

informatiCup 2016 • Aufgabe

Optiblech

Einführung

Deutschland, und hier insbesondere das „Ländle“, ist die Heimat erfolgreicher Werkzeugmacher und Maschinenbauer. Für viele Werkzeuge und Maschinen bestehen Bauteile aus Blech: Gewalztem Stahl in vielen unterschiedlichen Sorten. Stahlbleche sind haltbar und können gut verarbeitet werden. So lassen sich nahezu beliebige Formen aus den sogenannten Blechtafeln ausstanzen. Diese Blechtafeln existieren in einer Reihe standardisierter rechteckiger Formate¹.

Das Ländle ist außerdem die Heimat der Sparsamkeit. Beim Anordnen der gewünschten Formen auf den Blechtafeln soll möglichst viel Blech für die Formen verwendet und möglichst wenig Blech aus den Zwischenräumen weggeworfen werden.

Tatsächlich ergeben sich heute mit der zunehmenden Informatisierung der Fertigungstechnik und der Logistik sowie einer weitreichenden Maschine-zu-Maschine-Kommunikation im Kontext der sogenannten Industrie 4.0² ganz neue Möglichkeiten für eine wandlungsfähige und ressourceneffiziente Produktion. Für das Blechstanzen bedeutet dies, dass nicht nur die für einen einzigen Auftraggeber bestimmten Teile gemeinsam hergestellt werden können. Stattdessen können aus einer Blechtafel die Formen verschiedener Aufträge gefertigt werden, wenn sich so das Material der Tafel durch eine geschickte Anordnung der Blechformen effizienter nutzen lässt. Dieser Herausforderung widmet sich der diesjährige informatiCup.

1 Aufgabe

Die Formen von herzustellenden Blechteilen sollen so auf Blechtafeln angeordnet werden, dass möglichst wenige Blechtafeln für die Herstellung der Blechteile benötigt werden. Gegeben sind dabei das rechteckige Format der Blechtafeln, die Umrisspunkte der Formen sowie die Anzahl der jeweils benötigten Teile.

Das Ziel ist ein bezüglich der Materialausnutzung optimierter *interner* Fertigungsauftrag. In der Praxis könnte ein solcher interner Auftrag schließlich die benötigten Bauteile mehrerer Auftraggeber (d.h. mehrere *externe* Fertigungsaufträge) umfassen und so eine höhere Effizienz ermöglichen, als dies bei einer isolierten Bearbeitung der Fall wäre.

Beispiel Gestanzt werden sollen vier sechsstrahlige Sterne mit einer Form wie in Abbildung 1 dargestellt. Bei einer schlechten Anordnung werden für die Herstellung der vier Sterne zwei Blechtafeln wie in Abbildung 2 dargestellt benötigt. Bei einer guten Anordnung – hier inklusive einer Rotation der beiden Teile in der Mitte – passen alle vier Sterne auf eine Blechtafel wie in Abbildung 3 dargestellt.

¹<https://de.wikipedia.org/wiki/Blech>

²https://de.wikipedia.org/wiki/Industrie_4.0

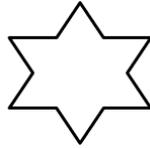


Abbildung 1: Ein sechsstrahliger Stern

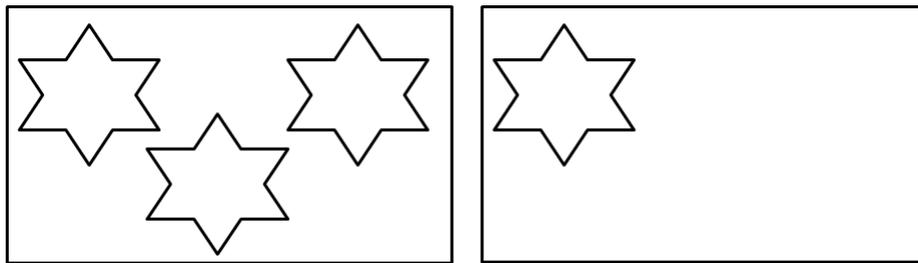


Abbildung 2: Verteilung auf zwei Blechtafeln

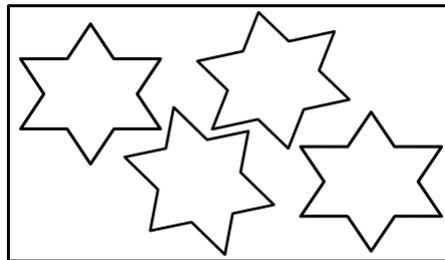


Abbildung 3: Verteilung auf einer Blechtafel

1.1 Erste Runde

Optimieren Sie einen gegebenen Fertigungsauftrag für Blechteile. Ordnen Sie dazu die Formen der herzustellenden Teile in der benötigten Anzahl auf Blechtafeln in einem gegebenen Format an. Das Ziel ist dabei eine Anordnung der Formen auf möglichst wenigen Blechtafeln, so dass die Materialausnutzung möglichst hoch ist.

