



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 386 673 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.02.2004 Patentblatt 2004/06

(51) Int Cl.7: **B07C 5/14**

(21) Anmeldenummer: **03017238.1**

(22) Anmeldetag: **30.07.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(71) Anmelder: **hema Elektronik - Fertigungs- und
Vertriebs GmbH**
74431 Aalen (DE)

(72) Erfinder: **Louban, Roman, Dr.-Ing.**
74564 Crailsheim (DE)

(30) Priorität: **02.08.2002 DE 10235272**

(54) **Verfahren zur Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz unter Berücksichtigung der Maß und Materialeigenschaften.

Erfindungsgemäß kann jede Klasse auf der Basis von folgenden vier Parametern ausgelegt werden:

- Gesamtanteil der nutzbaren Länge λ_L : Welchen minimalen Längenanteil muss ein fehlerfreies Stück (Cutting) in der entsprechende Güteklasse aufweisen.
- Gesamtanteil der nutzbaren Breite λ_B : Welchen minimalen Breitenanteil muss ein fehlerfreies Stück (Cutting) in der entsprechende Güteklasse aufweisen.
- Zulässige Anzahl der Nutzstücke (Cuttings) N : Wie oft darf der fehlerfreie Bereich in der entsprechenden Güteklasse gestückelt werden.

- Optimierungsart (Längs-, Quer- oder Flächenschnitt): Die maximale Nutzfläche (Cutting) wird vorzugsweise in Längsrichtung bzw. in Querrichtung oder richtungsunabhängig für maximale Fläche errechnet.

Das Verfahren erlaubt eine eindeutige, einfache, schnelle, flexible und gleichzeitig stabile Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz nach Kundenwunsch und ist sowohl für menschliche als auch für maschinelle (z.B. mit Hilfe eines Bildverarbeitungssystems) Klassifizierung und Sortierung geeignet.

EP 1 386 673 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf die Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz unter Berücksichtigung der Maß und Materialeigenschaften.

[0003] Die Sortierung von Schnittholz ist eine notwendige Voraussetzung für eine zweckmäßige Verwendung von Holz. Die Güte der Sortierung bestimmt die mögliche Verwendung und ist daher von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung für alle Bereiche der Holzbe- und -verarbeitung.

[0004] Es ist bekannt, dass man für die Sortierung der Holzstücke (Bretter, Bohlen usw.) ein Klassifizierungsverfahren braucht, wobei sich die im Vorfeld definierten Klassen nach entsprechenden Kriterien unterscheiden.

[0005] Für Nadelschnittholz als Baumaterial hat sich die Sortierung nach der Tragfähigkeit als Standardverfahren (DIN 4074-1) durchgesetzt. Dabei werden alle Störungen der Holzstruktur (Fehler) wie z.B. Äste, Risse usw., die die Festigkeit des Holzes beeinflussen, berücksichtigt.

[0006] Bei der Sortierung des Laubholzes wird bisher das Schnittholz nach dem Aussehen, d.h. nach dem optischen Gesamteindruck (Tegernseer Gebräuche) bewertet, wobei die Fehler, ihr Zustand und Größe sowie ihre Anzahl und Häufigkeit die maßgeblichen Bewertungskriterien sind.

[0007] An diesem Verfahren, das als Stand der Technik gilt, ist nachteilig, dass nur die detaillierte Beschreibung der Fehler und deren Position als Qualitätskriterien verwendet werden, aber die fehlerfreie Nutzfläche nicht maßgebend für die Bewertung des Schnittholzes berücksichtigt wird. Damit reicht dieses Verfahren noch lange nicht aus, um eine eindeutig definierte Klassifizierung und damit eine sichere Sortierung zu gewährleisten.

[0008] Ein weiteres Verfahren (Regeln für die Vermessung & Sortierung von Nordamerikanischem Laubschnittholz, National Hardwood Lumber Association, P.O.Box 34518, Memphis, Teenies 38184-0518, U.S.A.) verwendet zur Klassifizierung ein Schnittmuster, das aus fest definierten Klassen besteht, denen fest definierte Teilstücke (Cuttings) zugewiesen sind. Diese Sortierungsbestimmungen beruhen damit hauptsächlich auf der Ausnutzung des Schnittholzes. Dieses Verfahren hat eine Vergleichsbasis geschaffen, auf der der Wert der Bretter ermittelt werden kann.

[0009] Leider ist dieses Verfahren wegen der Komplexität der Klassendefinition sehr aufwändig. Außerdem erlaubt es keine beliebige Länge des Schnittholzes und keine freie Definition der Cuttings und damit der Klassen. Somit ist keine flexible und gleichzeitig explizite Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz nach Kundenwunsch möglich.

[0010] Eine ähnliche Lösung ist vom EP 0899069A2 bekannt, in welchem ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Weiterverarbeitung von unbesäumten Rohbrettern beschrieben ist. Mit dessen Hilfe kann der Ausschuss verringert und die Ausnutzung der Rohware verbessert werden. Dabei werden die Maße und alle Fehler des Rohbrettes erfasst. Dann erfolgt die Berechnung eines individuellen Schnittmusters für jedes Rohbrett, bei dem Fehlstellen ausgespart werden und der Rest der Fläche so auf die verschiedenen Teilstücke (Kanteln) aufgeteilt wird, dass eine optimale Ausnutzung des Materials erreicht wird. Die Maße der gewünschten Kanteln sollen dabei festgelegt und angegeben werden.

[0011] Dieses Verfahren definiert aber nicht, wie die maximale Ausbeute des Rohbrettes erreicht werden soll und welche Parameter sowie Grenzwerte dafür verantwortlich sind. Es sind keine Kriterien für eine objektiv optimale Art und Weise der Belegung der Nutzfläche mit fehlerfreien Teilflächen (Kanteln) genannt worden. Damit bleibt dieser Prozess vollständig subjektiv und bietet damit keine Möglichkeit für eine flexible und explizite Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz zu schaffen, das eine eindeutige, einfache, schnelle, flexible und gleichzeitig explizite Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz nach Kundenwunsch erlaubt. Das Verfahren soll sowohl für menschliche als auch für maschinelle (z.B. mit Hilfe eines Bildverarbeitungssystems) Klassifizierung und Sortierung geeignet sein.

[0013] Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch die Merkmale der Patentansprüche 1 bis 11.

[0014] Erfindungsgemäß sollen zuerst die Konturen und alle Fehler des Laubschnittholzes erkannt und gemessen werden. Dafür können bekannten Normen wie z.B. Tegernseer Gebräuche oder DIN 68 367 "Bestimmung der Güte-merkmale von Laubschnittholz" und DIN 68 371 (Vormorm) "Messen von Laubschnittholz" bzw. speziell nach Kundenwunsch definierte Merkmale und Maße verwendet werden.

[0015] Normalerweise sind bis maximal fünf Güteklassen für eine Laubschnittholzsortierung verwendbar, die üblicherweise als **A, B, C, D, E** bzw. als **A, A/B, B, B/C, C** bezeichnet werden. Dies soll nicht als eine Einschränkung der vorgeschlagenen Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz sondern als ein Beispiel dafür dienen.

[0016] **Gemäß Anspruch 1** werden die identifizierten Konturen des Schnittholzes, dessen Maße (Länge L und Breite B) sowie Größe und Position der gefundenen Fehler als Ausgangsdaten für die Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz benutzt, wobei jede Klasse auf der Basis von folgenden vier Parametern ausgelegt werden kann:

- Gesamtanteil der nutzbaren Länge λ_L : Welchen minimalen Längenanteil muss ein fehlerfreies Stück (Cutting) in

der entsprechende Güteklasse aufweisen (in Prozent bezogen auf die Gesamtlänge: $\lambda_L \cdot 100\%$).

- Gesamtanteil der nutzbaren Breite λ_B : Welchen minimalen Breitenanteil muss ein fehlerfreies Stück (Cutting) in der entsprechenden Güteklasse aufweisen (in Prozent bezogen auf die Gesamtbreite: $\lambda_B \cdot 100\%$).
- Zulässige Anzahl der Nutzstücke (Cuttings) N : Wie oft darf der fehlerfreie Bereich in der entsprechenden Güteklasse gestückelt werden.
- Optimierungsart (Längs-, Quer- oder Flächenschnitt): Die maximale Nutzfläche (Cutting) wird vorzugsweise in Längsrichtung bzw. in Querrichtung oder richtungsunabhängig für maximale Fläche errechnet.

[0017] Mit Hilfe von diesen vier Parametern lassen sich unterschiedliche Klassen flexibel definieren.

[0018] Desweiteren müssen noch die Maße der absolut kleinstmöglichen Cuttings (Länge l_{min}^{abs} und Breite b_{min}^{abs}) festgelegt werden.

[0019] Um eine Klassendefinition durchführen zu können, soll zuerst entschieden werden, welche Optimierungsart (Längs-, Quer- oder Flächenschnitt) bevorzugt wird. Dann sollen Ausnutzung der Länge λ_L , Ausnutzung der Breite λ_B und Anzahl der zulässigen Cuttings N für jede Klasse festgelegt werden.

[0020] Falls Längsschnitt (LS) als Optimierungsart bevorzugt wird und die zulässige Anzahl der Cuttings N größer als eins ist, dürfen die Cuttings in zwei Reihen nebeneinander liegen, um deren maximale Länge zu erreichen.

[0021] Falls Querschnitt (QS) als Optimierungsart bevorzugt wird und die zulässige Anzahl der Cuttings N größer als eins ist, sollen sämtliche Cuttings untereinander liegen, um deren maximale Breite zu erreichen.

[0022] Falls Flächenschnitt (FS) als Optimierungsart bevorzugt wird und die zulässige Anzahl der Cuttings N größer als eins ist, dürfen sämtliche Cuttings paarweise untereinander bzw. nebeneinander liegen, um die maximale Fläche zu erreichen.

[0023] Offensichtlich spielt die Optimierungsart keine Rolle, wenn die zulässige Anzahl der Cuttings N eins ist.

