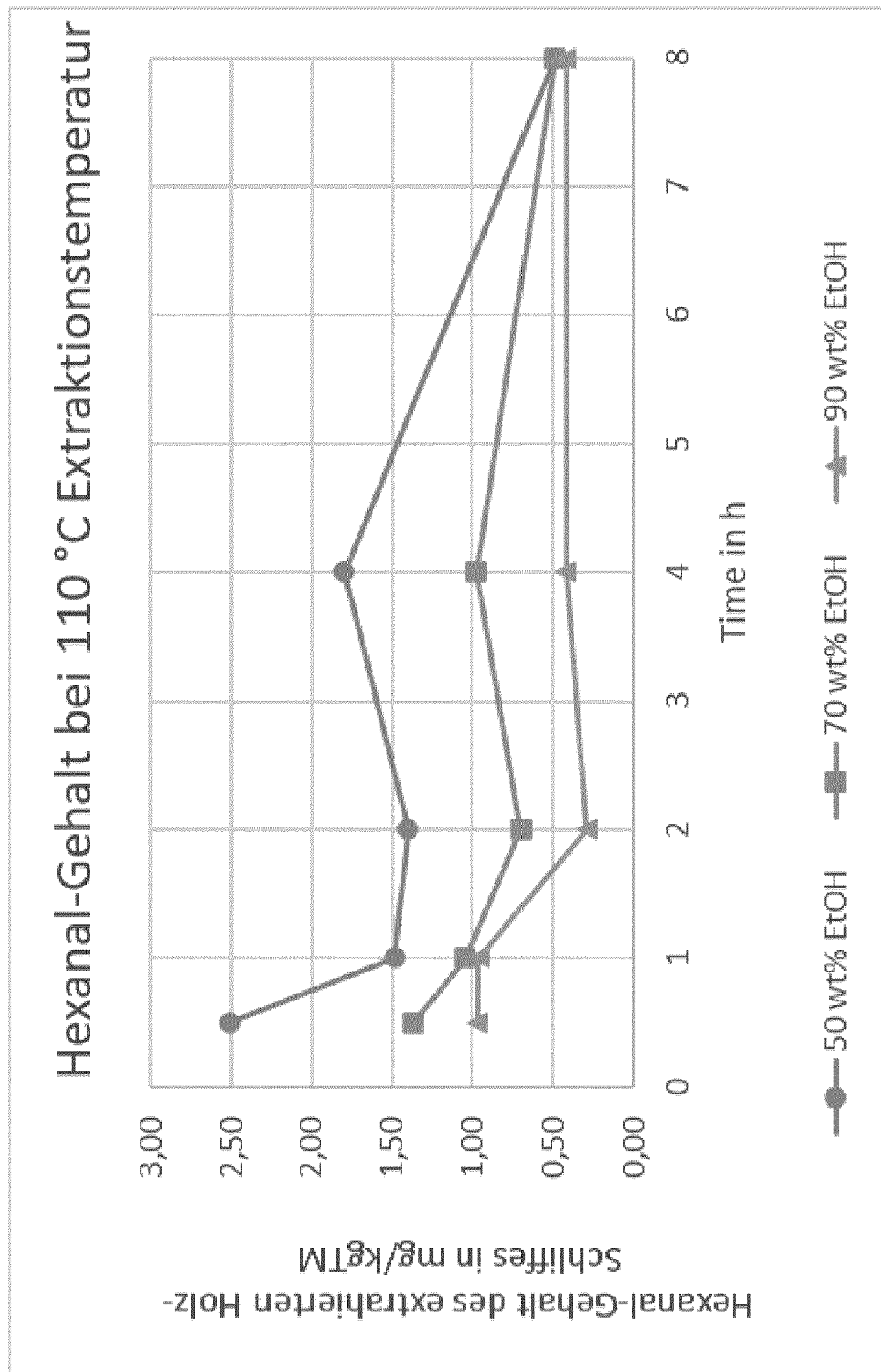


Fig. 3



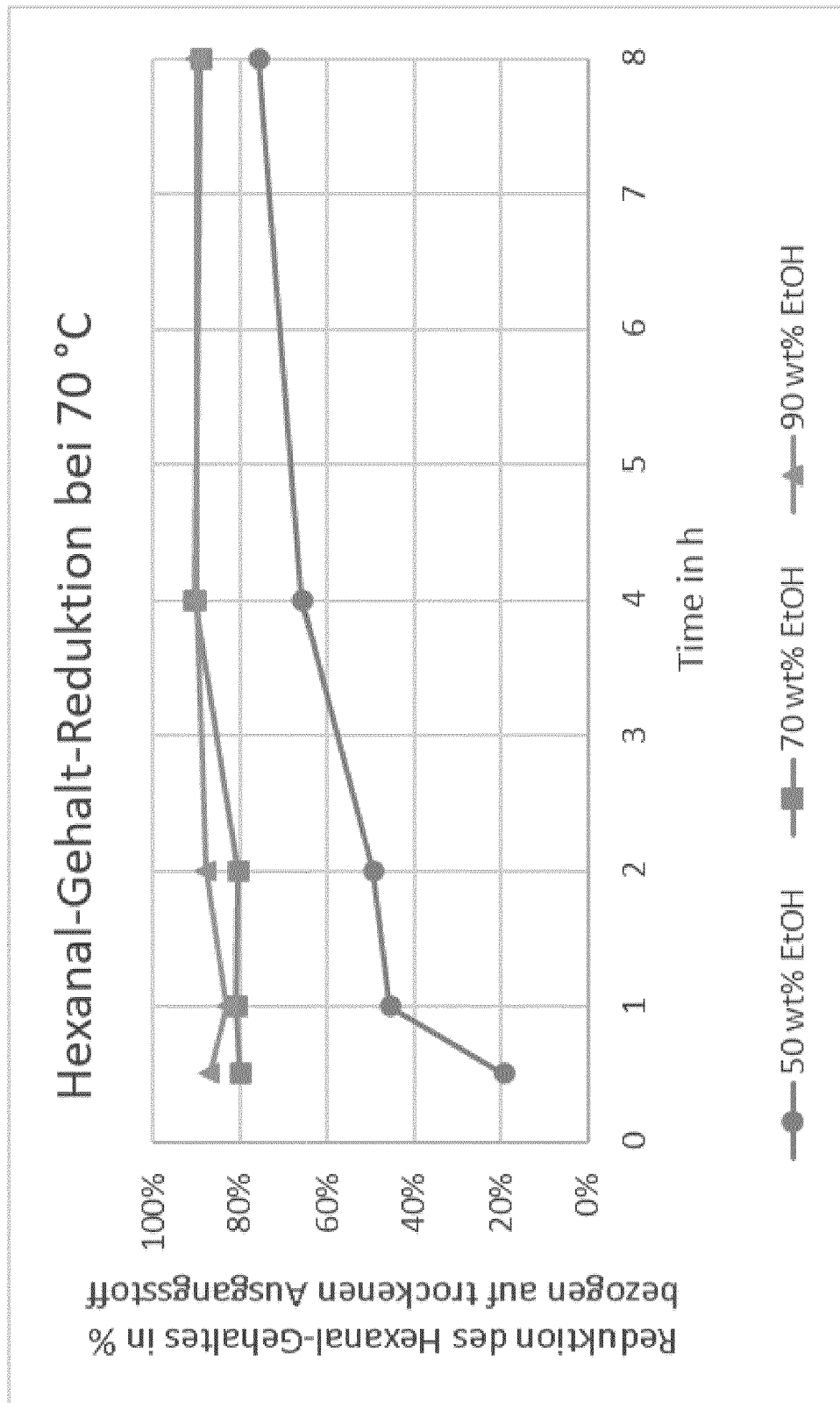


Fig. 4

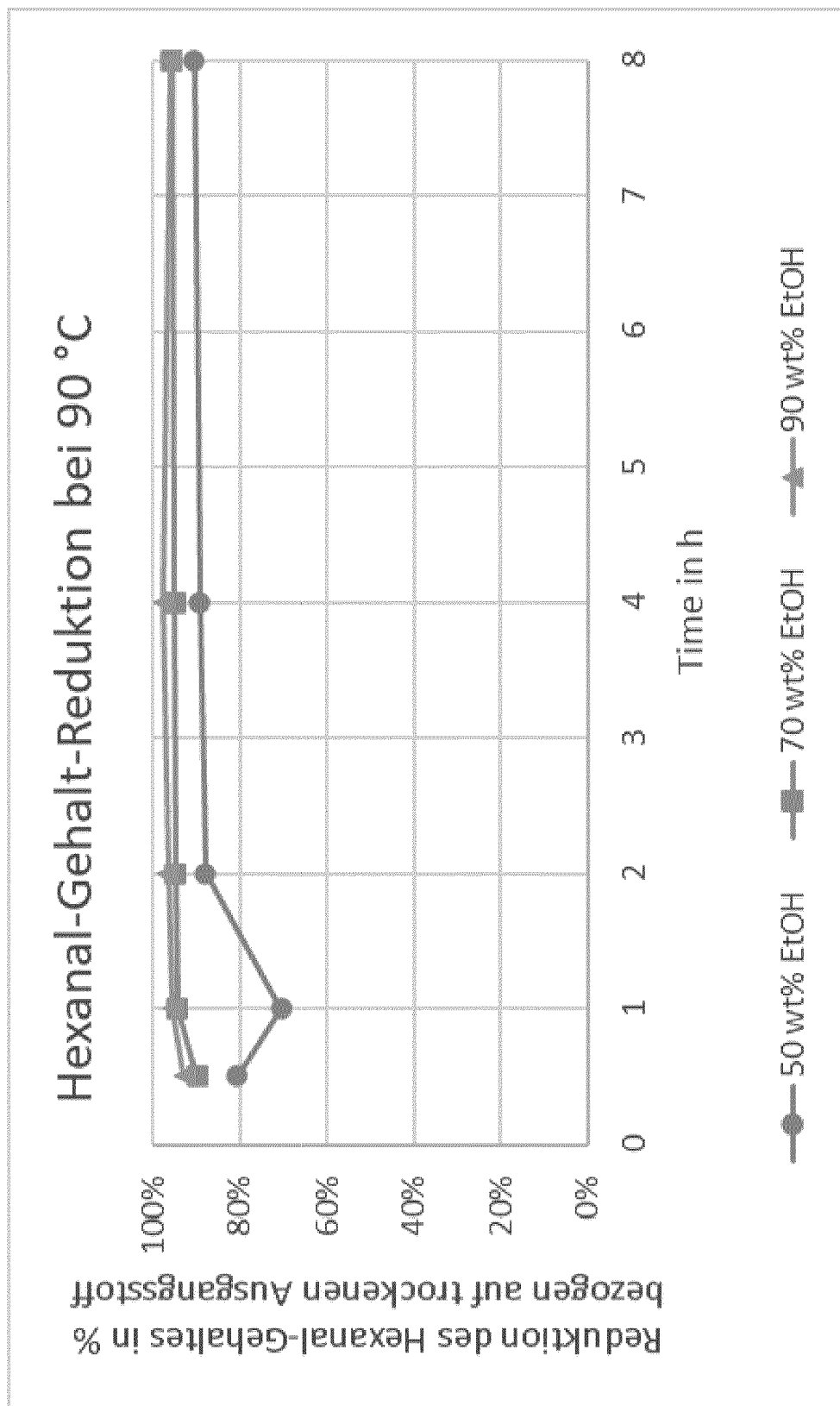


Fig. 5

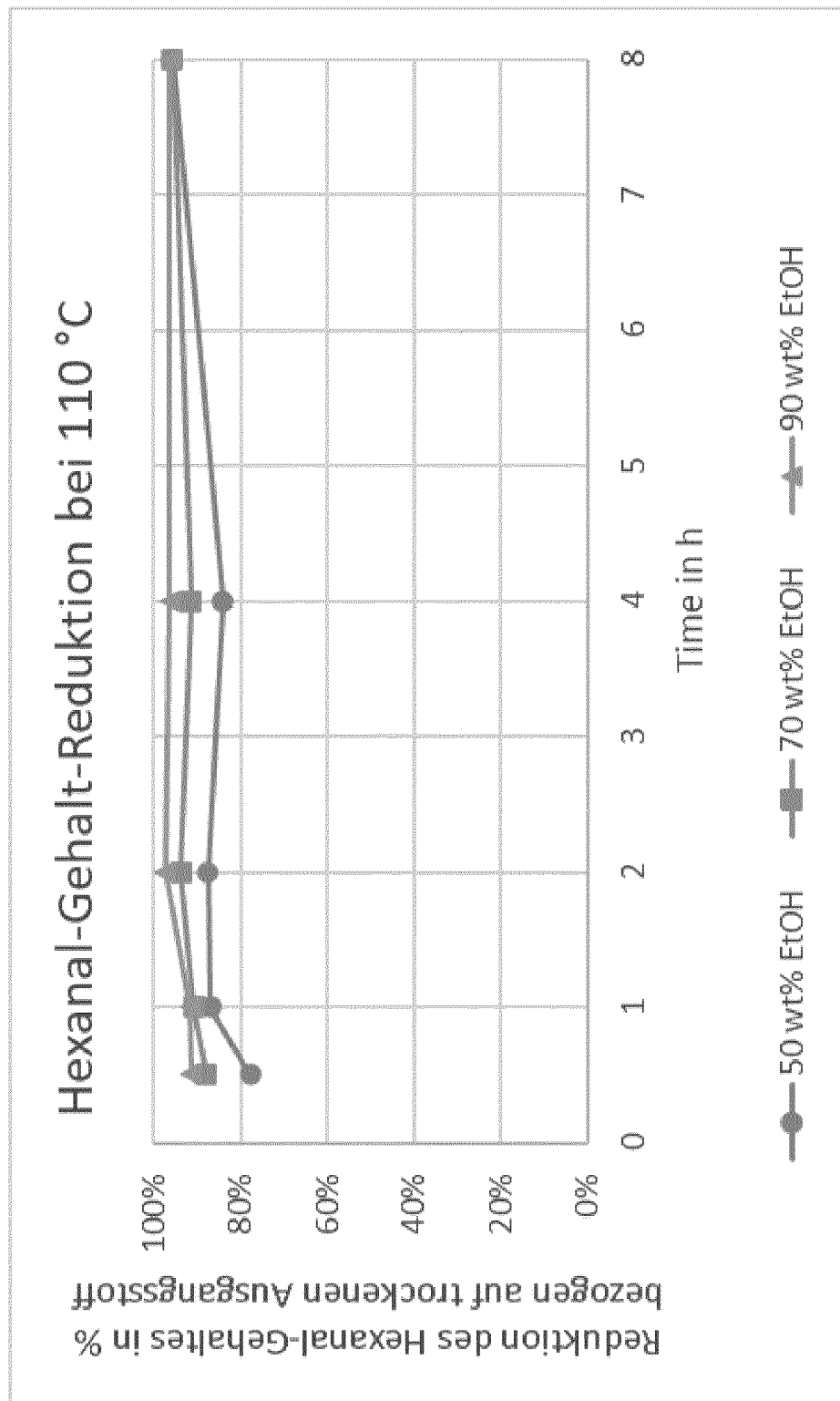


Fig. 6



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 20 21 7520

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	US 5 698 667 A (SPEAKS JERRY R [US] ET AL) 16. Dezember 1997 (1997-12-16) * Ansprüche 1-30; Abbildung 2 *	1-10,12, 14	INV. D21C3/20 D21C9/08
X	DE 10 2014 114921 A1 (HOCHSCHULE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG EBERSWALDE [DE] ET AL.) 16. April 2015 (2015-04-16) * Absatz [0074] - Absatz [0075]; Ansprüche 1-10 *	1-11,13, 14	
X	WO 2006/032267 A1 (INST HOLZTECHNOLOGIE DRESDEN G [DE]; AEHLIG KARSTEN [DE]) 30. März 2006 (2006-03-30) * Ansprüche 1-11 *	1-3	