Lesen Sie dazu Fertigungsaufträge in dem in Abschnitt 2 beschriebenen Format ein, und geben Sie Ihre Lösung in dem in Abschnitt 3 beschriebenen Format aus.

Hinweise

- Für die Optimierung eines Fertigungsauftrags können Sie die Formen der Bauteile beliebig auf den Tafeln positionieren und formerhaltend rotieren.

- Die Anordnung der Formen auf den Blechtafeln, die Sie für die Erfüllung eines Fertigungsauftrages benötigen, kann für beliebig viele Blechtafeln unterschiedlich sein. Zu minimieren ist die Anzahl der benötigten Blechtafeln, nicht die Anzahl der benötigten Ausstanzmuster.
- Die Formen der Blechteile dürfen andere Formen und die Ränder der Blechtafeln berühren aber nicht überlappen.

1.2 Zweite Runde

Erstellen Sie eine graphische Benutzeroberfläche, die für optimierte Fertigungsaufträge die Anordnungen der Formen auf den Blechtafeln und vielleicht sogar den Ablauf Ihres Algorithmus visualisiert.

Diskutieren Sie die Effizienz Ihrer Lösungsstrategie im Hinblick auf die Anzahl herzustellender Bauteile und die Anzahl der Umrisspunkte der Bauteilformen.

Diskutieren Sie die Korrektheit und die Güte der von Ihnen berechneten Lösungen. Vergleichen Sie dazu auch die berechneten mit intuitiv möglichen Anordnungen der Bauteilformen.

Möglicherweise erweitern Sie Ihre Implementierung um die Eingabe von Formen und die Ausgabe von Ausstanzmustern im SVG³-Datenformat. So beschriebene zweidimensionale Vektorgrafiken können unmittelbar zum Beispiel von modernen Laserstrahlschneidmaschinen⁴ verarbeitet werden. Außerdem könnte Ihnen dies schließlich eine Validierung Ihrer Implementierung mit echten Bauplänen zum Beispiel von Maker⁵-Plattformen ermöglichen.

2 Eingabeformat

Ihre Implementierung muss aus einer „Plain text“-Datei eine Beschreibung eines Fertigungsauftrages wie in der Beispieleingabe 1 verarbeiten können. Die folgende Beschreibung enthält jeweils in runden Klammern entsprechende Werte aus der Beispieleingabe.

Die ersten beiden Zeilen enthalten die *Breite* (Zeile 1: 3.5) und die *Höhe* (Zeile 2: 3) des rechteckigen Blechtafelformats. Als Eingabewerte sind jeweils Fließkommazahlen mit einem „.“ als Dezimaltrennzeichen erlaubt.

Es folgt die *Anzahl der definierten Formen* (Zeile 3: 2).

Jede Form hat einen innerhalb eines (internen) Fertigungsauftrags eindeutigen *Namen* (Zeile 4: *Quadrat*).

³https://de.wikipedia.org/wiki/Scalable_Vector_Graphics

⁴<https://de.wikipedia.org/wiki/Laserschneiden>

⁵<https://de.wikipedia.org/wiki/Maker>

Von jeder Form muss eine definierte *Anzahl von Teilen* angefertigt werden (Zeile 5: 3).

Die folgende Zeile enthält die Anzahl p der Umrisspunkte (Zeile 6: 4), die die *Geometrie der Form* als geschlossenen Polygonzug beschreiben. Die p Umrisspunkte stehen in der Eingabedatei in einer Reihenfolge, so dass die Vereinigung der Strecken $[(x_1, y_1)(x_2, y_2)] \cup \dots \cup [(x_p, y_p)(x_1, y_1)]$ den geschlossenen Polygonzug ergibt. Relevant bei den Punktkoordinaten sind dabei nur deren Positionen relativ zueinander, unabhängig von einem bestimmten Ursprung.

Es folgen in den nächsten p Zeilen die Koordinaten der Umrisspunkte im Format $x y$ (Zeilen 7-10: 0, 0 ... 1.5, 0). Als Eingabewerte sind für x und y Fließkommazahlen mit einem „.“ als Dezimaltrennzeichen erlaubt.

