

Universität Konstanz

# Entwicklung eines Simulations- und Prognosemodells der Kapazitäts- und Auslastungswirkungen von Zulassungszahlen an den Hochschulen

## **Masterarbeit**

Masterstudiengang Information Engineering  
Fachbereich Informatik & Informationswissenschaft  
an der Universität Konstanz

<b>vorgelegt von:</b>	<b>Svetlana Vinnik</b>
<b>Betreuer und Erstgutachter:</b>	<b>Prof. Dr. Marc H. Scholl</b>
<b>Zweitgutachter:</b>	<b>Prof. Dr. Oliver Fabel</b>
<b>Bearbeitungszeitraum:</b>	<b>Dezember 2002 bis Mai 2003</b>

**Konstanz, den 12. Mai 2003**

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	2
Abbildungsverzeichnis .....	4
Tabellenverzeichnis.....	5
Einleitung und Motivation.....	6
1. Berechnungsmodell der Kapazitätsverordnung als Basisverfahren zur Ermittlung von Zulassungszahlen .....	9
1.1. Grundsätze der Kapazitätsermittlung.....	9
1. 2. Berechnungsmodell der Kapazitätsverordnung.....	11
1.2.1. Festlegung der Studienangebotsstruktur.....	14
1.2.2. Berechnung der personellen Kapazität .....	16
1.2.3. Berechnung des Ausbildungsaufwandes (Curricularanteile) .....	17
1.2.4. Erstellung der Dienstleistungsmatrix.....	21
1.2.5. Ermittlung des bereinigten Lehrangebots.....	23
1.2.6. Ermittlung der Aufnahmekapazität der Lehreinheiten und Studiengänge ....	23
1.2.7. Überprüfung und Korrektur des Berechnungsergebnisses .....	26
1.3. Berechnung der Auslastungswirkungen von Zulassungszahlen.....	28
2. Kritik des geltenden Kapazitätsmodells .....	32
2.1. Auslastung durch Ist-Studienplätze .....	32
2.2. Statische Ermittlung der Dienstleistungen.....	38
2.3. Systematische Fehlschätzung der Curricularanteile für Lehrimporte.....	45
2.4. Probleme bei der Ermittlung von Zulassungszahlen für interdisziplinäre Studiengänge.....	46
2.5. Zusammenfassung .....	47
3. Kernelemente des Berechnungsverfahrens zur nachfrageorientierten Ermittlung von Zulassungszahlen .....	49
3.1. Matrixbasierte Berechnung der Aufnahmekapazität .....	49
3.2. Berechnung der Auslastungswirkungen für benutzerdefinierte Szenarien .....	60
3.3. Prognose der Gesamtauslastung durch die zu erwartenden Ist-Studienplätze .....	65
3.4. Korrekturmechanismen zur Optimierung der Gesamtauslastung.....	69
3.5. Unlösbares System – Hinweis auf ein inkonsistentes Studienangebot .....	75
4. Modellentwurf und –implementation .....	77
4.1. Anforderungen an das Modell .....	78
4.2. Prognosemodell als Decision-Support-System.....	81
4.3. Entwicklung des Softwareproduktes.....	83
4.3.1. Datenbankaufbau .....	85

4.3.1.1. Konzeptioneller Datenbank-Entwurf.....	85
4.3.1.2. Logischer Datenbankentwurf .....	91
4.3.1.3. Data-Warehouse-Anwendung zur Trendanalyse und Datenvisualisierung .....	93
4.3.2. Graphische Benutzeroberfläche des Modells.....	96
4.3.3. Simulationskomponente des Modells.....	100
<b>5. Evaluierung des Prognosemodells.....</b>	<b>102</b>
5.1. Prognose der Aufnahmekapazität nach dem modifizierten Kapazitätsverfahren .	102
5.2. Auslastungswirkungen der offiziell ermittelten Zulassungszahlen.....	105
<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>108</b>
<b>Glossar.....</b>	<b>111</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>114</b>
<b>Anhang A: Gane &amp; Sarson-Notation für die Datenflussdiagramme .....</b>	<b>i</b>
<b>Anhang B: Berechnung der jährlichen Aufnahmekapazität gem. KapVO .</b>	<b>ii</b>
B.1. Berechnung des Lehrangebots am Beispiel der Lehrinheit Geschichte (Universität Konstanz, Studienjahr 2002/03) .....	ii
B.2. Berechnungsbeispiel für den Studienausgleichsfaktor .....	iv
<b>Anhang C: Matrixbasierte Berechnung der Aufnahmekapazität, Universität Konstanz, Prognose für das Studienjahr 2003/04 .....</b>	<b>v</b>
C.1. Hilfsmatrix B – Curriculareigenanteile der Studiengänge .....	v
C.2. Hilfsmatrix C – Curricularanteile für Lehrimporte.....	vi
C.5. Daten zur Berechnung der Lehrbelastung durch interdisziplinäre Studiengänge...	ix
C.6. Erstellung des rechten Spaltenvektors für das lineare Gleichungssystem .....	x
C.7. Schwundausgleichsfaktoren der nicht-interdisziplinären Studiengänge .....	xi
<b>Anhang D: Die Konstrukte des Entity-Relationship-Modells.....</b>	<b>xii</b>
<b>Anhang E: SQL-Statements zur Erzeugung der Datenbank-Tabellen....</b>	<b>xiii</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Datenflussdiagramm des Berechnungsmodells gemäß KapVO .....	12
Abbildung 2. Hierarchische Studienangebotsstruktur, Universität Konstanz (Ausschnitt). 15	
Abbildung 3. Verklemmung bei der Berechnung der Zulassungszahlen wegen zyklischer Parameterabhängigkeiten bei Lehreinheiten mit gegenseitigen Dienstleistungen.....	39
Abbildung 4. Datenflussdiagramm des modifizierten Verfahrens zur Kapazitätsberechnung.....	51
Abbildung 5. Datenflussdiagramm des Verfahrens zur Berechnung der Auslastungswirkun- gen bei nachfrageorientierter Festsetzung von Zulassungszahlen .....	64
Abbildung 6. Abschätzung der Gesamtstudentenzahl in einem Studiengang, Ausgangspunkt .....	66
Abbildung 7. Abschätzung der Gesamtstudierendenzahl in einem Studiengang .....	68
Abbildung 8. Die 3-Schichten-Softwarearchitektur des Prognose-Modells .....	84
Abbildung 9. ER-Modellierung der Lehrangebotsdaten.....	86
Abbildung 10. ER-Modell für die Veranstaltungsdaten zur Bildung der Curricularanteile..	87
Abbildung 11. ER-Modell für die Studierendendaten.....	88
Abbildung 12. ER-Modell für die Ein- und Ausgabedaten für die offizielle Prognose .....	89
Abbildung 13. Relationales Schema für die Basisdaten des Prognosemodells.....	92
Abbildung 14. 3D-Datenwürfel zur Visualisierung der Lehrimporte-Daten .....	96
Abbildung 15. Startseite und Navigationsleiste des Prognosemodells. ....	98
Abbildung 16. Dialogelement einer kontextspezifischen Einfügeoperation .....	99
Abbildung 17. Fehlerhaftigkeit der gemäß KapVO ermittelten Aufnahmekapazitäten .....	105
Abbildung 18. Zu erwartende Auslastung der Lehreinheiten im Studienjahr 2003/04.....	107

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Berechnung des Lehrangebots, Lehreinheit Geschichte .....	17
Tabelle 2. Daten zur Berechnung des Curricularwertes einer Veranstaltung.....	19
Tabelle 3. Curricularwert-Berechnung für den Studiengang Rechtswissenschaft, .....	20
Tabelle 4. Ausschnitt aus einer hypothetischen Dienstleistungsmatrix .....	22
Tabelle 5. Ermittlung der Aufnahmekapazität - Datenübersicht .....	24
Tabelle 6. Daten zur Ermittlung der Aufnahmekapazität der Lehreinheit.....	25
Tabelle 7. Zulassungs- vs. Anfängerzahlen, (Lehreinheit Informatik, 2001) .....	34
Tabelle 8. Daten zur Ermittlung der Auslastung der Lehreinheit Informatik (2001).....	38
Tabelle 9. Zulassungszahlen im Jahr 2003/04 vs. Anfängerzahlen im Jahr 2002/03.....	41
Tabelle 10. Ermittlung der Dienstleistungen (Lehreinheit Mathematik, 2003/04) .....	42
Tabelle 11. Matrix B - Curriculareigenanteile der Studiengänge (Ausschnitt).....	55
Tabelle 12. Vektor V1 mit den Anteilquoten (Ausschnitt). .....	56
Tabelle 13. Matrixdarstellung der gewichteten Curricularanteile der Studiengänge für Lehrimporte .....	58
Tabelle 14. Matrixdarstellung für die gewichteten Curricularanteile der Lehrimporte, aggregiert nach zuständiger Lehreinheit.....	58
Tabelle 15. Prognose der Zulassungszahlen für das Studienjahr 2003/04.....	103
Tabelle 16. Prognose der Aufnahmekapazitäten je Lehreinheit.....	104
Tabelle 17. Berechnungsergebnisse der Auslastungsanalyse .....	106

## Einleitung und Motivation

Jedes Jahr müssen die Verwaltungen der deutschen Hochschulen eine Aufstellung über die verfügbaren Kapazitäten und ihre Auslastung vorlegen. Diese Berechnungen dienen den Universitäten als Grundlage für die Festlegung der Zulassungszahlen im nächsten Studienjahr, also der Maximalzahl von zu akzeptierenden Bewerbern in einzelnen Studiengängen.

Das derzeit gültige, seit 1972 verwendete Verfahren zur Ermittlung der Aufnahmekapazität fordert eine erschöpfende Nutzung der vorhandenen Ausbildungskapazitäten je Hochschule.

Die rechtliche Grundlage für das Verfahren und das dazugehörige Berechnungsmodell wurden von den Bundesländern gemeinsam verfasst und in Form von Kapazitätsverordnungen mit im Wesentlichen gleichem Wortlaut jeweils als Landesrecht erlassen. Die Grundidee der Verordnungen ist, dass Studiengänge von Fachbereichen getragen werden, diesen Fachbereichen Ressourcen zugewiesen sind und sich das maximal mögliche Studienangebot aus den Ressourcenzuweisungen ableiten lässt. Das Berechnungsmodell wurde so konzipiert, dass es ohne komplizierte mathematische Methoden und ohne EDV-Unterstützung anwendbar war.

Dieser Planungsansatz sieht sich in den letzten Jahren zunehmend neuen Herausforderungen und wachsender Kritik ausgesetzt:

- Durch die weltweite Öffnung des Bildungswesens entwickelt sich ein internationaler Wettbewerb zwischen Hochschulen, der einen größeren Gestaltungsspielraum bei der Planung der Studienstruktur erfordert.
- Die Hochschulen entwickeln zunehmend eigene Ziele und Profile, um die Attraktivität ihres Studienangebots zu erhöhen. Qualität und Erfolg einer Hochschule hängen immer mehr davon ab, inwieweit sie in der Lage sind, neue Anforderungen aufzugreifen und neue Wege einzuschlagen.
- „Im Zuge der allgemeinen Diskussion um eine Steigerung der Leistungsfähigkeit der öffentlichen Verwaltung ... sind auch die Hochschulen der Forderung nach einer Reform ihrer Steuerungsmechanismen ausgesetzt.“<sup>1</sup>

Unter diesen veränderten Rahmenbedingungen ist eine anforderungsgerechte Weiterentwicklung des Hochschulwesens erwünscht, wozu die Durchführung von Reformen, Strukturveränderungen und, besonders, die Erprobung neuer Studiengänge und Abschlussarten gehören. Dies dürfte auch den Übergang von einer, plakativ ausgedrückt, angebotsorientierten zu einer nachfrageorientierten Steuerung des Fächerangebots einschließen. Der Begriff der „Angebotsorientierung“ indiziert dabei, dass sich viele Universitäten in ein von der Ministerialbürokratie vorgegebenes Korsett des anzubietenden Fächerkanons gezwängt sehen, das wenig Spielraum lässt, aus eigener Kenntnis und unter Berücksichtigung eigener Zielvorstellungen

---

<sup>1</sup> Kluth W., 2001, S. 6.

die Studiennachfrage durch autonome Ressourcensteuerung auf Universitätsebene befriedigen zu können. „Nachfragesteuerung“ ist sozusagen die Überwindung dieses Zustands durch Gewinnung von Autonomie bei der Ressourcenplanung entsprechend der an die Universität herangetragenen Nachfrage nach Studienleistungen. Dieser Ansatz „soll den Hochschulen die eigenverantwortliche und flexible Ausgestaltung ihrer Studienangebote ermöglichen und dahingehende (finanzielle) Anreize setzen, dass sie im Wettbewerb untereinander möglichst viele Studierende erfolgreich und bedarfsgerecht ausbilden.“<sup>2</sup>

An der Universität Konstanz wird im Rahmen eines Pilot-Projektes beabsichtigt, ein geeignetes Modell zur nachfrageorientierten Ermittlung von Zulassungszahlen zu entwickeln und in ein rechnergestütztes System umzusetzen. Das angestrebte Ziel bei Ermittlung der Zulassungszahlen bleibt dabei nach wie vor das Gleichgewicht zwischen dem Lehrangebot und der Lehnachfrage je Lehreinheit (Fach). Dies ist ein klar formulierter Grundsatz. Ihn umzusetzen, war und ist im bisherigen, angebotsorientierten Ansatz administrativ und „technisch“ nicht trivial – und dies wird auch bei nachfrageorientierter Vorgehensweise so bleiben, selbst wenn die Statistiken über die Studierendenzahlen vorhanden sind, und somit die Aufgabe „lediglich“ darin besteht, die Lehrbelastung durch einen einzelnen Studierenden zu parametrisieren, um dann die Summe all dieser Belastungen zu ermitteln. Bei nachfrageorientierter Planung würden somit aus exogen vorgegebenen Studentenzahlen die notwendigen Ressourcenanpassungen der Lehreinheiten ergeben.

Nach KapVO wird die Belastung je Lehreinheit durch einen Studierenden mit Hilfe von Curricularnormwerten ermittelt, die für jede Studienrichtung durch das Wissenschaftsministerium festgesetzt werden. Der Gesamtwert muss unter allen am jeweiligen Studiengang beteiligten Lehreinheiten ihrem Lehrbeitrag entsprechend aufgeteilt werden. Da die Studiengänge in der Regel einen fachfremden bzw. interdisziplinären Anteil enthalten, greifen sie auf das Lehrangebot mehrerer Lehreinheiten zu, sie *importieren* Leistungen von diesen Einheiten. Das hat die Konsequenz, dass das verfügbare Lehrangebot jeder Lehreinheit für die ihr zugeordneten Studiengänge erst dann ermittelt werden kann, wenn das Maß der Lehrverpflichtungen dieser Lehreinheit für alle nicht-zugeordneten Studiengänge (bezeichnet als *Lehrexporte* dieser Lehreinheit oder *Lehrimporte* der jeweiligen Studiengänge) ermittelt worden ist. Das Verfahren, nach welchem die Lehrimporte quantifiziert werden, ist von hoher Bedeutung für die Ermittlung der kapazitären Zulassungszahlen, da eine falsche Abschätzung der Lehrimporte für einen einzelnen Studiengang zur fehlerhaften Abschätzung der Aufnahmekapazität aller beteiligten Lehreinheiten führen kann.

Eine weitere Herausforderung besteht darin, die Zulassungszahlen so festzulegen, dass eine optimale Auslastung aller Lehreinheiten nicht nur im zu prognostizierenden Studienjahr sondern kontinuierlich auch in allen weiteren Jahren gewährleistet ist. Eine weitere Herausforderung besteht bei nachfrageorientierter Planung darin, die jährlichen Zulassungszahlen so

---

<sup>2</sup> Müller-Böling D., 2001, S. 7.

festzulegen, dass in der Praxis eine unangemessene Volatilität bei der Ressourcenzuweisung an die Lehreinheiten vermieden wird.

Die Handhabung des zu entwickelnden Modells soll grundsätzlich so ausgestaltet sein, dass Zielwerte für Studiengänge (z.B. die Zahl der Studenten) durch die Benutzer eingegeben werden können, auf deren Basis das Programm dann die erforderlichen Anpassungen der Lehrkapazitäten berechnet, die nötig sind, um ein solches prä-definiertes Zulassungsszenario zu ermöglichen. Es handelt sich also um ein rechnergestütztes *Decision-Support-System*, mit dessen Hilfe in der Planungsphase unterschiedliche nachfrageorientierte Szenarien simuliert und adäquate Ressourcenzuweisungen abgeschätzt werden können.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines solchen Modells, das in einem benutzerfreundlichen Softwareprodukt zu implementieren ist. Es sei darauf hingewiesen, dass das Modell zwar prinzipiell die Eingabe beliebiger Zulassungszahlen zulässt. In der Praxis hängen diese aber nicht nur von der personellen Ausstattung der Lehreinheiten ab sondern auch von und anderen, etwa arbeitsrechtlichen, Gegebenheiten. Darüber hinaus gibt es räumliche Grenzen (Zahl der Lehrsäle, Seminarräume, Übungsräume, Praxisplätze, usw.), die kurzfristig nur geringfügig oder gar nicht beeinflussbar sind. Derartige kapazitätswirksame Einflussgrößen spielen im zu entwickelnden Modell keine Rolle.

Entsprechend der Aufgabenstellung nimmt die Arbeit folgenden Gang:

Im 1. Kapitel wird das derzeit praktizierte Verfahren zur Ermittlung von Zulassungszahlen formal dargestellt, begleitet von erläuternden Beispielen aus der Kapazitätspraxis.

Kapitel 2 enthält eine Beschreibung der wichtigsten technischen Unzulänglichkeiten (und ihrer Implikationen für die Planungssicherheit) des gegenwärtigen Berechnungsverfahrens; analytisch und empirisch wird daneben untersucht, inwieweit das derzeitige administrative Verfahren als Basis für das neu zu entwickelnde EDV-Modell übernommen werden kann und welche Modifikationen gegebenenfalls im Modell notwendig sind, damit es den Anforderungen nachfrageorientierter Planung genügt.

Kapitel 3 entwirft die Kernelemente für das nachfrageorientierte Berechnungsverfahren, sowie seine optionalen Erweiterungen zur Auslastungsoptimierung.

Das 4. Kapitel umfasst schließlich den eigentlichen Modellentwurf und dessen Umsetzung in ein Softwareprodukt. Die Designentscheidungen werden als Resultat der Anforderungsanalyse getroffen und unter Berücksichtigung der verfügbaren technischen Mittel verfeinert und angepasst. Die Kernfunktionalitäten werden in einem Prototyp implementiert.

Im Kapitel 5 wird der erstellte Prototyp getestet, indem eine angebots- und eine nachfrageorientierte Prognose der Zulassungszahlen für die Studiengänge der Universität Konstanz im Studienjahr 2003/2004 erstellt werden. Die angebotsorientierte Prognose wird mit den offiziellen Ergebnissen verglichen, um die technische Reaktion des neuen Modells im Vergleich zum bisherigen (nicht-rechnergestützten) Verfahren nachvollziehen zu können.



## 1. Berechnungsmodell der Kapazitätsverordnung als Basisverfahren zur Ermittlung von Zulassungszahlen

Das geltende Hochschulsteuerungsmodell basiert auf einer angebotsorientierten Ermittlung der Zulassungszahlen, bei der die Zulassungsbeschränkungen für Studienanfänger jeder Fachrichtung aus den verfügbaren personellen Kapazitäten der zuständigen Lehreinheit abzuleiten sind. Die Rechtsgrundlage für die Festsetzung der jährlich höchstens aufzunehmenden Anfängerzahlen an den Hochschulen ist die Kapazitätsverordnung (KapVO). „Die KapVO wird gemäß dem aus der Verfassung abzuleitenden Gebot der bundeseinheitlichen Regelung des Kapazitätsrechts als Landesverordnung nach eingehender Beratung aller Bundesländer einheitlich beschlossen und erlassen.“<sup>3</sup>

Im Antrag zum Pilot-Projekt über die *Entwicklung und Umsetzung eines Prognosemodells zur Antizipation der Kapazitätswirkungen von Zulassungszahlen in Studiengängen* wird darauf hingewiesen, dass Ausgangspunkt und Rechengrundlage für das zu entwickelnde Prognosemodell nur das gegenwärtige Modell der KapVO sein kann. Seit dem Urteil des Bundesverfassungsgerichts von 1972, das die Grundsätze der Kapazitätsberechnung definierte, „entwickelte sich in der Folge durch die laufende Rechtsprechung und administrative Akte ein höchst komplexes Instrumentarium, das inzwischen weit über den ursprünglichen Ansatz hinaus zu einem zentralen Planungsmechanismus im deutschen Hochschulsystem geworden ist“<sup>4</sup>. Das Berechnungsmodell der KapVO ist komplex und zum Teil unübersichtlich und schwer nachvollziehbar. Daher werden wir das geltende Verfahren in diesem Kapitel analytisch und empirisch untersuchen und herausarbeiten, in wie weit es als Basis für das zu entwickelnde Prognosemodell geeignet ist. Dabei wird sich herausstellen, welche seiner Komponenten mit einem nachfrageorientierten Ansatz, wie ihn das neu zu entwickelnde Modell beinhaltet, nicht kompatibel sind und daher modifiziert, ganz abgeschafft und / oder durch neue Komponenten ersetzt werden müssen. Darüber hinaus wird das Kapazitätsmodell generell auf Korrektheit und Zuverlässigkeit überprüft, um auch so im neuen EDV-Modell gegebenenfalls früher vorhandene Unzulänglichkeiten zu vermeiden.

### 1.1. Grundsätze der Kapazitätsermittlung

Das Kapazitätsmodell der KapVO stellt sicher, dass die Zulassungszahlen in allen Hochschulen bundesweit nach einem einheitlichen Verfahren ermittelt werden. Da jede Prognose mit zunehmender Genauigkeit und Vollständigkeit mit entsprechend komplexerer Datenaufbereitung und wachsendem Berechnungsaufwand verbunden ist, wurde für das Berechnungsmodell ein Mittelweg gefunden, in dem detaillierte Berechnungen durch Aggregationen und teilweise durch vereinfachende Annahmen und Schätzungen ersetzt wurden. Diese Lösung hat zur

---

<sup>3</sup> Kluth W., 2001, S. 16.

<sup>4</sup> Müller-Böling D., 2001, S. 4.

Konsequenz, dass die Zuverlässigkeit der Ergebnisse davon abhängt, wie realitätstreu die der Berechnung zu Grunde liegenden Annahmen und Schätzungen sind.

Mit zunehmender Verfügbarkeit und Qualität von EDV-Unterstützung kann die Qualität der zu ermittelnden Ergebnisse ohne großen Aufwand erhöht werden, indem anstatt vereinfachter Schätzungen detaillierte Berechnungen durchgeführt werden. Unter den EDV-Bedingungen der 70er Jahre mag die Außerachtlassung von bestimmten komplexen Zusammenhängen unter kapazitätsrelevanten Variablen verwaltungstechnisch angemessen gewesen sein. Angesichts der heute verfügbaren Informationstechnologie kann ein solches Verfahren aber nicht mehr befriedigen. Als zuverlässige Prognose von Zulassungszahlen können nur noch Resultate anerkannt werden, die mit Hilfe von fortgeschrittenen Verlaufs- und Simulationsmodellen unter Einbeziehung aller kapazitätsrelevanten Parameter ermittelt worden sind.