[0024] Außerdem ist es nicht sinnvoll, die zulässige Anzahl der Cuttings N als drei zu definieren.

[0025] Die vier obengenannten Parameter sowie die Länge L und Breite B des aktuellen Schnittholzes werden benutzt, um die Größe der klassenspezifischen minimalen Cuttings (Länge l_{min}^i und Breite b_{min}^i) zu berechnen. Dafür sollen folgende Formeln verwendet werden:

- für $N^i = 1$:

$$l_{min}^i = L \cdot \lambda_L^i;$$

$$b_{min}^i = L \cdot \lambda_B^i;$$

- für $N^i = 2$; $N^i \geq 4$:

- beim Längsschnitt (LS):

$$l_{min_LS}^i = \frac{L}{N^i - k^i} \cdot (2 \cdot \lambda_L^i - 1);$$

$$b_{min_LS}^i = \frac{B}{2} \cdot (2 \cdot \lambda_B^i - 1);$$

- beim Querschnitt (QS):

$$l_{min_QS}^i = \frac{L}{2 \cdot (N^i - k^i)} \cdot (2 \cdot \lambda_L^i - 1);$$

$$b_{min_QS}^i = B \cdot (2 \cdot \lambda_B^i - 1);$$

- beim Flächenschnitt (FS):

$$l_{\min_FS}^i = \frac{L}{2 * (N^i - k^i)} * (2 * \lambda_L^i - 1);$$

5

$$b_{\min_FS}^i = \frac{B}{2} * (2 * \lambda_L^i - 1),$$

wobei:

10

i - Klassenindex;

k^i - ganzzahliges Ergebnis der Division der Anzahl der klassenspezifischen zulässigen Cuttings N^i mit zwei:

15

$$k^i = \lfloor \frac{N^i}{2} \rfloor.$$

[0026] Anschließend werden die resultierenden minimalen Cutting-Größen noch mit den für alle Klassen geltenden vordefinierten absoluten minimalen Cutting-Größen verglichen. Für alle Klassen muss gelten:

20

$$l_{\min}^i \geq l_{\min}^{abs.}$$

$$b_{\min}^i \geq b_{\min}^{abs}$$

25

Ansonsten sollen die klassenspezifischen Größen $l_{\min}^i, b_{\min}^i$ durch die allgemein gültigen Größen $l_{\min}^{abs}, b_{\min}^{abs}$ ersetzt werden. Damit sind die Klassen festgelegt.

30

[0027] Bei weiterer Sortierung sollen auf den Schnitthölzern maximal mögliche fehlerfreie Bereiche (Cuttings) mit Berücksichtigung der Optimierungsart ermittelt und ihrer Größe nach sortiert werden. Dann dürfen nur die ersten N zulässigen Cuttings zur Klassendefinition herangezogen werden, falls diese vorhanden und nicht kleiner als die klassenspezifischen minimalen Cuttings sind. Dabei soll beachten werden, dass die Anzahl N pro Klasse ausgelegt ist. Überzählige Cuttings gehen nicht in die Berechnung der gesamten Nutzfläche für die entsprechende Klasse ein.

[0028] Alle Klassen sollen überprüft werden, bis sich eine Klasse als gültig erweist.

35

[0029] Die Fläche der pro Klasse gültigen Cuttings soll summiert werden. Mit diesem Betrag wird eine klassenspezifische Ausbeute γ^i als Anteil der Gesamtfläche berechnet:

40

$$\gamma^i = \frac{\sum_{j=1}^{j=N^i} l_j * b_j}{L * B},$$

wobei:

45

i - Klassenindex;

j - Cuttingsindex;

N^i - Anzahl der für i -te Klasse zulässigen Cuttings;

l_j - Länge der j -ten Cutting;

b_j - Breite der j -ten Cutting;

50

Die ermittelte Ausbeute γ^i wird mit einer klassenspezifischen minimal erforderlichen Ausbeute

55

$$\gamma_{\min}^i = \lambda_L^i * \lambda_B^i$$

verglichen. Sobald:

$$\gamma^j \geq \gamma_{\min}^j,$$

erweist sich eine Klasse als passend, und es findet keine weitere Überprüfung mehr statt.

[0030] Damit ist das Verfahren flexibel, einfach und erlaubt eine schnelle und explizite Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz. Dabei kann die minimale und ermittelte Ausbeute des Schnittholzes für die festgestellte Klasse $\gamma_{\min}^j, \gamma^j$ (in Prozent zur Gesamtfläche: $\gamma_{\min}^j * 100\%, \gamma^j * 100\%$) als zusätzliche Information zur Verfügung gestellt werden.

[0031] Bekanntermaßen kann die Breite des Schnittholzes bei unbesäumten Schnitthölzern nach unterschiedlichen Arten (Tegernseer Gebräuche) ermittelt werden: Halbbaumbreite, Deck- oder Schnittbreite. Bei besäumten Schnitthölzern kann selbstverständlich nur die Schnittbreite gemessen werden. Deshalb hängt der Gesamtanteil der nutzbaren Breite von der zugehörigen Ermittlungsart ab und lässt Schnitthölzer dementsprechend klassifizieren und sortieren.

Gemäß Anspruch 2 lässt sich die Ermittlungsart der Breite bei der Auswertung der Klasse berücksichtigen und erlaubt damit eine davon abhängige Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz. Dabei soll die Breite des Schnittholzes B je nach Definitionsart als Halbbaumbreite B_{HB} , als Deckbreite B_D oder als Schnittbreite B_S ermittelt und bei der Klassenbestimmung und weiterer Sortierung berücksichtigt werden.

[0032] Gemäß Anspruch 3 lässt sich jedes auf dem Holz zu prüfende Objekt wie z.B. Ast, Riss, Rotkern usw. oder selbst Holzstruktur je nach Art, Maß oder Größe entweder als ein Fehler oder als ein allgemeines Merkmal des Holzes (kein Fehler) behandeln und kann dementsprechend die Klassifizierung und Sortierung von Schnitthölzern beeinflussen. Die Fehler bestimmen die Cuttings und damit die entsprechende Güteklasse. Die Anwesenheit von Merkmalen kann unterschiedliche Wirkung auf die Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz verursachen. Die Merkmale können entweder gleich bei der Cuttingserzeugung berücksichtigt werden oder erst bei bereits erzeugten Cuttings als ein zusätzliches Qualitätskriterium dienen. Dabei können schon festgestellte Güteklassen um eine bzw. mehrere Stufen verbessert bzw. verschlechtert oder sogar eine extra definierte Klasse gebildet werden. Beispielsweise kann die Anwesenheit des Rotkernes zu einer Einstufung in eine extra Klasse führen.

[0033] Gemäß Anspruch 4 lässt sich der Typ des Fehlers und dessen maximale noch zulässige Größe, die bei der Erzeugung der Cuttings berücksichtigt werden soll, pro Klasse festlegen. D.h. beispielsweise, dass verschiedene Fehlertypen und Fehlergröße für unterschiedliche Klassen maßgebend sind. Damit gewinnt die Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz eine größere Flexibilität.

[0034] Gemäß Anspruch 5 lässt sich die Optimierungsart, die bei der Erzeugung der Cuttings berücksichtigt werden soll, pro Klasse festlegen. D.h. beispielsweise, dass für eine höhere Klasse nur Längsschnitt, für eine niedrigere Klasse schon Flächenschnitt erlaubt werden darf. Damit gewinnt die Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz eine größere Flexibilität.

[0035] Gemäß Anspruch 6 lässt sich die absolut minimale Größe der Cuttings (Länge $l_{\min}^{abs}$ und Breite $b_{\min}^{abs}$) pro Klasse festlegen: $l_{\min}^{abs}, b_{\min}^{abs}$. Damit gewinnt die Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz eine größere Flexibilität.

[0036] Gemäß Anspruch 7 lassen sich die für eine Klasse notwendigen Cuttings nicht nur prozentual sondern auch absolut nach Größe definieren, wobei die minimale Länge $l_{\min}^j$ und Breite $b_{\min}^j$ eines fehlerfreien Stücks (Cutting), das in der entsprechenden Güteklasse vorkommen darf, direkt definiert werden können. Dabei soll die klassenspezifische Ausbeute γ^j als Anteil der Gesamtfläche berechnet werden.

[0037] Die ermittelte Ausbeute γ^j wird mit folgender, entgegen in **Anspruch 1** definierten, klassenspezifischen minimal erforderlichen Ausbeute

$$\gamma_{\min}^j = \frac{N^j * l_{\min}^j * b_{\min}^j}{L * B}$$

verglichen. Sobald:

$$\gamma^j \geq \gamma_{\min}^j,$$

erweist sich eine Klasse als passend, und es findet keine weitere Überprüfung mehr statt.

[0038] In diesem Fall bleiben die allgemeinen bzw. klassenspezifischen absoluten minimalen Cutting-Größen $l_{\min}^{abs}, b_{\min}^{abs}$ und $l_{\min}^{abs}, b_{\min}^{abs}$ unberücksichtigt.

[0039] Gemäß Anspruch 8 lassen sich die für eine Klasse notwendigen Cuttings absolut nach Größe definieren, jedoch soll dabei die klassenspezifische minimale Anzahl der zulässigen Cuttings $N_{\min}^j$ als erforderliches Kriterium für die Klassendefinition dienen. D.h., dass mindestens die erforderliche Anzahl $N_{\min}^j$ zulässiger Cuttings aus dem Schnittholz herauszuholen sein soll. Sobald:

$$N^i \geq N_{\min}^i,$$

erweist sich eine Klasse als passend, und es findet keine weitere Überprüfung mehr statt.

5 **[0040]** In diesem Fall bleiben die allgemeinen bzw. klassenspezifischen absoluten minimalen Cutting-Größen $b_{\min}^{abs}$ und $l_{\min}^{abs}$, sowie die klassenspezifische minimale Ausbeute $\gamma_{\min}^{abs}$ unberücksichtigt.

