

# Rüben-Rechner

**Mathematiker.** Wie Linzer Computerexperten mit eigens entwickelter Software das Geschäft der österreichischen Rübenbauern kürzlich neu organisierten.



Rübenernte Mitte Oktober 2008 „Wir haben ein mathematisches Computermodell für die gesamte Rübenlogistikkette entwickelt“

MONIKA SAULICH FÜR PROFIL

Von Alfred Bankhamer

Die gemeine Zuckerrübe, einschlägigen Fachleuten unter der Bezeichnung *Beta vulgaris* geläufig, ist nicht unbedingt ein Gewächs, dessen untadelige Handhabung man rasch mit der Notwendigkeit spezialisierter akademischer Expertise in Verbindung bringen würde. Doch genau solche nutzen heute Österreichs 8260 Rübenbauern, bei denen aufgrund der Erntezeit gerade Hochsaison herrscht. Die im Regelfall beschauliche Branche, die jährlich rund drei Millionen Tonnen Rüben produziert, braucht für ihr Geschäft einige infrastrukturelle Besonderheiten – neben den Feldern und Transportmöglichkeiten sind dies vor allem Lagerplätze und Übernahmestellen für die geernteten Früchte, oftmals samt Bahnanschluss.

Nun trug es sich zu, dass aufgrund der EU-Zuckermarktordnung

die Zahl dieser Lagerplätze reduziert werden musste – und zwar von einst 128 auf nur noch 54. Die braven Landwirte, organisiert im Dachverband „Die Rübenbauern“, überlegten folglich, wie sie fortan ihre Produktionsmengen – immerhin jährlich rund 220.000 Traktor-, 120.000 Lastwagenfahrten oder 3000 voll beladene Güterzüge – möglichst effizient, kostensparend und umweltschonend in die entsprechenden Fabriken transportieren konnten und welche der Lagerplätze weiter bestehen und welche aufgelassen werden sollten.

Die Lösung fanden sie bei der RISC Software GmbH, einem Unternehmen der Johannes Kepler Universität Linz. „Wir

haben ein mathematisches Computermodell entwickelt, das die Rübenlogistikkette samt Standorten der Rübenbauern, Lagerplätzen und Fabriken umfasst“, erklärt Bruno Bliem, Mathematiker und Projektleiter bei dem Unternehmen. Dabei stellte sich heraus, dass bei umfassender Verarbeitung sämtlicher in die Kalkulation einfließender Faktoren – darunter geografische Informationen, zahlreiche Transport-, Kosten- und Materialflussrestriktionen sowie die verschiedenen Liefervarianten per Traktor, Lastwagen respektive Bahn – die Frage, welche Lagerplätze bestehen bleiben sollen, die größten Rechner in die Knie zwingen würde.

Denn bei einer angenommenen Zahl von 100 verbleibenden Stationen spuckte der Rechner  $2^{100}$  mögliche Varianten aus, wie die Bauern ihr Geschäft künftig strukturieren könnten – das sind unglaubliche 1.267.650.000.000.000.000.000 Milliarden Kombinationen. „Beim Lotto 6 aus 45 sind es zum Vergleich nur lächerliche 8.145.060 unterschiedliche Möglichkeiten“, so Bliem.

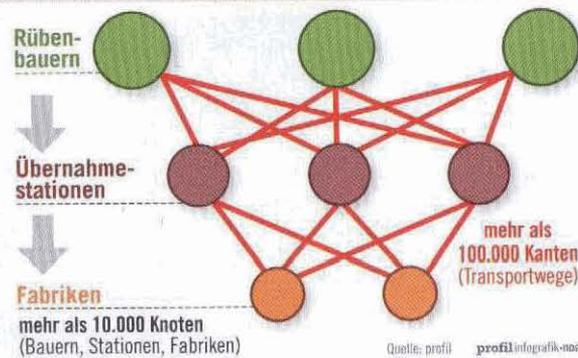
**Spezialsoftware.** Da bei dieser Auswahl die beste Lösung eher nicht auf den ersten Blick erkennbar ist, wurde neuerlich Software bemüht, die speziell für das Projekt entwickelt wurde: Diese ermöglicht es insbesondere, bei zukünftigen Änderungen der Rahmenbedingungen der Rübenlogistik nach neuen Optimierungsmöglichkeiten zu suchen oder gezielt bestimmte Szenarien durchzurechnen und die Auswirkungen aktueller oder künftiger Entwicklungen anhand des Modells vorab zu beurteilen. Nach zahlreichen Optimierungsdurchläufen und der Berücksichtigung diverser Verfeinerungen empfahl das Modell eine Anzahl von 63 bis 64 Rübenplätzen und deren günstigste Standorte. Zudem zeigte sich, dass harte Mathematik auch bei Verhandlungen nützlich sein kann. Denn das Ergebnis überzeugte auch die Behörden, und es wurden statt der ursprünglich geplanten 54 dann doch 61 Übernahmestellen genehmigt.