An der Universität Konstanz erfolgt die Ermittlung der jährlichen Aufnahmekapazität gemäß der Verordnung des Wissenschaftsministeriums (Baden-Württemberg) über die Kapazitätsermittlung, die Curricularnormwerte und die Festsetzung von Zulassungszahlen. Ihr allgemeiner Grundsatz lautet:

„Zulassungszahlen sind so festzusetzen, dass unter Berücksichtigung der personellen, räumlichen, sächlichen und fachspezifischen Gegebenheiten eine erschöpfende Nutzung der Ausbildungskapazität erreicht wird“<sup>5</sup>.

Das Grundprinzip ist also, die *Lehrnachfrage* in Form von Studierendenzahlen so festzulegen, dass das verfügbare *Lehrangebot* dadurch ausschöpfend ausgelastet wird. Mit anderen Worten: Das Angebot bestimmt die Nachfrage. Unter einer Bedingung kann von diesem Grundsatz abgewichen werden, und zwar: „Zulassungszahlen können bei der Erprobung neuer Studiengänge und -methoden, bei der Neuordnung von Studiengängen und Fachbereichen und beim Aus- oder Aufbau der Hochschulen abweichend ... festgesetzt werden“<sup>6</sup>. Es ist also nicht ausgeschlossen, die Zulassungszahlen abweichend von ihren kapazitären Werten festzulegen – ein wichtiger Umstand, auf den wir bei der Untersuchung der dem Verfahren zu Grunde liegenden Annahmen zurückgreifen werden.

Die *Zulassungszahl* ist dabei definiert als „die Zahl der von der einzelnen Hochschule höchstens aufzunehmenden Bewerberinnen und Bewerber in einem Studiengang“<sup>7</sup>, also die maximale Zahl der Anfänger für das Berechnungsjahr. Der Festsetzung der Zulassungszahl liegt die jährliche Aufnahmekapazität zugrunde, und falls die Zulassung auf Semesterbasis stattfindet, müssen die ermittelten jährlichen Zulassungszahlen auf die einzelnen Semester entsprechend aufgeteilt werden.

---

<sup>5</sup> KapVO, §1.

<sup>6</sup> KapVO, §1.

<sup>7</sup> Staatsvertrag, Art. 7.

Da jeder Studiengang einer oder mehreren Lehreinheiten zugeordnet ist, ist die Berechnung der Aufnahmekapazität der zuständigen Lehreinheit bzw. Lehreinheiten der zentrale Punkt bei der Ermittlung von Zulassungszahlen. Diese Berechnung ist jedoch nicht trivial, da die meisten Studiengänge Lehrleistungen fremder Lehreinheiten importieren. Dadurch wird die Aufnahmekapazität jeder importierenden Lehreinheit verringert. Das bedeutet, dass die Berechnung der Aufnahmekapazität für jede einzelne Lehreinheit erst dann möglich ist, wenn sie ihre Exporte, d.h. die Lehrdienstleistungen, die sie den fremden Studiengängen zu erbringen hat, festgelegt und quantifiziert worden sind. Mathematisch kann die Aufnahmekapazität einer Hochschule durch eine Matrix dargestellt werden, deren eine Dimension die Lehreinheiten und deren andere alle Studiengänge enthält. Die Werte dieser Matrix sind die Kapazitätsanteile der jeweiligen Lehreinheiten, die auf die einzelnen Studiengänge entfallen.

Die Aufgabe des Kapazitätsmodells ist es, die Regeln der KapVO so in Konzepte und Parameter zu transformieren, dass die Berechnung der Zulassungszahlen aus den statistischen und normativen Daten möglich ist. Der folgende Abschnitt enthält die Beschreibung des Verfahrens zur Aufnahmekapazitätsberechnung und dessen Durchführung am Beispiel der Universität Konstanz. Die in den Berechnungsbeispielen in diesem und weiteren Kapiteln benutzten Eingabedaten wurden aus den Kapazitätsberechnungsberichten der Universität Konstanz jeweiliger Berechnungsjahre entnommen.

## 1.2. Berechnungsmodell der Kapazitätsverordnung

Die gesamte Kalkulation der Aufnahmekapazität wird in einzelnen, aufeinander aufbauenden Schritten durchgeführt, die in Abbildung 1 in Form eines Datenflussdiagramms (kurz DFD) dargestellt sind.<sup>8</sup>

Das DFD zeigt, dass die gesamte Berechnung in sieben Aufgaben (in der DFD-Notation als *Aktivitäten* bezeichnet) zerlegt werden kann, wobei einzelne Aufgaben wiederum aus mehreren Teilaufgaben (Teilaktivitäten) bestehen, d.h. Abbildung 1 enthält die Zerlegung auf der obersten Hierarchiestufe, wobei einzelne Aktivitäten für detailliertere Betrachtungen durch weitere Datenflussdiagramme (sog. Schichten-DFD) dargestellt werden können. In den Abschnitten 1.2.1 bis 1.2.7 betrachten wir die einzelnen Aufgaben in der Reihenfolge in der sie auszuführen sind. Die relevanten Begriffe und Konzepte werden an den Stellen definiert wo sie eingeführt werden; einzelne Berechnungsschritte werden durch Beispiele veranschaulicht. Die Begriffe sind zusätzlich im Glossar am Ende der Arbeit definiert.

---

<sup>8</sup> Die für die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Datenflussdiagramme verwendete Gane&Sarson Notation, vorgeschlagen von Gane C., 1979, ist im Anhang A erläutert.

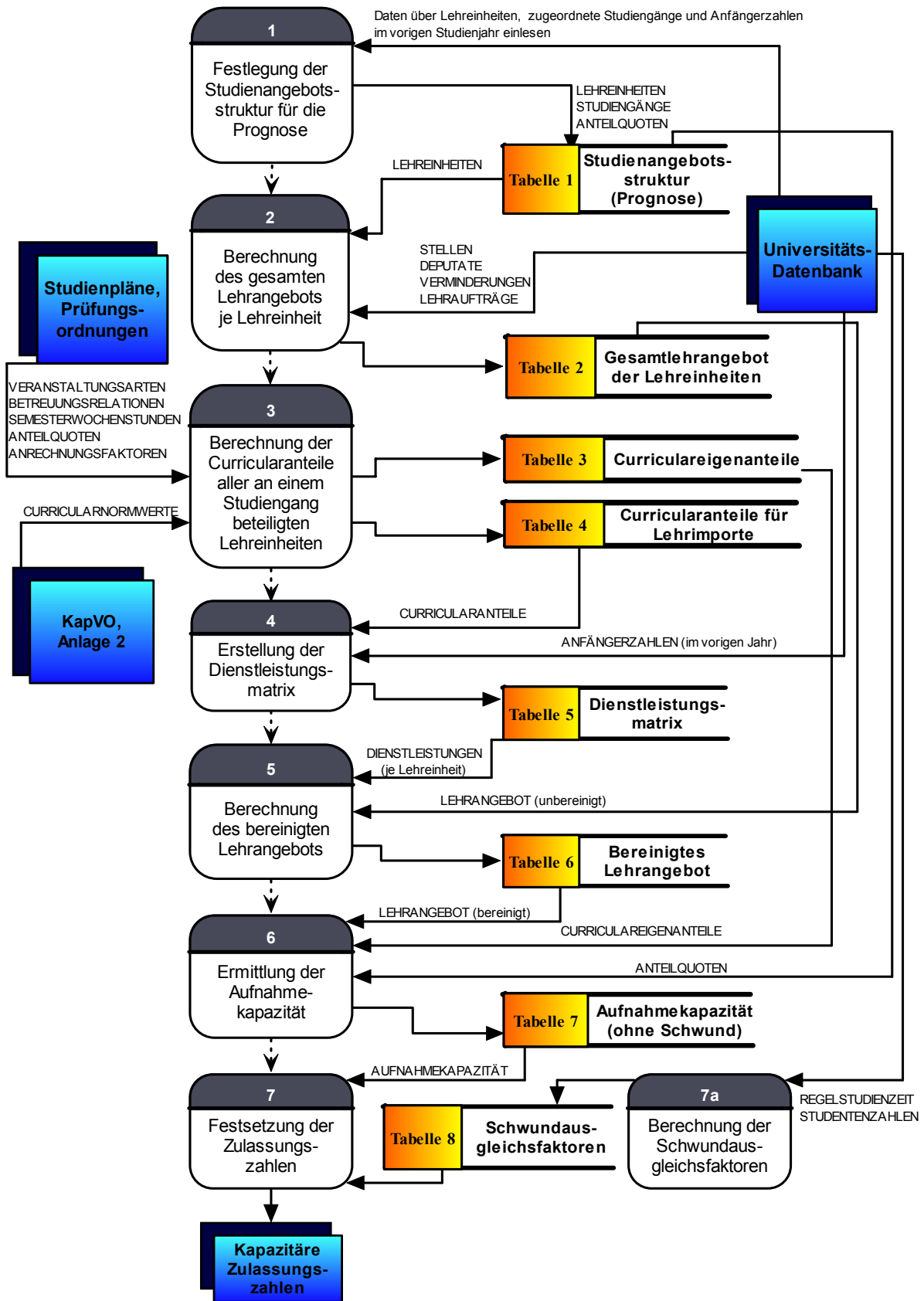


Abbildung 1. Datenflussdiagramm des Berechnungsmodells gemäß KapVO

- ☑ **Aufnahmekapazität** ist die „Zahl der Studienplätze, die in einem Studiengang in einem Berechnungsjahr zur Verfügung stehen“<sup>9</sup>.

Basiseinheiten für die Zulassungszahlen sind *Studiengänge*, die die Lehrressourcen aus den *Fachbereichen* nachfragen. Die Fachbereiche werden daher als Service-Einheiten betrachtet, *Lehreinheiten* genannt, wobei bei multidisziplinären Fachbereichen eine Aufteilung in mehrere Lehreinheiten, die jeweils für eine Fachrichtung zuständig sind, erfolgt - falls es für Ressourcenplanungszwecke erwünscht ist, diese Fachrichtungen als abgegrenzte Einheiten zu verarbeiten. Die Studiengänge sind denjenigen Lehreinheiten zuzuordnen, die ihrer Fachrichtung am ehesten entsprechen.

- ☑ **Lehreinheit** ist „eine für Zwecke der Kapazitätsermittlung abgegrenzte fachliche Einheit, die ein Lehrangebot bereitstellt. Studiengänge sind der Lehreinheit zuzuordnen, bei der der überwiegende Teil der Lehrveranstaltungsstunden nachgefragt wird“<sup>10</sup>.

Jede Lehreinheit gehört genau einem Fachbereich an, also lässt sich die Aufnahmekapazität auf der Fachbereichsebene nach demselben Verfahren berechnen, indem die Daten (Lehrpersonal, Studiengänge, Studierendenzahlen) aller dem Fachbereich zugehörigen Lehreinheiten zusammen geführt werden.

### **Beispiel 1.1:**

Fachbereich *Geschichte und Soziologie mit Sport- und Erziehungswissenschaft* besteht aus vier Lehreinheiten (s. Abbildung 2):

- *Geschichte*
- *Soziologie*
- *Sportwissenschaft*
- *Erziehungswissenschaft*.

Lehreinheit *Sportwissenschaft* dieses Fachbereichs ist für folgende Studiengänge zuständig:

- *Sport* Lehramt an Gymnasien im Haupt- und Nebenfach
- *Sportwissenschaft* Bachelor
- *Sportwissenschaft* Master.

Aus den Lehrressourcen einer Lehreinheit müssen die Zulassungszahlen für alle ihr zugeordneten Studiengänge abgeleitet werden. Üblicherweise hat jeder Studiengang nur eine zuständige Lehreinheit. Mit der Tendenz zur Modularisierung und Interdisziplinarisierung der Studienrichtungen wird diese eindeutige Zuordnung in Zukunft immer seltener vorausgesetzt werden. Es werden zunehmend Studiengänge angeboten, die aus mehreren Fachrichtungen zusammengesetzt sind (*interdisziplinäre* Studiengänge), und die daher mehr als einer Lehreinheit zugeordnet werden müssen.

<sup>9</sup> Referat IX/3 Kapazitätsangelegenheiten, Bayerische Julius-Maximilians-Universität.

<sup>10</sup> Referat IX/3 Kapazitätsangelegenheiten, Bayerische Julius-Maximilians-Universität.

**Beispiel 1.2:**

Für den interdisziplinären Studiengang *Life Science* (mit Bachelor- und Masterabschluss) sind zwei Lehreinheiten, nämlich *Chemie* und *Biologie*, zuständig.

Die KapVO enthält keinerlei Hinweise, wie die Zulassungszahlen für interdisziplinäre Studiengänge zu ermitteln sind. In der Praxis wird für solche Studiengänge eine „virtuelle“ Lehrereinheit gebildet, die ausschließlich aus den Anteilen der Lehrressourcen der zuständigen Lehreinheiten besteht, die dem jeweiligen Studiengang zugeteilt sind.

In den folgenden Abschnitten soll der Berechnungsablauf für die Ermittlung der Zulassungszahlen dargestellt werden, indem auf die einzelnen Ausführungsschritte in der in Abbildung 1 festgelegten Reihenfolge näher eingegangen wird.

### 1.2.1. Festlegung der Studienangebotsstruktur

Der Ausgangspunkt der Berechnung (Aktivität 1 des Datenflussdiagramms in Abbildung 1) ist die Erfassung der zu planenden Struktur des Studienangebots im Berechnungsjahr. Um die Hauptkomponenten der Kapazitätsermittlung, d. h. die Lehreinheiten und Studiengänge zu definieren, müssen folgende Informationen erfasst werden:

- für jeden Fachbereich alle zugeordneten Lehreinheiten,
  - für jede Lehrereinheit alle zugeordneten Studiengänge bzw. Studienrichtungen,
  - für jeden Studiengang dessen Anteil an Studierenden in der Gesamtzahl der Studierenden in allen der zuständigen Lehrereinheit zugeordneten Studiengängen.
- ☑ „**Anteilquote** ist das Verhältnis der jährlichen Aufnahmekapazität eines der Lehrereinheit zugeordneten Studiengangs zur Summe der jährlichen Aufnahmekapazitäten aller der Lehrereinheit zugeordneten Studiengänge.“<sup>11</sup>

Die KapVO schreibt vor, die Verhältnisse zwischen den Anfängerzahlen in dem der Berechnung vorangegangenen Studienjahr den künftigen Anteilquoten zugrunde zu legen, so dass sich der Anteil eines einer Lehrereinheit  $L_k$  zugeordneten Studiengangs  $S_i$  folgendermaßen ermitteln lässt:

$$\text{Anteilquote}_{S_i} = \frac{\text{Anfängerzahl}_{S_i}}{\sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \text{Anfängerzahl}_{S_j}} \quad (1.1)$$

(mit  $j=1 \dots N$  für  $N$  Studiengänge, die der Lehrereinheit  $L_k$  zugeordnet sind).

Durch die Anteilquoten wird ausgedrückt, in welchem Verhältnis die zu ermittelnden Zulassungszahlen für einzelne Studiengänge innerhalb einer Lehrereinheit zueinander stehen sollen<sup>12</sup> - ohne diese Angabe ergäben sich unendlich viele Kombinationsmöglichkeiten. Bei Berech-

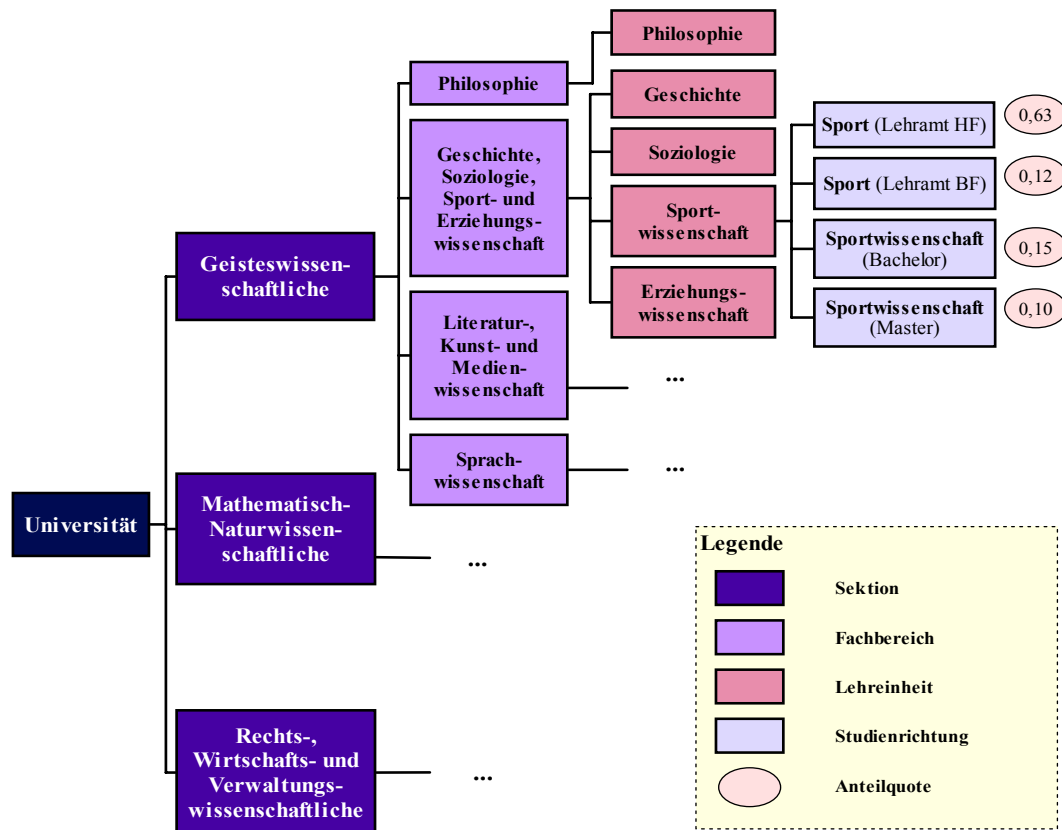
<sup>11</sup> KapVO, §12.

<sup>12</sup> Die Summe der Anteilquoten aller der Lehrereinheit  $L_k$  zugeordneten Studiengänge muss immer 1,0 ergeben.

nung der Zulassungszahlen kann die Hochschule die künftig zu erwartenden Änderungen in den Studierendenzahlen in den einzelnen Studiengängen, z.B. bei der Einführung neuer Studiengänge, berücksichtigen und die für die Berechnung angenommenen Anteilquoten entsprechend anpassen. Außerdem kann das Staatsministerium „aus politischen und arbeitsmarktbedingten Gründen die vorgeschlagenen Anteilquoten verschieben, z. B. um den künftigen Lehrerberarf zu steuern“<sup>13</sup>.

Dadurch, dass die Anfängeranteilquoten grundsätzlich denjenigen des Vorjahres entsprechen, wird gewährleistet, dass die zu ermittelnde Aufnahmekapazität im Einklang mit den Quoten der Studierenden in höheren Semestern bleibt<sup>14</sup>, und so wird eine weitgehende Stabilität des Studienangebots über Jahre hinweg sichergestellt.

Abbildung 2 stellt die hierarchische Struktur des Studienangebots am Beispiel der Universität Konstanz dar, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit nur der Hierarchieknoten, für die Lehrereinheit *Sportwissenschaft* des Fachbereichs *Geschichte und Soziologie mit Sport- und Erziehungswissenschaft* mit allen Blattknoten angezeigt wird. Bei letzteren handelt es sich um die Studiengänge mit ihren Anteilquoten für die zu ermittelnden Zulassungszahlen.



**Abbildung 2.** Hierarchische Studienangebotsstruktur, Universität Konstanz (Ausschnitt)<sup>15</sup>

<sup>13</sup> Referat IX/3 Kapazitätsangelegenheiten, Bayerische Julius-Maximilians-Universität.

<sup>14</sup> Dabei wird angenommen, dass die Schwundquoten in höheren Semestern ebenfalls über Jahre hinweg stabil sind.

<sup>15</sup> Die Anteilquoten der Studiengänge sind hypothetisch.

### 1.2.2. Berechnung der personellen Kapazität

Im nächsten Schritt (Aktivität 2) wird das in dem Berechnungsjahr zur Verfügung stehende Lehrangebot jeder Lehreinheit berechnet. Zur Ermittlung des Lehrangebots dienen die Planstellen, also nicht die tatsächlich<sup>16</sup> besetzten Stellen der Hochschule. Jede Stelle ist mit dem ihr zugeordneten Lehrdeputat zu gewichten.

☑ „**Lehrdeputat** ist die im Rahmen des Dienstrechts festgesetzte Regellehrverpflichtung einer Lehrperson einer Stellengruppe, gemessen in Deputatstunden“<sup>17</sup> je Semester.

#### **Beispiel 1.3:**

Eine Lehrperson der Stellengruppe *C4 Professur* bzw. *C3 Professur* hat das Lehrdeputat von *8 Deputatstunden*. Das Lehrdeputat der Dauerstelle eines *wissenschaftlichen Mitarbeiters* besteht hingegen aus *12 Deputatstunden*.

Die *Lehrauftragsstunden*, d.h. die Stunden, „die der Lehreinheit ... zur Verfügung gestanden haben und nicht auf einer Regellehrverpflichtung beruhen“<sup>18</sup>, müssen in Deputatstunden umgerechnet werden.

Das *Lehrangebot* einer Lehreinheit ergibt sich aus dem Lehrdeputat der verfügbaren Stellen, d.h. aller dieser Lehreinheit zugeordneten Lehrpersonen, einschließlich dem Lehrdeputat der an die Hochschule abgeordneten Personen und dem durch Lehraufträge zusätzlich zur Verfügung stehenden Deputat, unter Abzug von gesetzlich vorgesehenen Verminderungen. Das Lehrangebot einer Lehreinheit *L* wird in Deputatstunden gemessen, und zwar nach der folgenden Formel:

$$\text{Lehrangebot}_{\text{gesamt}}^L = \sum_{j=1}^N (l_j \times h_j - r_j) + La \quad (1.2),$$

benutzte Symbole:

- N*: Anzahl der Stellengruppen,
- l<sub>j</sub>*: Anzahl der in der Lehreinheit verfügbaren Stellen der Stellengruppe *j*,
- h<sub>j</sub>*: Lehrdeputat je Stelle in der Stellengruppe *j*,
- r<sub>j</sub>*: Gesamtsumme der Verminderungen für die Stellengruppe *j* in der Lehreinheit,
- La*: Lehrauftragsstunden der Lehreinheit umgerechnet in Deputatsstunden.

<sup>16</sup> Aus vielfältigen Gründen kann die tatsächlich verfügbare Zahl der Lehrkräfte sowohl nach oben wie nach unten von der Zahl der Planstellen abweichen.

<sup>17</sup> KapVO, §9.

<sup>18</sup> KapVO, §10.



**Beispiel 1.4:**

Tabelle 1 enthält einen Ausschnitt aus dem Datensammelblatt der Kapazitätsberechnung an der Universität Konstanz, in dem das gesamte Lehrangebot der Lehrinheit *Geschichte* im Wintersemester 2002/03 nach der oben beschriebenen Vorgehensweise ermittelt wird (die darunter liegende Berechnung einzelner Komponenten ist im Anhang B.1 zu finden).

**Tabelle 1.** Berechnung des Lehrangebots, Lehrinheit Geschichte

Lehrangebotsdaten			
Bezeichnung der Daten	Symbol		absoluter Wert
Verfügbare Stellen	$\sum I_j$		17,5
Angebot an Deputatstunden aus verfügbaren Stellen	$\sum I_j \cdot h_j$		122
Verminderungen	$\sum r_j$	-	16
Lehrauftragsstunden	<b>La</b>	+	7,5
unbereinigtes Lehrangebot		=	<b>113,5</b>

Das so ermittelte Lehrangebot heißt *unbereinigt*, da es noch um die Dienstleistungen, die die Lehrinheit für fremde Studiengänge zu erbringen hat, zu reduzieren ist. In den beiden folgenden Schritten wird das Verfahren zur Ermittlung der Lehrexporte und des bereinigten Lehrangebots beschrieben.