10 **[0041]** Bekanntermaßen ist Laubschnittholz in verschiedenen Längen erhältlich. Dabei kann eine Standardlänge L_0 des Laubschnittholzes, auf die die klassenbestimmenden Parameter bezogen sind, nach unterschiedlichen Normen festgelegt werden, z.B. 1m (DIN 68 367, DIN 4074) oder 3m (Tegernseer Gebräuche). Trotzdem soll ein längeres Holzstück genau so wie ein von gleicher Qualität aber kürzeres behandelt werden.

15 **[0042]** Logischerweise dürfen die klassenbezogenen Parameter wie Gesamtanteil der nutzbaren Länge λ_L , Gesamtanteil der nutzbaren Breite λ_B und Optimierungsart (Längs-, Quer- oder Flächenschnitt) dadurch nicht verändert werden. Das einzige, was sich dabei verändert, ist die zulässige Anzahl der Cuttings N . **Gemäß Anspruch 9** soll die klassenspezifische zulässige Anzahl der Cuttings $N(L_0)$, die auf eine Standardlänge L_0 ausgelegt wurde, für eine reelle Länge L umgerechnet werden, falls diese die Standardlänge L_0 überschreitet. Die neue klassenspezifische zulässige Anzahl der Cuttings $N'(L)$ soll folgendermaßen berechnet werden:

- für $N'(L_0) = 1$:

20
$$N'(L) = N(L_0) * p = p;$$

- für $N' = 2$; $N' \geq 4$:

25
$$N'(L) = N'(L_0) * p + 2 * q^i,$$

falls:

30
$$\eta < \eta_{\min}^i(L);$$

ansonsten:

35
$$N'(L) = N'(L_0) * p + 2 * q^i + 1,$$

wobei:

40 $N'(L_0)$ - klassenspezifische zulässige Anzahl der Cuttings auf der Standardlänge L_0 ;
 p - ganzzahliges Ergebnis der Division der Länge des Schnittholzes mit der Standardlänge L_0 ;

45
$$p = \left[\frac{L}{L_0} \right];$$

q^i - ganzzahliges Ergebnis der Division der Restlänge Δl des Schnittholzes mit der klassenspezifischen lokalen Standardlänge l_0 :

50
$$q^i = \left[\frac{\Delta l}{l_0} \right];$$

η - das Verhältnis zwischen der reellen Länge des Schnittholzes L und der Standardlänge L_0 :

55
$$\eta = \frac{L}{L_0};$$

$\eta_{\min}^i(L)$ - ein klassen- und längenspezifisches minimales Grenzverhältnis.

[0043] Die Restlänge Δl , die klassenspezifische lokale Standardlänge l_0 und das klassenspezifische minimale Grenzverhältnisse $\eta_{\min}^i(L)$ sind:

$$\Delta l = L - L_0 * p;$$

$$l_0 = \frac{L_0}{k^j};$$

$$\eta_{\min}^i(L) = p + \frac{q^j + 1}{N^j(L_0) - k^j} + \frac{1}{2 * \lambda_L^i} * \left(\frac{q^j}{k^j} - \frac{q^j + 1}{N^j(L_0) - k^j} \right).$$

[0044] Bekanntermaßen können Schnitthölzer auf den verschiedenen Seiten unterschiedliche Fehler haben, die darüber hinaus an unterschiedlichen Stellen auftreten. **Gemäß Anspruch 10** lässt sich sowohl die beste als auch die schlechteste Seite sowie die beiden Seiten kombiniert als sogenanntes Durchbild des Schnittholzes bei der Klassifizierung und Sortierung berücksichtigen. Bei der Klassifizierung nach besserer bzw. nach schlechterer Seite wird jede Seite des Schnittholzes unabhängig von einander klassifiziert. Danach wird die bessere bzw. die schlechtere Seite als Basis für die Auswertung des Schnittholzes genommen und die andere Seite, falls gewünscht, zur Korrektur hinzugezogen. Z.B. kann ein Schnittholz nach besserer Seite ausgewertet werden, wobei die schlechtere Seite eine Abstufung um eine bzw. mehrere Stufen verursachen könnte. Im Gegenfall kann ein Schnittholz nach schlechterer Seite ausgewertet werden, wobei die bessere Seite eine Einstufung um eine bzw. mehrere Stufen nach oben verursachen könnte.

[0045] Das Durchbild stellt alle Fehler und Kanten des Schnittholzes beider Seiten dar und erlaubt damit eine Erzeugung der Cuttings, die von allen Seiten fehlerfrei sind. Diese strengste Art der Auswertung bringt zwar die kleinste Ausbeute aber dafür die beste Qualität von Waren.

[0046] **Gemäß Anspruch 11** lässt sich die Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz für kommerzielle Zwecke unter Berücksichtigung der für die einzelnen Klassen gültige Preise durchführen. Damit kann ein Schnittholz, das in eine höhere Klasse eingestuft wurde, aber eine größere Ausbeute in einer niedrigeren Klasse und damit einen größeren Wert aufweist, bevorzugt in die niedrigere Klasse eingeordnet werden.

[0047] Somit kann sowohl auf eine Klassifizierung, die sich nur auf Fehler aber nicht auf die fehlerfreie Nutzfläche bezieht (Tegernseer Gebräuche), als auch auf die aufwendige und inflexible Klassifizierung von Laubschnittholz (Regeln für die Vermessung & Sortierung von Nordamerikanischem Laubschnittholz) durch das hier genannte Verfahren zur Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz verzichtet werden.

[0048] Die Einzelheiten der Erfindung werden in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen anhand der **Fig. 1 - 7** und **Tabellen 1 - 3** erläutert.

[0049] Als Beispiel kann eine vierstufige Klassifizierung vorgenommen werden. Für diese können die Klassen **A**, **B**, **C** und **D** so definiert werden, wie es in der **Tabelle 1** dargestellt ist. Dabei sind der Gesamtanteil der nutzbaren Länge λ_L und der Gesamtanteil der nutzbaren Breite λ_B sowie die Optimierungsart (Längsschnitt) für die Güteklassen **A**, **B** und **C** gleich. Die Klasse **D** ist für den Rest vorgesehen. Der einzige Parameter, der sich von einer zu anderer Güteklasse ändert, ist die zulässige Anzahl der Cuttings N^i .

[0050] Für die höchste Klasse **A** (**Fig. 1,a**) darf aus dem zu prüfenden Schnittholz **1** nur ein komplettes Stück (Cutting) **2** herauskommen ($N^i = 1$). Falls dieses Stück eine Ausbeute γ^A aufweist, die größer als die klassenspezifische minimale Ausbeute $\gamma_{\min}^A$ ist ($\gamma^A \geq \gamma_{\min}^A$), wird das Schnittholz als gut anerkannt und zwar in Klasse **A** eingestuft.

[0051] Die Schnitthölzer, die einen Fehler in der Mitte enthalten, erlauben ein einziges fehlerfreies Stück nicht mehr (**Fig. 1,b**). Das wird berücksichtigt, indem zwei Stücke **2** aus dem zu prüfenden Schnittholz **1** genutzt werden können ($N^i = 2$). Falls diese Stücke zusammen eine Ausbeute γ^B aufweisen, die größer als die klassenspezifische minimale Ausbeute $\gamma_{\min}^B$ ist ($\gamma^B \geq \gamma_{\min}^B$), wird das Schnittholz als gut anerkannt, jedoch in eine Güteklasse tiefer und zwar in Klasse **B** eingestuft.

[0052] Falls mehrere Fehler auf dem Schnittholz **1** aufgetreten sind aber vier größtmögliche fehlerfrei Stücke **2** zusammen noch die notwendige klassenspezifische minimale Ausbeute $\gamma_{\min}^C$ gewährleisten können ($\gamma^C \geq \gamma_{\min}^C$) (**Fig. 1,c**), wird dieses Schnittholz in die Güteklasse **C** eingeordnet.

[0053] Alle weiteren Schnitthölzer, die nicht in diese drei Güteklasse passen, sollen in die Klasse **D** (schlechteste Ware) eingeordnet werden.

[0054] Für die anderen Optimierungsarten (Quer- und Flächenschnitt) bei gleichbleibenden Parametern (**Tabelle 1**) sind entsprechende Beispiele in **Fig. 2** und **3** dargestellt.

Tabelle 1.

Güteklasse	Gesamtanteil der nutzbaren Länge λ_L	Gesamtanteil der nutzbaren Breite λ_B	Zulässige Anzahl der Cuttings N^i
A	0.8	0.8	1
B	0.8	0.8	2
C	0.8	0.8	4
D	REST		

Patentgemäß sollen die klassenspezifischen minimalen Cutting-Größen ($l_{\min}^i, b_{\min}^i$) auch mit den für alle Klassen geltenden absoluten minimalen Cutting-Größen ($l_{\min}^{abs}, b_{\min}^{abs}$) verglichen werden. Dabei unterscheidet man innerhalb von jeder Klasse einen größtmöglichen ($l_{\max}^i, b_{\max}^i$) und einen kleinstmöglichen ($l_{\min}^i, b_{\min}^i$) klassenspezifischen Cutting. Diese beiden Cuttings bilden ein klassenspezifisches Paar, das den k^i -ten Teil des Schnittholzes besetzt und den k^i -ten Teil der erforderlichen fehlerfreien Fläche aufweist, wobei: k^i - ganzzahliges Ergebnis der Division der Anzahl der klassenspezifischen zulässigen Cuttings N^i mit zwei:

$$k^i = \left\lceil \frac{N^i}{2} \right\rceil. \quad (1)$$

[0055] Dabei kann man die Größe des kleinstmöglichen Cuttings anhand der Länge L und der Breite B des Schnittholzes sowie der Größe des größtmöglichen Cuttings berechnen.

