

Integrierte Ressourcen-Planung an Hochschulen

Gerald Lach¹ Mirjana Lach² Erhard Zorn³

Abstract: Die Ressourcen-Planung bietet ein großes Potential, um die knappen Mittel an Hochschulen effizienter einzusetzen und so die Lehre zu verbessern sowie Einschränkungen zu vermindern. Wir stellen ein integriertes Ressourcen-Management-System vor, das Methoden der mathematischen Optimierung verwendet, um die Klausurterminplanung, Lehrveranstaltungsplanung, Tutorieneinteilung und Personaleinsatzplanung zu bewältigen. Das System haben wir an der RWTH Aachen, der TU Berlin und der TU München eingesetzt; die dabei erzielten Ergebnisse fassen wir zusammen.

Keywords: Ressourcen-Management, Klausurterminplanung, Lehrveranstaltungsplanung, Tutorieneinteilung, Mathematische Optimierung

1 Einleitung

In den letzten Jahren hat der Einsatz integrierter Campus-Management-Systeme stark an Bedeutung gewonnen. Hierzu gibt es ein reges Forschungsinteresse (z. B. [AA10], [BK09]). Viele Hochschulen treiben mit großem Aufwand Projekte voran, um den kompletten Lebenszyklus ihrer Studierenden – von der Bewerbung bis zur Exmatrikulation – zu jeder Zeit elektronisch abbilden und effizient verwalten zu können. Anders als ein integriertes Campus-Management steht der Aufbau eines integrierten Ressourcen-Managements selten im Fokus der Hochschulen. Häufig wird der Nutzen durch ein verbessertes Ressourcen-Management nicht erkannt, oder aus politischen Gründen werden Veränderungen bei der Raum- und Personalverteilung gescheut. Ein effizientes Ressourcen-Management scheint an deutschen Hochschulen überwiegend negativ interpretiert und häufig mit unnötig aufgezwungenen Sparmaßnahmen gleichgesetzt zu werden. Abwehrhaltungen werden indirekt gerne mit der „Freiheit von Forschung und Lehre“ begründet. Ein effizientes Ressourcen-Management kann jedoch dazu beitragen, mit beschränkten Ressourcen einen möglichst optimalen Lehrbetrieb sicherzustellen. Es ist schwer nachvollziehbar, warum bei immer knapperen Haushaltsmitteln eher darüber nachgedacht wird, z. B. Fachgebiete zu streichen, als Kosten durch einen effizienteren Einsatz der Raum- und Personalressourcen einzusparen. Die Freiheit von Forschung und Lehre wird dadurch eher unterstützt als durch Einzelne, die auf ihren „angestammten“ Ressourcen zu Lasten der anderen beharren.

Bei Diskussionen zu Einsparmöglichkeiten stehen in der Regel Personalressourcen an erster Stelle; sie sind der größte Posten im Budget. Raumressourcen, mit den dazu gehörigen Kosten für Energie, Personal wie Hausmeister etc., stellen jedoch den zweitgrößten Posten im Haushalt der Hochschulen dar, werden jedoch oft nicht ausreichend betrachtet.

¹ Technische Universität Berlin, innoCampus, Straße des 17. Juni 136, 10623 Berlin, lach@math.tu-berlin.de

² Technische Universität Berlin, innoCampus, Straße des 17. Juni 136, 10623 Berlin, mlach@math.tu-berlin.de

³ Technische Universität Berlin, innoCampus, Straße des 17. Juni 136, 10623 Berlin, erhard@math.tu-berlin.de

Die Verwaltung knapper Ressourcen ist eine an Hochschulen jedes Semester wiederkehrende Aufgabe. Die manuelle Koordination von Lehrveranstaltungen, Räumen, wissenschaftlichem und studentischem Personal in der Lehre ist eine komplexe Ressourcen-Management-Aufgabe, die von den Hochschulen nur mit großem personellen Aufwand – und häufig nicht zufriedenstellend (siehe z.B. [Op], [FV], [ot]) – bewältigt wird. Die meisten Hochschulen können dabei keine Aussage über die Qualität ihrer Ressourcen-Planung machen. Wichtige Kennzahlen wie die Belegungs- bzw. Auslastungsquoten von Hörsälen, die Anzahl an Teilnehmern einer Veranstaltung oder nur die Anzahl der Veranstaltungen in einem Semester stehen den Hochschulen meist nur in unzureichender Qualität zur Verfügung. Ein Grund ist sicherlich die hohe Komplexität universitärer Ressourcen-Planungen. So stellt nicht nur die Vielzahl der zu beachtenden Nebenbedingungen für die Planer eine Herausforderung dar, auch die simultane Koordination aller Beteiligten – wie z. B. Fachgebiete, Raumverwalter und Studienbüros – ist eine enorme Herausforderung.