X	WO 93/20279 A1 (AHLSTROEM OY [FI]) 14. Oktober 1993 (1993-10-14) * Seite 5, Zeile 31 - Seite 6, Zeile 9; Ansprüche 1-20 *	1,2,4	
A	WO 2020/000008 A1 (UNIV WIEN TECH [AT]) 2. Januar 2020 (2020-01-02) * Ansprüche 1-28 *	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	WO 00/34568 A1 (RHODIA ACETOW GMBH [DE]; KARSTENS TIES [DE] ET AL.) 15. Juni 2000 (2000-06-15) * Ansprüche 1-15 *	12	D21C D21H
A	EP 2 138 528 A1 (FRITZ EGGER GMBH & CO [AT]) 30. Dezember 2009 (2009-12-30) * das ganze Dokument *	1-14	
A	DE 10 2013 001678 A1 (INNOLYSIA GBR VERTRETUNGSBERECHTIGTE GESELLSCHAFTERIN VIRGINIE SOUA [D]) 31. Juli 2014 (2014-07-31) * das ganze Dokument *	1-14	
	----- -/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>1. Juni 2021</b>	Prüfer <b>Karlsson, Lennart</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 20 21 7520

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 2 356 977 A1 (SYMRISE AG [DE]) 17. August 2011 (2011-08-17) * das ganze Dokument * -----	1-14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. Juni 2021	Prüfer Karlsson, Lennart
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1  
EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 21 7520

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-06-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5698667 A	16-12-1997	KEINE	
DE 102014114921 A1	16-04-2015	KEINE	
WO 2006032267 A1	30-03-2006	EP 1793972 A1 WO 2006032267 A1	13-06-2007 30-03-2006
WO 9320279 A1	14-10-1993	AT 150112 T CA 2133574 A1 DE 69308831 T2 EP 0635080 A1 JP 2667058 B2 JP H07501860 A RU 2084574 C1 WO 9320279 A1	15-03-1997 14-10-1993 31-07-1997 25-01-1995 22-10-1997 23-02-1995 20-07-1997 14-10-1993