[0056] Für $N^i = 1$ sind diese Cuttings identisch:

$$l_{\min}^i = l_{\max} \cdot L \cdot \lambda_L^i; \quad (2a)$$

$$b_{\min}^i = b_{\max}^i = L \cdot \lambda_B^i. \quad (2b)$$

[0057] Für $N^i \geq 2$ sind sie von der Optimierungsart abhängig.

[0058] Die Maße der zulässigen Cuttings sollen aus einem Paar der minimalen und maximalen Cuttings berechnet werden. Da die Schnitthölzer in der Längsrichtung wesentlich größere Dimension als in der Querrichtung besitzen, wirkt sich die weitere Erhöhung der zulässigen Anzahl der Cuttings nur auf die minimale Länge, jedoch nicht auf die minimale Breite der Cuttings aus. Deswegen soll die nutzbare Breite nur mit maximal zwei Cuttings (LS, FS) bzw. einem Cutting (QS, FS) gewährleistet werden. Dabei nimmt der maximale Cutting die Hälfte der Fläche des k^i -ten Teiles des Schnittholzes ein:

$$l_{\max}^i \cdot b_{\max}^i = \frac{L \cdot B}{2 \cdot k^i}. \quad (3)$$

[0059] Beim Längsschnitt (LS) bekommt man für eine Anzahl der zulässigen Cuttings N^i (**Fig. 4,a**):

$$l_{\max_LS}^i = \frac{L}{k^i}; \quad (4a)$$

$$b_{\max_LS}^i = \frac{B}{2}, \quad (4b)$$

Die gesamte nutzbare Länge für dieses zu untersuchendes Stück **1** mit Berücksichtigung der doppelten Länge, die aus zwei Reihen nebeneinander liegender Cuttings **2** entsteht, ist:

$$2 * L * \lambda_L^i = k^i * l_{\max_LS}^i + (N^i - k^i) * l_{\min_LS}^i, \quad (5)$$

wobei:

k^i - Anzahl der größtmöglichen Cuttings,
 $(N^i - k^i)$ - Anzahl der kleinstmöglichen Cuttings.

Aus (4) und (2a) ergibt sich:

$$l_{\min_LS}^i = \frac{L}{N^i - k^i} * (2 * \lambda_L^i - 1). \quad (6)$$

Es ist leicht zu erkennen, dass die Werte von $l_{\min_LS}^i$ für $N^i = 4$ und $N^i = 3$ gleich sind:

$$l_{\min_LS}^i = \frac{L}{2} * (2 * (\lambda_L^i - 1)). \quad (7)$$

Dagegen soll der größtmögliche Cutting für $N^i = 3$ wesentlich größer als für $N^i = 4$ sein (**Fig. 5**). Um eine optimale Belegung des zu untersuchenden Schnittholzes **1** mit angemessenen Cuttings **2** zu erzielen, ist es daher nicht sinnvoll, die zulässige Anzahl der Cuttings N^i als drei zu definieren.

[0060] Für die gesamte nutzbare Breite bekommt man unter gleichen Bedingungen:

$$B * \lambda_B^i = b_{\max_LS}^i + b_{\min_LS}^i, \quad (8)$$

Aus (8) und (4b) ergibt sich:

$$b_{\max_LS}^i = \frac{B}{2} * (2 * \lambda_B^i - 1). \quad (9)$$

[0061] Beim Querschnitt (QS) bekommt man für eine vorgegebene Anzahl der zulässigen Cuttings N^i (**Fig. 4,b**):

$$l_{\max_QS}^i = \frac{L}{2 * k^i}; \quad (10a)$$

$$b_{\max_QS}^i = B. \quad (10b)$$

Die gesamte nutzbare Länge für das zu untersuchende Schnittholz **1** unter Berücksichtigung der einfachen Länge, die aus einer Reihe untereinander liegender Cuttings **2** entsteht, ist:

$$L * \lambda_L^i = k^i * l_{\max_QS}^i + (N^i - k^i) * l_{\min_QS}^i. \quad (11)$$

Aus (11) und (10a) ergibt sich:

$$l_{\min_QS}^i = \frac{L}{2 * (N^i - k^i)} * (2 * \lambda_L^i - 1). \quad (12)$$

[0062] Für die gesamte nutzbare Breite bekommt man unter gleichen Bedingungen wie beim Längsschnitt:

$$2 * B * \lambda_B^i = b_{\max_QS}^i + b_{\min_QS}^i. \quad (13)$$

Aus (13) und (10b) ergibt sich:

$$b_{\min_QS}^i = B * (2 * \lambda_B^i - 1). \quad (14)$$

[0063] Weil der Flächenschnitt (FS) sowohl den Längsschnitt als auch den Querschnitt beinhaltet, soll der zugehörige minimale zulässige Cutting die minimale Länge vom Querschnitt und die minimale Breite vom Längsschnitt besitzen:

$$l_{\min_FS}^i = l_{\min_QS}^i = \frac{L}{2 * (N^i - k^i)} * (2 * \lambda_L^i - 1); \quad (15)$$

$$b_{\min_FS}^i = b_{\min_LS}^i = \frac{B}{2} * (2 * \lambda_B^i - 1). \quad (16)$$

[0064] Beim Quer- und Flächenschnitt genauso wie beim Längsschnitt ist es nicht sinnvoll, die zulässige Anzahl der Cuttings N^i als drei zu definieren.

[0065] Für alle Fälle und für alle Klassen gilt:

$$\lambda_L^i > 0.50; \quad (17a)$$

$$\lambda_B^i > 0.50, \quad (17b)$$

was der Praxis entspricht, und

$$l_{\min}^i \geq l_{\min}^{abs}, \quad (18a)$$

$$b_{\min}^i \geq b_{\min}^{abs}. \quad (18b)$$

[0066] Ansonsten sollen die klassenspezifischen Größen $l_{\min}^i, b_{\min}^i$ durch die allgemein gültigen Größen $l_{\min}^{abs}, b_{\min}^{abs}$ ersetzt werden.

[0067] Als weiteres Beispiel kann eine fünfstufige Klassifizierung angenommen werden, wobei die Optimierungsart immer als Längsschnitt definiert ist, die anderen Parameter aber für die verschiedenen Klassen variieren (**Tabelle 2, Fig. 6**).

Tabelle 2.

Güteklasse	Gesamtanteil der nutzbaren Länge λ_L	Gesamtanteil der nutzbaren Breite λ_B	Zulässige Anzahl der Cuttings N^i
A	0.85	0.95	1
A/B	0.8	0.9	2
B	0.75	0.85	4
B/C	0.7	0.8	6
C	REST		

[0068] Alle obengenannte Beispiele beziehen sich auf den Fall, in dem die Länge des Schnittholzes L eine vordefinierte Standardlänge L_0 nicht überschreitet. Andernfalls soll die klassenspezifische zulässige Anzahl der Cuttings $N^i(L_0)$, die auf die Standardlänge L_0 ausgelegt ist, durch einen neuen, der wirklichen Länge des Schnittholzes L entsprechenden Wert $N^i(L)$ ersetzt werden.

[0069] Wenn die Länge des Schnittholzes L ein Vielfaches der Standardlänge L_0 ist (**Fig. 7,a**), soll sich die Anzahl $N^i(L_0)$ um p mal vergrößern, wobei p das ganzzahlige Ergebnis der Division der Länge des Schnittholzes L mit der Standardlänge L_0 ist:

$$p = \left\lfloor \frac{L}{L_0} \right\rfloor \quad (19)$$

5 Für einen ganzzahligen Wert vom Verhältnis

$$\eta = \frac{L}{L_0} \quad (20)$$

10

ergibt sich:

$$N^i(L) = N^i(L_0) * p \quad (21a)$$

15

oder, falls $N^i(L_0) = 1$:

$$N^i(L) = p. \quad (21b)$$

20

[0070] Für $N^i(L_0) = 1$ ist (21b) für alle weitere η gültig.

[0071] Für $N^i(L_0) = 2$ bzw. $N^i(L_0) \geq 4$ können sich noch weitere Cuttings auf der Restlänge Δl befinden, wenn das Verhältnis η keinen ganzzahligen aber einen größeren Wert als eins aufweist, wobei:

25

$$\Delta l = L - L_0 * p. \quad (22)$$

30

Diese zusätzliche Anzahl der Cuttings kann mit Hilfe einer klassenspezifischen lokalen Standardlänge

$$l_0 = \frac{L_0}{k^i} \quad (23)$$

35

berechnet werden. Diese Länge entspricht dem Bereich, auf dem sich exakt ein Paar von Cuttings befinden kann (**Fig. 7,b**).

[0072] Damit können sich auf der Restlänge Δl noch q^i Cutting-Paare befinden, wobei q^i das ganzzahlige klassenspezifische Ergebnis der Division der Restlänge Δl des Schnittholzes mit der klassenspezifischen lokalen Standardlänge l_0 ist:

40

$$q^i = \left\lfloor \frac{\Delta l}{l_0} \right\rfloor. \quad (24)$$

45

Für einen ganzzahligen Wert von q^i ergibt sich:

$$N^i(L) = N^i(L_0) * p + 2 * q^i. \quad (25)$$

50

Bei weiterer Vergrößerung der Länge L ergibt sich eine Länge $\tilde{L}$, die noch einen und zwar zuerst den kleinstmöglichen Cutting unterbringen kann (**Fig. 7,c**):

55

$$\tilde{L} = L_0 * p + 2 * q^i + 1 \quad (26)$$

und

$$N^i(\tilde{L}) = N^i(L_0) * p + 2 * q^i + 1. \quad (27)$$

5 Dabei soll die gesamte nutzbare Länge mit den erzielten Cuttings übereinstimmen. Damit bekommt man beim Längsschnitt (LS) unter Berücksichtigung der doppelten Länge $2 * \tilde{L}$, die aus zwei Reihen nebeneinander liegender Cuttings entsteht, eine gesamte nutzbare Länge:

$$2 * \tilde{L} * \lambda_L^i = p * (k^i * l_{\max_LS}^i + (N^i(L_0) - k^i) * l_{\min_LS}^i) + q^i * l_{\max_LS}^i + q^i * l_{\min_LS}^i + l_{\min_LS}^i. \quad (28)$$

15 Aus der (28) mit (6) und (4a) mit L_0 statt L ergibt sich:

$$2 * \tilde{L} * \lambda_L^i = L_0 * ((p + \frac{q^i + 1}{N^i(L_0) - k^i}) * 2 * \lambda_L^i + \frac{q^i}{k^i} - \frac{q^i + 1}{N^i(L_0) - k^i}). \quad (29)$$

20 Daraus kann ein klassen- und längenspezifisches minimales Grenzverhältnis $\eta_{\min_LS}^i(L)$ beim Längsschnitt berechnet werden:

$$\eta_{\min_LS}^i(L) = \frac{L^*}{L_0} = p + \frac{q^i + 1}{N^i(L_0) - k^i} + \frac{1}{2 * \lambda_L^i} * (\frac{q^i}{k^i} - \frac{q^i + 1}{N^i(L_0) - k^i}). \quad (30)$$

30 Anhand der Koeffizienten η und $\eta_{LS}^i(L)$ kann entschieden werden, wie die neue klassenspezifische zulässige Anzahl der Cuttings $N^i(L)$ berechnet werden soll. Falls $\eta < \eta_{\min_LS}^i(L)$, wird die Anzahl $N^i(L)$ nach (25), andernfalls nach (27) berechnet.