In dieser Arbeit stellen wir unseren Ansatz zum Management universitärer Ressourcen dar. Die meisten anderen, uns bekannten, Methoden konzentrieren sich auf eine „Beibehaltung“ des Status Quo. Dagegen sind unsere universitären Ressourcen-Management-Methoden darauf ausgelegt, flexibel und frühzeitig auf Änderungen der Rahmenbedingungen reagieren zu können.

In Abschnitt 2 geben wir einen Überblick über die von uns betrachteten Ressourcen-Planungsprobleme, und in Abschnitt 3 beschreiben wir die üblichen Ansätze dafür. In Abschnitt 4 stellen wir unseren Ansatz und in Abschnitt 5 seine Umsetzung samt Ergebnissen in Abschnitt 6 vor.

2 Ressourcen-Management an Hochschulen

Das Ressourcen-Management an Hochschulen umfasst die Verwaltung vieler Ressourcen. Beispiele hierfür sind Räume, Personal, aber auch der Fuhrpark oder Beamer. Wir konzentrieren uns in dieser Arbeit auf innovative Methoden zum Management der Ressourcen *Raum, Lehrpersonal und Zeit*. Wir betrachten die folgenden vier Planungsprobleme:

Lehrveranstaltungsplanung Bei der Lehrveranstaltungsplanung werden die Termine aller periodisch stattfindenden Lehrveranstaltungen (in der Regel ohne Tutorien, dazu siehe unten) konfliktfrei koordiniert. Neben den Studienverlaufsplänen und den Raumressourcen sind dabei die Verfügbarkeiten der Dozierenden sowie zeitliche Abfolgebedingungen zwischen (Teilen der) Lehrveranstaltungen zu berücksichtigen.

Klausurterminplanung Bei der Klausurterminplanung wird jeder Klausur (oder schriftlichen Leistungskontrolle) ein Termin und ausreichend Raumkapazität zugewiesen. Wichtig ist die Berücksichtigung der Studienverlaufspläne aller Studien- und Prüfungsordnungen sowie die Einhaltung bestimmter Abstände zwischen den Klausuren, um den Studierenden eine gute Vorbereitung zu ermöglichen.

Tutorieneinteilung Viele Veranstaltungen bieten neben den Vorlesungen und großen Übungen stoffvertiefende Übungen in Kleingruppen (Tutorien) an. Die Studierenden der Veranstaltungen werden bei der Tutorieneinteilung auf die zugehörigen Tutorien verteilt. Dies geschieht in der Regel am Beginn der Vorlesungszeit.

Personaleinsatzplanung Das wissenschaftliche Personal und die studentischen Beschäftigten, die in Tutorien unterrichten (Tutoren/innen) werden Lehrveranstaltungen zugewiesen. Zu beachten ist dabei, in welchen Lehrveranstaltungen das Personal auf Grund seiner Qualifikation einsetzbar ist.

Die Klausurterminplanung nimmt eine Sonderstellung ein: Hier werden Ressourcen für die *vorlesungsfreie* Zeit geplant, bei den anderen drei Problemen wird für die *Vorlesungszeit* geplant. Die Klausurterminplanung hat daher wenige Abhängigkeiten zu den anderen Planungsproblemen. Die Ergebnisse der Lehrveranstaltungsplanung, Tutorieneinteilung und Personal-Einsatzplanung beeinflussen sich gegenseitig. So führt die Reduzierung der Anzahl der Tutoren/innen bei einer Veranstaltung dazu, dass für diese Veranstaltung weniger, aber größere Räume benötigt werden, da mehr Studierende einem Tutorium zugeordnet werden.

2.1 Ressourcen-Management an Hochschulen in der Forschung

Die aufgeführten Stundenplanungsprobleme werden schon seit langem algorithmisch untersucht. Es gab viele Versuche, seine kombinatorische Struktur zu erforschen und effiziente Lösungsstrategien zu entwickeln. 1996 zeigten Cooper und Kingston, dass es sich beim Stundenplanproblem um ein sogenanntes *NP-schweres* Problem handelt [CK96] (für Details von NP-schweren Problemen siehe [GJ78]). Man kann daher nicht erwarten, einen „schnellen“ Algorithmus zu finden, der das Problem exakt löst. In den letzten Jahren wurden in der Forschung vor allem heuristische Methoden für das Stundenplanungsproblem untersucht. Dies lässt sich besonders gut verfolgen an den Tagungsberichten zur Konferenz-Serie *Practice and Theory of automated Timetabling (PATAT)*⁴ [Bu04, BR06].

Seit 2002 gibt es einen internationalen Wettbewerb zur Stundenplanerstellung (ITC)⁵⁶ [Mc10], in dem Forschergruppen gegeneinander antreten, um die beste Lösungssoftware zu ermitteln. Dazu wurden standardisierte Probleme veröffentlicht, die in der Community als Benchmarks anerkannt sind. In der Kategorie *University Course Timetabling*, ähnlich der *Vorlesungsplanung*, wurden Probleme mit nicht mehr als 300 Kursen betrachtet. Die dort vorgestellten Algorithmen sind daher oft nicht für den Einsatz an deutschen Hochschulen geeignet. Nur wenige in der Forschung betrachtete Lösungsalgorithmen sind an Probleminstanzen mit einer praxisrelevanten Größe getestet [La07, LL08, MR14].