WO 2020000008 A1	02-01-2020	AT 521393 A1 AU 2019295395 A1 CA 3104550 A1 CN 112543782 A EP 3814401 A1 KR 20210054503 A WO 2020000008 A1	15-01-2020 21-01-2021 02-01-2020 23-03-2021 05-05-2021 13-05-2021 02-01-2020
WO 0034568 A1	15-06-2000	AU 6201299 A DE 19856582 C1 WO 0034568 A1	26-06-2000 15-03-2001 15-06-2000
EP 2138528 A1	30-12-2009	EP 2138528 A1 ES 2524254 T3 PL 2138528 T3	30-12-2009 04-12-2014 27-02-2015
DE 102013001678 A1	31-07-2014	KEINE	
EP 2356977 A1	17-08-2011	EP 2356977 A1 US 2012195870 A1	17-08-2011 02-08-2012

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

## IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102004050278 A1 [0005]
- DE 2818320 A1 [0005]
- DE 3344239 C2 [0005]
- WO 2006039914 A1 [0005]
- DE 102006020612 A1 [0005]
- DE 102009046127 A1 [0016] [0017]
- US 5698667 A [0018]

### In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Raw Material for Pulp. **KOCH**. Handbook of Pulp. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006, 21-68 [0002]
- **SCHREINER et al.** Resolving the smell of wood-identification of odour-active compounds in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Scientific Reports*, 2018, vol. 8, 8294 [0002]
- Chemical Pulping Processes. **SIXTA et al.** Handbook of Pulp. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006, 109-509 [0003]
- Wood Extractives. **BJÖRKLUND JANSSON et al.** Wood Chemistry and Wood Biotechnology. Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, 2009, vol. 1, 147-171 [0003] [0016]
- Nisula Wood Extractives in Conifers: A Study of Stemwood and Knots of Industrially Important Species. Åbo Akademi University Press, 2018 [0016]
- **REICHARDT ; WELTON**. Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2011, 550-552 [0053]