

Zuschnittsoptimierung mit `piecemaker2d`

Manual für Version 3.0.14

Manfred Männle
`piecemaker2d@maennle.org`

30. März 2020

1 Einleitung

Das Programm `piecemaker2d` berechnet eine Reihe von Schnittanweisungen, mit denen zweidimensionale Grundplatten (gleicher Größe) in eine vorgegebene Menge an Teilstücken (verschiedener Größen) zerlegt werden. Der Verschnitt soll dabei möglichst gering bleiben. Potentielle Nutzer reichen von Hobby-Handwerkern bis hin zu professionellen Schreincrn, Innenausstattern und Architekten.

Das Tool wurde ursprünglich zur Verwendung unter MS-DOS entwickelt und basiert deshalb auf Kommandozeile. Die Ein-/Ausgabe ist komplett dateibasiert und zum Aufruf durch andere Applikationen geeignet.

2 Aufruf

Aufruf: `piecemaker2d [Optionen]`

Optionen:

```
--c=FILE  Nutze FILE als Konfigurationsdatei; eine Praekonfigurations rc-Datei
           wird nicht ausgewertet.
-C         zeige Copyright und Garantieinformation
-h         drucke diese Hilfe
--l=LANG   waehle Sprache: LANG kann sein: ENGLISH, GERMAN
-V         zeige Versions- und Kompilierinformation
```

Der Aufruf von `piecemaker2d` erfolgt in der Regel ohne Optionen. Es wird standardmäßig die Konfigurationsdatei `piecemaker2d.cnf` im aktuellen Verzeichnis gelesen. Dort stehen alle notwendigen Parametrierungen wie die Ein-/Ausgabedateien und Materialgrößen. Nach der Berechnung gibt das Programm die Ergebnisse aus, terminiert und ruft gegebenenfalls ein in der Konfigurationsdatei angegebenes Nachfolgeprogramm auf.

Sollte sich während der Berechnung zeigen, daß die Rechenzeit zu lange wird (z. B. bei zu groß gewählter Suchtiefe), so kann die Berechnung mit der Tastenkombination `Ctrl-C` bzw. `Strg-C` unterbrochen werden. Auch das unterbrochene Programm ruft gegebenenfalls ein Nachfolgeprogramm auf.

2.1 Konfiguration

Die Konfiguration geschieht in zwei Schritten. In der Vorkonfiguration wird die Datei `piecemaker2d.rc` gelesen. Diese Datei muß im gleichen Verzeichnis stehen, in dem auch das ausführbare Programm steht. In der Vorkonfiguration muß der Name der `KONFIGURATIONSDATEI` angegeben werden, in der die problemspezifische Hauptkonfiguration stattfindet. In der Vorkonfiguration können auch weitere (global einzustellende) Parameter angegeben sein.

Alternativ kann über den Kommandozeilenparameter `--c=KONFIGURATIONSDATEI` die Konfigurationsdatei spezifiziert werden. In diesem Fall wird die Vorkonfiguration nicht ausgelesen, sondern direkt die angegebene Konfigurationsdatei.

Die Hauptkonfiguration enthält die problemspezifischen Parameter. Es müssen darin mindestens die fünf Parameter `EINGABEDATEI`, `AUSGABEDATEI`, `MATERIAL`, `MATERIALLAENGE` und `MATERIALBREITE` angegeben werden. Die Hauptkonfiguration überschreibt Parameter, falls diese schon in der Vorkonfiguration angegeben waren.

2.2 Format der Konfigurationsdateien

Die Konfigurationsdateien können folgende Felder enthalten, siehe auch `test\example02`:

```
/*
  Kommentar ueber
  mehrere Zeilen
*/

REM Kommentarzeile

KONFIGURATIONSDATEI = <string> (nur in Vorkonfiguration)
EINGABEDATEI = <string> oder "(stdin)"
AUSGABEDATEI = <string> oder "(stdout)"
SUCHTIEFE = <integer> größer 0, default 3, empfohlen maximal 7
MATERIAL = <string> Name der Grundplatte
MATERIALLAENGE = <integer> größer 0
MATERIALBREITE = <integer> größer 0
RICHTUNGEN = <integer> 1 oder 2, default 1
BLATTDICKE = <integer> größer oder gleich 0
SCHNITTZUGABE = <integer> größer oder gleich 0
DRUCKSKALIERUNG = <integer> größer 0, default 50
SEITENVORSCHUB = <integer> 0 oder größer
INFO = <integer> zwischen 0 und 7
AUFRUF = <string>
```

Für `<string>` ist eine beliebige Zeichenkette anzugeben. Falls die Zeichenkette Sonderzeichen (wie z. B. `:`, `\`, `/`, usw.) oder Leerzeichen enthält, ist sie in Anführungszeichen (`"`) einzuschließen. Für `<integer>` ist eine positive Ganzzahl anzugeben.