⁴ <http://www.asap.cs.nott.ac.uk/patat/patat-index.shtml>

⁵ <http://www.cs.qub.ac.uk/itc2007>

⁶ <http://www.idsia.ch/Files/ttcomp2002>

Untersuchungen zu effizienten Arbeitsablaufplanungen beim Ressourcen-Management an Hochschulen sind uns nur wenig bekannt. In [Go10] wurden Herangehensweisen zur effizienten Umsetzung der Tutorieneinteilung vorgestellt.

2.2 Herausforderungen für das Ressourcen-Management

An den Hochschulen sind die Rahmenbedingungen für das Ressourcen-Management ständigen Änderungen unterworfen: Prüfungsordnungen ändern sich oder neue kommen hinzu, und Räume werden wegen Sanierungsmaßnahmen gesperrt. Eine besondere Herausforderung war der doppelte Abiturjahrgang mit stark gestiegenen Anfängerzahlen. Insgesamt hat sich der Bolognaprozess sehr stark bei der Stundenplanung bemerkbar gemacht: Die alten Pläne können nicht mehr nur durch wenige Änderungen angepasst werden, weil in zu kurzer Zeit zu viele Änderungen nötig geworden sind. Dabei können bereits wenige Änderungen zu großen Schwankungen bei den Teilnehmerzahlen führen, und das wirkt sich u. a. auf die Tutoreneinsatzplanung aus. Dieses Beispiel zeigt die hohe Komplexität des Ressourcen-Managements an Hochschulen.

Neben der planerischen Komplexität stellt die Einbeziehung aller Beteiligten eine Herausforderung dar. Alle Stakeholder müssen von der Bedeutung einer guten Ressourcen-Planung überzeugt werden. Gleichzeitig muss ihnen vermittelt werden, dass im Sinne einer transparenten und gerechten Ressourcen-Verteilung nur gut begründete Ausnahmen möglich sind, wenn es etwa um die Präferenzen bei den zu nutzenden Ressourcen geht.

Flexibilität ist daher eine der wichtigsten Anforderungen an das Ressourcen-Management, um auf wechselnde Rahmenbedingungen eingehen zu können. Manche Änderungen sind lange im Voraus bekannt (z. B. der doppelte Abiturjahrgang), aber es gibt auch kurzfristig nötige Anpassungen (z. B. auf Grund einer Raumspernung).

Kurzfristige Änderungen der Rahmenbedingungen Bei kurzfristig notwendigen Anpassungen im aktuellen Ressourcen-Management werden häufig nur wenig zufriedenstellende Lösungen gefunden. Beispiele hierfür sind:

- Nicht vorhersehbare Schwankungen der Studierendenzahlen je Veranstaltung
- Kurzfristige Kündigung studentischer Mitarbeiter/innen
- Raumspernungen wegen Baumängeln, Raumentzug wegen Sonderveranstaltungen

Mittelfristige Änderungen der Rahmenbedingungen Änderungen, die mindestens 4–5 Monate im Voraus bekannt sind, bezeichnen wir als mittelfristig. Nötige Anpassungen sind in diesem Fall bereits in der Planungsphase bekannt und können in einem flexiblen Ressourcen-Management leicht berücksichtigt werden. Dabei ist es wichtig, die neuen Rahmenbedingungen korrekt zu erfassen. Beispiele hierfür sind:

- Einführung neuer Studien- und Prüfungsordnungen
- Änderung von Studienverlaufsplänen
- Fluktuation beim wissenschaftlichen Personal
- Raumsperren wegen Events und geplanter Baumaßnahmen

Langfristige Änderungen der Rahmenbedingungen Im Gegensatz zu kurz- und mittelfristigen Änderungen stehen langfristig zu berücksichtigende Änderungen der Rahmenbedingungen meist im Zusammenhang mit strategischen Entscheidungen der Hochschule. Beispiele hierfür sind:

- Langfristige Gebäudeplanung
- Profil der Hochschule und damit Ausrichtung der Studiengänge
- Langfristige Planung der Zulassungszahlen

