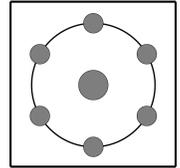




LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Workshop: Topologische Quantenalgorithmen



Problemstellung der Optimierung am konkreten Beispiel - Organisation und Überblick des Workshops

Vortrag von Martin Schottenloher

Mitschrift der Sitzung vom 24. Oktober 2012

Mitschrift verfasst von: Christian Paleani

1 Einleitung

Bei diesem ersten Termin handelt es sich um keinen eigentlichen Vortrag, sondern er soll eher einen Überblick geben und der Organisation dienen. Dazu soll zunächst geklärt werden, was es mit dem TQA auf sich hat. Es ist ein Algorithmus (mittlerweile eine Algorithmus-Bibliothek) der ein bestimmtes Optimierungsproblem löst. Dabei kommen Methoden aus verschiedenen Disziplinen zum Zug: Thermodynamik, Stochastik, Lineare Optimierung/Simulation, Spieltheorie, topologische Quantenfeldtheorie und Quanteninformation. In gewisser Weise sind die ersten drei Punkte als bekannt vorausgesetzt und sollen im Rahmen dieses Programms nicht weiter vorangebracht werden. Neben der Tatsache, dass die zweiten drei Punkte wichtige Tools im Kontext des TQA liefern, sollen diese auch weiter entwickelt werden. Es ist ein bemerkenswerter Zufall, oder eben genau nicht, dass im Umfeld dieser Themen in den letzten 8 Jahren viele Seminare und Abschlussarbeiten durchgeführt wurden.

2 Konkretes Beispiel: Holzschnitt

Die Art der Optimierungsprobleme, welche von TQA gelöst werden können, tauchen in verschiedener Verkleidung auf. Hier soll auf das Problem der Optimierung von Holzschnitten im Sägewerk eingegangen werden. Dazu werden wir uns erst einmal Gedanken über den Produktionsweg von Brettern, welche aus Rundhölzern geschnitten werden, machen.

Zunächst werden Rundhölzer fester Längen, betrachten wir hier der Einfachheit halber nur Hölzer der festen Länge 5m, angeliefert. Eine sehr lange Schneidemaschine verarbeitet diese dann weiter, indem Bretter vorgegebener Form heraus gesägt und dann auf die richtige Länge geschnitten werden. Ein typisches Schnittmuster im Querschnitt ist in Abbildung 1 zu finden.

Unabhängig von der Güte des Schnittmusters im Querschnitt ergibt sich das Problem, die verschiedenen Längen der Bretter (die im Auftragspool sind) auf die festen 5 m optimal zu verteilen. Versucht man dies unter der Prämisse des minimalen Verschnitts zu bewerkstelligen, so ist das zugehörige abstrakte Optimierungsproblem das Cutting-Stock Problem. Dieses ist in den 60er Jahren von Gilmore und Gomory gelöst worden, d.h. es wurde ein effektiver Algorithmus angegeben.

Tatsächlich ist es hier nicht sinnvoll, nur unter dem Aspekt des minimalen Verschnitts zu optimieren. Ein großer Teil der Gesamtkosten wird durch die Rüstkosten verursacht, welche bisher nicht berücksichtigt werden. Rüstkosten entstehen beispielsweise durch den Stillstand der Maschine während der Beschaffung der Materialien, durch Rüstung der Maschine mit Schnittmuster, oder durch das Einstellen des Längenschnitts. Die (betrachteten) Gesamtkosten setzen sich dann aus Materialkosten (Rundhölzer) und Rüstkosten