[0073] Beim Quer- und Flächenschnitt kann das gleiche Verfahren und zwar mit gleichem Ergebnis durchgeführt werden:

$$\begin{aligned} \eta_{\min}^i(L) &= \eta_{\min_QS}^i(L) = \eta_{\min_FS}^i(L) = \eta_{\min_LS}^i(L) = \\ &= p + \frac{q^i + 1}{N^i(L_0) - k^i} + \frac{1}{2 * \lambda_L^i} * (\frac{q^i}{k^i} - \frac{q^i + 1}{N^i(L_0) - k^i}). \end{aligned} \quad (31)$$

45 Im Fall $p = 1$ kann (31) folgendermaßen berechnet werden:

- für gerade klassenspezifische zulässige Anzahl der Cuttings $N^i(L_0) = 2 * k^i$:

$$\eta_{\min}^i(L) = 1 + \frac{q^i + 1}{k^i} - \frac{1}{2 * \lambda_L^i * k^i}; \quad (32a)$$

- für ungerade klassenspezifische zulässige Anzahl der Cuttings $N^i(L_0) = 2 * k^i + 1$:

$$\eta_{\min}^i(L) = 1 + \frac{q^i + 1}{k^i + 1} - \frac{k - q^i}{2 * \lambda_L^i * k^i * (k^i + 1)} \quad (32b)$$

[0074] Als Beispiel kann die neue klassenspezifische zulässige Anzahl von Cuttings $N^i(L)$ für die drei Klassen der

obengenannten vierstufigen Klassifizierung (Längsschnitt), die auf eine Standardlänge $L_0 = 3.0\text{m}$ ausgelegt wurde, auf einer reellen Länge L von 3.0m bis 6.0m (mit einer Genauigkeit von 0.1 m) dargestellt werden (**Tabelle 3**).

Tabelle 3.

Güteklasse	Länge L , m						
	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
A	1	1	1	1	1	1	2
B	2	2	2	3	3	3	4
C	4	4	5	6	7	7	8

[0075] Die entsprechenden Tabellen, wie **Tabelle 1-3**, kann man für beliebige sowohl klassenals auch prozessspezifische Parameter mit Hilfe von (1) bis (30) erstellen.

[0076] Damit lässt sich eine eindeutige, einfache, schnelle, flexible und gleichzeitig explizite Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz nach Kundenwunsch sowohl menschlich als auch maschinell (z.B. mit Hilfe eines Bildverarbeitungssystems) durchführen.

Bezugszeichenliste

[0077]

- 1 Schnittholz
- 2 Fehlerfreies Holzstück (Cutting)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz unter Berücksichtigung der Maß und Materialeigenschaften, **dadurch gekennzeichnet, dass** die identifizierten Konturen des Schnittholzes, die beispielsweise nach bekannten Methoden für die Detektierung einer Kante identifiziert werden können, die Maße (Länge L und Breite B) sowie Größe und Position der gefundenen Fehler, die z.B. nach statistischen Methoden, basierend auf lokalen Texturmerkmalen, ermittelt werden können, als Ausgangsdaten für die Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz benutzt werden sollen, wobei jede Klasse auf der Basis von folgenden vier Parametern ausgelegt werden kann:

- Gesamtanteil der nutzbaren Länge λ_L : Welchen minimalen Längenanteil muss ein fehlerfreies Stück (Cutting) in der entsprechende Güteklasse aufweisen.
- Gesamtanteil der nutzbaren Breite λ_B : Welchen minimalen Breitenanteil muss ein fehlerfreies Stück (Cutting) in der entsprechende Güteklasse aufweisen.
- Zulässige Anzahl der Nutzstücke (Cuttings) N : Wie oft darf der fehlerfreie Bereich in der entsprechenden Güteklasse gestückelt werden.
- Optimierungsart (Längs-, Quer- oder Flächenschnitt): Die maximale Nutzfläche (Cutting) wird vorzugsweise in Längsrichtung bzw. in Querrichtung oder richtungsunabhängig für maximale Fläche errechnet.

Desweiteren müssen noch die Maße der absolut kleinstmöglichen Cuttings (Länge $l_{\min}^{abs}$ und Breite $b_{\min}^{abs}$) festgelegt werden.

Patentgemäß ist die Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz folgendermaßen durchzuführen.

Zuerst soll definiert werden, welche Optimierungsart (Längs-, Quer- oder Flächenschnitt) bevorzugt wird, wobei beim Längsschnitt (LS) dürfen die Cuttings in zwei Reihen nebeneinander liegen, beim Querschnitt (QS) sollen sämtliche Cuttings untereinander liegen und beim Flächenschnitt (FS) dürfen sämtliche Cuttings paarweise untereinander bzw. nebeneinander liegen.

Dann sollen Ausnutzung der Länge λ_L , Ausnutzung der Breite λ_B und Anzahl der zulässigen Cuttings N für jede Klasse festgelegt werden.

Als Nächstes werden die Größe der klassenspezifischen minimalen Cuttings (Länge $l_{\min}^i$ und Breite $b_{\min}^i$) mit Hilfe folgender Formeln berechnet:

- für $N^i = 1$:

$$l_{\min}^i = L * \lambda_L^i;$$

$$b_{\min}^i = L * \lambda_B^i;$$

- für $N^i = 2$; $N^i \geq 4$:

- beim Längsschnitt (LS):

$$l_{\min_LS}^i = \frac{L}{N^i - k^i} * (2 * \lambda_L^i - 1);$$

$$b_{\min_LS}^i = \frac{B}{2} * (2 * \lambda_B^i - 1);$$

- beim Querschnitt (QS):

$$l_{\min_QS}^i = \frac{L}{2 * (N^i - k^i)} * (2 * \lambda_L^i - 1);$$

$$b_{\min_QS}^i = B * (2 * \lambda_B^i - 1);$$

- beim Flächenschnitt (FS):

$$l_{\min_FS}^i = \frac{L}{2 * (N^i - k^i)} * (2 * \lambda_L^i - 1);$$

$$b_{\min_FS}^i + \frac{B}{2} * (2 * \lambda_B^i - 1),$$

wobei:

i - Klassenindex;

k^i - ganzzahliges Ergebnis der Division der Anzahl der klassenspezifischen zulässigen Cuttings mit zwei:

$$k^i = \left[\frac{N^i}{2} \right].$$

Anschließend werden die resultierenden minimalen Cutting-Größen noch mit den für alle Klassen geltenden vordefinierten absoluten minimalen Cutting-Größen verglichen. Für alle Klassen muss gelten:

$$l_{\min}^i \geq l_{\min}^{abs};$$

$$b_{\min}^i \geq b_{\min}^{abs}$$

Ansonsten sollen die klassenspezifischen Größen $l_{\min}^i$, $b_{\min}^i$ durch die allgemein gültigen Größen $l_{\min}^{abs}$, $b_{\min}^{abs}$ ersetzt werden. Damit sind die Klassen festgelegt.

Bei weiterer Sortierung sollen auf den Schnitthölzern maximal mögliche fehlerfreie Bereiche (Cuttings) mit

Berücksichtigung der Optimierungsart ermittelt und ihrer Größe nach sortiert werden. Dann dürfen nur die ersten N zulässigen Cuttings zur Klassendefinition herangezogen werden, falls diese vorhanden und nicht kleiner als die klassenspezifischen minimalen Cuttings sind. Dabei soll beachten werden, dass die Anzahl N pro Klasse ausgelegt ist. Überzählige Cuttings gehen nicht in die Berechnung der gesamten Nutzfläche für die entsprechende Klasse ein. Alle Klassen sollen überprüft werden, bis sich eine Klasse als gültig erweist. Die Fläche der pro Klasse gültigen Cuttings soll summiert werden. Mit diesem Betrag wird eine klassenspezifische Ausbeute γ^i als Anteil der Gesamtfläche berechnet:

$$\gamma^i = \frac{\sum_{j=1}^{N^i} l_j * b_j}{L * B},$$

wobei:

i - Klassenindex;

j - Cuttingsindex;

N^i - Anzahl der für i -te Klasse zulässigen Cuttings;

l_j - Länge der j -ten Cutting;

b_j - Breite der j -ten Cutting.