Sind Pfade zu berücksichtigen, so können diese vor die Dateinamen gehängt werden. Wird als Eingabedatei (`stdin`) angegeben, so wird von `stdin` (i. a. Tastatur) gelesen. Wird als Ausgabedatei (`stdout`) angegeben, so wird auf `stdout` (i. a. Bildschirmfenster) geschrieben.

Als Suchtiefe ist ein Wert größer 0 anzugeben, empfohlen sind Wert von 1 bis 7 (default ist 3).

Als Richtung ist der Wert 1 anzugeben, wenn die Teilstücke nur in der angegebenen Richtung ausgeschnitten werden dürfen. Das macht im allgemeinen Sinn, wenn die Oberfläche eine richtungsbezogene Textur enthält wie zum Beispiel bei Holz mit einer Maserung. Der Wert 2 bedeutet, daß auch um 90° gedrehte Stücke erlaubt sind. Ist die Drehung aus optischen Gründen möglich, sollte man sie auch erlauben, da das Optimierungsergebnis besser und der Verschnitt kleiner wird.

Die `DRUCKSKALIERUNG` gibt an, wie groß die Schnittmuster ausgegeben werden. Je größer der Wert, desto größer der Ausdruck. Der Default-Wert von 50 heißt, dass ein Schnittmuster ungefähr 50 Zeichen breit dargestellt wird.

Der Wert von `SEITENVORSCHUB` gibt an, wie viele Zeilen maximal auf eine Seite ausgegeben werden. Durch Angabe dieses Wertes veranlaßt das Programm, Grafiken nur so auszugeben, daß sie auf eine Seite passen und nicht „zerschnitten“ erscheinen (d. h., auf jeder Seite wird nach spätestens `SEITENVORSCHUB` Zeilen ein Seitenvorschubszeichen ausgegeben). Voreingestellt ist 0, d. h. kein Seitenvorschub.

Die Angabe von `INFO` kann entfallen. Ein Wert von 0 bedeutet, daß keine zusätzlichen Informationen während des Programmlaufs ausgegeben werden. Je größer der Wert, desto mehr Informationen werden ausgegeben.

Durch Angabe eines Programmnamens unter `AUFRUF` wird `piecemaker2d` dazu veranlaßt, bei Programmende das angegebene Programm zu starten. Unter Umständen muß dabei der vollständige Pfad mit angegeben werden. Sind im Aufruf Sonderzeichen oder Leerzeichen enthalten, so muß der Aufruf in Anführungszeichen `"` eingeschlossen werden.

2.3 Beispielkonfiguration

Ein Beispiel einer Vorkonfigurationsdatei `piecemaker2d.rc` im Verzeichnis `bin`:

```
KONFIGURATIONSDATEI = "piecemaker2d.cnf"
SUCHTIEFE = 4
```

Ein Beispiel einer Hauptkonfigurationsdatei (`piecemaker2d.cnf`):

```
rem Gebäude 417 Innenausstattung
EINGABEDATEI = TEILELISTE.TXT
AUSGABEDATEI = SCHNITTANWEISUNG.TXT
SUCHTIEFE = 5
MATERIAL = "Platte34  "
MATERIALLAENGE = 3000
MATERIALBREITE = 2050
BLATTDICKE = 4
RICHTUNGEN = 2
SCHNITZUGABE = 10
DRUCKSKALIERUNG = 50
INFO = 0
rem INFO = 7
SEITENVORSCHUB = 0
rem AUFRUF = "dir /a"
rem AUFRUF = "ls -l"
AUFRUF = "type SCHNITTANWEISUNG.TXT | more"
rem AUFRUF = "cat SCHNITTE.TXT"
```