## 1.2.3. Berechnung des Ausbildungsaufwandes (Curricularanteile)

Gemäß geltender KapVO werden die Zulassungszahlen für einzelne Studiengänge mit Hilfe von *Curricularnormwerten* (CNW) ermittelt, die den Ausbildungsaufwand in einem Studiengang gemessen in Semesterwochenstunden (SWS)<sup>19</sup> definieren.

- Der „**Curricularnormwert**“ bestimmt den in Deputatstunden gemessenen Aufwand aller beteiligten Lehrinheiten, der für die ordnungsgemäße Ausbildung in dem jeweiligen Studiengang erforderlich ist<sup>20</sup>.

Der Curricularnormwert bestimmt also die Lehrbelastung des Lehrpersonals in SWS durch einen Studierenden im Gesamtstudium, also vom ersten bis zum Examenssemester.

Die CNW für die Studiengänge werden durch das Wissenschaftsministerium festgesetzt und sind üblicherweise Ergebnis von statistischen Erhebungen und ihren Auswertungen, oft im Rahmen von Sachverständigengutachten. Aktuelle Werte für Studiengänge mit Abschluss Diplom und Staatsexamen sind in Anlage 2 zur KapVO aufgeführt und liegen im Wertbereich von 1,9 bis 9,3 SWS. Hohe CNW entstehen für Studiengänge mit längeren Studienzeiten (z.B. Medizin) und / oder mit höherem Betreuungsfaktor.

<sup>19</sup> SWS drückt aus, in welchem Umfang, gemessen in Stunden je Woche, eine während der Vorlesungszeit abgehaltene Lehrveranstaltung angerechnet wird.

<sup>20</sup> KapVO, §13.

Der CNW wird aus dem Studienplan des jeweiligen Studiengangs errechnet. Wenn im Studienplan beispielsweise der Besuch von 15 SWS Lehrveranstaltungen pro Semester vorgesehen ist und ein 8-semesteriges Studium vorgesehen ist, ergeben sich 120 SWS im Gesamtstudium. Bei einer mittleren Gruppengröße von 40 Teilnehmern ergibt sich pro Studierenden der Werte von 3 SWS ( $=120 \text{ SWS} \div 40 \text{ TeilnehmerInnen}$ ). Das ist allerdings kein endgültiger CNW und weitere Präzisierungen sind notwendig, da einzelne Veranstaltungsarten unterschiedlich gewichtet werden müssen (s. dazu das Beispiel am Ende dieses Abschnitts).

Für Studiengänge, die aus einer Kombination von Studienfächern (Haupt- und Neben- bzw. Beifächer) bestehen, etwa die Abschlüsse Magister oder Lehramt an Gymnasien, ergibt sich der gesamte CNW als Summe aus den Werten aller „beteiligten“ Fächer. Die Curricularwerte für diese Abschlussarten müssen aus den CNW der Diplomstudiengänge derselben oder einer verwandten Studienrichtung folgendermaßen abgeleitet werden:

$$CNW_{\text{LehramtHauptfach}} = 0,5 \times CNW_{\text{Diplom}} \quad (1.3),$$

$$CNW_{\text{LehramtBeifach}} = 0,25 \times CNW_{\text{Diplom}} \quad (1.4),$$

$$CNW_{\text{MagisterHauptfach}} = 0,5 \times CNW_{\text{Diplom}} \quad (1.5),$$

$$CNW_{\text{MagisterNebenfach}} = 0,25 \times CNW_{\text{Diplom}} \quad (1.6).$$

Falls für einen Studiengang kein CNW aufgeführt ist, muss vom Wissenschaftsministerium unter Berücksichtigung der CNW vergleichbarer Studiengänge ein Curricularnormwert festgelegt werden, der dem Ausbildungsaufwand für den Vergleichsstudiengang entspricht. Z.B. werden zurzeit die CNW für die Studiengänge mit Bachelor- und Masterabschluss auf dieser Basis entschieden, da die KapVO keine Werte für diese Abschlussarten vorgesehen hat.

Die Curricularnormwerte bzw. die daraus ermittelten Curricularanteile werden als Eingaben bei zwei Berechnungsschritten (vgl. Abbildung 1) benötigt:

- zur Quantifizierung der Lehrimporte zur Erstellung der Dienstleistungsmatrix (Aktivität 4),
- zur Aufteilung der ermittelten Aufnahmekapazität je Lehreinheit zwischen allen ihr zugeordneten Studiengängen (Aktivität 6).

Die Lehrnachfrage, die jede Lehreinheit zu befriedigen hat, entsteht überwiegend durch die ihr zugeordneten Studiengänge. Zusätzliche Nachfrage entsteht allerdings durch fachfremde Studiengänge, deren Studierende Veranstaltungen der Lehreinheit belegen. Um den dadurch beanspruchten Anteil des gesamten Lehrangebots einer Lehreinheit zu berechnen, werden die CNW aller Studiengänge unter allen in der Ausbildung im jeweiligen Studiengang beteiligten Lehreinheiten entsprechend ihrem Beitrag aufgeteilt, sodass sich aus der Summe aller Curricularanteile der CNW des Studiengangs ergibt.

Bei der Bildung von Curricularanteilen wird folgendermaßen vorgegangen:

- Für jedes Studienfach innerhalb eines Studiengangs wird eine Tabelle erstellt, in der jede Veranstaltung, an der die in diesem Studienfach eingeschriebenen Studierenden teilnehmen können (also Veranstaltungen in Pflicht- und Wahlbereichen), einzutragen ist. Die für diesen Zweck benötigten Angaben sind in der Tabelle 2 aufgelistet.

**Tabelle 2.** Daten zur Berechnung des Curricularwertes einer Veranstaltung<sup>21</sup>

Feld	Beschreibung
Leheinheit	Einheit, von der die Veranstaltung angeboten wird.
Veranstaltungsart	<i>Vorlesung, Übung, Kurs, Kolloquium, Seminar, Praktikum, Konversatorium, Tutorium und Exkursion.</i>
Anteil	Zahl der Teilnehmer an der Veranstaltung in Relation zur Zahl aller im Studienfach eingeschriebenen Studierenden <sup>22</sup> .
Anzahl SWS	Anzahl der von der Veranstaltung beanspruchten SWS.
Betreuungsrelation	Durchschnittliche Anzahl der Studierenden pro Lehrperson in dieser Veranstaltung.
Anrechnungsfaktor	Indikator zur Gewichtung („Bewertung“) der Veranstaltung.
Curricularwert	$\text{Curricularwert} = \frac{\text{SWS} \times \text{Anrechnungsfaktor}}{\text{Betreuungsrelation}} \quad (1.7)$

- Sobald die Tabelle mit den Curricularwerten aller Veranstaltungen vorliegt, lässt sich der Curricularanteil jeder an einem Studiengang  $S$  beteiligten Leheinheit  $L$  berechnen:

$$\text{Curricularanteil}_S^L = \sum_{V_j \in L} (\text{Curricularwert}_{V_j} \times \text{Anteil}_S^{V_j}) \quad (1.8),$$

es wird also für alle im Rahmen von  $S$  zu belegenden Veranstaltungen  $V_j$ , die von  $L$  angeboten werden, die Summe ihrer Curricularanteile gewichtet mit dem Anteil der beteiligten Studierenden gebildet.

- Der Gesamtcurricularwert eines Studiengangs  $S$  ergibt sich aus der Summe seiner Curricularanteile für alle beteiligten Leheinheiten  $L$ :

$$\text{Curricularwert}_S = \sum_L \text{Curricularanteil}_S^L \quad (1.9).$$

Die Curricularanteile fremder Leheinheiten in einem Studiengang beschreiben, in welchem Umfang dieser Studiengang *Dienstleistungen* dieser Leheinheiten importiert, wogegen die Summe der

<sup>21</sup> Vgl. Projekt „UniKap“, Technische Universität Darmstadt, 1998.

<sup>22</sup> Nur für Nicht-Pflichtveranstaltungen, da ansonsten Anteil=1.

Curricularanteile, die auf die zuständige Lehreinheit entfallen, als die Eigenleistung der Lehreinheit, auch *Curriculareigenanteil* genannt, betrachtet wird.

### **Beispiel 1.5:**

Berechnung des Curricularwertes für den Studiengang *Rechtswissenschaft (Staatsexamen)* könnte folgendermaßen aussehen<sup>23</sup>:

- Für jede Veranstaltungsart wird die Anzahl der Semesterwochenstunden aller Veranstaltungen dieser Art im jeweiligen Studiengang errechnet, und dessen Curricularwert gemäß Formel 1.7 ermittelt.
- Der Gesamt-Curricularwert ergibt sich aus der Summe Curricularwerte aller Veranstaltungsgruppen.

Die Ergebnisse dieser Berechnung sind in der Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 3.** Curricularwert-Berechnung für den Studiengang Rechtswissenschaft, Staatsexamen

Lehrveranstaltungsart	Betreuungsrelation	Anrechnungsfaktor	SWS-Zahl	Curricularanteil
	<b>b</b>	<b>a</b>	<b>s</b>	<b>a * s / b</b>
Vorlesung	240	1	78	0,325
Arbeitsgemeinschaft	30	0,5	50	0,833
Klausurübung/Examinatorium	90	1	23	0,256
Konversationsübung	30	1	17	0,567
Hauptseminar	15	1	4	0,267
Durchführung studienbegleitender Leistungskontrollen	-	-	-	0,100
Vor- und Nachbereitung Ferienpraxis	-	-	-	0,100
Durchführung Wahlfachprüfung/Mitwirkung 1.Prüfg.	-	-	-	0,200
<b>Gesamt</b>			<b>172</b>	<b>2,647</b>

**Quelle:** Beispielstudienplan Rechtswissenschaften, NRW Landesjustizprüfungsamt, 2003.

Dennoch muss für die Aufnahmekapazitätsermittlung nicht der so ermittelte, sondern der vom Wissenschaftsministerium vorgegebene CNW verwendet werden, damit die Forderung des Bundesverfassungsgerichts hinsichtlich der vergleichbaren Auslastung verschiedener Hochschulen in einem Studiengang erfüllt bleibt. Daher müssen alle Curricularanteile eines Studiengangs  $S$  durch Multiplikation mit dem Anpassungsfaktor  $CNW_S \div Curricularwert_S$  linear angepasst (normiert) werden. Die normierten Werte werden in „korrigierte“ überführt, indem sie auf eine feste Nachkommastellenzahl gerundet werden, wobei darauf geachtet wird, dass ihre Summe wieder den korrekten CNW ergibt.

<sup>23</sup> Zur Vereinfachung wird angenommen, dass die gleiche Betreuungsrelation für alle Veranstaltungen innerhalb einer Veranstaltungsart gilt, was eine aggregierte Berechnung ermöglicht, d.h. nicht für einzelne Veranstaltungen, sondern gleich für ihre Gruppierungen. Dadurch entfällt auch die Gewichtung mit Teilnehmerquoten, da die festgesetzte Anzahl der SWS in jeder Veranstaltungsgruppe von allen Studierenden in jeweiligen Studiengang zu belegen ist.

Die korrigierten Curricularanteile für Lehrimporte bilden die Basis für die Erstellung der Dienstleistungsmatrix, die im nächsten Abschnitt erläutert wird.

#### 1.2.4. Erstellung der Dienstleistungsmatrix

Das im Abschnitt 1.2.2 errechnete Lehrangebot nennt man *unbereinigt*, da es noch um die zu erbringenden Dienstleistungen zu reduzieren ist, d.h. um den Teil der Nachfrage, der von „fremden“, d.h. nicht der jeweiligen Lehreinheit zugeordneten Studiengängen ausgeht.

☑ „**Dienstleistungen** einer Lehreinheit sind die Lehrveranstaltungsstunden, die die Lehreinheit für nicht zugeordnete Studiengänge zu erbringen hat“<sup>24</sup>.

Mit Hilfe der Curricularanteile aus Abschnitt 1.2.3 lassen sich die Dienstleistungen bestimmen (Aktivität 4 in Abbildung 1). Die Berechnungsergebnisse werden in Form einer zweidimensionalen Matrix dargestellt, deren Werte anzeigen, welche Lehreinheiten welches Angebot für einzelne nicht-zugeordnete Studiengänge bereitstellen.

Zur Prognose des Dienstleistungsbedarfs werden die zu erwartenden Anfängerzahlen in den Studiengängen, die jeweilige Dienste beanspruchen, zugrunde gelegt. Zur Vorausschätzung dieser Zahlen soll auf die dem Berechnungstichtag vorausgegangenen jährlichen Studienanfängerzahlen zurückgegriffen werden, wobei „die voraussichtlichen Zulassungszahlen für diese Studiengänge oder die bisherige Entwicklung der Studienanfängerzahlen zu berücksichtigen sind“<sup>25</sup>. Inwieweit eine solche Berücksichtigung von z.B. Trends oder Zyklen aber tatsächlich stattfindet, bleibt der Verwaltungspraxis überlassen.

Immerhin handelt es sich um eine kritische Vereinfachung im Kapazitätsberechnungsmodell:

- 1) Die Dienstleistungen im Jahr  $t$  werden durch die Anfängerzahlen im Jahr  $t-1$  oder sogar  $t-2$ <sup>26</sup> geschätzt. Es findet keine nachträgliche Überprüfung statt, wie groß der dadurch möglicherweise entstehende Prognosefehler ist.
- 2) Die sich ergebende Verflechtungsmatrix ist statisch, da sie nur einmal berechnet wird und keinen Zusammenhang zwischen den Lehrimporten und den zu ermittelnden Zulassungszahlen enthält. Im nächsten Kapitel werden u.a. die Auswirkungen der Benutzung einer solchen statischen Matrix auf die Kapazitätsermittlung untersucht.

Die Dienstleistungen einer Lehreinheiten  $L$  je Semester können nun ermittelt werden, indem die Curricularanteile aller nicht-zugeordneten Studiengänge  $S_j$ , die auf diese Lehreinheit entfallen, gewichtet mit der semesterlichen<sup>27</sup> Anfängerzahl im Studiengang  $S_j$ , addiert werden:

<sup>24</sup> KapVO, §11.

<sup>25</sup> KapVO, §11.

<sup>26</sup> Die Anfängerzahlen des dem Prognosejahr unmittelbar vorausgegangenen Jahres sind zum Zeitpunkt der Kapazitätsberechnung nur dann verfügbar, wenn die Zulassung lediglich zum Wintersemester stattfindet, da es sich um die tatsächliche jährliche Anfängerzahl handelt, die erst nach allen Vergabeterminen bekannt ist.

<sup>27</sup> Die jährliche Anfängerzahl muss durch 2 geteilt werden, um die semesterliche Zahl zu erhalten.

$$\text{Dienstleistungen}^L = \sum_{\forall S_j, S_j \neq L} \left( \frac{1}{2} \times \text{Anfängerzahl}_{S_j} \times CA_{S_j}^L \right) \quad (1.10),$$

$CA_{S_j}^L$ : Curricularanteil der Lehreinheit  $L$  in einem nicht-zugeordneten Studiengang  $S_j$ ,  
 $\text{Anfängerzahl}_{S_j}$ : jährliche Studienanfängerzahl im Studiengang  $S_j$  im dem Berechnungsstichtag vorausgegangenen Studienjahr.

Die Dienstleistungsmatrix wird in einer Tabelle gespeichert, die für jede Lehreinheit eine Spalte enthält und jeder angebotenen Studienrichtung eine Zeile zuteilt. Das Element  $[i][j]$  (zu lesen:  $i$ -te Zeile,  $j$ -te Spalte) dieser Tabelle enthält den Dienstleistungswert der Lehreinheit  $j$  für den Studiengang  $i$ . In jeder Spalte müssen die Zellen, die auf die zugeordneten Studiengänge der jeweiligen Lehreinheit entfallen, auf Null gesetzt werden, da die Dienstleistungen per Definition nur bei den „fremden“ Studiengängen vorkommen. Die Tabelle wird ergänzt durch eine Spaltensumme, die für jeden Studiengang die Summe der Lehrimporte enthält, und eine Summenzeile mit den aufsummierten Lehrexporten (Dienstleistungen) je Lehreinheit.

### **Beispiel 1.6:**

Tabelle 4 veranschaulicht das Dienstleistungsmatrixkonzept am Beispiel einer Projektion auf 5 Lehreinheiten aus einer (hypothetischen!) Dienstleistungsmatrix der Universität Konstanz.

**Tabelle 4.** Ausschnitt aus einer hypothetischen Dienstleistungsmatrix<sup>28</sup>

Stg / Lehreinheit	Geschichte	Mathe	Politik	Psycholog.	Wirts.wiss.	$\Sigma$
Geschichte LA/BF						0,00
Geschichte LA/HF						0,00
Geschichte Mag./HF			1,96			1,96
Geschichte Mag./NF			1,68			1,68
Mathematik Dipl.				4,25		4,25
Mathematik LA/BF						0,00
Mathematik LA/HF						0,00
Mathematik Mag./NF						0,00
Statistik Mag./NF					13,10	13,10
MFÖ Dipl.						0,00
Politikwiss. LA/HF	3,99					3,99
Politikwiss. Mag./HF	3					3
Verw.wiss. Dipl.				5,59	6,66	12,25
Psychologie Dipl.		30,00				30,00
VWL Dipl.	5,72	9,79	7,88	11,77		35,15
VWL Mag./NF	10,35	13,20	11,20			34,75
Wirtschaftspäd. Dipl.	5,03	23,04	3,18			31,25
<b>Summe</b>	<b>28,09</b>	<b>76,03</b>	<b>25,89</b>	<b>21,61</b>	<b>19,76</b>	<b>171,37</b>

Die Matrix-Ansicht ist sehr hilfreich für unterschiedliche Arten der Datenanalyse, etwa zur Erkennung von Trends oder von Clustern mit ähnlichen Verflechtungsmustern sowie für Aggregationen, Bildung von Durchschnittswerten und Summen.

<sup>28</sup> Dunkelgraue Zellen markieren eigene Studiengänge der jeweiligen Lehreinheiten, hellgraue Zellen markieren die zuständigen Lehreinheiten bei interdisziplinären Studiengängen.

### Case-Study: Dienstleistungsmatrix der Universität Konstanz

Die Dienstleistungsmatrix für die Lehreinheiten der Universität Konstanz ist in den letzten Jahren zu einer der bei Weitem dynamischsten Komponenten in der Kapazitätsberechnung geworden, was mit folgenden Entwicklungen zusammenhängt:

1. *Jährliche Veränderungen im Studienangebot* – es werden neue Studienrichtungen angeboten, während andere als auslaufend aus der Berechnung entfernt werden.
2. *Umstieg auf Bachelor/Masterabschluss* – herkömmliche Abschlussarten werden graduell durch Bachelor- und Masterabschluss ersetzt.
3. *Modularisierung der Studiengangsstruktur* – die Anteile interdisziplinärer bzw. fachfremder Module nehmen weiter an Bedeutung zu, was zu immer dichter Besetzung der Dienstleistungsmatrix führt.
4. *Einrichtung interdisziplinärer Studiengänge* – da solche Studiengänge mehreren Lehreinheiten zugeordnet werden, ist bei ihnen die Aufteilung in Eigenleistung und Lehrimporte unter Umständen problematisch.
5. *Keine Anfängerzahlen für neu angebotene Studiengänge* – da im vorangegangenen Jahr keine Anfängerzahlen für diese Studiengänge existierten, müssen für die Berechnung ihrer Lehrimporte *ad-hoc* Annahmen für diese Werte getroffen werden.
6. *Unterteilung komplexer Fachbereiche in mehrere Lehreinheiten* – jede Unterteilung bedeutet die Aufteilung aller Fachbereichsressourcen (etwa Lehrangebot, zugeordnete Studiengänge usw.), sowie der anfallenden Dienstleistungen unter den entstandenen Lehreinheiten.

Bei Kapazitätsberechnung für das Studienjahr 2001/02 bestand die Dienstleistungsmatrix aus 16 Spalten (Zahl der Lehreinheiten) mit insgesamt 97 Zeilen (Zahl der Studiengänge). Die Prognose für das Jahr 2003/04 geht hingegen von 27 Lehreinheiten mit ca. 115 Studienrichtungen aus, was einer knappen Verdoppelung der Matrixgröße entspricht.

#### 1.2.5. Ermittlung des bereinigten Lehrangebots

Wie das Datenflussdiagramm in der Abbildung 1 zeigt, werden in der Aktivität 5 zwei Eingaben benötigt, nämlich das Lehrangebot und die Dienstleistungen je Lehreinheit, die in den Aktivitäten 2 und 4 ermittelt wurden. Das *bereinigte Lehrangebot* einer Lehreinheit erhält man durch Subtraktion der Dienstleistungen einer Lehreinheit von ihrem gesamten Lehrangebot:

$$\text{Lehrangebot } t_{\text{bereinigt}}^L = \text{Lehrangebot } t_{\text{gesamt}}^L - \text{Dienstleistungen}^L \quad (1.11).$$

#### **Beispiel 1.7:**

Die für das Studienjahr 2002/03 ermittelten Dienstleistungen der Lehreinheit *Geschichte* liegen bei 17 Deputatsstunden. Bei dem unbereinigten Lehrangebot von 113,5 ergäbe sich daher das bereinigte Lehrangebot von 97,5 Deputatsstunden.

#### 1.2.6. Ermittlung der Aufnahmekapazität der Lehreinheiten und Studiengänge

In Aktivität 6 wird die jährliche Aufnahmekapazität für die im ersten Berechnungsschritt festgelegten Anteilquoten berechnet. Hierzu werden die Werte aus den Aktivitäten 3 (Curricu-

larenanteile der Studiengänge) und 5 (bereinigtes Lehrangebot je Lehreinheit) benötigt<sup>29</sup>. In Tabelle 5 sind alle Parameter zusammengefasst, die direkt oder indirekt die Berechnung der Aufnahmekapazität einer Lehreinheit beeinflussen.

**Tabelle 5.** Ermittlung der Aufnahmekapazität - Datenübersicht<sup>30</sup>

<b>Anfängerzahl im Vorjahr</b>	Jährliche Anfängerzahl je Studiengang zur Berechnung der Anteilquoten.
<b>Studierendenzahl, gesamt</b>	Gesamtzahl der je Studiengang eingeschriebenen Studierenden (kann alternativ zu Anfängerzahlen zur Berechnung der Anteilquoten benutzt werden).
<b>Anteilquote <math>A_{S_i}</math></b>	Gewünschter Anteil der Anfänger im Studiengang $S_i$ in der Aufnahmekapazität der zuständigen Lehreinheit nach Formel 1.1.
<b>Curriculareigenanteil <math>CA_{S_i}</math></b>	Für jeden zugeordneten Studiengang $S_i$ der Curricularanteil der Veranstaltungen, den die zuständige Lehreinheit für diesen Studiengang bereitstellt.
<b>Curricularanteil für Lehrimporte <math>CA_{S_i}^{L_k}</math></b>	Für jeden Studiengang $S_i$ Summe der Curricularanteile der Veranstaltungen, die von einer „fremden“ Lehreinheit $L_k$ für diesen Studiengang bereitgestellt werden.
<b><math>CNW_{S_i}</math></b>	Curricularnormwert des Studiengangs $S_i$ ; ergibt sich aus der Summe von $CA_{S_i}$ und $CA_{S_i}^{L_k}$ aller beteiligten Lehreinheiten $L_k$ .
<b>Gewichteter Curricularanteil <math>\overline{CA}^L</math></b>	Der gewichtete Curricularanteil einer Lehreinheit $L$ wird aus den Curriculareigenanteilen aller ihr zugeordneten Studiengänge $S_i$ folgendermaßen gebildet: für jeden Studiengang $S_i$ wird der Curriculareigenanteil mit der zugehörigen Anteilquote multipliziert; diese Werte werden summiert: $\overline{CA}^L = \sum_{\forall S_i, S_i \in L} CA_{S_i} \times A_{S_i} \quad (1.12).$

Die jährliche Aufnahmekapazität einer Lehreinheit  $L$ , gemessen in Studierendenzahlen, für die eingegebenen Anteilquoten kann nun wie folgt ermittelt werden<sup>31</sup>:

$$\text{Aufnahmekapazität}^L = \frac{2 \times \text{Lehrangebot}_{\text{bereinigt}}^L}{\overline{CA}^L} \quad (1.13).$$

<sup>29</sup> S. die Eingabedaten für die Aktivität 6 des Diagramms in Abbildung 1.