Die ermittelte Ausbeute γ^i wird mit einer klassenspezifischen minimal erforderlichen Ausbeute

$$\gamma_{\min}^i = \lambda_L^i * \lambda_B^i$$

verglichen. Sobald:

$$\gamma^i \geq \gamma_{\min}^i,$$

erweist sich eine Klasse als passend, und es findet keine weitere Überprüfung mehr statt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlungsart der Breite bei der Klassenbestimmung und weiterer Sortierung berücksichtigt wird, indem die Breite des Schnittholzes B je nach Definitionsart, als Halbbaubreite B_{HB} , als Deckbreite B_D oder als Schnittbreite B_S ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes auf dem Holz zu prüfende Objekt wie z.B. Ast, Riss, Rotkern usw. oder selbst Holzstruktur je nach Art, Maß oder Größe sich entweder als ein Fehler oder als ein allgemeines Merkmal des Holzes behandeln lässt und dementsprechend die Klassifizierung und Sortierung von Schnitthölzern beeinflusst. Die Fehler bestimmen die Cuttings und damit die Güteklasse. Die Anwesenheit von Merkmalen kann entweder gleich bei der Cuttingerzeugung berücksichtigt werden oder erst bei den bereits erzeugten Cuttings als ein Qualitätskriterium dienen. Dabei können schon festgestellte Güteklassen um eine bzw. mehrere Stufen verbessert bzw. verschlechtert oder sogar eine extra definierte Klasse gebildet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Typ des Fehlers und seine maximale noch zulässige Größe, die bei der Erzeugung der Cuttings berücksichtigt werden soll, pro Klasse festlegen lässt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Optimierungsart, die bei der Erzeugung der Cuttings berücksichtigt werden soll, pro Klasse festlegen lässt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die absolut minimale Größe der Cuttings (Länge $l_{\min}^{abs}$, und Breite $b_{\min}^{abs}$) pro Klasse ($l_{\min}^{i,abs}$, $b_{\min}^{i,abs}$) festlegen lässt.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die für eine Klasse nötige Cuttings nicht nur prozentual, sondern auch absolut nach Größe definieren lassen, wobei die minimale Länge $l_{\min}^i$ und Breite $b_{\min}^i$

eines fehlerfreien Stücks (Cutting), das in der entsprechenden Güteklasse vorkommen darf, direkt definiert werden können. Dabei soll die klassenspezifische Ausbeute γ^i als Anteil der Gesamtfläche berechnet werden und mit folgender klassenspezifischen minimal erforderlichen Ausbeute

$$\gamma_{\min}^i = \frac{N^i * l_{\min}^i * b_{\min}^i}{L * B}$$

verglichen werden. Sobald:

$$\gamma^i \geq \gamma_{\min}^i,$$

erweist sich eine Klasse als passend, und es findet keine weitere Überprüfung mehr statt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die klassenspezifische minimale Anzahl der zulässigen Cuttings $N_{\min}^i$ als erforderliches Kriterium für die Klassendefinition dienen soll, wobei die für eine Klasse nötigen Cuttings absolut nach Größe definiert sind. Dabei soll diese minimale erforderliche Anzahl $N_{\min}^i$ zulässiger Cuttings aus dem Schnittholz herauszuholen sein. Sobald:

$$N^i \geq N_{\min}^i,$$

erweist sich eine Klasse als passend, und es findet keine weitere Überprüfung mehr statt.

9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die klassenspezifische zulässige Anzahl der Cuttings $N^i(L_0)$, die auf eine Standardlänge L_0 ausgelegt wurde, für eine reelle Länge L umgerechnet werden soll, falls diese die Standardlänge L_0 überschreitet. Die neue klassenspezifische zulässige Anzahl der Cuttings $N^i(L)$ soll folgendermaßen berechnet werden:

- für $N^i(L_0) = 1$:

$$N^i(L) = N^i(L_0) * p = p;$$

- für $N^i = 2$; $N^i \geq 4$:

$$N^i(L) = N^i(L_0) * p + 2 * q^i,$$

falls:

$$\eta < \eta_{\min}^i(L);$$

ansonsten:

$$N^i(L) = N^i(L_0) * (p + 1) + 2 * q^i + 1,$$

wobei: $N^i(L_0)$ - klassenspezifische zulässige Anzahl der Cuttings auf der Standardlänge L_0 ;
 p - ganzzahliges Ergebnis der Division der Länge des Schnittholzes mit der Standardlänge L_0 :

$$p = \left[\frac{L}{L_0} \right];$$

q^i - ganzzahliges Ergebnis der Division der Restlänge Δl des Schnittholzes mit der klassenspezifischen lokalen

Standardlänge l_0 :

$$q^i = \left[\frac{\Delta l}{l_0} \right];$$

η - das Verhältnis zwischen der reellen Länge des Schnittholzes L und der Standardlänge L_0 :

$$\eta = \frac{L}{L_0};$$

$\eta_{\min}^i(L)$ - ein klassen- und längenspezifisches minimales Grenzverhältnis.

Die Restlänge Δl , die klassenspezifische lokale Standardlänge l_0 und das klassenspezifische minimale Grenzverhältnis $\eta_{\min}^i(L)$ sind:

$$\Delta l = L - L_0 * p;$$

$$l_0 = \frac{L_0}{k^i};$$

$$\eta_{\min}^i(L) = p + \frac{q^i + 1}{N^i(L_0) - k^i} + \frac{1}{2 * \lambda_L^i} * \left(\frac{q^i}{k^i} - \frac{q^i + 1}{N^i(L_0) - k^i} \right).$$

10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich sowohl die beste als auch die schlechteste Seite sowie die beiden Seiten kombiniert als sogenanntes Durchbild des Schnittholzes bei der Klassifizierung und Sortierung berücksichtigen lassen.

Bei der Klassifizierung nach besserer bzw. nach schlechterer Seite soll jede Seite des Schnittholzes unabhängig voneinander klassifiziert werden. Dabei wird eine Seite als Basis für die Auswertung des Schnittholzes genommen und die andere, falls gewünscht, zur Korrektur der Auswertung hinzugezogen und die Klassifizierung des Schnittholzes um eine bzw. mehrere Stufen nach unten bzw. nach oben korrigiert.

Das Durchbild stellt alle Fehler und Kanten des Schnittholzes beider Seiten dar und erlaubt damit eine Erzeugung der Cuttings, die von allen Seiten fehlerfrei sind.

11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Klassifizierung und Sortierung von Laubschnittholz unter Berücksichtigung der für die einzelnen Klassen gültigen Preise durchführen lässt, indem ein Schnittholz, das in eine höhere Klasse eingestuft wurde, aber eine größere Ausbeute in einer niedrigeren Klasse und damit einen größeren Wert aufweist, bevorzugt in die niedrigere Klasse eingeordnet werden kann.