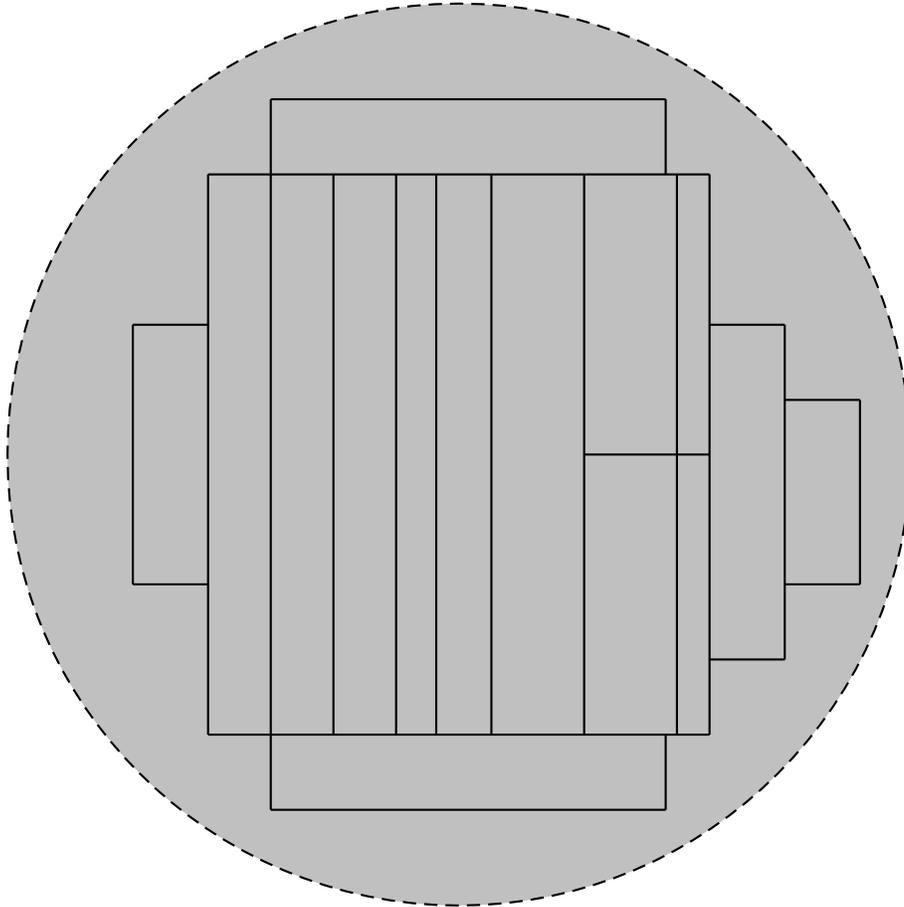


Abbildung 1: Hier wird ein typisches Schnittmuster im Querschnitt gezeigt, wie es während des Zuschnitts von Rundhölzern auftaucht. Dabei wird das gute Kernholz für die so genannte Hauptware, wohingegen das weniger gute Holz am Rand für die so genannte Nebenware verwendet.

zusammen.

Im Allgemeinen produziert der Algorithmus von Gilmore und Gomory zu viele Rüstvorgänge. Im Folgenden wird der Einfluss der Rüstkosten genauer betrachtet.

Beispiel Angenommen uns stehen Rundhölzer der Länge 5m zur Verfügung. Auf diese wollen wir einen Auftrag von 100 Bretter der Länge 2,5m und 440 Bretter der Länge 1m verteilen. Wir betrachten zwei verschiedene Lösungen. Einmal diejenige, welche wir bekommen, wenn wir nur nach dem Verschnitt minimieren und diejenige, welche auch zusätzlich die Rüstkosten beinhaltet.

Lösung A Wir produzieren 50 Rundhölzer wie sie in Abbildung 2 dargestellt sind und 88 Rundhölzer wie sie in Abbildung 3 abgebildet sind.