<sup>30</sup> Vgl. Projekt „UniKap“, Technische Universität Darmstadt, 1998.

<sup>31</sup> Das auf Semesterbasis berechnete Lehrangebot muss zur Ermittlung der jährlichen Aufnahmekapazität mit 2 multipliziert werden.



Die Aufnahmekapazität eines dieser Lehreinheit zugeordneten Studiengänge  $S_i$  entspricht seinem Anteil an der Aufnahmekapazität der zuständigen Lehreinheit:

$$\text{Aufnahmekapazität}_{S_i} = \frac{2 \times \text{Lehrangebot}_{\text{bereinigt}}^L}{\overline{CA}^L} \times A_{S_i}, \quad S_i \in L \quad (1.14),$$

$$\text{äquivalent zu: } \text{Aufnahmekapazität}_{S_i} = \text{Aufnahmekapazität}^L \times A_{S_i}, \quad S_i \in L \quad (1.14a).$$

### **Beispiel 1.8:**

Hier ermitteln wir die Aufnahmekapazität der Lehreinheit *Geschichte* für das Studienjahr 2002/03. Das bereinigte Lehrangebot dieser Lehreinheit beträgt 97,5 Deputatstunden. Tabelle 6 enthält weitere notwendige Daten aus dem der Berechnung vorangegangenen Jahr und die daraus errechneten Anteilquoten<sup>32</sup>.

**Tabelle 6.** Daten zur Ermittlung der Aufnahmekapazität der Lehreinheit *Geschichte* für das Studienjahr 2002/03.

Zugeordnete Studiengänge						Curricularwerte		
Bezeichnung des zugeordneten Studiengangs	Studenten insgesamt	Anfänger WS01/02		Anteil		Eigenanteil	Importe	Gesamt 7 + 8
		absolut	in %	alt	neu			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Geschichte, Magister/HF	198	56	27,45%	0,275	<b>0,138</b>	<b>1,47</b>	0,03	1,50
Geschichte, Magister NF	143	67	32,84%	0,328	<b>0,164</b>	<b>0,72</b>	0,03	0,75
Geschichte, Lehramt/HF	187	68	33,33%	0,333	<b>0,333</b>	<b>1,5</b>	0	1,50
Geschichte, Lehramt/BF	39	13	6,37%	0,064	<b>0,064</b>	<b>0,75</b>	0	0,75
Geschichte, Bachelor			0,00%	0,000	<b>0,299</b>	<b>1,43</b>	0,57	2,00
<b>SUMME</b>	<b>567</b>	<b>204</b>	<b>100,00%</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>			

Die Anteilquoten in Spalte 5 mussten dennoch modifiziert werden, da ein zusätzlicher Studiengang, *Geschichte mit Bachelorabschluss*, einzuführen ist. Im Laufe der nächsten Jahre wird beabsichtigt, den Magisterabschluss durch Bachelor- bzw. Masterabschlüsse graduell zu ersetzen. Ein Teil dieses Umstiegs findet im Jahr 2002/03 statt, indem die Anteile der Studiengänge mit Magisterabschluss auf die Hälfte reduziert werden, um die so gewonnenen Kapazitäten dem neuen Studiengang zuzuteilen.

Nun berechnen wir den gewichteten Curricularanteil der Lehreinheit *Geschichte* nach Formel 1.12:

$$\overline{CA} = 0,138 * 1,47 + 0,164 * 0,72 + 0,333 * 1,5 + 0,064 * 0,75 + 0,299 * 1,43 \approx 1,3$$

Die jährliche Aufnahmekapazität der Lehreinheit nach Formel 1.13 beträgt:

$$\text{Aufnahmekapazität}^{\text{Geschichte}} = 97,5 * 2 / 1,3 \approx 150 \text{ (Studierende).}$$

Durch Multiplikation mit den entsprechenden Anteilquoten nach Formel 1.14a lassen sich die Zulassungszahlen für einzelne Studiengänge ermitteln:

<sup>32</sup> Anstatt der jährlichen Anfängerzahlen des Jahres 2000/01 wurden die aktuelleren Zahlen aus dem Wintersemester 2001/02 genommen, da sie den zukünftig gewünschten Anteilquoten am nächsten kamen.

- $Aufnahmekapazität_{Geschichte, Magister/HF} = 150 * 0,138 = 20,7$
- $Aufnahmekapazität_{Geschichte, Magister/NF} = 150 * 0,164 = 24,6$
- $Aufnahmekapazität_{Geschichte, Lehramt/HF} = 150 * 0,333 = 49,95$
- $Aufnahmekapazität_{Geschichte, Lehramt/NF} = 150 * 0,064 = 9,6$
- $Aufnahmekapazität_{Geschichte, Bachelor} = 150 * 0,299 = 44,85.$

### 1.2.7. Überprüfung und Korrektur des Berechnungsergebnisses

Es gibt weitere kapazitätsbestimmende Kriterien, z.B. räumliche, sachliche und fachspezifische Gegebenheiten, die bei der Ermittlung des endgültigen Festsetzungsvorschlages zu berücksichtigen sind. Räumliche und sachliche Tatbestände umfassen die Auslastung der Räume und die Ausstattung der Hochschule und sind kein Bestand des Kapazitätsmodells; wichtigstes Element unter den fachspezifischen Gegebenheiten ist das Verbleibeverhalten der Studierenden (= Schwund).

Die KapVO schreibt vor, die Zulassungszahl zu erhöhen, „wenn zu erwarten ist, dass wegen Aufgabe des Studiums oder Fachwechsels oder Hochschulwechsels die Zahl der Abgänge an Studenten in höheren Fachsemestern größer ist als die Zahl der Zugänge“<sup>33</sup>. Der offensichtliche Grund für diese Regelung ist, dass erfahrungsgemäß nicht alle Studienanfänger das Studium absolvieren. Dem allmählichen Rückgang in der Auslastung der Lehrkapazität kann also dadurch entgegengewirkt werden, dass zu Beginn des Studiums mehr Studierende zugelassen werden als dies ohne den beobachteten Schwund möglich wäre. Technisch wird dieser Effekt durch einen *Schwundausgleichfaktor* berücksichtigt.

- Schwundausgleichfaktor (SF)** ermittelt für die Anfängerzahl eines Studiengangs ihren durch den studentischen Schwund veränderten Anteil im Mittel des Studiums.

#### **Beispiel 1.9:**

Ein Schwundfaktor von  $0,75$  in einem Studiengang mit der Regelstudienzeit von  $9$  Semestern drückt aus, dass sich im  $5.$  Fachsemester durch studentische Abgänge und Zugänge ca.  $75\%$  der damaligen Anfänger befinden.

Es gibt zwei Vorgehensweisen zur Ermittlung von SF Werten:

- normative Festsetzung (beispielsweise, wenn sich aus vorhandenen Statistiken oder allgemeiner Erfahrung eine durchschnittliche Erfolgsquote im Mittel des Studiums von  $80\%$  der Anfängerkohorten ergibt, der Schwundfaktor wäre in diesem Fall  $0,8$ ), dann spricht man von *Orientierungswerten*;

<sup>33</sup> KapVO, §16.

- empirische Ermittlung durch Anwendung des sog. „Hamburger Modells“<sup>34</sup>.

Die Berechnung der Schwundausgleichsfaktoren ist eine untergeordnete Aktivität (Aktivität 7a) im Rahmen des letzten Berechnungsschrittes, wie das Datenflussdiagramm in der Abbildung 1 zeigt.

Das allseits anerkannte und in der Praxis verbreitete<sup>35</sup> „Hamburger Modell“ hat sich als methodisch richtig und rechnerisch korrekt erwiesen. Demnach wird  $SF$  „empirisch pro Studiengang ermittelt, indem aus den Bestandszahlen in den einzelnen Fachsemestern durchschnittliche Übergangsquoten vom 1. zum 2. Fachsemester, vom 2. zum 3. Fachsemester, ... usw. ..., vom 7. zum 8. Fachsemester errechnet und multiplikativ verknüpft werden“<sup>36</sup>. Die einzelnen Schritte dieser Berechnung sind wie folgt:

- Für jedes Fachsemester  $i$  wird die *semesterliche* Erfolgsquote  $q_i$  errechnet, z.B. bei 336 Studierenden im 2. Semester, deren Zahl im vorigen Semester 410 war, ergibt sich  $q_i = 336/410 \approx 0,8195$ .
- Für jedes Fachsemester wird die *totale* Erfolgsquote berechnet, indem die semesterliche Quote mit den Quoten aller vorangegangenen Fachsemester multipliziert wird, z.B. bei den semesterlichen Quoten von jeweils  $q_1 = 1,0$ ,  $q_2 = 0,872$ ,  $q_3 = 0,856$  und  $q_4 = 0,917$  ergibt sich die totale Erfolgsquote im 4. Semester im Wert von  $0,6845$  ( $= 1 * 0,872 * 0,856 * 0,917$ ).
- Die Summe aller absoluten Erfolgsquoten ergibt die „*Schwundstudienzeit*“:

$$\text{Schwundstudienzeit} = \sum_{i=1}^N \left( \prod_{j=1}^i q_j \right) \quad (1.15)$$

wobei  $N$  für Anzahl der Fachsemester in der  $SF$ -Berechnung steht (d.h., die Regelstudienzeit im jeweiligen Studiengang).

- Die Relation zwischen Schwund- und Regelstudienzeit ergibt den Schwundfaktor<sup>37</sup>:

$$SF = \frac{\text{Schwundstudienzeit}}{N} \quad (1.16)$$

In der Kapazitätsberechnung werden die Schwundausgleichsfaktoren im letzten Berechnungsschritt (Aktivität 7) gebraucht, um aus den nach Formel 1.14 berechneten Aufnahmekapazitäten unter Berücksichtigung von Schwund die kapazitären Zulassungszahlen für alle Studiengänge zu ermitteln:

<sup>34</sup> Dieses Modell wurde vom Planungsstab der Universität Hamburg entwickelt.

<sup>35</sup> Auch an der Universität Konstanz werden die  $SF$  nach dem „Hamburger Modell“ berechnet.

<sup>36</sup> Seeliger B., 2001, S.15.

<sup>37</sup> Ein Berechnungsbeispiel für den  $SF$  ist im Anhang B.2. beigelegt.

$$\text{Zulassungszahl}_{S_i} = \frac{\text{Aufnahmekapazität}_{S_i}}{SF_{S_i}} \quad (1.17).$$

**Beispiel 1.10:**

Im Beispiel 1.8 wurde die Aufnahmekapazität der Studiengänge der Lehrereinheit Geschichte ohne Berücksichtigung von Schwund ermittelt. Die gemäß dem „Hamburger Model“ ermittelten Schwundaussgleichsfaktoren für jeweilige Studiengänge für das Studienjahr 2001/02 waren wie folgt:

- $SF_{\text{Geschichte, Magister/HF}} = 0,49$
- $SF_{\text{Geschichte, Magister/NF}} = 0,42$
- $SF_{\text{Geschichte, Lehramt/HF}} = 0,71$
- $SF_{\text{Geschichte, Lehramt/NF}} = 0,73$
- $SF_{\text{Geschichte, Bachelor}} = 1,00$ <sup>38</sup>.

Damit ergeben sich nach Formel 1.17 folgende jährlichen Zulassungszahlen für diese Studiengänge<sup>39</sup>:

- $\text{Zulassungszahl}_{\text{Geschichte, Magister/HF}} = 20,7 \div 0,49 \approx 42$
- $\text{Zulassungszahl}_{\text{Geschichte, Magister/NF}} = 24,6 \div 0,42 \approx 59$
- $\text{Zulassungszahl}_{\text{Geschichte, Lehramt/HF}} = 49,95 \div 0,71 \approx 70$
- $\text{Zulassungszahl}_{\text{Geschichte, Lehramt/NF}} = 9,6 \div 0,73 \approx 13$
- $\text{Zulassungszahl}_{\text{Geschichte, Bachelor}} = 44,85 \div 1,00 \approx 45$

Die Beschreibung des Berechnungsverfahrens gemäß KapVO ist an dieser Stelle abgeschlossen.

### 1.3. Berechnung der Auslastungswirkungen von Zulassungszahlen

Die KapVO schreibt vor, das Lehrangebot als bekannt vorauszusetzen und die Aufnahmekapazität daraus nach dem im Abschnitt 1.2 dargestellten Verfahren zu ermitteln. Bei der nachfrageorientierten Berechnung wird dagegen die Nachfrage (d.h. die Zulassungszahlen) als bekannt angenommen, und die Aufgabe besteht darin, das für die zugelassenen Studenten erforderliche Lehrangebot auszurechnen. Um das zu ermöglichen, muss die Formel 1.13 entsprechend umgeschrieben werden:

$$\text{Lehrangebot}_{\text{erforderlich}}^L = \frac{1}{2} \times \overline{CA}^L \times \text{Aufnahmekapazität}^L \quad (1.18),$$

wobei die gesamte Aufnahmekapazität der Lehrereinheit durch die Summe der Aufnahmekapazitäten aller zugeordneten Studiengänge ersetzt werden kann:

<sup>38</sup> Da dieser Studiengang neu eingeführt wird, liegen keine Statistiken zur empirischen Ermittlung des Schwundaussgleichsfaktors vor, also wird von 0% Schwund ausgegangen.

<sup>39</sup> Die Ergebniswerte wurden auf Ganzzahlen abgerundet.

$$\text{Lehrangebot}_{\text{erforderlich}}^L = \frac{1}{2} \times \overline{CA}^L \times \sum_{\forall S_i, S_i \in L} \text{Aufnahmekapazität}_{S_i} \quad (1.19).$$

Da die Formel 1.19 direkt aus dem Berechnungsmodell der KapVO folgt, ist die Ermittlung des erforderlichen Lehrangebots konform mit dem gesetzlichen Verfahren und damit als legitimer Ausgangspunkt für das zu entwickelnde neue Verfahren einer nachfrageorientierten Prognose geeignet. Es folgen Formalisierungen, die als Ausgangspunkt für das neue Verfahren übernommen werden können.

Formel 1.19 muss zunächst weiter transformiert werden, da bei den eingegebenen Zulassungszahlen der Schwundausgleich rückgängig gemacht werden muss (s. Formel 1.17), um die Aufnahmekapazitäten für jeweilige Studiengänge in der Formel 1.19 zu erhalten:

$$\text{Lehrangebot}_{\text{erforderlich}}^L = \frac{1}{2} \times \overline{CA}^L \times \sum_{\forall S_i, S_i \in L} (\text{Zulassungszahl}_{S_i} \times SF_{S_i}) \quad (1.19a).$$

Nun muss das erforderliche Lehrangebot mit dem nach der Formel 1.11 berechneten bereinigten Lehrangebot verglichen werden, um die Auslastungswirkungen der angenommenen Zulassungszahlen zu messen. Die Ergebnisse dieses Vergleichs sind wie folgt zu interpretieren:

- $\text{Lehrangebot}_{\text{erforderlich}}^L = \text{Lehrangebot}_{\text{bereinigt}}^L$  bedeutet 100%ige, d.h. erschöpfende Auslastung der Lehreinheit mit den angenommenen Zulassungszahlen.
- $\text{Lehrangebot}_{\text{erforderlich}}^L > \text{Lehrangebot}_{\text{bereinigt}}^L$  weist darauf hin, dass eine Auslastung von über 100%, d.h. Überlastung, vorliegt.
- $\text{Lehrangebot}_{\text{erforderlich}}^L < \text{Lehrangebot}_{\text{bereinigt}}^L$  entsteht im Fall einer Unterauslastung.

Unter dem *Auslastungsgrad* einer Lehreinheit wird das Verhältnis zwischen der anfallenden Lehrnachfrage und dem verfügbaren Lehrangebot verstanden. Da die Dienstleistungen gemäß der KapVO statisch ermittelt werden, werden zur Berechnung des gesamten erforderlichen Lehrangebots dieselben Dienstleistungswerte (wie im Kapitel 1.2 dargestellt) zugrunde gelegt, also ergibt sich die folgende Formel zur Berechnung des Auslastungsgrades einer Lehreinheit:

$$\text{Auslastungsgrad}^L = \frac{\text{Lehrangebot}_{\text{erforderlich}}^L + \text{Dienstleistungen}^L}{\text{Lehrangebot}_{\text{bereinigt}}^L + \text{Dienstleistungen}^L} \quad (1.20).$$

Wenn eine Auslastung von 1,0 angestrebt wird, kann man durch Iterationen mit angepassten Zulassungszahlen versuchen, die „richtigen“ Zahlen zu finden. Der Nachteil dieses Verfahrens ist, dass die Berechnung u. U. sehr mühsam und zeitaufwendig verlaufen kann. Die Anzahl der benötigten Iterationen hängt vom Anpassungsmuster<sup>40</sup> ab; die einzige sichere

<sup>40</sup> Falls die Zielzahlen für einzelne einer Lehreinheit zugeordneten Studiengänge nicht linear angepasst werden, z.B. wenn es bestimmte Vorgaben bezüglich zulässigen Anpassungen gibt, ist die Auswirkung auf die Auslastung auch nicht linear und daher nicht immer intuitiv abschätzbar, was die Orientierung beim Iterieren erschwert.

Strategie, um die Anzahl der Iterationsschritte gering zu halten, ist, die Zulassungszahlen in jedem Schritt so anzupassen, dass ihre Anteile, und damit  $\overline{CA}^L$  unverändert bleiben (d.h. alle Ergebnisse des vorangegangenen Iterationsschrittes mit einem für alle identischen Faktor zu multiplizieren).

Die Berechnung der Auslastung wird in der Praxis hauptsächlich zur Begründung der erforderlichen Personalstellen eingesetzt, wie das folgende Beispiel erläutert.

### **Beispiel 1.11:**

Nehmen wir an, dass es in der Lehreinheit *Geschichte* eine nicht besetzte Professorenstelle gibt. Ein Kriterium für die Entscheidung, ob die Stelle wiederbesetzt werden soll, ist der Auslastungsgrad der jeweiligen Lehreinheit, ermittelt nach Formel 1.20.

Die für die Berechnung des Auslastungsgrades benötigten Daten werden aus den Berechnungsbeispielen 1.8 und 1.10 übernommen:

- ▀ das bereinigte Lehrangebot von 89,5 Deputatstunden (97,5 minus 8 durch die Freigabe der Professorenstelle);
- ▀ der gewichtete Curricularanteil  $\overline{CA}^L = 1,3$ ;
- ▀ die Zulassungszahlen 42, 59, 70, 13, 45 mit den zugehörigen Schwundausgleichsfaktoren von 0,49, 0,42, 0,71, 0,73 und 1,0<sup>41</sup>.

$$\text{Lehrangebot}_{\text{erforderlich}} = 0,5 * 1,3 * (42 * 0,49 + 59 * 0,42 + 70 * 0,71 + 13 * 0,73 + 45 * 1,0) \approx 97,2$$

Zur Vereinfachung nehmen wir an, dass die Lehreinheit *Geschichte* keine Dienstleistungen zu erbringen hat (d.h.  $\text{Lehrangebot}_{\text{gesamt}} = \text{Lehrangebot}_{\text{bereinigt}}$ ). Somit ergibt sich nach Formel 1.20 der Auslastungsgrad von 1,08 (=97,2 / 89,5), d.h. die Lehreinheit ist um 8% überlastet.

Um diese Überlastung zu verhindern, muss die Differenz zwischen dem erforderlichen und dem vorhandenen Lehrangebot (7,7 Deputatsstunden) eliminiert werden. Damit ist die Notwendigkeit der Besetzung der Professorenstelle nachgewiesen.

Zwar ineffizient für die Ermittlung kapazitärer Zulassungszahlen (da mehrere Iterationen benötigt werden), bietet die oben beschriebene Vorgehensweise dennoch eine gute Basis für eine nachfrageorientierte Steuerung des Studien- bzw. Lehrangebots. Sobald das für die Zulassungszahlen erforderliche Lehrangebot bekannt ist, können die notwendigen Anpassungen im Lehrangebot einer Lehreinheit  $L$  zur Herstellung der angemessenen Auslastung berechnet werden<sup>42</sup>:

$$\text{Anpassungsbedarf}^L = \text{Lehrangebot}_{\text{erforderlich}}^L - \text{Lehrangebot}_{\text{bereinigt}}^L \quad (1.21).$$

<sup>41</sup> SF=1,0 (d.h. kein Schwund) wird für neue Studiengänge angenommen wo noch keine Schwundstatistiken vorliegen.

<sup>42</sup> Die „Angemessenheit“ der Auslastung ist nicht Gegenstand dieser Arbeit. Hochschulen haben eigene Bevorzugungen, welche Auslastung als optimal angesehen wird. An der Universität Konstanz z.B. wird eine 100%ige Auslastung gemeinhin als Überlast empfunden; der angestrebte Auslastungsgrad liegt bei 0,8.

Ein positiver Wert bedeutet ein Defizit im verfügbaren Lehrangebot, also muss das aktuelle Lehrangebot um diesen Betrag erhöht werden, um die notwendige Aufnahmekapazität zu gewährleisten. Eine negative Zahl dagegen zeigt, um welchen Wert das Lehrangebot zu reduzieren ist, um eine erschöpfende Nutzung der vorhandenen Kapazitäten zu erreichen.

Im nächsten Kapitel wird u.a. untersucht, inwieweit die in der KapVO vorgeschriebene Vorgehensweise zu Ermittlung der Zulassungszahlen bzw. ihrer Auslastungswirkungen möglicherweise für das zu entwickelnde Prognosemodell übernommen werden können.

## 2. Kritik des geltenden Kapazitätsmodells

Im Kapitel 1 wurde das gesetzliche Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Zulassungszahlen aufgrund personeller Ausstattung dargestellt, wobei auf die potentiell korrektheitskritischen Annahmen und Schätzungsmethoden besonderes eingegangen wurde. In diesem Kapitel werden diese Annahmen analytisch und empirisch hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Qualität des Berechnungsergebnisses untersucht.

Die wichtigsten Defizite des derzeitigen Berechnungsverfahrens,

- Nicht-Berücksichtigung der tatsächlichen Auslastung durch in Anspruch genommene Studienplätze,
- statische Ermittlung der Dienstleistungen,
- unzureichende Ermittlung der Zulassungszahlen für interdisziplinäre Studiengänge,

die teilweise bereits kurz angerissen wurden, werden jetzt vertieft dargestellt und analysiert.