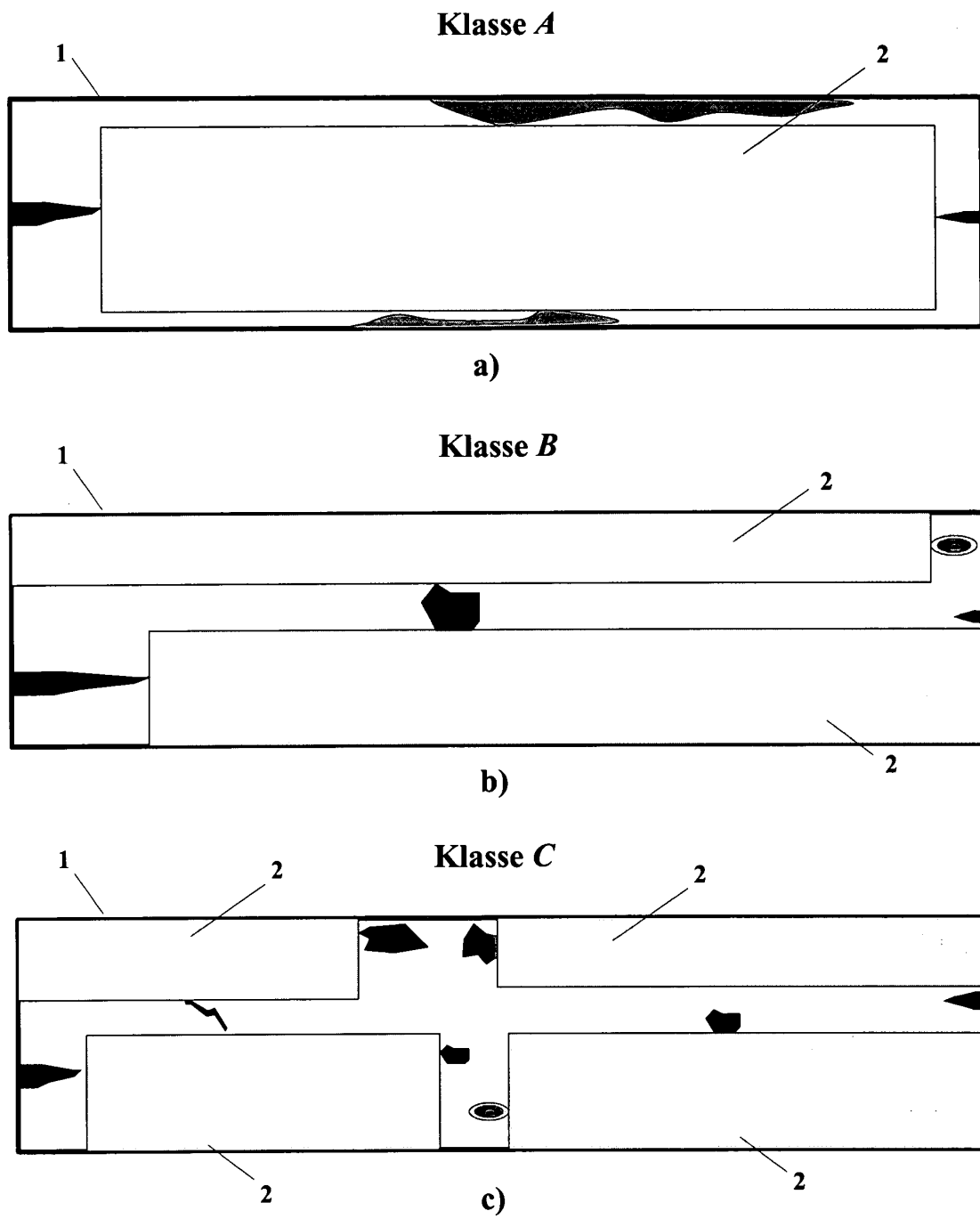


Fig. 1

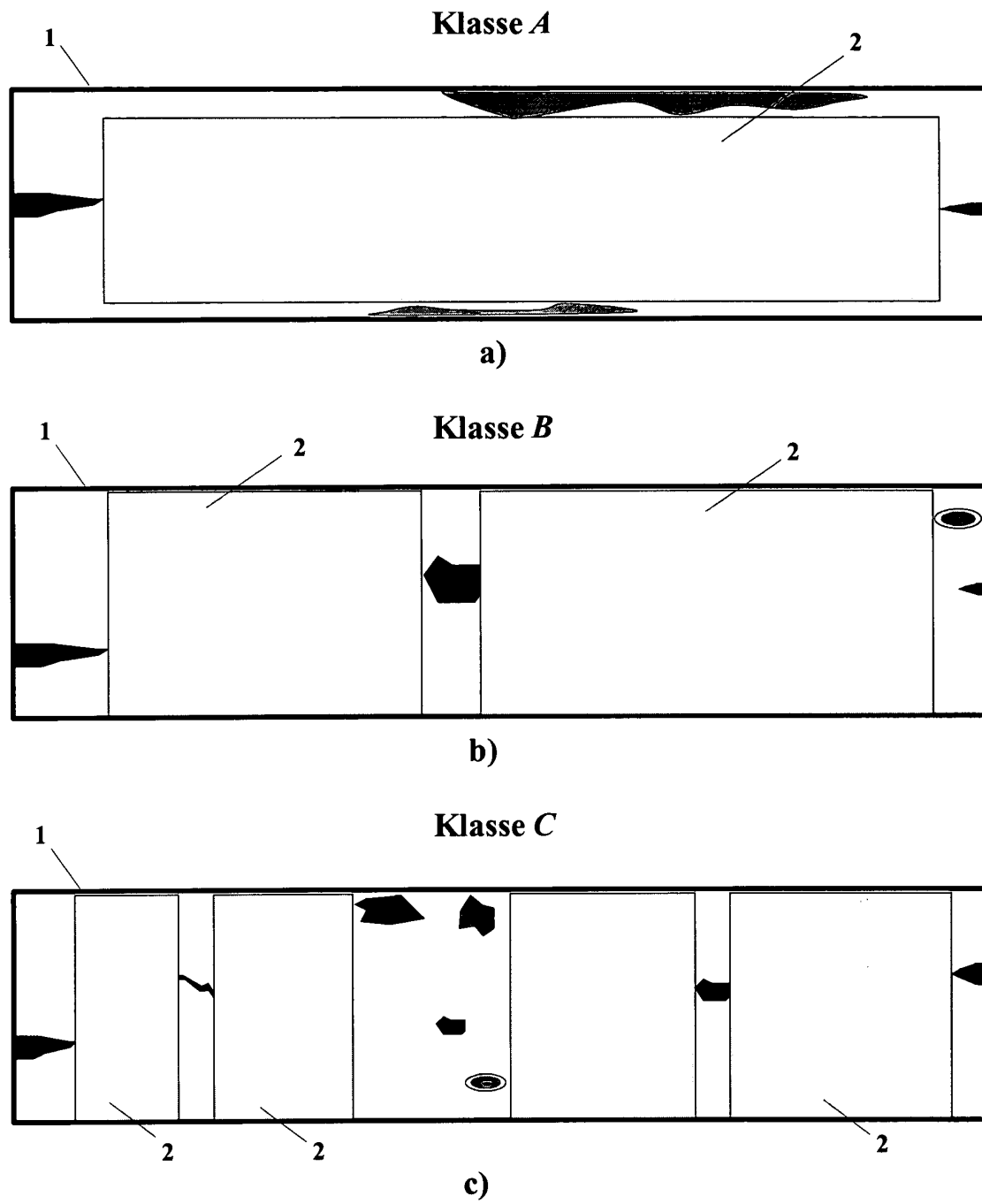


Fig. 2

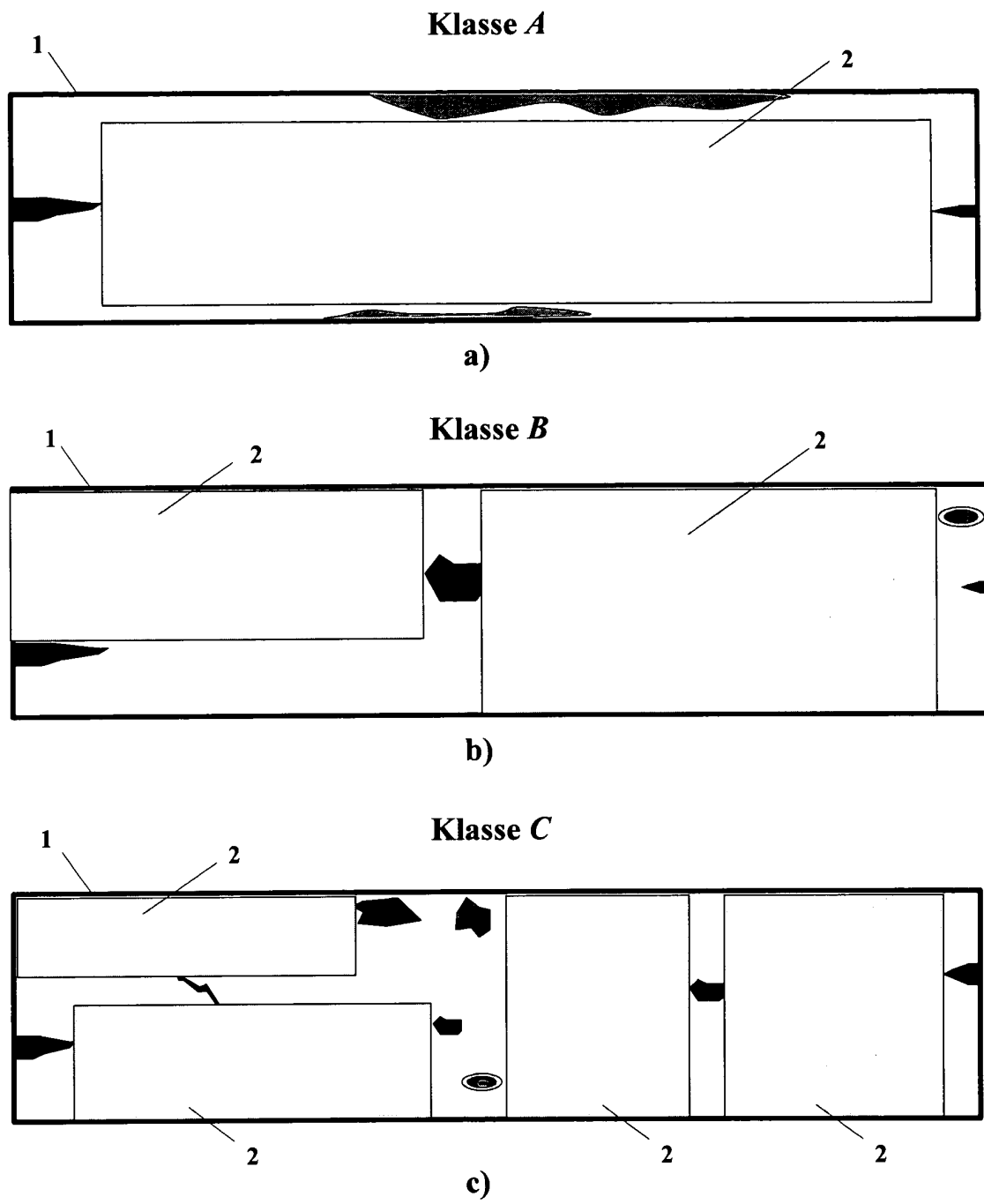


Fig. 3

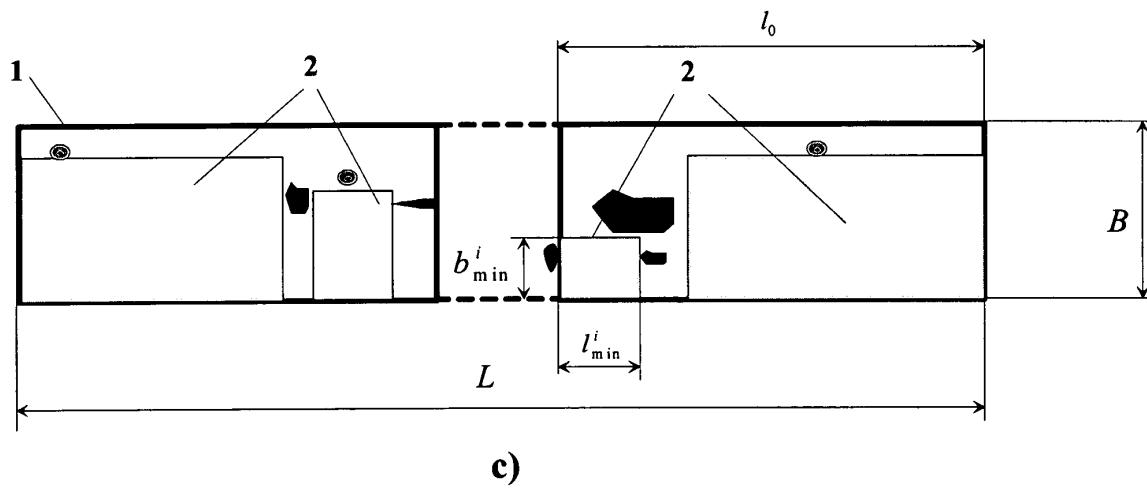