3 Verbreitete Methoden des Ressourcen-Managements

Um Ressourcen-Planungsprobleme wie das Stundenplanproblem zu lösen, werden vorwiegend zwei Methoden eingesetzt: Planung „von Hand“ und das *first-come, first-served*-Prinzip. Am vertrautesten ist die Planung „von Hand“; bei einer Software-Lösung werden Planungshilfen geboten, die Angebot und Nachfrage visualisieren oder Konflikte anzeigen. Die Zuordnung von Ressourcen kann durch übliche *Drag & Drop*-Techniken erleichtert werden. Die Software hilft anschließend bei der Information der Beteiligten, z. B. durch Anzeige des individuellen Stundenplanes. Diese Methode bedarf eines hohen Personal- und Zeitaufwandes. Daher besteht das Interesse, einmal bestimmte Lösungen nur noch selten/wenig zu ändern. Für die Lehrveranstaltungsplanung ist dies ein übliches Verfahren; durch die im Laufe der Zeit immer wieder nötigen „kleinen“ Änderungen „wächst“ ein Stundenplan. Die Übernahme der alten Stundenpläne ist daher das Standardverfahren auch bei der HIS-Software LSF, die an vielen Hochschulen in Deutschland eingesetzt wird. Beim „first-come, first-served“-Prinzip werden die Ressourcen zur freien Wahl zur Verfügung gestellt, bis sie erschöpft sind. In der einfachsten Form wird dies an Hochschulen durch Eintragen in Teilnehmerlisten realisiert, fortgeschrittene Web-Lösungen bereiten die Daten digital auf. Dieses Verfahren eignet sich nur, wenn ausreichende Ressourcen zur Verfügung stehen. Die Studierenden als Ressourcen-Nehmer erhalten auch dann in der Regel suboptimale Lösungen, da sie kaum einen Gesamtüberblick über das Angebot haben und ihre Ressourcen nur sukzessive buchen können. Und das Lehrpersonal als Ressourcen-Anbieter kann auf Schwankungen bei der Nachfrage schlecht reagieren. Da die Verteilung der Ressourcen im Allgemeinen zeitlich nicht aufeinander abgestimmt wird, müssen die Ressourcen-Anbieter immer wieder Anpassungen vornehmen. Je später jemand Ressourcen wählt (etwa wegen später Immatrikulation), umso schlechter wird seine Lösung.

Die Ressourcen-Planung mittels des „first-come, first-served“ Prinzips oder mittels der Übernahme aus dem vorhergehenden Semester bietet Planungssicherheit; außerdem ist

dies technisch leicht umsetzbar. Andererseits führt gerade das Prinzip der Datenübernahme zusammen mit der Buchung der Restressourcen nach dem „first-come, first-served“ Prinzip zum Horten von Ressourcen: Aus Angst, nicht genug Ressourcen zu bekommen, buchen die Anwender meist zuviele Ressourcen, die aber anschließend nicht wieder freigegeben werden, um sie in den nächsten Jahren nicht wieder zu verlieren. Als Folge sind trotz ausreichend vorhandener Ressourcen meist keine mehr buchbar.

Die wenigen Software-Lösungen zur automatisierten Ressourcen-Planung an Hochschulen behandeln „nur“ das Problem der Lehrveranstaltungsplanung. Es sind uns keine Ansätze bekannt für Lehrveranstaltungsplanung, Klausurterminplanung, Tutorieneinteilung und Tutoren-Einsatzplanung in abgestimmten Arbeitsprozessen.

4 Grundidee unseres Ansatzes

Unsere Herangehensweise umfasst drei Schritte:

- **Modellierung:** Ein Ressourcen-Planungsproblem wird mathematisch als *Optimierungsproblem* modelliert.
- **Algorithmusentwicklung:** Es wird ein Algorithmus entwickelt, der das zum Ressourcen-Planungsproblem gehörende Optimierungsproblem löst.
- **Arbeitsprozessentwicklung:** Es werden Arbeitsprozesse entwickelt, die den Einsatz des Algorithmus zum Lösen des Optimierungsproblems vorbereiten und die im Einklang mit den Abläufen an der Hochschule stehen.

Die wichtigste Grundlage unseres Ansatzes ist die Modellierung als Optimierungsproblem: Damit ist ein *objektiver Vergleich* verschiedener Lösungen möglich. In die mathematische Modellierung geht eine sogenannte Kostenfunktion ein, in ihr wird das Maß für die Güte der Lösungen festgelegt. Der Wert der Kostenfunktion einer Lösung kann dabei aus realen Kosten und aus Opportunitätskosten bestehen. Der Algorithmus ermittelt aus den vorliegenden Daten eine Lösung – sofern es eine Lösung gibt –, für die die Kostenfunktion einen minimalen Wert annimmt. Eine solche Lösung heißt *optimal*. Der Algorithmus garantiert, dass keine bessere Lösung, d. h. Lösung mit geringeren Kosten, existiert. Sollte keine Lösung existieren, die allen Anforderungen genügt, wird eine Lösung angegeben, die möglichst viele Anforderungen berücksichtigt. Zusätzlich wird angegeben, welche Anforderungen nicht erfüllt werden konnten. Damit kann ermittelt werden, welche Kombination von Anforderungen die Lösbarkeit verhindern. Außerdem haben wir neue Arbeits- und Kommunikationsabläufe entworfen, die besonders bei der Bereitstellung der benötigten Daten unterstützen, die in dem Umfang nicht digital vorlagen.