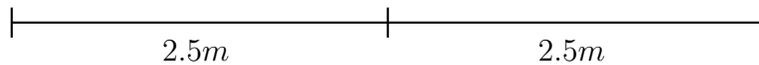


Abbildung 2: Aufteilung der Länge 2,5m auf die Länge 5m (50 Stück)

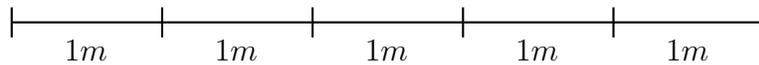


Abbildung 3: Aufteilung der Länge 1m auf die Länge 5m (88 Stück)

Es ist offensichtlich, dass bei diesem Schnittmuster kein Verschnitt entsteht und dieses daher vermeintlich optimal ist. Nehmen wir an, dass ein Rundholz eine Einheit E kostet und Rüstkosten das 150 fache eines Rundholzes betragen. Dann ergeben sich Gesamtkosten von

$$\text{Gesamtkosten} = 2 \times 150E + 50E + 88E = 438E. \quad (1)$$

Lösung B Beachten wir auch die Rüstkosten, so stellt sich heraus, dass eine Konfiguration wie in 4 dargestellt ein besseres Ergebnis liefert, obwohl sowohl Überschuss, als auch Verschnitt produziert wird. Die Gesamtkosten belaufen sich dann auf

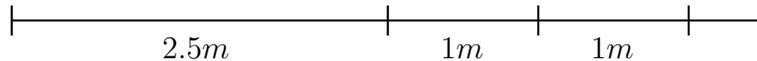


Abbildung 4: Aufteilung der Länge $1m$ und $2.5m$ auf die Länge $5m$ (220 Stück)

$$\text{Gesamtkosten} = 150E + 220E = 370E \quad (2)$$

Dies liefert eine Ersparnis von 18% gegenüber der reinen Optimierung nach Verschnitt.

Die Rüstkosten in obigem Beispiel sind ein wenig hoch angesetzt, das Grundkonzept konnte aber verdeutlicht werden. Eine reine Optimierung nach dem Verschnitt liefert im Allgemeinen nicht das beste Ergebnis. Die Aufgabe besteht darin, die Parameter

- Durchmesser
- Schnittmuster
- Anzahl Rundhölzer
- Rüsten (verschiedene Rüstvorgänge: Schnittkopf wechseln, Beschaffung Rundhölzer, usw.)
- Längenschnitt
- Lagerhaltung
- Nebenschnitt
- Späne (nicht nur Abfall)

unter Berücksichtigung des Auftragspools und der vorhandenen Rundhölzer zu optimieren. Darüber hinaus eröffnen sich weitere Parameter zur Optimierung, falls an mehreren Standorten gefertigt wird und dazu mehrere Maschinen betrachtet und Logistik mit berücksichtigt werden muss.

3 Lösung: Cutting Stock Problem with Pattern Minimization

Das abstrakte Problem zu dem oben beschriebenen Optimierungsproblem, welches sowohl gleichzeitig Verschnitt und Überschuß, als auch die Anzahl der Rüstvorgänge optimiert,

sodass eine gewählte Summe der zugehörigen Kosten minimal wird, ist das “Cutting Stock Problem with Pattern Minimization”. Es gilt als bisher ungelöst, ist aber im Rahmen von verschiedenen angewandten Methoden (s.o.) und durch Anregungen in einem Seminar über Spieltheorie mit vielen Spielern von Simon Lentner gelöst worden

Unser Algorithmus kann viele der genannten Informationen verarbeiten, jedoch noch nicht alle. Die fehlenden Aspekte werden von uns in der Zukunft in Angriff genommen. Dazu gehört unter anderem die Miteinbeziehung des Scheduling.

4 Organisation und Überblick

In diesem Workshop werden Optimierungs-Algorithmen im Mittelpunkt stehen. Dazu werden wir uns unter anderem Komplexität von Algorithmen, Lineare Optimierung, Scheduling, Simulation, genetische Programmierung, usw. behandeln. Des weiteren werden wir uns mit Methoden des Quantencomputers, der Quanteninformation und der Quantenalgorithmen befassen. Die Darstellung wird elementar und mathematisch sein. Diese Themen werden nicht nur im Rahmen von Vorträgen, sondern auch während Fragestunden, Diskussionsrunden, Kurzbemerkungen und Impulsvorträgen behandelt. Es ist geplant, zu den Vorträgen eine Mitschrift ins Internet zu stellen.