Mit dieser Konfiguration liest das Zuschnittsoptimierungsprogramm die zuzuschneidenden Teilstücke aus der Datei `TEILELISTE.TXT` und schreibt das Ergebnis in die Datei `SCHNITTANWEISUNG.TXT`. Es werden Schnittanweisungen für das Material `Platte34` der Länge 3000 mm und Breite 2050 mm berechnet. Als Schnittzulage werden 10 mm auf die Länge und Breite aller Stücke addiert. Am Ende der Schnittoptimierung wird das Programm oder die Anweisung `type SCHNITTANWEISUNG.TXT | more` aufgerufen, das die Ergebnisdatei auf die Konsole ausgibt.

Biespielaufrufe sind im Ordner `Test` angegeben. Die Kommandozeile zum Anruf kann z. B. wie folgt aussehen:

```
<Pfad>\bin\win32\piecemaker2d.exe --l=GERMAN --c=piecemaker2d.cnf
```

2.4 Format der Eingabedatei

Die Eingabedatei, im oberen Beispiel die Datei TEILELISTE.TXT, enthält die Namen und Größenbeschreibungen der zuzuschneidenden Stücke.

Format:

Nummer; Teilename (nicht benutzt); Material; Länge; Breite; Anzahl; weiterer Text

Die Eingabedatei enthält mindestens sechs Felder, die alle mit einem Semikolon (;) abgeschlossen sind. Das erste Feld enthält die Nummer des Teilstücks, das dritte den Namen des Rohmaterials, das vierte die Länge des Teilstücks, das fünfte die Breite des Teilstücks und das sechste die Anzahl benötigter Teilstücke. Die zweite Spalte dient zur Angabe eines Teilebezeichners, er wird von `piecemaker2d` nicht benutzt, sollte aber mindestens ein Zeichen enthalten. Hinter der sechsten Spalte kann weiterer Text stehen, z.B. um zusätzliche Angaben zu den Teilen zu geben. Dieser weitere Text wird aber ignoriert.

Aus der Eingabedatei werden alle Zeilen ausgewertet, bei denen das dritte Feld mit dem in der Konfigurationsdatei angegebenen `MATERIAL` übereinstimmt. Alle anderen Zeilen werden ignoriert. Ist eine Schnittoptimierung für verschiedene Materialien durchzuführen, so sind einfach mehrere Aufrufe mit jeweils passendem Parameter `MATERIAL` zu tätigen. (Die Teile können trotzdem in einer gesammelten Materialliste stehen.)

Das Programm prüft nicht, ob Teile (mit eventuell unterschiedlichen Größen) mehrfach unter demselben Namen in der Liste auftauchen. Dies ist zu vermeiden, da dann unter Umständen im Ergebnis nicht nachvollzogen werden kann, welches Teil an der jeweiligen Stelle gemeint ist.

2.5 Format der Ausgabedatei

Die Ausgabedatei enthält

1. Eine Warnung, falls nicht alle Stücke untergebracht werden konnten.
2. Der Gesamtverschnitt und die Gesamtzahl der benötigten Platten.
3. Daten der geladenen Eingabedatei (Materialliste).
4. Daten der geladenen Konfigurationsdatei (Originalplattengröße, Parameter).
5. Eine Reihe von Schnittvorlagen, bestehend aus
 - (a) Nummer der Schnittvorlage,
 - (b) statistische Informationen (Verschnitt, Anzahl untersuchter Schnittaufteilungen),
 - (c) Menge der Platten, die auf diese Weise zuzuschneiden sind,
 - (d) eine geometrische Darstellung der Schnittaufteilung.

Die Informationen über die geladene Konfiguration und die Stücke der Eingabedatei sind auf jeden Fall zu überprüfen, um einen eventuellen Lesefehler der Eingabedaten festzustellen.

