

6 Fazit

Das Problem der Stundenplansetzung an allgemeinbildenden Schulen ist ein hochgradig komplexes dreidimensionales Zuordnungsproblem, dessen Lösung nicht nur einer Vielzahl zu beachtender Restriktionen unterliegt, sondern darüber hinaus einer Fülle pädagogischer wie personalpolitischer Zielsetzungen gerecht werden muss. Aufgrund seiner Struktur gehört das Setzungsproblem zur Klasse der NP-vollständigen Probleme, d.h. es ist kein Algorithmus bekannt, der den Beweis für die Existenz oder Nicht-Existenz einer Lösung in polynomialer Zeit garantieren kann. Es gibt daher auch keinen Algorithmus, der eine existierende Lösung in garantiert polynomialer Zeit identifizieren kann. Entscheidend für den Erfolg jedes Lösungsansatzes ist es, ein Verfahren zu implementieren, welches trotz dieser hohen theoretischen Komplexität regelmäßig in der Lage ist, Problemfälle der Praxis innerhalb einer für den Benutzer akzeptablen Zeitspanne zu lösen.

Die ausgeprägte Schwierigkeit, ein solches Verfahren zu definieren, wurde im Rahmen dieser Studie durch eine Analyse verdeutlicht, in deren Rahmen bisher entwickelte Ansätze der automatisierten Setzung hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für die Lösung des Setzungsproblems allgemeinbildender Schulen untersucht wurden. Der Tauglichkeitsprüfung wurde dabei ein empirisch abgeleiteter Restriktionen- und Zielsetzungskatalog zugrundegelegt. Es ergab sich, dass trotz vierzigjähriger Forschungsaktivität bislang kein Verfahren dokumentiert ist, welches die für das Setzungsproblem allgemeinbildender Schulen gültigen Restriktionen und Zielsetzungen angemessen berücksichtigt. Entsprechend negativ fällt auch das Urteil der Praktiker über die in kommerziellen Stundenplanerstellungsprogrammen integrierten Setzautomatiken aus, deren erzeugte Pläne in aller Regel erst nach umfangreicher manueller Korrektur in die Praxis umgesetzt werden können.

Dass bisher kein effektives Verfahren für die automatische Setzung von Schulstundenplänen vorgelegt wurde, bedeutet jedoch nicht, dass ein solches Verfahren nicht definiert werden kann. So wurden gerade im Verlauf der letzten zehn Jahre für Setzungsprobleme einige neuere heuristische Verfahrenstypen adaptiert, die zwar nicht alle relevanten Anforderungen ausreichend berücksichtigen, die jedoch einen signifikanten Fortschritt gegenüber früheren heuristischen Ansätzen realisieren. Aber auch und gerade für die Anwendung exakter Verfahrenstypen eröffnen sich dank der Entwicklung immer leistungsfähigerer Hard- und Softwaretechnologie neue Möglichkeiten, lange bekannte Vorteile dieser Verfahrenstypen wie eine hohe Abbildungsgenauigkeit bei zugleich geringem Erfordernis der Relaxation von Problemrestriktionen für den Lösungsprozess zu nutzen. In dieser Studie wurde daher das Ziel verfolgt herauszufinden, inwieweit einem dieser Verfahrenstypen, der Gemischt-ganzzahligen Programmierung, das Potenzial innewohnt, einen über bisherige Lösungsansätze hinausgehenden Beitrag für die Effektivität der automatisierten Stundenplansetzung allgemeinbildender Schulen zu leisten.

Lösungsansätze auf Basis der Gemischt-ganzzahligen Programmierung können in verschiedener Weise gestaltet werden. Hierfür bietet sich neben der Abbildung des Problems in ein Totalmodell vor allem eine Dekomposition in mehrere Teilmodelle an, deren Ein-

zellösungen zu einem Gesamt-Stundenplan zusammengefasst werden können. Beide Vorgehensweisen wurden mit der Formulierung des Totalansatzes ToMIP und der beiden Dekompositionsansätze HiMIP und SeMIP in dieser Studie aufgegriffen. Dabei zeigte sich, dass mit Hilfe der jeweils verwendeten gemischt-ganzzahligen Modelle alle als relevant identifizierten Restriktionen und Zielsetzungen des Problems abgebildet werden konnten.

Allerdings erwiesen sich die drei Ansätze hinsichtlich ihrer Tauglichkeit, innerhalb einer überschaubaren Zeitspanne Stundenpläne zu generieren, als sehr heterogen. So führten Tests der Ansätze ToMIP und HiMIP anhand von acht Praxisfällen mehrerer Berliner Realschulen und Gymnasien zu dem Ergebnis, dass mit keinem dieser beiden Ansätze innerhalb von 24 Stunden Stundenpläne erzeugt werden konnten. Beide Ansätze müssen daher im Rahmen dieser Studie als gescheitert angesehen werden.