5 Umsetzung

Die Ausgestaltung der Arbeits- und Kommunikationsabläufe ist ein zentraler Punkt unserer Arbeit. Gut strukturierte Arbeitsabläufe sowie eine schnelle und freundliche Kom-

munikationspolitik sind eine Grundvoraussetzung, um alle Beteiligten von der Mitwirkung an den Prozessen überzeugen zu können. Ohne die Mitarbeit eines großen Teils der Beschäftigten an der Hochschule ist die Umsetzung nicht möglich. In den folgenden Abschnitten geben wir die wichtigsten Eckpunkte an, die wir bei der organisatorischen, prozessualen und IT-technischen Umsetzung beachtet haben.

5.1 Organisation

Um ein starres Ressourcen-Management zu einem flexiblen umzuwandeln, müssen alte Strukturen aufgebrochen und verändert werden. Entschließt man sich etwa dazu, Tutoren/innen möglichst flexibel in der Lehre einzusetzen – d. h. in allen Veranstaltungen, für die sie qualifiziert sind –, muss zunächst geklärt werden, welcher Organisationseinheit die Tutoren/innen zugeordnet sind. Hier bietet sich eine übergeordnete Organisationseinheit an; ein Fachgebiet scheint bei einer solchen Anforderung nicht mehr geeignet zu sein.

Bevor ein flexibles Ressourcen-Management eingeführt wird, müssen klare, transparente Regeln zur Ressourcen-Verteilung festgelegt werden. Es müssen etwa folgende Fragen offen diskutiert und die Entscheidungen transparent kommuniziert werden: Gibt es bevorzugte Buchungsrechte bei manchen Räumen? Auf wie viele Tutoren/innen hat eine Veranstaltung Anspruch? Gibt es Veranstaltungen oder Dozierende, für die die Termine fixiert werden? Daraus ergibt sich ein klarer Leitfaden für das Team des Ressourcen-Managements. An der Hochschule muss transparent entschieden werden, ob ein flexibles optimiertes Ressourcen-Management genutzt werden soll, um die Ressourcen und damit Kosten zu sparen, oder ob und wieviel Überkapazität bei den Ressourcen erhalten bleiben soll. Dies kann nur mit Blick auf die Gesamtsituation der Hochschule entschieden werden.

5.2 Prozess

Sind an der Hochschule alle organisatorischen Rahmenbedingungen für ein flexibles Ressourcen-Management festgelegt worden, müssen sie umgesetzt werden. Dazu müssen Arbeitsprozesse implementiert werden, die sicherstellen, dass die Daten in der benötigten Qualität bereitgestellt werden. Eine gute Datenqualität ist eine wichtige Voraussetzung für ein funktionierendes Ressourcen-Management. Alle Beteiligten sollten daher die Informationen bzw. Daten in ihrem Verantwortungsbereich selbst bearbeiten können. Wir haben uns deswegen für dezentral organisierte Prozesse entschieden, die jeweils von einem oder mehreren Prozess-Administratoren begleitet werden. Die meisten Informationen werden von den jeweiligen Wissensträgern selbst eingetragen, beispielsweise kennt das Team des Ressourcen-Managements nicht die persönliche Verfügbarkeiten eines Dozierenden oder dessen Raumpreferenzen. Diese Daten sollten daher von den Dozierenden selbst im System hinterlegt werden. Die Erfahrung hat allerdings gezeigt, dass grundlegende Informationen wie z. B. Studienverlaufspläne von einer zentralen Stelle eingepflegt werden sollten, um eine ausreichende Qualität der Daten gewährleisten zu können.

Der grobe Ablauf der von uns entwickelten Arbeitsprozesse gliedert sich in die folgenden sechs Phasen:

P1: Vorbereitungen In dieser Phase bereiten die Prozess-Administratoren die Planung vor. Lang- und mittelfristige Änderungen, die nicht von den Dozierenden abhängig sind, werden in das Ressourcen-Management-System eingepflegt. Typische Aufgaben sind: Festlegung und Kommunikation der Termine, Festlegung von Sperrungen aufgrund externer Veranstaltungen (Konferenzen, Messen etc.), Einpflegen von Änderungen in den Studienverlaufsplänen.

P2: Dezentrale Dateneingabe Sind die Vorbereitungen abgeschlossen, werden die jeweiligen beteiligten Nutzer aufgefordert, relevante Informationen in das System einzutragen. In der Lehrveranstaltungsplanung sind das beispielsweise die Verfügbarkeiten der Dozierenden und in der Klausurterminplanung z. B. die Wunschtermine der Durchführenden. Die Prozess-Administratoren unterstützen in dieser Phase die Nutzer und verfolgen den Fortschritt der Dateneingabe. Sollten nicht alle Beteiligten wie erwartet ihre Daten im System hinterlegen, müssen die Prozess-Administratoren dafür sorgen, dass die fehlenden Daten im System vervollständigt werden. Am Ende dieser Phase sind alle lang- und mittelfristigen Veränderungen im Ressourcen-Management-System hinterlegt worden, so dass sie in der aktuellen Planung berücksichtigt werden können.