Die Schnittvorlage selbst dokumentiert in eindeutiger Weise, mit welchen Schnitten und in welcher Reihenfolge die Originalplatte in die angegebenen Teilstücke zerlegt werden muß. Es wird näherungsweise versucht, die Proportionen der Teilstücke darzustellen. Es wird für jedes Stück jeweils die Stücknummer und, falls das Feld groß genug ist, die Länge und Breite angegeben, wobei eine eventuelle Schnittzugabe schon eingerechnet ist. Stücke, die in der gleichen Orientierung wie in der Teileliste angegeben auszuschnneiden sind, werden durch N (Nummer) markiert. Um 90° gedrehte Stücke sind durch Z (als Symbol für ein gedrehtes N) markiert, wobei Länge und Breite entsprechend vertauscht sind.

Beispiel:

Gesamtzahl benoetigter Platten: 51

Gesamtverschnitt: 58401541 qmm = 18.62 %

Ausgangsmaterial:

Name: "Platte34 ", Laenge x: 3000 mm, Breite y: 2050 mm

Schnittzugabe: 10 mm

Saageblattstaerke: 4 mm
 Saegerichtung: 2, d.h. 90 Grad Drehung moeglich.
 (Maximale Suchtiefe bei der Berechnung: 5)
 (Resultierende Suchtiefe bei der Berechnung: 4)
 Druckskalierung: 50

Stueckliste aus der Eingabedatei:

Name: "1 ", Laenge: 2159 mm, Breite: 0779 mm, Anzahl: 8
 Name: "2 ", Laenge: 1059 mm, Breite: 0779 mm, Anzahl: 9
 Name: "3 ", Laenge: 0759 mm, Breite: 0779 mm, Anzahl: 6
 Name: "4 ", Laenge: 0609 mm, Breite: 0779 mm, Anzahl: 2
 Name: "5 ", Laenge: 2159 mm, Breite: 0760 mm, Anzahl: 12
 Name: "6 ", Laenge: 1056 mm, Breite: 1096 mm, Anzahl: 25
 Name: "7 ", Laenge: 2196 mm, Breite: 0602 mm, Anzahl: 10
 ...

Schnittvorlage Nr 1:

(Verschnitt: 119478 qmm = 1.94 %; 0116098 Versuche)
 Menge: 2

```

*-----*
|N7          |N14          | | |
|L2206       |L0656        | | |
|W0612       |W0592        | | |
|            |             | | |
|            |             | | |
|            |             | | |
|-----|-----| | |
|N17         |Z4           | | |
|L2206       |L0789        | | |
|W0508       |W0619        | | |
|            |             | | |
|            |             | | |
|            |             | | |
|-----|-----| | |
|N7          |-----| | |
|L2206       |N3           | | |
|W0612       |L0769        | | |
|            |W0789        | | |
|            |             | | |
|            |             | | |
|            |             | | |
|-----|-----| | |
|N20         |             | | |
|L2206       |             | | |
|W0151       |-----| | |
|-----|-----| | |
|N20         |             | | |
|L2206       |             | | |
|W0151       |             | | |
*-----*

```

...

Das Beispiel enthält die erste (von ca. 20) Schnittanweisungen des Beispiels **example02**. Die durchgezogenen Linien geben an, wie zuerst geschnitten werden muß. Die einzelnen Felder enthalten die Nummer, die Länge und die Breite der so erhaltenen Teilstücke. Eine eventuell vorhandene Schnitzzugabe ist dabei schon einberechnet. Ist ein um 90° gedrehtes Stück auszuschneiden, so ist dieses Stück statt durch N durch Z markiert und Länge und Breite sind entsprechend vertauscht. Vor jeder Schnittvorlage erscheinen Informationen über den Verschnitt (absolut in Quadratmillimeter und relativ in Prozent) und die Anzahl untersuchter Schnittmöglichkeiten für gerade diese Schnittvorlage. Unter „Menge“ ist angegeben,

wie viele Lagerplatten nach dieser Schnittvorlage zuzuschneiden sind.

Vor den Schnittvorlagen werden zur Kontrolle die gelesenen Daten ausgegeben (Stückliste der Einzelteile, Material und Größe der Ausgangsplatte, Schnittzugabe und Sägeblattdicke). Hierbei ist bei den Stückmaßen die Schnittzugabe noch *nicht* mit einberechnet.

3 Fehlerbehebung

Programm startet nicht Wenn die Vorkonfiguration nicht gelesen werden kann, so kann das Programm nicht starten. Es gibt lediglich eine Fehlermeldung aus.