Beispieleingabe 1: Beschreibung eines Fertigungsauftrags

```
1 3.5
2 3
3 2
4 Quadrat
5 3
6 4
7 0 0
8 0 1.5
9 1.5 1.5
10 1.5 0
11 Dreieck
12 2
13 3
14 0 0
15 0 1.5
16 1.5 1.5
```

3 Ausgabeformat

Ihre Implementierung muss die Anordnungen der Formen auf den Blechtafeln sowie die erreichte Materialausnutzung in eine „Plain text“-Datei wie Beispielausgabe 2 ausgeben können. Die Anordnung der Formen für dieses Beispiel ist in Abbildung 4 dargestellt. Die schraffierte Fläche ist dabei das ungenutzte Material. Die folgende Beschreibung enthält in runden Klammern entsprechende Werte aus der Beispielausgabe.

In der ersten Zeile steht die erreichte *Materialausnutzung* des optimierten Fertigungsauftrags in Prozent (Zeile 1: 86). Die Ausgabe muss abgerundet ohne Nachkommastellen erfolgen.

In der zweiten Zeile steht die *Anzahl der benötigten Blechtafeln* (Zeile 2: 1).

Es folgt für jede Blechtafel deren Nummer (Zeile 3: 1) und die Anordnungen der Formen auf der Tafel.

Jede Anordnung einer Form wird mit dem eindeutigen Namen der Form referenziert (Zeile 4: *Quadrat*).

Für jede angeordnete Form folgen die Koordinaten der Umrisspunkte (Zeilen 5-8: 0, 0 ... 1.5, 0).

Hinweis

- In der Ausgabedatei beziehen sich die Koordinaten der Umrisspunkte auf den Ursprungspunkt der Blechtafel. Dieser befindet sich in der linken unteren Ecke der Blechtafel.

Beispielausgabe 2: Optimierter Fertigungsauftrag

```
1 86
2 1
3 1
4 Quadrat
5 0 0
6 0 1.5
7 1.5 1.5
8 1.5 0
9 Quadrat
10 0 1.5
11 0 3
12 1.5 3
13 1.5 1.5
14 Quadrat
15 1.5 1.5
16 1.5 3
17 3 3
18 3 1.5
19 Dreieck
20 1.5 0
21 1.5 1.5
22 3 1.5
23 Dreieck
24 1.5 0
25 3 1.5
26 3 0
```

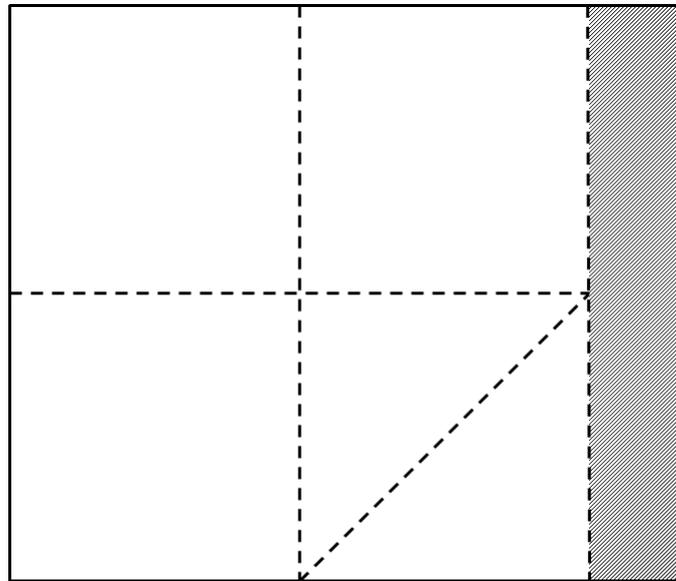


Abbildung 4: Optimierter Fertigungsauftrag

4 Außerdem...

Erstellen Sie bitte fünf Fertigungsaufträge, von denen Sie annehmen, dass Ihr Programm im Vergleich zu denen anderer Teams gute Ergebnisse liefert.

Erstellen Sie für Ihre Implementierung bitte eine Bedienungs- und Installationsanleitung. Dokumentieren Sie die von Ihnen getroffenen Entscheidungen bei der Auswahl verwendeter Algorithmen und Datenstrukturen und in der Software-Entwicklung.

Die FAQs zum laufenden Wettbewerb und gegebenenfalls auch zu dieser Aufgabe finden Sie online auf <http://www.informaticup.de>.