P3: Zentrale Datenbereinigung Nach Abschluss der dezentralen Dateneingabe kontrollieren die Prozess-Administratoren abschließend die Dateneingabe der Nutzer. Das Ressourcen-Management-System muss dazu den Prozess-Administratoren geeignete Analyse-Werkzeuge etwa für Statistiken zur Verfügung stellen.

P4: Plan-Erstellung Sind alle benötigten Daten im System hinterlegt und kontrolliert, wird die Ressourcen-Planung automatisiert durch die Optimierungssoftware durchgeführt und es wird ein Plan erstellt. Die Prozess-Administratoren können hierbei verschiedene Szenarien erstellen mit unterschiedlichen Parametereinstellungen, um dann mehrere unterschiedliche Ergebnisse zu vergleichen. Das am besten geeignete Ergebnis wird am Ende der Plan-Erstellungs-Phase von den Prozess-Administratoren ausgewählt.

P5: Interne Veröffentlichung und Plan-Nachbearbeitung Bevor die erstellte Ressourcen-Planung veröffentlicht wird (z. B. im Online-Vorlesungsverzeichnis), können sie alle aktiv daran Beteiligten einsehen, um gegebenenfalls noch Änderungen vorzunehmen.

P6: Veröffentlichung und Einarbeitung kurzfristiger Veränderungen Nach Ablauf einer Frist wird die zu diesem Zeitpunkt aktuelle Planung übernommen und veröffentlicht. Das Ressourcen-Management-System muss den Prozess-Administratoren erlauben, kurzfristig auftretende Änderungen der Rahmenbedingungen effizient in die vorhandene Ressourcen-Planung einzuarbeiten.

5.3 IT-Umsetzung

Die komplexen Arbeitsabläufe aus Abschnitt 5.2 sind an einer Hochschule nur umsetzbar, wenn sie durch ein IT-System unterstützt werden. Unser IT-System besteht aus zwei Komponenten: *Web-Applikation* zur Datenpflege und *Optimierungstools*.

Web-Applikation Neben den üblichen Anforderungen an eine Web-Applikation – z.B. Browserkompatibilität und ein ansprechendes Design – sollte bei der Entwicklung der Web-Applikation aufgrund der dezentral organisierten Prozesse ein Schwerpunkt auf das Rechtssystem gelegt werden. Es muss zum einen granular genug sein, um die jeweiligen Zugriffsrechte zu steuern; zum anderen muss es so konzipiert sein, dass es von den Prozess-Administratoren effizient verwaltet werden kann.

Optimierungstools Die Optimierungstools sind das eigentlich Kernstück unserer Idee eines optimierten flexiblen Ressourcen-Managements. Hierbei wird eine Reihe von Anforderungen an die Algorithmen gestellt. Die Optimierungsprobleme sind an großen Hochschulen sehr groß und komplex, so dass viele Algorithmen nicht in der Lage sind, Lösungen zu berechnen. Darüber hinaus müssen die Optimierungstools die geforderten, teilweise sehr hochschulspezifischen Rahmenbedingungen, in ein geeignetes Modell zu übersetzen. Besonders in den letzten Jahren gab es in der Forschung viele Bemühungen, geeignete Algorithmen und Modelle zum Lösen der Klausurterminplanung, der Lehrveranstaltungsplanung und der Tutorieneinteilung zu entwickeln. Die meisten dort betrachteten Probleme reichen allerdings nicht an die Größen heran, die in den Planungsproblemen an vielen deutschen Hochschulen auftreten.

6 Ergebnisse

Im Sommersemester 2003 erprobten wir erstmals unseren Ansatz zum Ressourcen-Management bei der Tutorieneinteilung an der TU Berlin. Seitdem haben wir unser IT-System so erweitert, dass nun die Klausurterminplanung, die Lehrveranstaltungsplanung und die Tutorieneinteilung unterstützt werden. Wir haben das System erfolgreich an der RWTH Aachen, der TU Berlin und der TU München eingesetzt. In den folgenden Abschnitten stellen wir kurz unsere Erfahrungen und Ergebnisse dar.

6.1 Klausurterminplanung

Seit Sommersemester 2010 wird unsere Methode zur Koordination der Klausurtermine an der TU Berlin eingesetzt. Wie bei der Tutorieneinteilung war für die Klausurveranstalter die Teilnahme an der Klausurplanung freiwillig. Trotzdem ist die Zahl der teilnehmenden Veranstaltungen jedes Semester gestiegen, weil immer mehr Veranstalter den Service freiwillig in Anspruch nehmen. Einen wichtigen Grund für die große Akzeptanz sehen

wir im geringen Planungsaufwand von 10 bis 20 Minuten je Klausur für die Verantwortlichen, wobei die Überschneidungsfreiheit von Klausuren für alle Studiengänge sichergestellt wird – nervenaufreibende und zeitaufwändige Abstimmungen entfallen. Auch die Steigerung der durchschnittlichen Raumauslastung von 66 % auf 95 % während des Klausurzeitraums in den größten und beliebtesten Räumen und die damit einhergehende verbesserte Raumzuteilung trug sicherlich zur Zufriedenheit aller Beteiligten bei.