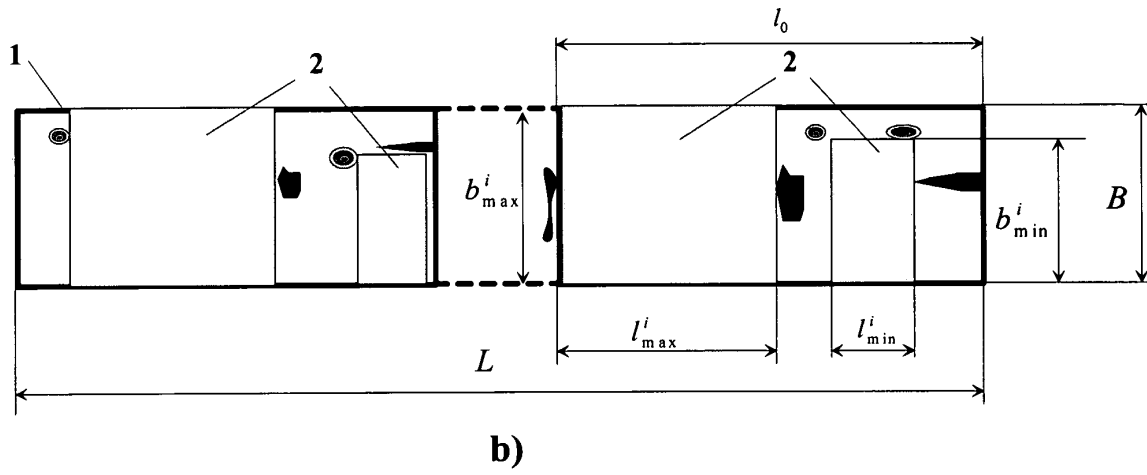
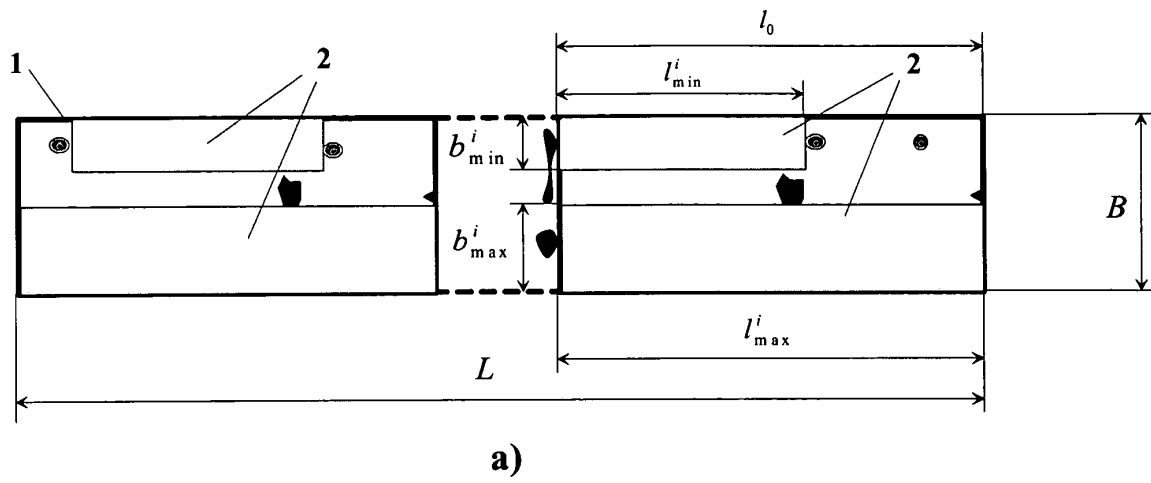


Fig. 4

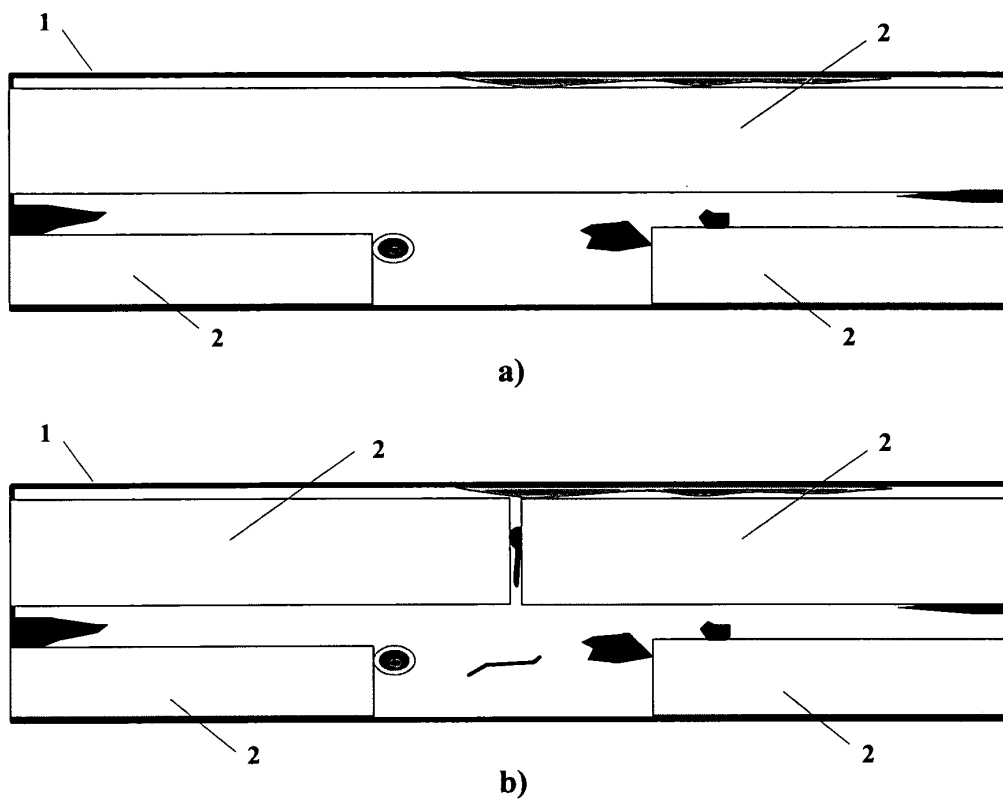


Fig. 5

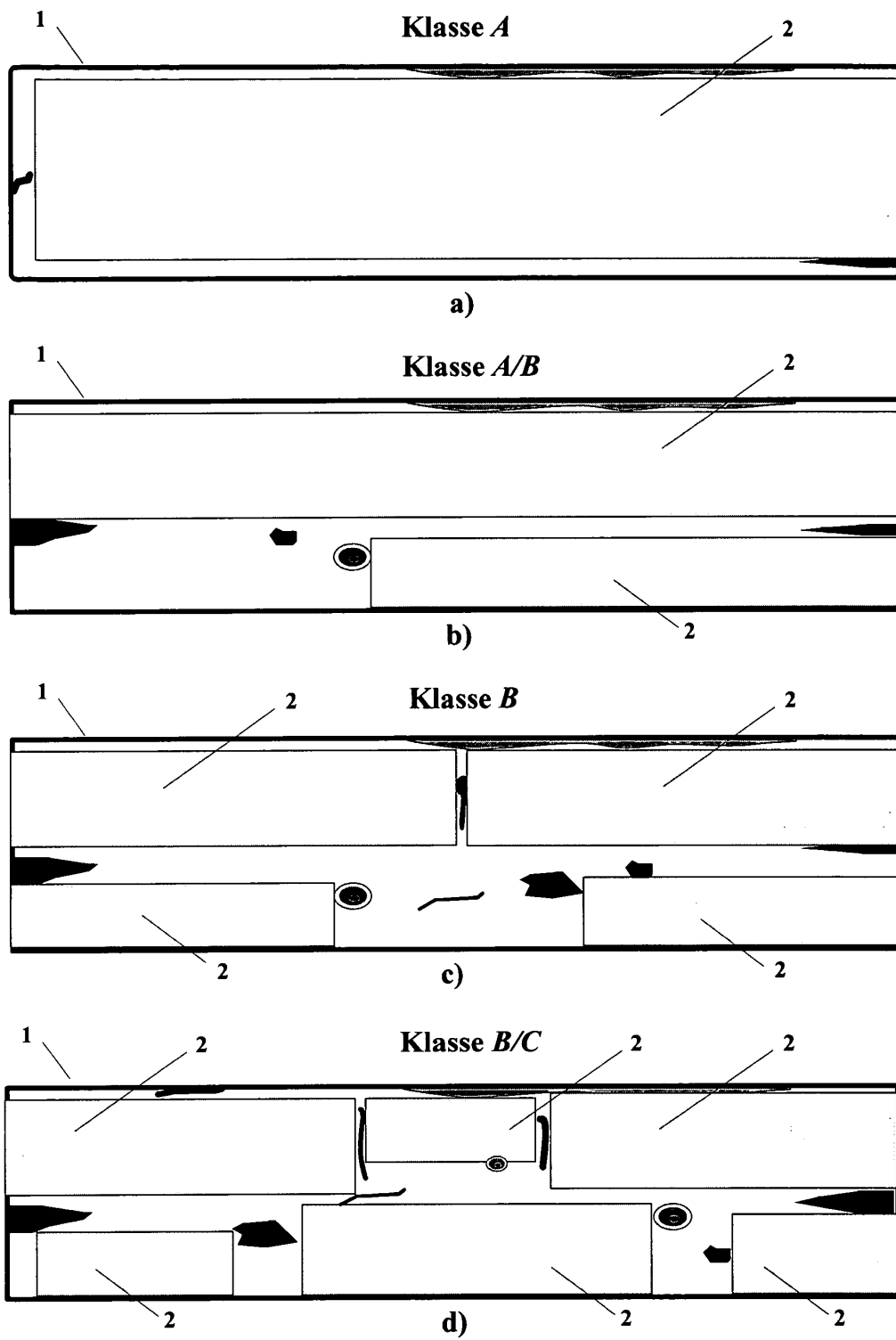


Fig. 6