

1 Einleitung

Die Vermittlung einer für das Leben und die Arbeit in der modernen Gesellschaft unverzichtbaren Allgemeinbildung an Kinder, Jugendliche und auch Erwachsene stellt eine der wichtigsten volkswirtschaftlichen Aufgaben dar. Über 40.000 allgemeinbildende Schulen sind allein in Deutschland mit der Erfüllung dieser Aufgabe betraut (vgl. Statistisches Bundesamt [1999], S.370, Tabelle 16.2).

Die Ausführung des Unterrichts wird an jeder Schule durch einen Stundenplan geregelt, der für einen wöchentlichen Rhythmus bestimmt, welche Lehrer zu welcher Zeit an welchem Ort welchen Fachunterricht mit welchen Schülergruppen durchführen sollen. Die durch den Stundenplan gesetzten personellen, räumlichen und zeitlichen Rahmenbedingungen haben einen erheblichen Einfluss auf die Qualität des Unterrichts. Der Plan muss daher nicht nur objektiv realisierbar sein, sondern darüber hinaus hohen pädagogischen Ansprüchen, aber auch personalpolitischen Erwägungen und teilweise sehr individuellen Anforderungen einzelner Lehrer gerecht werden. Vielfältige Restriktionen und eine multidimensionale Zielsetzung, gepaart mit einer hohen Zahl von Anordnungsmöglichkeiten der beteiligten Personen und Objekte in Zeit und Raum, stellen die Stundenplanerinnen und Stundenplaner¹ vor eine äußerst schwierige Planungsaufgabe.

Die Erzeugung eines neuen Stundenplans, die an den meisten Schulen ein- bis zweimal im Schuljahr erfolgt, wird traditionell in zwei Schritten durchgeführt. Dabei wird im ersten Schritt, der Festlegung einer Unterrichtsverteilung, entschieden, welche Lehrer welche Schülerklassen oder -kurse in welchem Fach unterrichten sollen und welche Raumausstattung jeweils gegeben sein soll. Im zweiten Schritt, der Setzung, wird dann bestimmt, zu welcher Zeit und in welchem der geeigneten Räume der Unterricht durchgeführt werden soll. Beide Teilaufgaben werden i.d.R. von unterschiedlichen Personen gelöst. Während das Zustandekommen der Unterrichtsverteilung stark durch die jeweiligen pädagogischen und personalpolitischen Anforderungen geprägt ist, steht bei der Setzung die Bewältigung der kombinatorischen Planungskomplexität im Vordergrund. Insbesondere in diesem Bereich werden daher von vielen Stundenplanern PC-basierte Softwareprodukte eingesetzt, die spezielle Algorithmen für eine automatisierte Setzung durch den Computer beinhalten.

Obwohl seit Beginn der 1960er Jahre zahlreiche Forscher an der Entwicklung und Verbesserung dieser Algorithmen arbeiten, existiert bislang kein Verfahren, welches in der Lage ist, Stundenpläne in einer Qualität zu erzeugen, die einen direkten praktischen Einsatz ermöglicht. Es bedarf daher einer umfangreichen manuellen Nachbearbeitung, die aufgrund von „Domino-Effekten“ zumeist ein vollständiges Aufrollen des Planes zur Folge hat. Der praktische Nutzen der automatisierten Setzverfahren ist aus diesem Grunde bis heute sehr begrenzt.

¹ Zum Zwecke der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden für Begriffe, die einzelne oder Gruppen von Menschen bezeichnen, entsprechend der sprachlichen Konvention überwiegend die männliche Variante verwendet. Es sind jedoch stets Personen beiderlei Geschlechts gemeint.

Einen Beitrag zur Erforschung neuer Potenziale für die Effektivitätssteigerung der automatisierten Setzung und damit zu Effizienz und Effektivität des Setzungsprozesses insgesamt zu leisten, ist das Ziel dieser Studie. Zur Umsetzung dieses Ziels soll dabei auf die Methodik der Gemischt-ganzzahligen Programmierung zurückgegriffen werden. Diese Methodik ist bereits seit vielen Jahrzehnten bekannt. Ihr Potenzial für eine erfolgreiche Stundenplansetzung wird jedoch in weiten Kreisen der Forschung bislang eher skeptisch beurteilt, da sie vor dem Hintergrund der hohen Komplexität des Problems als ungeeignet angesehen wird, innerhalb einer akzeptablen Zeitspanne zu einer Lösung zu gelangen. Dieser Vorbehalt wird jedoch relativiert durch den enormen Aufschwung, den die Entwicklung leistungsfähiger Standard-Softwaresysteme der Mathematischen Optimierung während der letzten zwei Jahrzehnte genommen hat. Verknüpft mit immer effizienterer Hardwaretechnik, sind diese Systeme heute in der Lage, auch große, komplexe Entscheidungsmodelle innerhalb einer vertretbaren Zeitspanne qualitativ hochwertig zu lösen. Dies ist einer von zwei Gründen, die meiner Auswahl der Gemischt-ganzzahligen Programmierung für diese Studie zugrunde liegen. Der zweite Grund liegt in der hohen Abbildungsgenauigkeit, die sich über die mathematische Formulierung der dem Problem eigenen Restriktionen und Zielsetzungen realisieren lässt.