### 2.1. Auslastung durch Ist-Studienplätze

Die Verwendung von personalbezogenen Kapazitäten als Ausgangsgrößen für die Steuerung des Studienangebots sorgt für die ausschöpfende Nutzung der Lehrressourcen in der Zukunft, bietet jedoch keinerlei Mechanismen zur Aufdeckung und Beseitigung der kurz- und mittelfristigen Abweichungen der Studentenzahlen von ihren kapazitären Größen, da die aktuelle Auslastung durch die tatsächlich besetzten Studienplätze außer Betracht gelassen wird. „Da die gewonnenen „Ist-Studienplätze“ nicht auf über einen längeren Zeitraum gemittelten Studierendenzahlen basieren, sondern nur auf einer *einzelnen* Jahrgangsbetrachtung aufbauen, können Zufälligkeiten und Verzerrungen ... nicht ausgeschlossen werden“<sup>43</sup>. Es gibt also keine Garantie, dass die ermittelten Zulassungszahlen in der Kombination mit der Studierendenzahl in allen höheren Semestern eine optimale und stabile Auslastung der jeweiligen Lehreinheit kontinuierlich in jedem Studienjahr sicherstellen.

Veränderungen der tatsächlichen Auslastung können grundsätzlich durch zwei Faktoren verursacht werden:

1. Änderungen in den kapazitätsbestimmenden Parametern, die die in vergangenen Jahren ermittelten Kapazitäten ungültig machen;
2. Fehlerhafte Vorausschätzung des zu erwartenden Nachfrageverhaltens.

Gemäß dem geltenden Kapazitätsverfahren ergibt sich die Aufnahmekapazität einer Lehreinheit nach Division ihres für zugeordnete Studiengänge verfügbaren Lehrangebots durch ihren gewichteten Curricularanteil (Formel 1.13). Da der gewichtete Curricularanteil die Lehrbelastung nicht für ein einziges Semester, sondern für das Gesamtstudium beschreibt, erhält man

---

<sup>43</sup> Modell zur Steuerung der Flächennutzung für die Universitäten Oldenburg und Osnabrück, Teil B, S. 26.



bei der Division des jährlichen Lehrangebots durch den Curricularanteil die Zulassungszahl, die der Quote der Studierenden in einem Fachsemester entspricht. Damit wird berücksichtigt, dass nur ein Teil des Lehrangebots für Studienanfänger zur Verfügung steht, während der andere (viel größere) Teil zur Versorgung mit Lehrveranstaltungen der Studierenden in allen höheren Semestern benötigt wird.

Das erforderliche Lehrangebot zur Ausbildung der voraussichtlichen Anfängerzahl<sup>44</sup> im Berechnungsjahr ergibt sich aus der Multiplikation der Anfängerzahl mit dem *jährlichen* Wert des gewichteten Curricularanteils der jeweils zuständigen Lehreinheit (z.B., bei der durchschnittlichen Studiendauer von 8 Semestern (= 4 Jahren) in den Studiengängen einer Lehreinheit  $L$  ergäbe sich der jährliche gewichtete Curricularanteil von  $\overline{CA}^L/4$ ).

Bei dieser Vorgehensweise werden keine Daten über die Anzahl der Studierenden in höheren Fachsemestern benötigt, wodurch die ganze Berechnung zwar wesentlich vereinfacht, aber auf wichtige kapazitätsrelevante Information verzichtet wird. Das Berechnungsverfahren der KapVO legt den Schwerpunkt also darauf, dass durch Nicht-Berücksichtigung von kurzfristigen Zufälligkeiten die kontinuierlich stabile Zulassung sichergestellt wird, aber es findet keine Überprüfung statt, welche Auslastungssituation sich durch die Gesamtzahl der Studierenden für das eigentliche Prognosejahr ergibt.

Es wird impliziert, dass die Studierendenzahlen in höheren Semestern ungefähr ihren früher einmal festgestellten kapazitären Quoten entsprechen, da alle zugelassenen Kohorten mit demselben Verfahren ermittelt wurden. Diese Annahme ist berechtigt, wenn das Lehrangebot einer Lehreinheit über mehrere Jahre hinweg stabil bleibt, die Zahl der tatsächlich immatrikulierten Kohorten in keinem Studienjahr von der ehemals ermittelten Zulassungszahl abweicht und sowohl die Zuordnung der Studiengänge als auch ihre Curricularnormwerte und Schwundausgleichsfaktoren unverändert bleiben.

Erfahrungsgemäß ist aber nicht zu erwarten, dass diese Bedingungen im Zeitablauf erhalten bleiben. Im Gegenteil, jährliche Schwankungen sowohl im Angebot einzelner Lehreinheiten, als auch in den Anfänger- und Gesamtzahlen sind üblich. Änderungen in der Zuordnung eines Studiengangs zu einer Lehreinheit, Auflösung eines Studiengangs, Änderung des CNW usw. finden zwar eher selten statt, kommen aber vor und müssen daher auch berücksichtigt werden.

Im Folgenden wird abzuschätzen versucht, welchen Einfluss solche Abweichungen kapazitätsbestimmender Parameter auf die Kapazitätsberechnungen haben können. Dabei beschränken wir uns auf drei Fälle, die häufig in der Praxis der Universitäten vorkommen:

- Abweichung der Anfängerzahlen vom Festsetzungsvorschlag,
- Überzogene Studienzeit, sowie
- Änderungen im verfügbaren Lehrangebot.

---

<sup>44</sup> An dieser Stelle werden Schwundausgleichsmaßnahmen noch nicht berücksichtigt.

**Fall 1:** *Abweichung der Anfängerzahlen vom Festsetzungsvorschlag.* Da das Nachfrageverhalten für die Zukunft nur bedingt vorausgeschätzt werden kann, werden nicht immer alle angebotenen Studienplätze besetzt, wodurch dauerhafte Unterlastung entsteht. Anhand von Statistiken über Anfängerzahlen im Studienjahr 2001/2002 für bestimmte Fächer der Universität Konstanz kann festgestellt werden, wie stark die tatsächlichen Anfängerzahlen einzelner Lehreinheiten vom Festsetzungsvorschlag abwichen und in welchem Ausmaß die Auslastung der Lehreinheiten davon betroffen wurde.

**Beispiel 2.1:**

Tabelle 7 enthält die vorgeschlagenen Zulassungszahlen und die tatsächlichen Anfängerzahlen für das Studienjahr 2001/2002 am Beispiel der Studiengänge der Lehreinheit *Informatik und Informationswissenschaft*, in absoluten Zahlen und in Anteilen:

**Tabelle 7.** Zulassungs- vs. Anfängerzahlen, (Lehreinheit Informatik, 2001)<sup>45</sup>

Studiengang	Studienjahr 2001/02					
	festgesetzt		tatsächlich		Differenz,	
	absolut	Anteil	absolut	Anteil	absolut	%
<i>Information Engineering</i> , BA	55	0,55	71	0,79	+16	+29%
<i>Information Engineering</i> , MA	26	0,26	0	0,00	-26	-100%
<i>Informatik</i> , Magister / NF	17	0,17	12	0,13	-5	-29%
<i>Informatik</i> , Lehramt / HF	2	0,02	1	0,01	-1	-50%
<i>Informatik</i> , Lehramt / BF	-	0,00	6	0,07	6	-
	$\Sigma = 100$		$\Sigma = 90$			

Es ist zu erkennen, dass es deutliche Abweichungen von den festgesetzten Zulassungszahlen gab, sowohl in absoluten Zahlen, als auch in den Anteilen einzelner Studiengänge, was dazu führt, dass die Lehrnachfrage dieser Kohorte der Studierenden nicht der in der Kapazitätsberechnung ermittelten entspricht, und sich die Abweichung durch die in diesem Jahr immatrikulierte Kohorte beim Übergang in höhere Fachsemester unabänderlich in künftige Jahre propagieren wird.

Der Einfluss der Abweichung der tatsächlichen Anfängerzahlen von den zugelassenen ergibt sich nach Einsetzung der Ist-Zahlen in die Formeln 1.19a – zur Berechnung des erforderlichen Lehrangebots für die Anfängerzahlen – und 1.20 - zur Berechnung der Auslastung der Lehreinheit Informatik:

1. Das Rückgängigmachen des Schwundausgleiches (Formel 1.17) zur Berechnung der erforderlichen Aufnahmekapazitäten und der Anteile einzelner Studiengänge entfällt,

<sup>45</sup> Zur Ermittlung der Anteile muss in den Anfängerzahlen der Schwundausgleich rückgängig gemacht werden, aber für diese Lehreinheit wurden die Zulassungszahlen in jenem Jahr ohne Schwundausgleich ermittelt.

da die Zulassungszahlen für diese Lehreinheit ohne Schwund ermittelt worden (d.h.  $Zulassungszahl_S = Aufnahmekapazität_S$ ) waren.

2. Der gewichtete Curricularanteil der Lehreinheit wird neu berechnet, da sich die Anteilquoten einzelner Studiengänge verändert haben:

$$\overline{CA} = 0,79 \cdot 2,4 + 0 \cdot 1,8 + 0,13 \cdot 0,9 + 0,01 \cdot 1,8 + 0,07 \cdot 0,9 = 2,094$$

(zum Vergleich: der ursprünglich berechnete  $\overline{CA}$  betrug 1,983).

3. Daraus ergibt sich der Wert des erforderlichen Lehrangebots:

$$Lehrangebot_{erforderlich} = 0,5 \cdot 2,094 \cdot 90 = 94,23.$$

4. Nun lässt sich der Auslastungsgrad ermitteln:

$$Auslastungsgrad = 94,23 \div 103 \approx 0,915 \text{ (d.h., 91,5\%)}$$

Die tatsächliche Unterlastung von 8,5% bleibt im Kapazitätsberechnungsverfahren auch für künftige Jahre unberücksichtigt, d.h. die Zulassungszahlen für zukünftige Jahre werden weiter unter der Annahme ermittelt, dass die Studierendenzahlen in höheren Semestern ihren früher ermittelten kapazitären Quoten entsprechen.

Der Kern der in diesem Fall dargestellten Kritik am Berechnungsverfahren der KapVO ist also nicht, dass die tatsächlichen Anfängerzahlen falsch vorausgeschätzt werden – dies ist Prognostikers Leid –, sondern dass nachträglich sich ergebende zusätzliche Information (frühere Prognosefehler) nicht zu einer Korrektur künftiger Prognosen verwendet werden. Dieses Versäumnis kann offenbar zu dauerhaften Unter-Auslastungen einzelner Lehreinheiten führen, wobei a priori anzunehmen ist, dass dies in unterschiedlichem Ausmaß stattfindet, die Lehreinheiten insofern also, möglicherweise systematisch, ungleich behandelt werden.

**Szenario 2: Überzogene Studienzeit.** Eine weitere Quelle der Abweichungen in der Auslastung, die durch das geltende Kapazitätsberechnungsverfahren nicht berücksichtigt werden können, ist, dass es in den meisten Studiengängen Studierende gibt, die ihr Studium nicht innerhalb der Regelstudienzeit abschließen. D.h. bei gegebener Regelstudienzeit von  $n$  Semestern gibt es Studierende in den Fachsemestern  $n+1$ ,  $n+2$ , usw. Falls die tatsächliche durchschnittliche Studienzeit wesentlich länger ist, als die vorgesehene, entstehen zusätzliche Belastungen der Lehreinheit durch die Studierenden in diesen die Regelzeit überschreitenden Fachsemestern.

Die KapVO lässt bewusst eine längere Verweildauer der Studierenden außer betracht, mit der Argumentation, dass Studenten, welche die Regelstudienzeit überschritten haben, die Hochschule nicht mehr in dem Maße belasten, wie es Studenten in der Regelstudienzeit tun. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass diese Einschätzung spätestens mit der Einführung neuer anspruchsvoller Abschlüsse bei gleichzeitig vorgesehenen kürzeren Regelstudienzeiten an Relevanz verlieren könnte.

**Beispiel 2.2:**

Die durchschnittliche Studienzeit im Masterstudiengang *Information Engineering* an der Universität Konstanz beträgt ca. 5,5 Semester, obwohl die Regelstudienzeit von nur 4 Semestern vorausgesetzt ist.

So impliziert das geltende Kapazitätsberechnungsverfahren für den Masterstudiengang *Information Engineering* an der Universität Konstanz, dass sich alle im Wintersemester 2000/01 zugelassenen Studierenden im Sommersemester 2002 exmatrikuliert haben und dass daher für diese Kohorte im Studienjahr 2002/03 keine Quoten in höheren Fachsemestern vorzusehen sind. In Wirklichkeit jedoch befindet sich ein wesentlicher Anteil dieser Kohorte im Studienjahr 2002/03 im 5. und sogar 6. Fachsemester und beansprucht einen signifikanten Teil des Lehrangebots.

Sollte sich herausstellen, dass bei einer Regelstudienzeit von  $n$  Semestern die durchschnittliche Studienzeit in diesem Fach künftig  $n+1$  oder gar  $n+2$  Semester beträgt, führt das geltende Berechnungsverfahren zu einer dauerhaften entsprechenden Überlastung der beteiligten Lehr-einheiten.

Es erscheint daher sinnvoll, die Studierenden in den außerhalb der Regelstudienzeit liegenden Fachsemestern aus der Auslastungsberechnung nicht ganz auszuschließen, jedenfalls dann, wenn sie einen signifikanten Teil aller in diesem Fach studierenden ausmachen. Was ein „signifikanter Anteil“ ist, wäre im Einzelfall durch die Universität, gegebenenfalls für verschiedene Fächer unterschiedlich, festzulegen.

**Fall 3:** *Änderungen im verfügbaren Lehrangebot.* Ein weiterer Vorgang, der die Gesamtauslastung einer Lehrereinheit beeinträchtigt, ist mit jährlichen Schwankungen im tatsächlich verfügbaren Lehrangebot verbunden. Nach KapVO entstehen Änderungen im bereinigten Lehrangebot entweder durch Veränderungen in der personellen Ausstattung einer Lehrereinheit (z.B. Auflösung oder Wiederbesetzung einer Professur) oder durch Änderungen im Lehr-export, die weitgehend unvermeidlich sind, da sie direkt von der Zahl der Anfänger in den importierenden Studiengängen abhängen. Muss also eine bislang ausgelastete Lehrereinheit ihr verfügbares Lehrangebot im Berechnungsjahr im Vergleich zum vorigen Jahr reduzieren, führt dies zur relativen Erhöhung der Auslastung durch die Studierenden in allen höheren Fachsemestern, deren Quoten ausgehend von den früheren Zulassungszahlen ermittelt wurden.

Alle drei Fälle veranschaulichen, dass die Aufnahmekapazität u. U. systematisch über- oder unterschätzt wird, wenn keine Rücksicht auf die tatsächliche Zahl der Studierenden, sei dies im ersten oder in den höheren Semestern, genommen wird. Die vorgestellten Fälle sind typisch für die Praxis. Es wäre daher bildungspolitisch überaus wünschenswert, die tatsächliche Auslastung der Universitäten in Erfahrung zu bringen. Unter prinzipieller Anerkennung der von der KapVO vorgeschlagenen Herangehensweise kann das dadurch geschehen, dass das Berechnungsverfahren um eine Methode erweitert wird, die überprüft, ob die Gesamtauslastung einer Lehrereinheit durch die Studierenden in *allen* Fachsemestern (einschließlich der

zuzulassenden Anfänger) von der optimalen abweicht. Die so ermittelte Auslastung könnte als Frühwarnsystem benutzt werden, um Zulassungszahlen oder Ressourcenzuweisungen künftig eventuell entsprechend anzupassen.

Hier betrachten wir eine einfache Methode, mit der eine solche Überprüfung durchgeführt werden könnte:

- Für das dem Berechnungsjahr vorangegangene Jahr kann die *Ist-Auslastung* je Lehrereinheit durch die Gesamtzahl der Studierenden in allen ihr zugeordneten als auch den ihre Leistungen importierenden Studiengängen berechnet werden. Der überwiegende Teil der jährlichen Anfängerzahl wird regelmäßig im Wintersemester zugelassen. Daher ist die Auslastung einer Lehrereinheit im Wintersemester selbstverständlich normalerweise höher, als im Sommersemester. Um unnötige Verkomplizierungen zu vermeiden, wird hier – vereinfachend – auf jahresdurchschnittliche Werte abgestellt. Für eine Lehrereinheit  $L$  mit zugeordneten Studiengängen  $S_i$  und importierenden Studiengängen  $S_j$  wird die jahresdurchschnittliche Ist-Auslastung folgendermaßen berechnet<sup>46</sup>:

$$Auslastungsgrad_{gesamt}^L = \frac{\sum_{\forall S_i, S_i \in L} (S_{S_i} \times CA_{S_i} \div R_{S_i}) + \sum_{\forall S_j, S_j \notin L} (S_{S_j} \times CA_{S_j}^L \div R_{S_j})}{Lehrangebot_{gesamt}^L} \quad (2.1),$$

$S_{S_i}$  : jahresdurchschnittliche semesterliche Studierendenzahl in allen Fachsemestern des Studiengangs  $S_i$ ,

$R_{S_i}$  : Regelstudienzeit im Studiengang  $S_i$ .

- Falls der so bestimmte Auslastungsgrad außerhalb des zulässigen Bereichs liegt, können entsprechende Korrekturen der kapazitären Zulassungszahlen für das Berechnungsjahr vorgenommen werden (z.B. können die Zulassungszahlen herauf-/herabgesetzt oder das Lehrangebot entsprechend herab-/heraufgesetzt werden).

Zur weiteren Illustration der Überprüfungsmethode (Formel 2.1) kehren wir zum in Fall 1 beschriebenen Beispiel der Lehrereinheit *Informatik* zurück, um nunmehr die tatsächliche Auslastung der Lehrereinheit zu ermitteln.

### **Beispiel 2.3:**

Tabelle 8 enthält die für die Ermittlung der Ist-Auslastung notwendige Daten, d.h. die Studierendenzahlen in den zugeordneten Studiengängen je Semester und ihren semesterlichen Mittelwert als auch die Curriculareigenanteile dieser Studiengänge. Da die Lehrereinheit *Informatik* laut der Kapazitätsberechnungsdaten für das Berechnungsjahr 2001/02 keine Dienstleistungen zu erbringen hatte, entfällt komplett die Berechnung der Dienstleistungen.

<sup>46</sup> Aus der Division des Curriculareigenanteils, der die Lehrbelastung der zuständigen Lehrereinheit durch einen Studierenden im jeweiligen Studiengang für das Gesamtstudium bezeichnet, durch die Regelstudienzeit des jeweiligen Studiengangs ergibt sich der durchschnittliche semesterliche Wert des Curriculareigenanteils.

**Tabelle 8.** Daten zur Ermittlung der Auslastung der Lehreinheit *Informatik* (2001)

Studiengang	Gesamtzahl eingeschriebener Studierenden			Curricular-eigenanteil	Regelstudienzeit (Semester)
	WS01/02	SS02	durchsch.		
<b>Information Engineering</b> , BA	155	137	<b>142</b>	<b>2,4</b>	<b>6</b>
<b>Information Engineering</b> , MA	35	30	<b>32,5</b>	<b>1,8</b>	<b>4</b>
<b>Informatik</b> , Magister / NF	23	20	<b>21,5</b>	<b>0,9</b>	<b>4</b>
<b>Informatik</b> , Lehramt / HF	5	1	<b>3</b>	<b>1,8</b>	<b>9</b>
<b>Informatik</b> , Lehramt / BF	11	5	<b>8</b>	<b>0,9</b>	<b>9</b>
<b>Informationswiss.</b> , Diplom <sup>47</sup>	12	9	<b>10,5</b>	<b>1,8</b>	<b>4</b>

Das gesamte Lehrangebot dieser Lehreinheit im Jahr 2001/02 betrug 103 Deputatsstunden, und so ergibt sich aus den Daten der Tabelle 8 gemäß Formel 2.1 ein Auslastungsgrad von  $82,3875 \div 103 \approx 0,8$  (d.h. 80%).

Die im Beispiel 2.3 festgestellte 20%ige Unterlastung der Lehreinheit Informatik könnte für eine Korrektur der Zulassungszahlen in künftigen Jahren zum Anlass genommen werden. Vor der Einleitung entsprechender Maßnahmen wären in der Praxis allerdings zusätzliche Informationen nötig. Z. B. müsste untersucht werden, wodurch der Mangel an Anfängerzahlen in einzelnen Studiengängen verursacht wurde. Andererseits wäre zu überlegen, ob eine Änderung der gewünschten Anteilquoten sinnvoll sein könnte, ob man neue Studiengänge einrichten oder an den interdisziplinären Studiengängen teilnehmen sollte.

Diese Methode zur Ermittlung der Auslastung einer Lehreinheit im der Zulassungsberechnung vorangegangenen Jahr erfüllt den Zweck eines Warnsignals und stellt damit eine wertvolle analytische Erweiterung des Kapazitätsberechnungsverfahrens dar. Allerdings ergeben sich hieraus keine quantitativen Hinweise, in welchem Maß die Zulassungszahlen angepasst werden müssten, um künftig Auslastungsverbesserungen zu erzielen. Es wäre offensichtlich viel aussagekräftiger, die zu erwartende Auslastung der Lehreinheit durch die Studierenden in allen Fachsemestern im eigentlichen Berechnungsjahr unter angenommenen Zulassungszahlen ermitteln zu können. Solche Prognose ist aber mit einem höheren Aufwand verbunden, da auch die Gesamtzahl der Studierenden in den höheren Semestern geschätzt werden müsste. Ein Realisierungsvorschlag hierfür befindet sich in Kapitel 3.

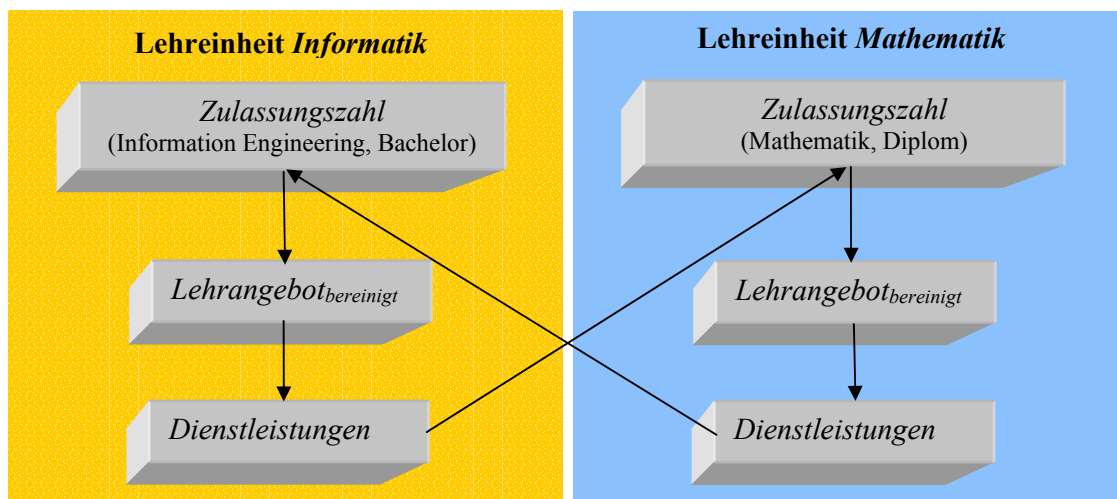
## 2.2. Statische Ermittlung der Dienstleistungen

Ein besonders kritischer Punkt ist die Berechnung des bereinigten Lehrangebots, da sein Wert von den für die jeweilige Lehreinheit externen Faktoren abhängt, nämlich denjenigen Anfän-

<sup>47</sup> Auslaufender Studiengang, daher aus der Kapazitätsberechnung im vorigen Beispiel ausgeschlossen.

gerzahlen fremder Studiengänge, die Dienstleistungen dieser Lehreinheit importieren. Die Berechnung der Dienstleistungen ist aber nicht trivial, da zu ihrer Ermittlung die geplanten Anfängerzahlen (d.h. die Zulassungszahlen) aller importierenden Studiengänge bekannt sein müssen. Diese können aber nicht ermittelt werden, solange das bereinigte Lehrangebot der Lehreinheiten nicht berechnet worden ist.