Für das Wintersemester 2014/15 haben wir die Planung für die größten 270 Klausuren an der TU Berlin durchgeführt. Vorher erfolgte die Planung dezentral durch Teilabstimmungen der Anbieter. An Hochschulen derselben Größenordnung ist dafür eine Person Vollzeit beschäftigt, die sich mit vielen Personen abstimmen muss. Schätzungsweise haben wir dabei mindestens drei Personenjahre pro Jahr eingespart. Zusätzlich konnte eine erhebliche Qualitätssteigerung erzielt werden: Früher gab es eine bedeutende Anzahl an Klausuren, bei denen Studierende eines Studienganges gezwungen waren, zwei Klausuren am selben/folgenden Tag zu schreiben. Mit unserer Methode konnten wir solche Überschneidungen verhindern. Aktuell lösen wir die Klausurterminplanung mit 930 Klausuren an der TU München.

6.2 Lehrveranstaltungsplanung

Die RWTH Aachen und die TU Berlin erstellen ihre komplette Stunden- und Raumplanung während der Vorlesungszeit mit dem von uns entwickelten System. Anfangs gab es Widerstand gegen das neue Ressourcen-Management, inzwischen ist das neue Verfahren jedoch an beiden Universitäten fest etabliert. Eine Umfrage unter den Dozierenden der TU Berlin ergab, dass mehr als 85 % von ihnen mit der neuen Planung zufrieden sind. Da bei den alten Verfahren viele Dozierende mit ihren Terminen unzufrieden waren und die Umfrage direkt nach der Einführung durchgeführt wurde, ist das unseres Erachtens ein sehr gutes Ergebnis. Wir interpretieren das Umfrageergebnis als ein deutliches Indiz dafür, dass unsere Methode geeignet ist, konfliktfreie Stundenpläne für Studierende zu erstellen und Raumressourcen effizienter zu nutzen; außerdem zeigt es, dass so die Wünsche der Dozierenden erfüllen werden können und somit eine breite Akzeptanz an der Hochschule möglich ist.

An der RWTH Aachen konnte durch unser System nicht nur der doppelte Abiturjahrgang trotz eines nicht fertiggestellten Hörsaal-Neubaus bewältigt werden, es konnten sogar mehr Studierende aufgenommen werden, als nach den alten Planungen vorgesehen war. Weiter erreichten die RWTH Aachen und die TU Berlin einen sehr viel effizienteren Einsatz der Raumressourcen – von den Veranstaltern seit langem „gebunkerte“ Räume wurden zurückgegeben und die zugewiesenen Räume an die tatsächlichen Teilnehmerzahlen angepasst. Die RWTH Aachen konnte teure Anmietungen bei steigenden Studierendenzahlen einsparen, die TU Berlin zieht das Abmieten teurer Flächen bei konstanter Studierendenzahl in Betracht. Die Kostenersparnis bei beiden Universitäten durch den effizienteren Raumeinsatz betrug ein Vielfaches der Projektkosten zur Einführung der neuen Stundenplanungsverfahren.

6.3 Tutorieneinteilung

Um 100 Studierende auf Tutorien überschneidungsfrei mit herkömmlichen Methoden zu verteilen, wird schätzungsweise ein Arbeitstag aufgewendet. Darin enthalten sind Organisation von Räumen, Verteilen der Tutoren/innen, Einteilung der Studierenden, Umverteilungen wegen späterer Überschneidungen und Erstellen der Teilnehmerlisten. Im WS 2012/13 haben wir an der TU Berlin mit 25.000 Tutorienplätze die bisher größte Einteilung vorgenommen. Das entspricht demnach ca. 1 Personenjahr. Durch unser Verfahren entfiel ein Großteil dieser Arbeiten. Selbst bei sehr konservativer Schätzung haben wir daher mindestens 1/2 Personenjahr eingespart. Pro Jahr ließe sich damit mindestens 1 Personenjahr sparen.

Noch stärker haben die Studierenden profitiert. Ihr Aufwand hat sich auf wenige Minuten reduziert, um sich zu allen Tutorien über eine Webmaske anzumelden. Bei der herkömmlichen Anmeldung in der Vorlesung oder der Eintragung in Listen schätzen wir den Zeitaufwand für die Studierenden auf 1 Stunde je Tutorienplatz.

Ein schwer quantifizierbares, aber wichtiges Qualitätsmerkmal unseres Verfahrens ist die gesteigerte Zufriedenheit der Studierenden und der Lehrenden. Die Studierenden erhalten einen überschneidungsfreien Stundenplan, der ihre Zeitpräferenzen bestmöglich berücksichtigt. Wartezeiten, Sorge um einen Platz und Ärger wegen Verschiebungen entfallen. Die Lehrenden werden von unnötigem Verwaltungsaufwand befreit.