Demgegenüber verliefen Tests des SeMIP-Ansatzes anhand desselben Testfallkatalogs ausgesprochen erfolgreich, da für jeden Fall in einer akzeptablen Zeitspanne mindestens ein, meistens jedoch mehrere Stundenpläne gesetzt werden konnten. Dabei wurden in sieben der acht Fälle sämtliche relevanten Restriktionstypen ohne jede Einschränkung durchgesetzt. Lediglich in einem Fall mussten einige Missachtungen von Lehrer-Ansprüchen auf unterrichtsfreie Tage in Kauf genommen werden. Auch die Ziele der Stundenplanzsetzung wurden durch die erzeugten Stundenpläne in einem hohen Maße berücksichtigt. Dabei gelang es zumindest hinsichtlich der zentralen Verfahrensparameter der Knotenwahl- und der Branching-Strategie innerhalb des Branch-and-Bound-Prozesses, Einstellungen zu definieren, die für die Lösung aller Fälle gleichermaßen geeignet waren. Weitere Parameter waren individuell einzustellen. Die durchschnittliche Laufzeit des Verfahrens bis zur Erzielung eines Stundenplanes betrug, bei jeweils bester Parametereinstellung, für die meisten Fälle zwischen 40 und 150 Minuten auf einem Pentium III-500 MHz-PC. Nur in einem Fall musste eine Laufzeit von zwölf Stunden hingenommen werden. Da das Setzungsproblem i.d.R. nicht häufiger als zweimal jährlich an jeder Schule gelöst werden muss, erscheint dieses Laufzeitverhalten aus Sicht des Benutzers akzeptabel.

Die Beurteilung einiger der mit Hilfe des SeMIP-Ansatzes erzeugten Stundenpläne durch die Praktiker der am Testprogramm teilnehmenden Schulen ergab eine überwiegend gute Bewertung hinsichtlich der Verwirklichung der Zielsetzungen. Zugleich wurde deutlich, dass aus Sicht der Stundenplaner mehrere Restriktionen Relevanz besaßen, die nicht in dem der Studie zugrunde gelegten Restriktionenkatalog enthalten waren und daher durch die ausgelieferten Pläne nicht ausreichend berücksichtigt wurden. Trotz dieser Einschränkung und der Tatsache, dass für die Testläufe meinerseits eine Reihe pauschalisierender Annahmen getroffen wurde, stellten die Praktiker dem SeMIP-Ansatz eine positive Gesamtbewertung aus. Gegenüber den Setzautomatiken anderer Stundenplanungsprogramme, welche den Praktikern bekannt waren, wurde der Ansatz mindestens gleich gut, von einem der Planer sogar besser bewertet.

Die Testergebnisse und die Bewertung des SeMIP-Ansatzes zeigen, dass es gelungen ist, auf Basis der Methodik der Gemischt-ganzzahligen Programmierung einen durchaus praxistauglichen Lösungsansatz für die Setzung von Stundenplänen allgemeinbildender Schu-

len zu entwickeln. Mehr als alle bisher in der wissenschaftlichen Literatur dokumentierten Ansätze ist dieser neue Lösungsansatz in der Lage, einen aus der Empirie abgeleiteten Katalog relevanter Restriktionen und Zielsetzungen umfassend zu berücksichtigen. Die Methodik der Gemischt-ganzzahligen Programmierung besitzt daher das Potenzial, einen über bisherige Ansätze hinausgehenden Beitrag für die Effektivität der automatisierten Setzung von Stundenplänen allgemeinbildender Schulen zu leisten.

Das Ausmaß dieses Potenzials kann jedoch, wie zu Beginn der Studie erwartet, an dieser Stelle nicht abschließend beurteilt werden. Hierzu bedarf es eines längerfristigen Erfahrungs- und Entwicklungsprozesses, in dessen Rahmen die Bedürfnisse der Praxis und die Möglichkeiten des neuen Lösungsansatzes besser aufeinander abgestimmt werden, als dies im beschränkten Rahmen dieser einleitenden Studie möglich war. Darüber hinaus kann sich das Potenzial des Verfahrens nur in seinem wiederholten Einsatz unter den Bedingungen von ex ante-Entscheidungssituationen und nur in seinem direkten Gebrauch durch die Stundenplaner beweisen.

Die Voraussetzungen für einen langfristigen Erfolg der Gemischt-ganzzahligen Programmierung sind gut. Setzt sich der über die letzten Jahrzehnte zu beobachtende Entwicklungsprozess der Hardwaretechnologie und der verfügbaren Standard-Optimierungssoftwaresysteme fort, so ist damit zu rechnen, dass sich bereits in wenigen Jahren einzelne Stundenpläne in Laufzeiten erzeugen lassen, die sich eher im Minuten- als im Stundenbereich bewegen. Gelingt es zusätzlich, die Abbildungsgenauigkeit des SeMIP-Ansatzes hinsichtlich des Problems weiter zu erhöhen, so besteht die Aussicht, Stundenpläne guter Qualität in großer Zahl erzeugen zu können. Hierdurch würde der Stundenplaner in die Lage versetzt, den Schwerpunkt seiner Tätigkeit von der manuellen Korrektur eines schlechten Planes hin zur Auswahl der an die spezifischen Anforderungen seiner Schule am besten angepassten Alternative aus einer Menge guter Stundenpläne zu verlagern.