Mit der heuer letzten großen baulichen Maßnahme – dem Rübenlagerplatz Staatz im Weinviertel, dank dem alle rund 95.000 Tonnen Zuckerrüben aus der Region umweltschonend mittels Bahn transportiert

werden können – ist das Gesamtprojekt vorerst abgeschlossen.

Rein mathematisch betrachtet, war das Projekt laut Bliem durchaus anspruchsvoll. Ein Teilproblem ist die optimale Zuteilung der Bauern zu den Übernahmestationen und der Stationen zu Fabriken, sodass alle Restriktionen (Lager-, Anliefer-, Abtransport-, Verarbeitungskapazitäten) eingehalten und die Kosten für die gesamte Logistikette minimiert werden. Das ist aus mathematischer Sicht mit einem Transportflussmodell noch relativ einfach zu lösen. Auch wenn das für die Rübenlogistik erstellte Netzwerkmodell mehr als 10.000 Knoten (Fixpunkte wie Lagerplätze) und mehr als 100.000 Kanten (Verbindungswege) besitzt.

**Transportfluss.** Doch dann musste festgelegt werden, welche Stationen stillgelegt, erweitert oder an strategisch günstigen Orten neu angelegt werden. Da die Formulierung des Standortproblems ein so genanntes ganzzahliges Optimierungsproblem mit schier unzähligen Kombinationen darstellt (eine Station kann nur entweder



## Das Netzwerkmodell

Die Knoten entsprechen Fixpunkten wie Lagerplätzen, die Kanten zeigen Verbindungswege.

gen, wenn durch Modifikation der aktuellen Kombination keine Verbesserungen mehr möglich sind) sowie die Modifikation bereits ermittelter Varianten nach Wahrscheinlichkeitstheoretischen Aspekten eingesetzt. „Solche Lösungsansätze können zwar bei so komplexen

Aufgaben nicht die Auffindung der einzig optimalen Lösung garantieren, stellen aber die Bestimmung sehr guter Kombinationen in vertretbarer Zeit sicher“, so Bliem.

Doch in Verbindung mit dem praktischen Wissen der Rübenbauern wurde schließlich eine Lösung gefunden, die einige Vorteile bringt. „In Summe konnten wir uns dadurch rund 20 bis 25 Prozent der Gesamtkosten in der Rübenlogistik ersparen“, sagt Ernst Karpfinger, Präsident des Verbands der Rübenbauern. Aber auch die Umwelt und verkehrsgeplagte Anrainer profitieren. Dank einer neuen Rübenübernahmestation in Himberg konnten beispielsweise 7200 Lkw-Fahrten von der stark überlasteten Wiener Südosttangente auf die Schiene verlagert werden. ■

ganz oder gar nicht stillgelegt werden), wurde ein „Verbesserungsverfahren“ implementiert. Dabei wurde mit der ursprünglichen in der Praxis vorliegenden Ausgangssituation gestartet und in jedem Schritt versucht, die bisher berechneten günstigsten Kombinationen nach bestimmten Kriterien durch gezielte Modifikationen zu verbessern.

Dafür setzten die Spezialisten Techniken wie die zielgerichtete Suche (Greedy-Methode) ein, die nach möglichst starker Reduktion der Kosten und Auffindung guter Kombinationen (durch Bewertung der Stationen nach bestimmten Kriterien) strebt. Weiters wurden geografische Informationen genutzt (es können nicht alle Stationen einer Region stillgelegt werden), „Backtracking“ (die Rückkehr zu früheren Lösun-