Beide Gründe lassen das Potenzial, welches der Gemischt-ganzzahligen Programmierung für die Setzung praxistauglicher oder doch zumindest deutlich verbesserter Stundenpläne zukommt, gegenüber früheren Ansätzen deutlich gesteigert erscheinen. Das allgemeine Ziel dieser Studie soll daher durch folgende Leitfrage konkretisiert werden:

Besitzt die Methodik der Gemischt-ganzzahligen Programmierung das Potenzial, einen über bisherige Lösungsansätze hinausgehenden Beitrag für die Effektivität der automatisierten Setzung von Stundenplänen allgemeinbildender Schulen zu leisten?

Die Studie strebt nicht an, das konkrete Ausmaß der Effektivitätssteigerung zu bestimmen, die durch die Gemischt-ganzzahlige Programmierung erzielbar ist. Hierzu bedarf es eines mehrstufigen und vermutlich mehrjährigen Test- und Entwicklungsprozesses unter breiter Beteiligung der schulischen Praxis, der den Rahmen einer Einzelstudie deutlich sprengen würde. Die vorliegende Arbeit soll jedoch dazu dienen, die Basis für diesen Entwicklungsprozess zu legen.

Die Beantwortung der Leitfrage stützt sich neben einer literaturgestützten Analyse bisheriger Lösungsansätze und der theoretischen Konkretisierung neuer Lösungsverfahren auf Basis der Gemischt-ganzzahligen Programmierung vor allem auf ein empirisches Vorgehen. So bezieht sich die Studie sowohl bei der Identifikation der Problemanforderungen als auch bei der Analyse der praktischen Ausübung der Stundenplanerstellung auf eine schriftliche Umfrage, die im Winter 1997/98 mit Berliner Schulen durchgeführt wurde. Darüber hinaus wurden mehrere Stundenpläne, die im Frühjahr 2000 mit Hilfe der neuen Ansätze und des Standard-Optimierungssystems MOPS für eine Reihe von Testfällen aus der Praxis erstellt wurden, den Planern der betreffenden Schulen zur Beurteilung vorgelegt.

Die Studie beginnt im Folgenden Kapitel 2 zunächst mit einer genauen Eingrenzung des Setzungsproblems an allgemeinbildenden Schulen und der ihm eigenen Restriktionen und Zielsetzungen. Aus diesen werden, nach Veranschaulichung der kombinatorischen Komplexität des Setzungsproblems, generelle Kriterien für die Beurteilung von Ansätzen zu seiner Lösung abgeleitet. Ein Vergleich des Setzungsproblems an allgemeinbildenden Schulen mit den verwandten Problemen der Veranstaltungssetzung an Universitäten und der Setzung von Examensplänen, für die ebenfalls automatisierte, möglicherweise für das Schulproblem adaptierbare Setzverfahren entwickelt wurden, bildet den Abschluss dieses Kapitels.

Das dritte Kapitel ist der ausführlichen Analyse bisheriger praktischer wie wissenschaftlicher Lösungsansätze gewidmet. Dabei wird die wissenschaftliche Literatur hinsichtlich sowohl des Setzungsproblems an Schulen als auch der oben genannten verwandten Probleme untersucht. Im Mittelpunkt steht die Frage nach dem Potenzial, welches den jeweils verwendeten Verfahrenstypen für die erfolgreiche Lösung des Setzungsproblems an allgemeinbildenden Schulen zuzuordnen ist.

Im Anschluss an die Analyse bisheriger Lösungsansätze werden in Kapitel 4 drei neue Ansätze für die Stundenplansetzung auf Basis der Gemischt-ganzzahligen Programmierung vorgestellt. Die Modellformulierungen dieser drei Ansätze werden ausführlich erläutert.

Implementation und Tests der neuen Ansätze anhand praktischer Fälle sowie die daraus gewonnenen Ergebnisse stehen im Mittelpunkt des fünften Kapitels, welches mit einer kritischen Würdigung aus theoretischer sowie insbesondere praktischer Sicht abschließt. Ihm folgt das Fazit der Gesamtstudie, in welchem die Leitfrage zusammenfassend beantwortet werden soll.