Es entsteht ein „Deadlock“, eine Verklemmung, dadurch, dass jede Lehreinheit, die Dienstleistungen exportiert, zur Ermittlung der eigenen Zulassungszahlen auf die Zulassungszahlen aller importierenden Lehreinheiten angewiesen ist. Im Ergebnis ist die Berechnung blockiert. Dieses unvermeidliche Verklemmungsproblem ist in der Abbildung 3 am Beispiel zweier Lehreinheiten, die wechselseitig Dienstleistungen erbringen, veranschaulicht. Bei zunehmender Zahl der Lehreinheiten wächst die Komplexität des Verklemmungsproblems, da die Lehreinheiten in transitive Abhängigkeiten eingebunden sind (etwa: Lehreinheit *A* wartet auf die Zahlen der Lehreinheit *B*, Lehreinheit *B* wartet auf die Zahlen der Lehreinheit *C*, ..., Lehreinheit *N* wartet auf die Zahlen der Lehreinheit *A*).



**Abbildung 3.** Verklemmung bei der Berechnung der Zulassungszahlen wegen zyklischer Parameterabhängigkeiten bei Lehreinheiten mit gegenseitigen Dienstleistungen<sup>48</sup>

In der Praxis des Kapazitätsberechnungsverfahrens ist das Problem durch folgende Vereinfachung gelöst: „Zur Berechnung des Bedarfs an Dienstleistungen sind Studienanfängerzahlen für die nicht zugeordneten Studiengänge anzusetzen, wobei die voraussichtlichen Zulassungszahlen für diese Studiengänge oder die bisherige Entwicklung der Studienanfängerzahlen zu berücksichtigen sind“<sup>49</sup>. Üblicherweise werden dafür die dem Berechnungsjahr vorausgegangenen jährlichen Studienanfängerzahlen (Parameter *Anfängerzahl<sub>s<sub>i</sub></sub>* in Formel 1.10) genommen, oder auf ad-hoc-

<sup>48</sup> Ausgehende Kanten zeigen auf die Parameter, von denen der jeweilige Knoten abhängt.

<sup>49</sup> KapVO, §11.

Schätzungen beruhende voraussichtliche Zulassungszahlen, dies insbesondere im Fall neuer Studiengänge, für die es keine Vorjahres-Anfängerzahlen gibt.

Mit dieser Vereinfachung ist das Verklemmungsproblem zwar gelöst, aber es entsteht ein anderes in Form potentiell angestiegener Schätzunsicherheit des Gesamtergebnisses, falls die so vorgenommene Schätzung der Dienstleistungen zu ungenau ist. Ein Hinweis darauf, dass dies systematisch der Fall sein könnte, ergibt sich aus dem Umstand, dass die Dienstleistungen statisch (d.h. nur einmal im Laufe der gesamten Berechnung und unabhängig von den schließlich festzulegenden Zulassungszahlen (von denen sie offensichtlich abhängen) ermittelt werden. Aus diesem Grunde ist es in der gegenwärtigen Praxis auch nicht möglich, die Verflechtung zwischen den Lehreinheiten und die daraus resultierenden Auslastungswirkungen zu untersuchen.

Die Fehler, die bei diesem Vorgehen möglicherweise gemacht werden, werden wird jetzt mittels verschiedener Beispiele illustriert.

Zunächst sei an einem Beispiel verdeutlicht, dass falsch geschätzte Dienstleistungen in nur einer Lehreinheit Auswirkungen auf die Zulassungszahlen aller Lehreinheiten haben:

#### **Beispiel 2.4:**

Nehmen wir an, dass das gesamte Lehrangebot einer Lehreinheit  $A$  durch die Auflösung einer Professur um 8% gegenüber dem vergangenen Jahr reduziert wird. Alle Lehreinheiten, die an den Lehrimporten den der Lehreinheit  $A$  zugeordneten Studiengängen beteiligt sind, berechnen ihre Dienstleistungen ausgehend von der Anfängerzahlen der Lehreinheit  $A$  im vorigen Jahr. Dennoch stellt sich heraus, dass die kapazitären Zulassungszahlen der Lehreinheit  $A$  ca. 10%<sup>50</sup> kleiner sind, als im Vorjahr, d.h. dass die an die der Lehreinheit  $A$  zugeordneten Studiengänge exportierten Dienstleistungen aller beteiligten Lehreinheiten zu hoch geschätzt wurden, was zur Unterschätzung eigene Zulassungszahlen jeder dieser Lehreinheiten geführt hat.

Falls die Dienstleistungen der beteiligten Lehreinheiten an die Studiengänge der Lehreinheit  $A$  einen nicht vernachlässigbaren Teil ihres Gesamtlehrangebots bilden, ist mit erheblicher Fehlerhaftigkeit in den ermittelten Aufnahmekapazitäten zu rechnen.

In der Praxis kann die Berechnung der Dienstleistungen gemäß KapVO allerdings relativ genaue Ergebnisse produzieren, nämlich dann, wenn mindestens eine der beiden folgenden Bedingungen zutrifft:

- Jährliche Schwankungen sowohl im Lehrangebot als auch in der Lehrnachfrage sind geringfügig - somit bleibt die jährliche Aufnahmekapazität über Jahre hinweg stabil. In diesem Fall können die zu erwartenden Zulassungszahlen durch Anfängerzahlen im vorigen Jahr gut approximiert werden.
- Der Anteil der Dienstleistungen im Lehrangebot der meisten Lehreinheiten ist vernachlässigbar und hat somit unbedeutende Auswirkung auf die zu ermittelnden Kapazitäten.

<sup>50</sup> Die Aufnahmekapazität wird nicht um 8 %, wie das Lehrangebot, sondern um 10% reduziert, da der Anteil der Dienstleistungen im reduzierten Lehrangebot nun relativ höher ist und das bereinigte Lehrangebot entsprechend kleiner.



Die erste Bedingung führt allerdings selbst unter der extremen Annahme jährlich konstanter Zulassungszahlen nur so lange zu genauen Ergebnissen, wie in den Schätzungen kein Schwundausgleich enthalten ist. Falls sie Schwund enthalten, entsprechen die Anfängerzahlen des Vorjahres nicht den „reinen“ Aufnahmekapazitäten, wohingegen für die Berechnung der Belastung durch die Dienstleistungen die Anfängerzahlen ohne Schwund anzusetzen sind. Nur so kann gewährleistet werden, dass zuerst die „reinen“ Kapazitäten ermittelt werden, und erst danach die Schwundausgleichsmaßnahmen stattfinden.

Die zweite Bedingung mag bei der Konzeption der KapVO weitgehend gültig gewesen sein; im Kontext der zunehmenden Modularisierung und Interdisziplinarität des Studienangebots muss sie aber inzwischen als unzulässig angesehen werden.

In der Praxis dürfte die erste Bedingung zunehmend selten erfüllt sein, wie das folgende Beispiel zeigt, dass sich auf die Studienanfängerstatistik im Studienjahr 2002/03 bezieht.

### **Beispiel 2.5:**

Tabelle 9 enthält eine Übersicht über die für die Dienstleistungsberechnung eingesetzten Anfängerzahlen und zeigt ihre prozentuale Abweichung von den ermittelten Zulassungszahlen (ohne Schwund!) für das Studienjahr 2003/04<sup>51</sup>.

**Tabelle 9.** Zulassungszahlen im Jahr 2003/04 vs. Anfängerzahlen im Jahr 2002/03

Lehreinheit	Studiengang	Anfängerzahl 2002/03	Zulassungszahl 2003/04	Differenz, %
<b>Anglistik</b>	Anglistik, Magister HF	99	62	59,68
	Anglistik, Magister NF	46	29	58,62
	Englisch, Lehramt HF	73	46	58,70
	Englisch, Lehramt BF	5	3	66,67
<b>Chemie</b>	Chemie, Diplom	45	64	-29,69
	Chemie, Lehramt HF	13	17	-23,53
<b>Geschichte</b>	Geschichte, Magister HF	69	18	283,33
	Geschichte, Magister NF	58	23	152,17
	Geschichte, Lehramt HF	66	47	40,43
	Geschichte, Lehramt BF	7	5	40,00
<b>Informatik</b>	Inform. Engineering, Master	8	17	-52,94
	Inform. Engineering, Bachelor	50	84	-40,48
	Informatik, Magister NF	16	16	0,00
<b>Mathematik</b>	Mathematik, Diplom	23	11	109,09
	Mathematik, Lehramt HF	54	25	116,00
	Mathematik, Lehramt BF	2	1	100,00
	Mathematik, Magister NF	2	1	100,00
	Statistik, Magister NF	3	2	50,00
<b>Physik</b>	Physik, Diplom	90	93	-3,23
	Physik, Lehramt HF	12	12	0,00
<b>Durchschnittliche Abweichung =</b>				<b>28,65</b>

Die durchschnittliche Abweichung von 28,47% als auch die Spanne von -52,94% bis +283,33% machen deutlich, dass die Anfängerzahlen des Vorjahres eine sehr ungenaue Approximation der voraussichtlichen Zulassungszahlen sein können. Die überwiegend positive

<sup>51</sup> Die Übersicht ist aus Präsentationsgründen auf 6 Lehreinheiten eingeschränkt.

Abweichung, die hauptsächlich dadurch entsteht, dass die genommenen Anfängerzahlen den Schwund enthalten, führt zur Überschätzung der voraussichtlichen Anfängerzahlen und somit zur Überschätzung der mit diesen Zahlen berechneten Dienstleistungen (s. Formel 1.10).

Am Beispiel der Lehreinheit *Mathematik* der Universität Konstanz wird jetzt dargestellt, welche Konsequenzen fehlerhafte Anfängerzahlen in der Dienstleistungsmatrix für die Ermittlung der Aufnahmekapazität einer Lehreinheit haben können, die einen hohen Anteil von zu exportierenden Dienstleistungen in ihrem Lehrangebot hat.

### **Beispiel 2.6:**

Lehreinheit *Mathematik* exportiert Dienstleistungen zu 9 Studiengängen, die mit ihren jeweiligen Curricularanteilen, den Anfängerzahlen und dem sich daraus ergebenden Dienstleistungsbedarf in Tabelle 10 aufgelistet sind.

**Tabelle 10.** Ermittlung der Dienstleistungen (Lehreinheit Mathematik, 2003/04)

Importierende Studiengänge	CA import	Anfängerzahl	CA import*Anfänger/2
Physik, Diplom	0,8	90	36
Physik, Lehramt HF	0,8	12	4,8
Chemie, Diplom	0,3	53	7,95
Chemie, Lehramt HF	0,3	7	1,05
Biologie, Diplom	0,2	95	9,5
Biologie, Lehramt HF	0,2	10	1
VWL, Diplom	0,2	199	19,9
Wirtschaftspädagogik, Diplom	0,2	132	13,2
Information Engineering, BA	0,08	50	2
Theor. Sprachwiss. Magister HF	0,1	9	0,45
	<b>Σ (Dienstleistungen)=</b>		<b>95,85</b>

Bei dem Gesamtlehrangebot von 172,5 Deputatsstunden ergibt sich der Anteil des Dienstleistungsexports von 56%. Falls die ermittelten Zulassungszahlen anstelle von Anfängerzahlen eingesetzt worden wären, ergäbe sich der folgende Anteil:

$Dienstleistungen = (0,8 \cdot (93+12) + 0,3 \cdot (62+8) + 0,2 \cdot (107+20+77+49) + 0,1 \cdot 9 + 0,08 \cdot 84) \div 2 = 81,61$ , also 47% des Gesamtlehrangebots, was 9% weniger als der geschätzter Wert ist.

Beispiel 2.6 zeigt, dass durch eine zu ungenaue Schätzung der Studentenzahlen zur Berechnung der Dienstleistungen die Aufnahmekapazität einer Lehreinheit stark überschätzt (oder, bei entsprechender Datenlage, unterschätzt) werden kann, was zu entsprechender Unter- bzw. Überlastung der exportierenden Lehreinheiten führen würde.

Die Dienstleistungsberechnung gemäß KapVO kann also zu erheblichen Fehlern in den ermittelten Aufnahmekapazitäten führen. Es ist zu vermuten, dass dieses Problem künftig zunehmen wird, da es einen nachhaltigen Trend zur Zunahme des Dienstleistungsanteils in der Studienstruktur auch an der Universität Konstanz gibt.

Insgesamt wird das Verklemmungsproblem in der Praxis zwar „verwaltungstechnisch“ gelöst. Die Kosten in Form hoher Schätzungenauigkeiten müssen inzwischen aber als zu hoch angesehen werden. Was in den 1970er Jahren angemessen gewesen sein mag, ist angesichts sich abzeichnender Änderungen in der Studienlandschaft nicht mehr haltbar.

Gibt es also andere Lösungen für das Verklemmungsproblem?

Eine Lösung könnte darin bestehen, die Dienstleistungen aller Lehreinheiten mit den ermittelten Zulassungszahlen erneut zu berechnen, sobald die erste Runde der Aufnahmekapazitätsberechnung abgeschlossen ist. Falls die Abweichungen von den anfänglich geschätzten Dienstleistungen nicht vernachlässigbar sind, müssten die ermittelten Zahlen entsprechend korrigiert werden. Diese Simulation eines mathematischen Iterationsverfahrens auf Verwaltungsebene unter notwendiger Beteiligung aller Lehreinheiten ist aber nicht praktikabel, u.a. da nicht abzusehen ist, ob das Verfahren konvergiert, und falls es dies tut, nach wie vielen Schritten.

Die offensichtliche Lösung besteht angesichts der vorhandenen Rechnerkapazitäten selbstverständlich in der Matrix-Berechnung für das gesamte System.

Im Folgenden bauen wir schrittweise aus den in Kapitel 1 definierten Formeln ein Gleichungssystem auf, wobei mit grauen Schattierungen die Unbekannten markiert werden.

Für eine Lehreinheit  $L$  lässt sich aus der Formel 1.11 folgende Gleichung erstellen:

$$\text{Lehrangebot}_{\text{bereinigt}}^L + \text{Dienstleistungen}^L = \text{Lehrangebot}_{\text{gesamt}}^L,$$

wo die rechte Seite bekannt ist und die Größen auf der linken Seite berechnet werden müssen.

Im Folgenden ersetzen wir alle unbekannt Variablen durch ihre Berechnungen solange, bis die Gleichung nicht weiter expandiert werden kann.

Zuerst wird das bereinigte Lehrangebot durch die entsprechende Lehrnachfrage, die sich aus Formel 1.13 ableiten lässt, ersetzt:

$$\frac{1}{2} \times \text{Aufnahmekapazität}^L \times \overline{CA}^L + \text{Dienstleistungen}^L = \text{Lehrangebot}_{\text{gesamt}}^L.$$

Sodann wird der gewichtete Curricularanteil durch seine Berechnung nach Formel 1.12 ersetzt:

$$\frac{1}{2} \times \text{Aufnahmekapazität}^L \times \sum_{\forall S_i, S_i \in L} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) + \text{Dienstleistungen}^L = \text{Lehrangebot}_{\text{gesamt}}^L.$$

Die Dienstleistungen können auch gemäß Formel 1.10 substituiert werden:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \times \text{Aufnahmekapazität}^L \times \sum_{\forall S_i, S_i \in L} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) + \sum_{\forall S_j, S_j \notin L} \left( CA_{S_j}^L \times \frac{\text{Anfängerzahl}_{S_j}}{2} \right) \\ = \text{Lehrangebot}_{\text{gesamt}}^L. \end{aligned}$$

An dieser Stelle weichen wir von der KapVO ab, indem wir anstatt der Anfängerzahl des Vorjahres die noch zu ermittelnden Aufnahmekapazitäten (d.h. Zulassungszahlen ohne Schwund) einsetzen, um die Korrektheit der Kapazitätsberechnung zu sichern. Die Gleichung wird entsprechend geändert:

$$\begin{aligned} \text{Aufnahmekapazität}^L \times \sum_{\forall S_i, S_i \in L} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) + \sum_{\forall S_j, S_j \notin L} (CA_{S_j}^L \times \text{Aufnahmekapazität}_{S_j}^L) \\ = 2 \times \text{Lehrangebot}_{\text{gesamt}}^L. \end{aligned}$$

Die Aufnahmekapazitäten der nicht-zugeordneten Studiengänge  $S_j$  können als Anteile in der Aufnahmekapazität der jeweils zuständigen Lehrinheit dargestellt werden (abgeleitet aus Formel 1.14a), also lässt sich die Gleichung weiter transformieren:

$$\begin{aligned} \text{Aufnahmekapazität}^L \times \sum_{\forall S_i, S_i \in L} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) + \sum_{\forall S_j \forall L_k, S_j \in L_k} (CA_{S_j}^L \times \text{Aufnahmekapazität}^{L_k} \times A_{S_j}) \\ = 2 \times \text{Lehrangebot}_{\text{gesamt}}^L. \end{aligned}$$

für alle importierenden Lehrinheiten  $L_k$ .

Diese Gleichung hat mehr als eine unbekannte Größe und ist daher nur als Teil eines Gleichungssystems lösbar.

Da im Teil der Dienstleistungen die Aufnahmekapazität einer importierenden Lehrinheit mehrfach vorkommt falls mehrere Studiengänge dieser Lehrinheit Dienstleistungen der Lehrinheit  $L$  importieren, ist eine Gruppierung der importierenden Studiengänge nach zuständigen Lehrinheiten für die normalisierte Darstellung der Gleichung erforderlich (zur Vereinfachung der Darstellung werden von jetzt an die Bezeichnungen *Aufnahmekapazität* und *Lehrangebot* durch *Kap* bzw. *LA*) ersetzt:

$$\text{Kap}^L \times \sum_{\forall S_i, S_i \in L} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) + \sum_{\forall L_k} \left( \text{Kap}^{L_k} \times \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} (CA_{S_j}^L \times A_{S_j}) \right) = 2 \times \text{LA}_{\text{gesamt}}^L \quad (2.2).$$

Nun lässt sich leicht erkennen, dass die einzigen Unbekannten in Gleichung 2.2 die Aufnahmekapazitäten der beteiligten Lehrinheiten sind, d.h. der Lehrinheit  $L$  und aller Lehrinheiten  $L_k$ , deren zugeordnete Studiengänge die Dienstleistungen der Lehrinheit  $L$  importieren.

Die Gleichung zeigt, dass das jährliche Lehrangebot einer Lehrinheit  $L$  (rechte Seite der Gleichung) durch die Lehrnachfrage aller dieser Lehrinheit zugeordneten Studiengänge  $S_i$  wie auch durch die Lehrnachfrage seitens aller fremden Studiengänge  $S_j$ , die Lehrleistungen der Lehrinheit  $L$  importieren, ausgeschöpft werden muss.

Für jede Lehrinheit  $L$  enthält diese Gleichung mindestens einen unbekanntem Wert, und zwar ihre eigene Aufnahmekapazität  $\text{Kap}^L$ . Falls die Lehrinheit Dienstleistungen zu erbringen hat, gibt es zusätzlich jeweils eine unbekannte Größe  $\text{Kap}^{L_k}$  für jede Lehrinheit  $L_k$ , deren zugeordnete Studiengänge die Dienstleistungen von  $L$  importieren.

Für das System mit insgesamt  $N$  Lehrinheiten lassen sich  $N$  Gleichungen nach Formel 2.2 erstellen, die insgesamt  $N$  unbekannte Parameter enthalten. Mathematisch gesehen ist das ein lineares

Gleichungssystem, in dem die Anzahl der Unbekannten mit der Anzahl der Gleichungen übereinstimmt, was unter bestimmten Bedingungen eine eindeutige Lösung des Systems zulässt. (vgl. Kapitel 3.1).

Sobald die Aufnahmekapazitäten aller Lehreinheiten bekannt sind, können die gesuchten Zulassungszahlen für die einzelnen Studiengänge nach Formel 1.14a und folglich nach Formel 1.17 errechnet werden:

$$Zulassungszahl_{S_i} = \frac{Kap^L \times A_{S_i}}{SF_{S_i}}, \quad S_i \in L \quad (2.3).$$

Es gibt also eine Lösung, die korrekte Dienstleistungswerte, und somit korrekte Aufnahmekapazität berechnet, die allerdings mit einem erhöhten Berechnungsaufwand verbunden ist.

### 2.3. Systematische Fehlschätzung der Curricularanteile für Lehrimporte

Wie im Abschnitt 1.2.3 erläutert, erfolgt die Aufteilung des Curricularnormwertes eines Studiengangs unter allen beteiligten Lehreinheiten auf Grund der Studiengangsstruktur, die im jeweiligen Studienplan definiert ist. Die Ermittlung der Curricularanteile ist allerdings erschwert bei den Studiengängen, die einen interdisziplinären Wahlbereich voraussehen, bei dem die Studierenden selber bestimmen, welche Veranstaltungen welcher Lehreinheiten sie belegen. Im Voraus ist prinzipiell nicht bekannt, welche Veranstaltungen von wie vielen Studierenden im jeweiligen Studiengang ausgewählt werden.

Es gibt folgende Optionen, die Lehrimporte für interdisziplinäre Wahlbereiche zu behandeln:

- 1) Lehrimporte im interdisziplinären Bereich werden ignoriert, da die Statistiken zu ihrer Ermittlung nicht vorhanden sind;
- 2) der Curricularanteil dieser Lehrimporte wird ad-hoc unter denjenigen Lehreinheiten aufgeteilt, deren Veranstaltungen erfahrungsgemäß von der größten Anzahl fachfremder Studierender ausgewählt werden;
- 3) eine möglichst genaue Schätzung der Lehrimporte wird angestrebt, indem für jeden Studiengang jährliche Statistiken über die im Rahmen fachfremder Anteile tatsächlich ausgewählten Veranstaltungen gepflegt werden; auf ihrer Basis wird die Schätzung der Curricularanteile fremder Lehreinheiten durchgeführt.

Die erste Option ist zwar am einfachsten, führt aber unvermeidlich zu inkonsistenten Ergebnissen bei der Kapazitätsberechnung. Diese Option muss allein deshalb als untauglich betrachtet werden, dass interdisziplinäre Module in der Studiengangstruktur an Bedeutung weiter zunehmen und daher bei der Prognose von Zulassungszahlen in der Zukunft vollständig zu berücksichtigen sind.

Die zweite Option bietet eine vertretbare Lösung, falls die benötigten Statistiken nicht vorhanden sind.

Die Kapazitätsberechnungsdaten der Universität Konstanz enthalten Hinweise darauf, dass zur Ermittlung solcher Lehrimporte nur grobe Schätzungen gemacht werden, wobei kleine Anteile gänzlich ignoriert werden. Das führt zur allgemeinen Unterschätzung der Dienstleistungen, und damit zu „verborgener“ Überlastung der Lehreinheiten mit hohem Dienstleistungsanteil, wie das folgende Beispiel zeigt:

**Beispiel 2.7:**

An der Universität Konstanz ist bei den Studiengängen *Information Engineering* mit Bachelor- bzw. Masterabschluss, die der Lehreinheit *Informatik und Informationswissenschaft* zugeordnet sind, ein fachfremder Anteil im Wert von 16 SWS vorgesehen. In der Kapazitätsberechnung wird dieser Anteil aber ignoriert, indem die gesamten CNW dieser Studiengänge als Eigenanteil betrachtet werden.