Programm terminiert nicht Sind sehr viele (verschiedene) Stücke zuzuschneiden, so ergibt sich bei der Bestimmung eines Zuschnitts ein hoher Rechenaufwand. Dauert die Berechnung zu lange, so kann das Programm mit der Tastenkombination **Ctrl-C** bzw. **Strg-C** angehalten werden. Bei einem erneuten Durchlauf ist in der Konfiguration eine kleinere **SUCHTIEFE** (bis minimal 1) einzustellen. Berechnungen mit kleiner Suchtiefe ergeben im allgemeinen jedoch eine schlechtere Lösung (das heißt, eine Lösung mit höherem Verschnitt).

Bitte senden Sie Problembeschreibungen, Kommentare und Vorschläge an piecemaker2d@maennle.org per E-Mail.

4 Algorithmus

Der Algorithmus besteht aus einer zweistufigen Suche nach einer möglichst guten Lösung (Schnittaufteilung). Gut heißt dabei, mit wenig Verschnitt, das heißt, mit einer minimalen Anzahl von Originalplatten (Lagerplatten).

Die innere Stufe bestimmt eine möglichst gute Aufteilung *einer einzelnen* Originalplatte unter Betrachtung der gesuchten Teilstücke. Die äußere Stufe besteht darin, die innere Stufe solange zu wiederholen, bis alle Teilstücke zugeschnitten wurden.

Bei der Aufteilung einer einzelnen Originalplatte (innere Stufe) wird in einer Tiefensuche wie folgt verfahren:

- ▶ bestimme das größte Teilstück, das in die Originalplatte paßt
- ▶ bestimme die Schnittanweisungen, um dieses Stück herauszuschneiden
- ▶ führe die Aufteilung für die erhaltenen Reste der Originalplatte weiter (das heißt, beginne bei 1., wobei die erhaltenen Reste nun die weiter zuzuschneidenden Originalplatten darstellen)

Unter Umständen werden bei der Suche nach einer guten Aufteilung mehrere Möglichkeiten untersucht. Die Anzahl der Möglichkeiten (Suchversuche), die bei jedem Schritt untersucht werden, ist bei der Konfiguration durch den Parameter **SUCHTIEFE** angebbar. Je mehr Suchversuche durchgeführt werden, desto besser ist das Ergebnis hinsichtlich des Verschnitts. (Unter Umständen entstehen aber mehr und kompliziertere Schnittanweisungen.) Durch den rekursiven Abstieg ist jedoch zu beachten, daß der Rechenaufwand ungefähr exponentiell mit den Suchversuchen steigt und die Anzahl der Suchversuche deshalb nicht beliebig groß gewählt werden kann.

Der beschriebene Algorithmus führt in der Regel zu guten Ergebnissen bei vertretbarem Rechenaufwand. Es kann jedoch selbst bei größter Suchtiefe keine Optimalität des Ergebnisses garantiert werden.

Die Aufteilung einer einzelnen Originalplatte (innere Stufe) ergibt für das Beispiel

```
original [1400x500]
pieces 4
2 [400x400]
2 [300x300]
1 [600x100]
1 [500x200]
```

(bei Schnitzzugabe und Blattdicke 0) keine optimale Aufteilung. Die Stücke haben alle in einer einzelnen Originalplatte Platz. Die optimale Aufteilung wird nicht gefunden, da die Betrachtung von Einzelstücken in diesem Fall nicht zum optimalen Ergebnis führt. Es müßten noch weitere Schnittmöglichkeiten (hier: erster vertikaler Schnitt bei der Länge 800) untersucht werden.

Auch eine optimale Aufteilung der einzelnen Originalplatten kann zu einer (global gesehen) nichtoptimalen Aufteilung führen. Beim Beispiel sind beim Zuschnittsproblem

```
original [1500x500]
pieces 2
30 [300x500]
30 [200x400]
```

alle Stücke in 10 Originalplatten unterbringbar. Das Verfahren findet aber eine Aufteilung in 11 Platten, da zuerst alle 500x300-Platten und dann erst alle 200x400-Platten zugeschnitten werden.

In der Praxis tauchen diese Fälle, bei denen das optimale Ergebnis nicht gefunden wird, selten auf, so daß zwar keine optimale, in der Regel aber eine sehr gute Zuschnittslösung gefunden wird.