6.4 Tutoreneinsatzplanung

Einige Jahre nach der Einführung der automatisierten optimierten Tutorieneinteilung an der TU Berlin kam bei den Anbietern großer Service-Veranstaltungen der Wunsch auf, die Tutoren-Einsatzplanung stärker an die Tutoreneinteilung zu koppeln. Bei schwankenden Studierendenzahlen sollten die Tutoren/innen flexibel Veranstaltungen zugewiesen werden können, um so jedes Semester die Tutorenkapazität den wirklichen Studierendenzahlen anpassen zu können. Es zeigte sich, dass man so nicht nur die Lehrkapazitäten gerechter auf die Veranstaltungen verteilen kann, sondern dass sogar ca. 10 % weniger Tutoren/innen benötigt wurden, um eine ausreichende Ausstattung der Veranstaltungen zu gewährleisten. Die Qualität der Lehre war dabei insgesamt höher: Wenig sinnvolle Überkapazität an Lehrpersonal konnte verhindert werden, und die Veranstaltungen, die sonst zu wenig Lehrpersonal gehabt hätten, konnten angemessen ausgestattet werden.

7 Ausblick

Der Schwerpunkt unserer Arbeit wird in der nahen Zukunft auf zwei Gebieten liegen: Wir sind dabei, einen umfassenden Arbeitsprozess in unser IT-System zu implementieren, der die Lehrveranstaltungsplanung, Tutorieneinteilung und Tutoren-Einsatzplanung in einem Gesamt-Arbeitsprozess zusammenfasst. Entscheidend dabei ist es, den Arbeitsprozess so zu

entwickeln, dass kurzfristig auftretende Veränderungen der Rahmenbedingungen ressourceneffizienter und anwenderfreundlicher verarbeitet werden können. Der zweite Schwerpunkt wird eine Weiterentwicklung des Verteilungsalgorithmus zur Lehrveranstaltungsplanung sein. Viele Veranstalter haben ein großes Interesse an einer semesterübergreifenden Stabilität der Lehrveranstaltungspläne.

Literaturverzeichnis

- [AA10] Alt, R.; Auth, G.: Campus Management System. *Business & Information Systems Engineering*, 2(3):187–190, 2010.
- [BK09] Bick, M; Kummer, T: Referenzmodell zur Evaluation von Informationssystemen für ein integriertes Campus-Management. *Hochschulmanagement*, 4(4):108–114, 2009.
- [BR06] Burke, E. K.; Rudová, H., Hrsg. PATAT 2006 – Proceedings of The 6th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling. Masaryk University, Brno, Czech Republic, Springer, 2006.
- [Bu04] Burke, E. K., Hrsg. Proceedings of the 5th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling, Pittsburgh, Pa., 2004. Springer.
- [CK96] Cooper, T. B.; Kingston, J. H.: The Complexity of Timetable Construction Problems. In (Burke, E. K.; Ross, P., Hrsg.): PATAT. Jgg. 1153 in *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, S. 283–295, 1996.
- [FV] Friedmann, J.; Verbeet, M.: , Blindflug ins Chaos. <http://www.spiegel.de/spiegel/0,1518,570180,00.html>.
- [GJ78] Garey, M. R.; Johnson, D. S.: *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness*. W. H. Freeman, Berlin, 1978.
- [Go10] Gora, W.; Jeschke, S.; Lach, G.; Lübbe, J.; Pfeiffer, O.; Zorn, E.: Management and optimal distribution of large student numbers. In: *Proceedings of the Education Engineering 2010*. S. 1891–1896, 2010.
- [La07] Lach, G.: Modelle und Algorithmen zur Optimierung der Raumvergabe der TU Berlin. Masterarbeit, Technische Universität Berlin, Institut für Mathematik, 2007.
- [LL08] Lach, G.; Lübbecke, M.E.: Optimal University Course Timetables and the Partial Transversal Polytope. In (McGeoch, C.C., Hrsg.): 7th International Workshop on Efficient and Experimental Algorithms (WEA08). Jgg. 5038 in *LNCS*, Springer, Berlin, S. 235–248, 2008.
- [Mc10] McCollum, B.; Schaerf, A.; Paechter, B.; McMullan, P.; Lewis, R.; Parkes, A. J.; Gaspero, L. Di; Qu, R.; Burke, E. K.: Setting the Research Agenda in Automated Timetabling: The Second International Timetabling Competition. *INFORMS Journal on Computing*, 22(1):120–130, 2010.
- [MR14] Müller, T.; Rudov, H.: Real-life curriculum-based timetabling with elective courses and course sections. *Annals of Operations Research*, S. 1–18, jun 2014.
- [Op] Opper, D.: , Studienstart bizarr. Bedingt einsatzbereit. <http://www.spiegel.de/unispiegel/studium/0,1518,449050,00.html>.
- [ot] otr/dpa: , Hörsaal-Drängelei and Bafög-Stau. <http://www.spiegel.de/unispiegel/studium/0,1518,799551,00.html>.