Andererseits erbringt die *Lehreinheit Informatik und Informationswissenschaft* laut der Kapazitätsberechnung keine Dienstleistungen, was offensichtlich nicht stimmt, da ihre Veranstaltungen von einer unvernachlässigbaren Zahl fachfremder Studierenden belegt werden.

Diese beiden Fehlerhaftigkeiten bei der Bildung der Curricularanteile führen zur Überschätzung der Ausnahmekapazität der Lehreinheit *Informatik und Informationswissenschaft*.

Von dem zu entwickelnden Prognosemodell wird erwartet, dass die Dienstleistungen möglichst vollständig berücksichtigt und dynamisch berechnet werden, um die Verflechtungen zwischen den Lehreinheiten transparent und konsistent abzubilden. Bei der Bildung der Curricularanteile werden zukünftig die Feedbackinformationen aus den studienbegleitenden Prüfungen mitberücksichtigt, um die tatsächlich entstehenden Verflechtungsbeziehungen möglichst genau zu erfassen.

## 2.4. Probleme bei der Ermittlung von Zulassungszahlen für interdisziplinäre Studiengänge

Das Kapazitätsberechnungsmodell setzt voraus, dass jeder Studiengang genau einer Lehreinheit zugeordnet ist, und bietet daher keine Vorgehensweise zur Ermittlung der Aufnahmekapazität interdisziplinärer Studiengänge. Es ist offensichtlich unmöglich, solche Studiengänge unabhängig voneinander als „eigene“ bei allen zuständigen Lehreinheiten mit ihnen entsprechenden Curricularanteilen und Anteilquoten einzutragen, da dann mit hoher Wahrscheinlichkeit bei jeder dieser Lehreinheiten eine andere Zulassungszahl für denselben Studiengang ermittelt würde.

In der Praxis wird die gewünschte Zulassungszahl daher durch die beteiligten Lehreinheiten im Voraus vereinbart. Bei der Kapazitätsberechnung muss der mit den interdisziplinären Studiengängen verbundene Lehraufwand beteiligter Lehreinheiten entsprechend berücksichtigt werden. An der Universität Konstanz hat sich folgende Vorgehensweise durchgesetzt: Der

CNW jedes interdisziplinären Studiengangs wird unter allen beteiligten Lehreinheiten entsprechend ihres Lehrbeitrags aufgeteilt und der Studiengang wird bei allen beteiligten Lehreinheiten als nicht-zugeordneter im Teil ihrer Dienstleistungen eingetragen. Aufgrund der bereits bekannten Zulassungszahl kann der durch den jeweiligen Studiengang entstehende Lehraufwand, als Dienstleistungsbedarf betrachtet, je Lehreinheit berechnet werden. Da interdisziplinäre Studiengänge grundsätzlich bei keiner der beteiligten Lehreinheiten als ihre eigenen erscheinen, werden zusätzlich künstliche Lehreinheiten gebildet, die aus den berechneten Lehrressourcen der beteiligten Lehreinheiten zusammengesetzt sind, denen interdisziplinäre Studiengänge zugeordnet werden.

Auf die Bildung solcher künstlicher Lehreinheiten kann allerdings verzichtet werden, indem die interdisziplinären Studiengänge bei den mitzuständigen Lehreinheiten jeweils als ‚quasi-eigene‘ eingetragen werden. Wir werden im Folgenden interdisziplinäre Studiengänge als  $S_m$  und ihre Zulassungszahlen als  $Z_{S_m}$  bezeichnen. Da die Zulassungszahl für diese Studiengänge im Voraus bekannt ist, kann die durch diese Zahl entstehende Lehnachfrage vom bereinigten Lehrangebot der Lehreinheiten abgezogen werden. Die Formel 1.11 zur Ermittlung des bereinigten Lehrangebots muss entsprechend um die gesonderte Behandlung interdisziplinärer Studiengänge erweitert werden:

$$LA_{bereinigt}^L = LA_{gesamt}^L - \sum_{\forall S_m} \left( CA_{S_m}^L \times \frac{Z_{S_m} \times SF_{S_m}}{2} \right) - Dienstleistungen^L \quad (2.4).$$

Diese Lösung erscheint eleganter als die Bildung künstlicher Lehreinheiten, da interdisziplinäre Studiengänge direkt bei allen mitzuständigen Lehreinheiten eingetragen sind und die im Modell berücksichtigte Anzahl der Lehreinheiten der Realität entspricht.

## 2.5. Zusammenfassung

In diesem Kapitel haben wir das Kapazitätsberechnungsverfahren der KapVO bezüglich der Zuverlässigkeit der ermittelten Aufnahmekapazitäten analytisch anhand der Kapazitätsdaten der Universität Konstanz untersucht und es wurden dabei folgende Probleme festgestellt:

- Das Verfahren nimmt keine Rücksicht auf die Auslastung der Lehreinheiten durch Ist-Studienplätze (d.h. durch die Studierenden in allen Fachsemestern), wodurch u. U. erhebliche Auslastungsstörungen über Jahre hinweg “transportiert“ werden.
- Die übliche Schätzung des Dienstleistungsbedarfs durch die Anfängerzahlen des der Berechnung vorangegangenen Studienjahres liefert nur eine grobe Approximation der zu erwartenden Dienstleistungsbedarfe. Da sich so ergebende Fehler auf weitere Parameter fortpflanzen, wird die Konsistenz des Gesamtergebnisses u. U. erheblich beeinträchtigt.
- Es gibt keine Hinweise, wie die durch interdisziplinäre Veranstaltungsblöcke ausgelösten Lehrimpote zu behandeln sind.

- Mit zunehmender Einrichtung interdisziplinärer Studiengänge, die vom klassischen Kapazitätsmodell nicht abgedeckt werden, muss das Berechnungsverfahren um eine gesonderte Behandlung dieser Studiengänge erweitert werden.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die nach der KapVO ermittelten Kapazitätswerte nur an solchen Hochschulen für optimale Auslastung sorgen, an denen Veränderungen in kapazitätsrelevanten Parametern wie CNW, Lehrangebot, Schwundfaktoren und Studienstruktur gering sind. Dies dürfte in der Praxis aber selten zutreffen.

An der Universität Konstanz, deren Verwaltung beabsichtigt, zahlreiche Reformen und Umstrukturierungen durchzuführen, ist der Bedarf offensichtlich, ein Prognose-Verfahren für die Zulassungszahlen zu entwickeln, das selbst im Kontext intensiver Reformen kurzfristige und dauerhafte Auslastungswirkungen korrekt ermittelt. Gleichzeitig ist der geplante Umstieg auf eine nachfrageorientierte Steuerung des Studienangebots durch das zu entwickelnde Berechnungsmodell zu unterstützen.



### 3. Kernelemente des Berechnungsverfahrens zur nachfrageorientierten Ermittlung von Zulassungszahlen

Die Verwaltung der Universität Konstanz sieht vor, das im Rahmen dieser Arbeit zu entwickelnde Prognose- und Simulationsmodell zur Unterstützung der Umstellung von angebots- auf nachfrageorientierte Steuerung des Studienangebots zu verwenden. Zu den Vorgaben der Modellentwicklung gehört, dass das neue Verfahren grundsätzlich mit dem bestehenden Kapazitätsmodell kompatibel ist. Um dies sicherzustellen wird wie folgt vorgegangen:

- Das bestehende Berechnungsmodell gemäß der KapVO wird erweitert, um die im vorigen Kapitel festgestellten Probleme zu lösen.
- Auf Basis der so modifizierten Kapazitätsberechnung werden die technischen Voraussetzungen für eine nachfrageorientierte Verwendung des Modells geschaffen.
- Korrektur- und Überprüfungsmöglichkeiten werden integriert.
- Weitere Funktionalitäten werden zur Verfügung gestellt, um benutzerdefinierte Simulationen zu unterstützen.
- Im übrigen wird das geltende angebotsorientierte Berechnungsmodell der KapVO (mit EDV-abhängigen, die Prognosequalität erhöhenden Modifikationen) in das neue Modell integriert, da es bis auf weiteres die rechtliche Grundlage zur Begründung der Zulassungszahlen bleibt.

#### 3.1. Matrixbasierte Berechnung der Aufnahmekapazität

Wie bereits im 2. Kapitel angedeutet, bezieht sich die wichtigste vorzunehmende Modifikation des Kapazitätsberechnungsmodells auf die transparente und zuverlässige Ermittlung der Dienstleistungsexporte bzw. -importe. In Abschnitt 2.2. wurde eine Vorgehensweise vorgeschlagen, die in der Lösung eines linearen Gleichungssystems besteht, wodurch ein konsistentes Gesamtergebnisse sichergestellt wird.

Das zu lösende Gleichungssystem bildet die Verflechtungen zwischen allen Lehreinheiten ab. Die Lösung des Systems liefert die Aufnahmekapazität jeder Lehreinheit.

Im einzelnen: Für jede Lehreinheit  $L$  wird eine Gleichung nach Formel 2.2 gebildet, die die Bilanz der Lehrnachfrage und des Lehrangebots für diese Lehreinheit ausdrückt. Dabei werden, wie in Abschnitt 2.4 vorgeschlagen, die interdisziplinären Studiengänge explizit berücksichtigt (s. Formel 2.4), obgleich sie im Sinne der KapVO keine „eigenen“ Aufnahmekapazitäten haben. Für die Gleichung 2.2 bedeutet es, dass der linke Teil um die Nachfrage interdisziplinärer Studiengänge erweitert werden muss. Aus den Formeln 2.2 und 2.4 lässt sich dementsprechend eine neue Gleichung formulieren:

$$\begin{aligned}
& \text{Kap}^L \times \sum_{\forall S_i, S_i \in L} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) + \sum_{\forall L_k} \left( \text{Kap}^{L_k} \times \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} (CA_{S_j}^L \times A_{S_j}) \right) + \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^L \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}) \\
& \hspace{20em} = 2 \times LA_{gesamt}^L
\end{aligned} \tag{3.1},$$

die ausdrückt, dass für eine beliebige Lehreinheit  $L$  ihr gesamtes Lehrangebot durch drei Arten von Nachfrage (in Formel 3.1 mit unterschiedlichen Farben markiert) erschöpfend konsumiert wird:

- Nachfrage aller der Lehreinheit  $L$  zugeordneten Studiengänge  $S_i$ ,
- Nachfrage aller der Lehreinheit  $L$  nicht-zugeordneten Studiengänge  $S_j$ ,
- Nachfrage aller interdisziplinären Studiengänge  $S_m$ , an denen die Lehreinheit  $L$  beteiligt ist.

Normalisierte Darstellung – auf der rechten Seite der Gleichung befinden sich nur bekannte Größen - ergibt folgende Gleichung:

$$\begin{aligned}
& \text{Kap}^L \times \sum_{\forall S_i, S_i \in L} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) + \sum_{\forall L_k} \left( \text{Kap}^{L_k} \times \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} (CA_{S_j}^L \times A_{S_j}) \right) \\
& \hspace{15em} = 2 \times LA_{gesamt}^L - \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^L \times Z_{S_m} \times SF_{S_m})
\end{aligned} \tag{3.2}.$$

Es ist zu beachten, dass die Lehrnachfrage interdisziplinärer Studiengänge keine Unbekannten enthält und daher auf der rechten Seite in Formel 3.2 erscheint.

Der Ablauf des in diesem Abschnitt zu erläuternden Kapazitätsberechnungsverfahrens durch Lösung eines linearen Gleichungssystems ist im Datenflussdiagramm der Abbildung 4 dargestellt. Der grundsätzliche Unterschied zur ursprünglichen Vorgehensweise (s. Abbildung 1) liegt darin, dass die Berechnung nicht für einzelne Lehreinheiten, sondern für das gesamte System ausgeführt werden muss. Die Vorbereitungsschritte zur Erstellung der einzelnen Komponenten für die Gleichungen nach Formel (3.1.), nämlich die drei oben genannten Arten der Nachfrage im linken Teil (entsprechen den Aktivitäten 6, 7 und 8) und das gesamte Lehrangebot (Aktivität 3) können unabhängig voneinander ausgeführt werden und ihre Ergebnisse werden zu den Eingaben für das Gleichungssystem (Aktivität 9). Es folgt eine detaillierte Beschreibung des im Datenflussdiagramm skizzierten Berechnungsablaufs.

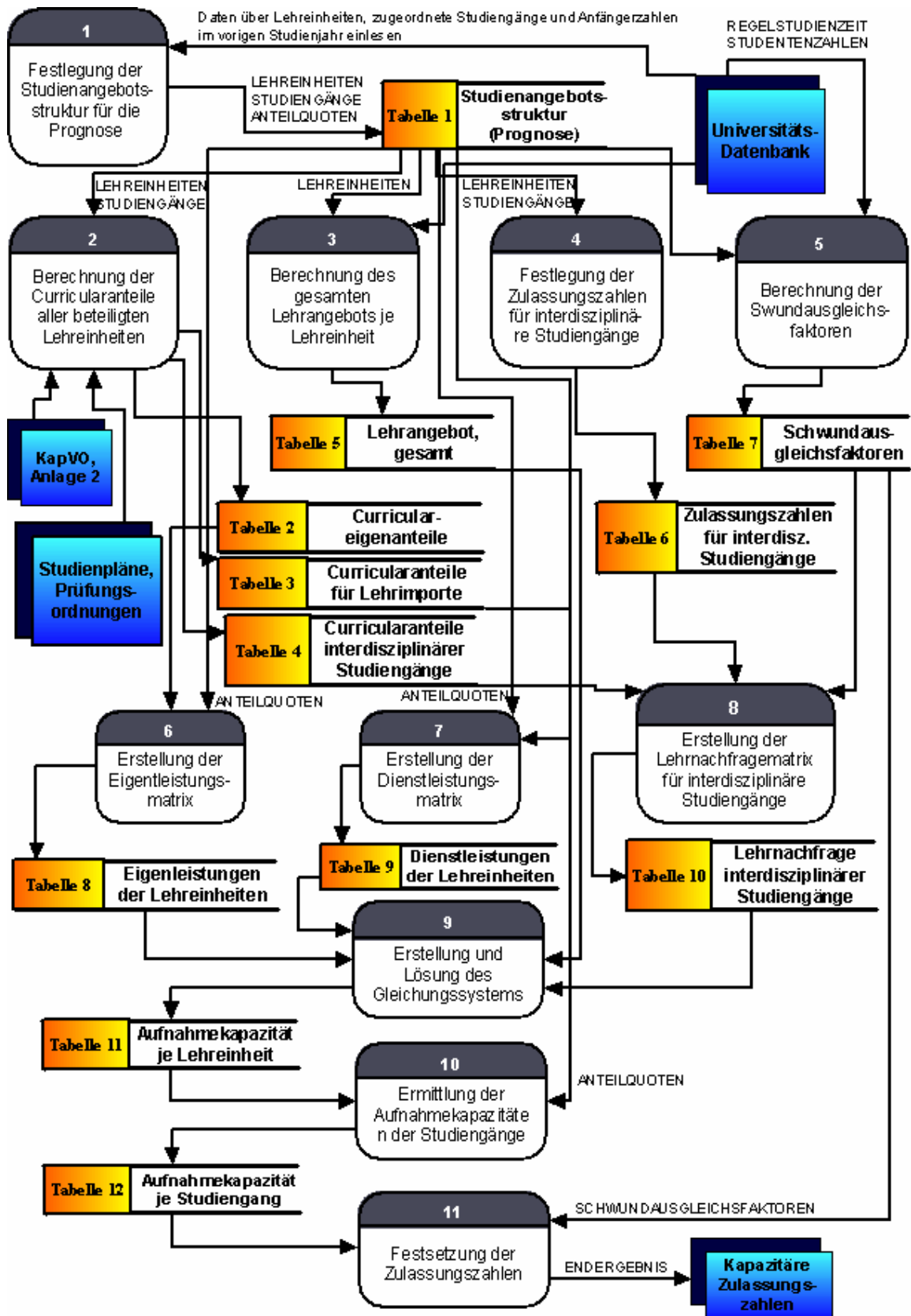


Abbildung 4. Datenflussdiagramm des modifizierten Verfahrens zur Kapazitätsberechnung

„Ein lineares Gleichungssystem mit  $m$  Gleichungen und  $n$  Unbekannten  $x_1, \dots, x_n$  hat die Form

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2, \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &= b_n \text{''}^{52}, \end{aligned}$$

In unserem Fall entsprechen die mit  $x_i$  bezeichneten Unbekannten den gesuchten Aufnahme-  
kapazitäten der  $n$  Lehreinheiten  $Kap^{L_1}, Kap^{L_2}, \dots, Kap^{L_n}$ , und das System der  $n$  Gleichun-  
gen 3.2 sieht entsprechend wie folgt aus:

$$\begin{aligned} \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} (CA_{S_j} \times A_{S_j}) \right) \times x_1 + \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_2} (CA_{S_j}^{L_1} \times A_{S_j}) \right) \times x_2 + \dots + \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_n} (CA_{S_j}^{L_1} \times A_{S_j}) \right) \times x_n \\ = 2 \times LA_{gesamt}^{L_1} - \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^{L_1} \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}), \\ \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} (CA_{S_j}^{L_2} \times A_{S_j}) \right) \times x_1 + \left( \sum_{\forall S_i, S_i \in L_2} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) \right) \times x_2 + \dots + \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_n} (CA_{S_j}^{L_2} \times A_{S_j}) \right) \times x_n \\ = 2 \times LA_{gesamt}^{L_2} - \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^{L_2} \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}), \\ \vdots \\ \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} (CA_{S_j}^{L_n} \times A_{S_j}) \right) \times x_1 + \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_2} (CA_{S_j}^{L_n} \times A_{S_j}) \right) \times x_2 + \dots + \left( \sum_{\forall S_i, S_i \in L_n} (CA_{S_i}^L \times A_{S_i}) \right) \times x_n \\ = 2 \times LA_{gesamt}^{L_n} - \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^{L_n} \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}). \end{aligned}$$

Das Gleichungssystem in der Matrixschreibweise lautet  $A\bar{x} = \bar{b}$ , deren einzelne Komponenten in unserem Fall folgendermaßen gebildet werden:

$$A = \begin{pmatrix} \sum_{\forall S_i, S_i \in L_1} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_2} (CA_{S_j}^{L_1} \times A_{S_j}) & \dots & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_n} (CA_{S_j}^{L_1} \times A_{S_j}) \\ \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} (CA_{S_j}^{L_2} \times A_{S_j}) & \sum_{\forall S_i, S_i \in L_2} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) & \dots & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_n} (CA_{S_j}^{L_2} \times A_{S_j}) \\ \vdots & & & \\ \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} (CA_{S_j}^{L_n} \times A_{S_j}) & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_2} (CA_{S_j}^{L_n} \times A_{S_j}) & \dots & \sum_{\forall S_i, S_i \in L_n} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) \end{pmatrix} \quad (3.3),$$

<sup>52</sup> Dörfler W., 1988, S. 208.

$$\bar{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (3.4), \quad \bar{b} = \begin{pmatrix} 2 \times LA_{gesamt}^{L_1} - \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^{L_1} \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}) \\ 2 \times LA_{gesamt}^{L_2} - \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^{L_2} \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}) \\ \vdots \\ 2 \times LA_{gesamt}^{L_n} - \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^{L_n} \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}) \end{pmatrix} \quad (3.5).$$

Der Spaltenvektor  $\bar{x}$  enthält die Lösung des Gleichungssystems.

Matrix  $A$  (auch *Koeffizientenmatrix* genannt) in der Formel 3.3 ist quadratisch, da sie in den beiden Dimensionen die gleiche Anzahl  $n$  von Elementen hat. Falls die Matrix regulär ist, besitzt sie eine eindeutige Lösung. Eine quadratische Matrix  $A$  ist dann regulär, wenn sie invertierbar ist, also wenn gilt:  $A^{-1}A = E$ , wobei  $E$  die Einheitsmatrix ist (= alle Elemente der Hauptdiagonalen = 1, alle sonstigen Elemente = 0)<sup>53</sup>.

Es wäre ausreichend, als Beweis der eindeutigen Lösung der Kapazitätsmatrix, zu zeigen, dass alle  $n$  Zeilenvektoren des Gleichungssystems linear unabhängig sind. Aufgrund der Tatsache, dass die Menge der konkreten möglichen Ausprägungen der Kapazitätsmatrix unendlich ist, lässt sich das Vorhandensein einer eindeutigen Lösung für alle potentiellen Matrixausprägungen nicht formal beweisen. Es lässt sich jedoch auf einem intuitiven Weg auf die Eindeutigkeit der Lösung schließen, da sich jede Gleichung des Systems (und damit jeder Zeilenvektor) aus der für die jeweilige Lehrereinheit spezifischen Eingaben, nämlich aus ihrer personellen Kapazitäten und ihrer Lehrverpflichtungen, ergibt, und Entstehung linearer Abhängigkeiten (d.h. direkte Ableitbarkeit) zwischen beliebigen Paaren dieser Gleichungen höchst unwahrscheinlich wäre. Gültigkeit dieser Aussage kann empirisch bestätigt werden, indem mit Hilfe des Modellsprototyps unterschiedliche Eingabeszenarien auf ihre Lösbarkeit getestet werden.

Da es theoretisch aber nicht ausgeschlossen ist, dass eine Matrixausprägung keine eindeutige Lösung besitzt, kann das bei der Implementierung berücksichtigt werden, indem beispielsweise bei der Feststellung eines Paares der linear abhängigen Vektoren ein beliebiger Koeffizient bei einem von denen geringfügig verändert wird. Dadurch wird die zufällig entstandene Abhängigkeit eliminiert.

Es gibt zahlreiche EDV-Implementierungen unterschiedlicher Lösungsverfahren für lineare Gleichungssysteme (es wird am häufigsten das Gaußsche Eliminationsverfahren verwendet), daher besteht die Aufgabe nun im Wesentlichen darin, die Eingabematrix zu erstellen, die dann an den Berechnungsalgorithmus übergeben wird.

Die Funktion, die die Lösung eines linearen Gleichungssystems implementiert, hat in der Regel folgendes Interface:

```
function solveMatrix(a: matrix; b: vector) : vector,
```

<sup>53</sup> Vgl. Dörfler W., 1988, S. 239.

es werden also die Matrix  $A$  und der Spaltenvektor  $\bar{b}$  an die Funktion als Eingabeparameter übergeben und der Lösungsvektor  $\bar{x}$  wird zurückgegeben.

Im Folgenden werden geeignete Datenstrukturen zur effizienten Verwaltung der Parameter für die Erstellung der beiden Eingabeelemente  $A$  und  $\bar{b}$  bestimmt. Wir gehen davon aus, dass die Daten in einer Datenbank in normalisierter Form gespeichert sind, in das Berechnungsprogramm geladen und folglich in geeignete Datenstrukturen (z.B. Vektoren, Matrizen) für weitere Manipulation überführt werden müssen.

### **Erstellung der Koeffizientenmatrix A**

Die unter (3.3) abgebildete Matrix  $A$  hat die Größe  $(n, n)$  für ein System aus  $n$  Lehreinheiten, und kann inhaltlich folgendermaßen interpretiert werden:

- ▀  $i$ -ter Zeilenvektor beschreibt für Lehreinheit  $L_i$  alle Lehrverpflichtungen dieser Lehreinheit
- ▀  $i$ -ter Spaltenvektor enthält für die der Lehreinheit  $L_i$  zugeordneten Studiengänge Beiträge aller an der Ausbildung in diesen Studiengängen beteiligten Lehreinheiten
- ▀ Der Werte in Zellen  $[i, i]$  (d.h. Matrixdiagonale) stehen jeweils für die Eigenleistung der Lehreinheit  $L_i$ , während in den Zellen  $[i, j]$ ,  $i \neq j$  jeweils die Dienstleistungen der Lehreinheit  $L_j$  für die der Lehreinheit  $L_i$  zugeordneten Studiengänge abgebildet sind.

Die für die Matrixbildung benötigten Parameter bestehen aus den Curricularanteilen der Studiengänge und aus den festgelegten Anteilen einzelner Studiengänge an der Aufnahmekapazität der jeweils zuständigen Lehreinheit.

Da die Matrix  $A$  bereits aggregierte Werte vom Typ  $\sum_{\forall S_i, S_i \in L_k} (CA_{S_i} \times A_{S_i})$  enthält, werden die Datenstrukturen benötigt, um diese Werte zu ermitteln. Es bietet sich an, alle Daten in Hilfsmatrizen zu organisieren, um mit wenigen Matrixtransformationen die Ergebnismatrix daraus abzuleiten.

Es werden mehrere Hilfsmatrizen bzw. -vektoren erstellt, wobei darauf geachtet wird, dass sie für weitere Matrixoperationen miteinander kompatibel bleiben, d.h. dass die Elemente (z.B., Studiengänge, Lehreinheiten) überall in derselben Reihenfolge auftreten.

Die zur Erstellung der Matrix  $A$  benötigten Daten sind die Curriculareigenanteile, Curricularanteile für Lehrimporte und Anteilquoten der Studiengänge (s. Formel 3.3), also werden entsprechend drei Hilfsmatrizen erstellt:

- ▀ *Curriculareigenanteile der Studiengänge*: Diese Matrix  $B$  hat die Größe  $[m, n]$  für ein System mit  $n$  Lehreinheiten und  $m$  Studiengänge, wobei interdisziplinäre Studiengänge ausgeschlossen sind, da sie erst im Vektor  $\bar{b}$  berücksichtigt werden.

Im Fall der Universität Konstanz (Prognose für 2003/04) hätte  $B$  die Größe  $[93, 28]^{54}$ . Jede Zeile dieser Matrix enthält für den jeweiligen Studiengang dessen Curriculareigenanteil in der Zelle der zuständigen Lehrinheit. Die Studiengänge in Spaltenvektoren sind nach den zuständigen Lehrheiten gruppiert; die Reihenfolge dieser Gruppen entspricht der Reihenfolge der Lehrheiten in den Zeilenvektoren (Anhang C.1).

**Beispiel 3.1:**

Tabelle 11 enthält einen Ausschnitt (eingeschränkt auf vier Lehrheiten mit ihren zugeordneten Studiengängen) aus der Matrix  $B$  mit den Curriculareigenanteilen, die bei der Festsetzung der Zulassungszahlen für das Studienjahr 2002/03 an der Universität Konstanz galten.

**Tabelle 11.** Matrix  $B$  - Curriculareigenanteile der Studiengänge (Ausschnitt).

Lehrinheit	Mathematik	Chemie	Biologie	...	Wirts. wiss.
<b>Studiengang</b>					
Mathematik, Diplom	2,6	0	0	...	0
Mathematik, LA HF	1,6	0	0	...	0
Mathematik, LA BF	0,8	0	0	...	0
Mathematik, Mag. NF	0,8	0	0	...	0
Statistik, Mag. NF	0,8	0	0	...	0
Chemie, Diplom	0	4,9	0	...	0
Chemie, LA HF	0	2,45	0	...	0
Biologie, Diplom	0	0	5,8	...	0
Biologie, LA HF	0	0	2,9	...	0
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
VWL, Diplom	0	0	0	...	1,8
Intern. Econ. Rel., Master	0	0	0	...	1,9
VWL, Mag. NF	0	0	0	...	0,5
Wirtsch.Päd., Diplom	0	0	0	...	1,48

Im Anhang C.1 befindet sich die gesamte Matrix  $B$  mit den Curriculareigenanteilen aus der Kapazitätsberechnung für das Studienjahr 2003/04.

- *Curricularanteile der Studiengänge für Lehrimporte:* Diese Matrix  $C$  ist komplementär zu  $B$  in dem Sinne, dass sie die Curricularanteile enthält, die den nicht-zuständigen Lehrheiten zugeteilt sind.  $C$  hat offensichtlich dasselbe Layout wie  $B$ .

Anhang C.2 enthält Matrix  $C$  mit den Curricularanteilen der Lehrimporte, importiert aus der Kapazitätsberechnung für das Studienjahr 2003/04.

- *Anteilquoten der Studiengänge:* Da jedem Studiengang ein eindeutiger Anteil in der Aufnahmekapazität der zuständigen Lehrinheit zugeordnet wird, reicht ein Vektor der Länge  $m$  (= Gesamtzahl der nicht-interdisziplinären Studiengänge), um diese Werte abzuspeichern. Wir bezeichnen diesen Spaltenvektor als  $V_I$  und achten bei seiner

<sup>54</sup> In der Berechnung für das Studienjahr 2003/04 durch die zuständigen Personen an der Universität Konstanz wurden zur Vereinfachung die nicht NC-Studienrichtungen im Neben bzw. Beifach, als auch die auslaufenden Studiengänge, ignoriert. Außerdem wurden einige Lehrheiten gruppiert betrachtet. Die Matrixgröße wurde dadurch auf  $[60, 18]$  reduziert.

Erstellung darauf, dass seinen Elementen dieselbe Reihenfolge der Studiengänge, wie in den Spalten von den Matrizen  $B$  und  $C$ , zugrunde liegt.

### **Beispiel 3.2:**

Wir fahren mit dem vorigen Beispiel fort und erstellen den Vektor  $V_I$  mit den Anteilquoten der Studiengänge in der Aufnahmekapazität der jeweils zuständigen Lehrinheit, die der Ermittlung von Zulassungszahlen an der Universität Konstanz für das Studienjahr 2002/03 zugrunde lagen. Das Ergebnis (nach wie vor auf 4 Lehrheiten eingeschränkt) ist in Tabelle 12 abgebildet.

Der komplette Vektor  $V_I$  mit den Anteilen aller angebotenen Studiengänge, deren Werte denen entsprechen, die bei der Ermittlung der Zulassungszahlen für das Studienjahr 2003/04 festgelegt wurden, befindet sich im Anhang C.3.

**Tabelle 12.** Vektor  $V_I$  mit den Anteilquoten (Ausschnitt).

Studiengang	Anteilquote
Mathematik, Diplom	0,363
Mathematik, LA HF	0,52
Mathematik, LA BF	0,029
Mathematik, Mag. NF	0,039
Statistik, Mag. NF	0,049
Chemie, Diplom	0,883
Chemie, LA HF	0,117
Biologie, Diplom	0,915
Biologie, LA HF	0,085
⋮	⋮
VWL, Diplom	0,389
Intern. Econ. Rel., Master	0,037
VWL, Mag. NF	0,12
Wirtschaftspädagogik., Diplom	0,454

Nun müssen die Hilfsmatrizen  $B$  und  $C$  und der Hilfsvektor  $V_I$  arithmetisch kombiniert werden, um die aggregierten Werte für Matrix  $A$  zu gewinnen. Zur Berechnung der Hauptdiagonalelemente in  $A$  werden  $B$  und  $V_I$  benötigt, und zwar wird aus  $B = (b_{ik})_{m \times n}$  und  $V_I = (v_1, \dots, v_m)^T$  eine neue Matrix  $A_I$  erstellt:

$$A_I = (b_{ik} \times v_i)_{m \times n},^{55}$$

die für jeden Studiengang  $S_i$  den Wert  $CA_{S_i} \times A_{S_i}$  jeweils in der Zelle der zuständigen Lehrinheit enthält. Die gesuchten gewichteten Curricularanteile der Lehrheiten für die Hauptdiagonale der Matrix  $A$  in der Form  $\sum_{\forall S_i, S_i \in L_k} (CA_{S_i} \times A_{S_i})$  ergeben sich durch Aufsummierung der Werte in jedem Spaltenvektor von  $A_I$ . Wir speichern diese Werte in einer Diagonalmatrix  $A_2$ :

<sup>55</sup> Durch diese Notation wird verdeutlicht, dass keine Matrixmultiplikation statt findet; die Werte werden lediglich Paarseweise multipliziert.



$$A_2 = \begin{pmatrix} \sum_{\forall S_i, S_i \in L_1} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sum_{\forall S_i, S_i \in L_2} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) & \dots & 0 \\ \vdots & & & \\ 0 & 0 & \dots & \sum_{\forall S_i, S_i \in L_n} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) \end{pmatrix} \quad (3.6).$$

**Beispiel 3.3:**

Für die Daten aus den obigen Beispielen ergeben sich die folgenden Werte (d.h. die gewichteten Curriculareigenanteile der Lehreinheiten) für die Matrix  $A_2$ :

$$\begin{pmatrix} 1,8694 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 4,61335 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 5,5535 & \dots & 0 \\ \vdots & & & & \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1,50242 \end{pmatrix} .$$

Somit haben wir die Hauptdiagonalelemente für  $A$  ermittelt. Eine ähnliche Vorgehensweise wird nun zur Berechnung der restlichen Elemente von  $A$  angewendet. Aus  $C = (c_{ik})_{m \times n}$  und  $V_I = (v_1, \dots, v_m)^T$  wird eine neue Matrix  $A_3$  erstellt, so dass

$$A_3 = (c_{ik} \times v_i)_{m \times n},$$

deren Elemente für jeden Studiengang und jede Lehreinheit den entsprechenden Dienstleistungsbedarf in der Form  $CA_{S_j}^{L_k} \times A_{S_j}$  enthalten. Da die gesuchte Matrix  $A$  die Größe  $(n, n)$  hat, muss  $A_3$  auf diese Größe reduziert werden, indem die Werte vertikal nach der zuständigen Lehreinheit gruppiert und aufsummiert werden; wir speichern diese Werte in einer neuen Matrix  $A_4$ , die nun die gewünschte Größe  $(n, n)$  hat:

$$A_4 = \begin{pmatrix} 0 & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} (CA_{S_j}^{L_2} \times A_{S_j}) & \dots & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} (CA_{S_j}^{L_n} \times A_{S_j}) \\ \sum_{\forall S_j, S_j \in L_2} (CA_{S_j}^{L_1} \times A_{S_j}) & 0 & \dots & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_2} (CA_{S_j}^{L_n} \times A_{S_j}) \\ \vdots & & & \\ \sum_{\forall S_j, S_j \in L_n} (CA_{S_j}^{L_1} \times A_{S_j}) & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_n} (CA_{S_j}^{L_2} \times A_{S_j}) & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (3.7).$$

**Beispiel 3.4:**

Tabelle 13 enthält für denselben Ausschnitt für vier Lehreinheiten die Matrix  $A_3$  mit gewichteten Curricularanteilen im Teil des Dienstleistungsbedarfs<sup>56</sup> einzelner Studiengänge, wobei die zu aggregierenden Blöcke durch rote Linien getrennt sind.

**Tabelle 13.** Matrixdarstellung der gewichteten Curricularanteile der Studiengänge für Lehrimporte

Lehreinheit	Mathematik	Chemie	Biologie	...	Wirts. wiss.
<b>Studiengang</b>					
Mathematik, Diplom	0	0	0	...	<b>0,13</b>
Mathematik, LA HF	0	0	0	...	<b>0,05</b>
Mathematik, LA BF	0	0	0	...	0
Mathematik, Mag. NF	0	0	0	...	0
Statistik, Mag. NF	0	0	0	...	<b>0,182</b>
Chemie, Diplom	<b>0,32</b>	0	<b>0,16</b>	...	0
Chemie, LA HF	<b>0,06</b>	0	<b>0,092</b>	...	0
Biologie, Diplom	<b>0,2</b>	<b>0,24</b>	0	...	0
Biologie, LA HF	<b>0,032</b>	<b>0,066</b>	0	...	0
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
VWL, Diplom	<b>0,075</b>	0	0	...	0
Intern. Econ. Rel., Master	0	0	0	...	0
VWL, Mag. NF	<b>0,005</b>	0	0	...	0
Wirtsch.Päd., Diplom	<b>0,04</b>	0	0	...	0

Die durch vertikale Aggregation nach zuständiger Lehreinheit erhaltene quadratische Matrix  $A_4$  (Formel 3.7) ist in der Tabelle 14 abgebildet.

**Tabelle 14.** Matrixdarstellung für die gewichteten Curricularanteile der Lehrimporte, aggregiert nach zuständiger Lehreinheit

Lehreinheit	Mathematik	Chemie	Biologie	...	Wirts. wiss.
<b>Mathematik</b>	0	0	0	...	<b>0,362</b>
<b>Chemie</b>	<b>0,38</b>	0	<b>0,252</b>	...	0
<b>Biologie</b>	<b>0,232</b>	<b>0,306</b>	0	...	0
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
<b>Wirts. Wiss.</b>	<b>0,12</b>	0	0	...	0

In den Zeilen der Matrix  $A_4$  stehen nun die importierten Dienstleistungen der eigenen Studiengänge, und die Spalten enthalten die zu erbringenden Dienstleistungen an die Studiengänge anderer Lehreinheiten. Offensichtlich muss Matrix  $A_4$  transponiert werden, um die von den jeweiligen Lehreinheiten zu erbringen Dienstleistungen in den Zeilenvektoren zu enthalten. Nun sind alle Elemente vorhanden, um die Koeffizientenmatrix  $A$  mit Werten zu füllen:

$$A = A_2 + A_4^T \tag{3.8}$$

Die komplett ausgefüllte Matrix A für das Studienjahr 2003/04 befindet sich im Anhang C.4.

<sup>56</sup> Alle Werte sind hypothetisch.

### Erstellung des Vektors $\bar{b}$

Der Vektor  $\bar{b}$  unter (3.5) besteht aus  $n$  Elementen, die jeweils für eine Lehreinheit ihr gesamtes Lehrangebot, reduziert um die Belastung durch interdisziplinäre Studiengänge, an denen die Lehreinheit beteiligt ist, enthalten. Während das gesamte Lehrangebot je Lehreinheit bekannt ist, muss die Belastung durch interdisziplinäre Studiengänge wiederum mit Hilfe von Hilfsmatrizen errechnet werden.

Die benötigten Daten werden in folgenden Hilfsstrukturen organisiert:

- *Festgesetzte Zulassungszahlen mit Schwund.* Da die Zulassungszahlen für diese Studiengänge bekannt sind, erstellen wir den entsprechenden Spaltenvektor  $V_2$  der Länge  $k$  ( $k$  ist die Gesamtzahl interdisziplinärer Studiengänge):

$$V_2 = (Z_{S_1} \quad Z_{S_2} \quad \cdots \quad Z_{S_k})^T.$$

- *Schwundausgleichsfaktoren.* Es wird ebenso ein Spaltenvektor (bezeichnet  $V_3$ ) der Länge  $k$  gebraucht, um die Schwundausgleichsfaktoren der interdisziplinären Studiengänge unterzubringen:

$$V_3 = (SF_{S_1} \quad SF_{S_2} \quad \cdots \quad SF_{S_k})^T.$$

- *Curricularanteile der beteiligten Lehreinheiten.* Eine Matrix  $D = (d_{ij})_{k \times n}$ <sup>57</sup> wird erstellt, die für jeden interdisziplinären Studiengang die Curricularanteile der beteiligten Lehreinheiten (sowohl der zuständigen als auch im Teil des Dienstleistungsbedarfs) enthält.

Im Anhang C.5 befinden sich die Vektoren  $V_2$  und  $V_3$  sowie die Matrix  $D$ , die alle zur Ermittlung der Lehrnachfrage interdisziplinärer Studiengänge benötigten Daten enthalten.

Zur Berechnung der Lehrbelastung durch einzelne interdisziplinäre Studiengänge erstellen wir nun aus den oben beschriebenen Hilfsstrukturen, nämlich der Matrix  $D = (d_{ij})_{k \times n}$  und den Vektoren  $V_2 = (v_1, \dots, v_k)^T$  und  $V_3 = (y_1, \dots, y_k)^T$  eine neue Matrix  $D_1$ , so dass

$$D_1 = (d_{ij} \times v_i \times y_j)_{k \times n}.$$

Offensichtlich ergibt sich durch Aufsummierung der Werte in jedem Spaltenvektor in  $D_1$  die gesuchte Lehrbelastung durch interdisziplinäre Studiengänge je Lehreinheit, die wir in einen neuen Vektor  $V_5 = (v_1, \dots, v_n)$  eintragen, so dass  $V_5$  die folgenden Elemente hat:

$$V_5 = \left( \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^{L_1} \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}) \quad \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^{L_2} \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}) \quad \cdots \quad \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^{L_n} \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}) \right).$$

<sup>57</sup> Die Reihenfolge der Lehreinheiten in den Zeilenvektoren entspricht der in der Matrix  $A$  festgelegten.

Der andere Bestandteil des Vektors  $\bar{b}$ , nämlich das unbereinigte Lehrangebot je Lehrinheit, wird in einem Spaltenvektor  $V_6$  der Länge  $n$  gespeichert:

$$V_6 = \left( LA_{gesamt}^{L_1} \quad LA_{gesamt}^{L_2} \quad \dots \quad LA_{gesamt}^{L_n} \right)^T.$$

Nun sind alle Bestandteile da, um die Elemente des Vektors  $\bar{b}$  zu bilden:

$$\bar{b} = 2 \times V_6 - (V_5)^T \quad (3.9).$$

Die Matrix  $D$  als auch der Vektor  $V_5$  sind im Anhang C.5, und die Vektoren  $\bar{b}$  und  $V_6$  im Anhang C.6 aufgeführt.

Der weitere Verlauf der Kapazitätsermittlung besteht aus folgenden Routinen:

- Dem Berechnungsalgorithmus werden  $A$  und  $\bar{b}$  als Eingabeparameter übergeben und der Lösungsvektor  $\bar{x}$  wird zurückgegeben.
- 
- Für jede Lehrinheit  $L_i$  wird die Aufnahmekapazität aller ihr zugeordneten Studiengänge berechnet:

$$Z_{S_j, S_j \in L_i} = \frac{Kap_{L_i} \times A_{S_j}}{SF_{S_j}} \quad (3.10).$$

- Die Schwundausgleichsfaktoren der Studiengänge werden in einem Spaltenvektor  $V_8$  der Länge  $m$  gespeichert (Anhang C.7 enthält die Schwundausgleichsfaktoren der Prognose für das Studienjahr 2003/04), um eine vektorbasierte Berechnung der Zulassungszahlen nach Formel 3.10 zu ermöglichen.

Die Kapazitätsberechnung ist damit abgeschlossen, und die ermittelten Zahlen mit den Eingabedaten können nun in einem Bericht erfasst und für Planungszwecke benutzt werden. Die nach diesem Verfahren berechneten Aufnahmekapazitäten für die Eingabedaten aus Anhang C sind im Kapitel 5.1 dargestellt und mit den Ergebnissen der offiziellen Prognose verglichen.

### 3.2. Berechnung der Auslastungswirkungen für benutzerdefinierte Szenarien

Da wir das geltende Kapazitätsberechnungsverfahren im vorigen Abschnitt modifiziert haben, muss die Vorgehensweise zur Berechnung der Auslastungswirkungen nach KapVO mit dem modifizierten Verfahren kompatibel gemacht werden. Die grundsätzliche Gleichung zur Bilanzierung der Lehrnachfrage und des Lehrangebots je Lehrinheit gemäß dem modifizierten Berechnungsmodell bleibt Formel 3.1:

$$\begin{aligned}
 Kap^L \times \sum_{\forall S_i, S_i \in L} (CA_{S_i} \times A_{S_i}) + \sum_{\forall L_k} \left( Kap^{L_k} \times \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} (CA_{S_j}^L \times A_{S_j}) \right) + \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^L \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}) \\
 = 2 \times LA_{gesamt}^L
 \end{aligned}$$

in der die unbekanntenen Größen die Aufnahmekapazitäten (d.h.  $Kap^{L_i}$ ) sind.

Für die Problemstellung dieses Abschnitts übernehmen wir die obige Gleichung, achten aber darauf, dass es sich bei den unbekanntenen Größen nunmehr nicht um die *vorhandenen*, sondern um die *erforderlichen* Kapazitäten handelt, und dass der linke und der rechte Teil sozusagen zu vertauschen sind.

Die Zulassungszahlen sind nicht explizit in der oberen Gleichung enthalten; sie muss also entsprechend transformiert werden. Das Gleichungssystem besitzt allenfalls dann eine eindeutige Lösung, wenn die Anzahl der Unbekannten mit der der Gleichungen übereinstimmt. Da bereits  $n$  Unbekannte, nämlich das erforderliche Lehrangebot jeder Lehreinheit, gesucht werden, dürfen keine weiteren Unbekannten hinzukommen.

Die einzigen transformierbaren Parameter in der Gleichung sind offensichtlich die Aufnahmekapazitäten der Lehreinheiten  $Kap^{L_i}$ . Da sich die Aufnahmekapazität einer Lehreinheit aus der Summe der Aufnahmekapazitäten aller ihr zugeordneten Studiengänge ergibt, sind die Werte  $Kap^L \times A_{S_i}$  in der Gleichung nichts anderes, als die Aufnahmekapazitäten der zugeordneten Studiengänge  $S_i$  (folgt aus Formel 1.14a). Die Aufnahmekapazität eines Studiengangs  $S_i$  lässt sich berechnen, indem in der vom Benutzer eingegebenen Zulassungszahl  $Z_{S_i}$  der Schwundausgleich rückgängig gemacht wird (Formel 1.17):

$$Kap_{S_i} = Z_{S_i} \times SF_{S_i}.$$

Nun kann die Gleichung entsprechend transformiert werden (wobei zur Unterscheidung von der angebotsbasierten Kapazitätsberechnung  $LA_{gesamt}^L$  in  $LA_{erforderlich}^L$  umbenannt wird):

$$\begin{aligned}
 2 \times LA_{erforderlich}^L = \\
 \sum_{\forall S_i, S_i \in L} (CA_{S_i} \times Z_{S_i} \times SF_{S_i}) + \sum_{\forall L_k} \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} (CA_{S_j}^L \times Z_{S_j} \times SF_{S_j}) \right) + \sum_{\forall S_m} (CA_{S_m}^L \times Z_{S_m} \times SF_{S_m}) \quad (3.11).
 \end{aligned}$$

Da es im rechten Teil der Formel 3.11 keine Unbekannten gibt, kann das erforderliche Lehrangebot der einzelnen Lehreinheiten aus vorhandenen Daten errechnet werden.

Formel 3.11 enthält mehrere aggregierte Parameter, daher bietet es sich an, die Basisdaten wiederum in Hilfsstrukturen zu organisieren, deren meiste bereits im vorigen Beispiel entworfen wurden.

Die folgenden Strukturen können unverändert aus dem matrixbasierten Kapazitätsberechnungsverfahren übernommen werden:

- *Curriculareigenanteile der Studiengänge* (Matrix  $B = (b_{ij})_{m \times n}$ ),
- *Curricularanteile der Studiengänge für Lehrimporte* (Matrix  $C = (c_{ij})_{m \times n}$ ),
- *Curricularanteile interdisziplinärer Studiengänge* (Matrix  $D = (d_{ij})_{k \times n}$ ),
- *Schwundausgleichsfaktoren der Studiengänge* (Vektor  $V_8$ ),
- Alle Datenstrukturen zur Ermittlung der Lehrbelastung durch interdisziplinäre Studiengänge.

Zusätzlich wird ein Spaltenvektor  $V_9$  der Länge  $m$  gebraucht, um die benutzerdefinierten Zulassungszahlen für nicht-interdisziplinäre Studiengänge zu speichern.

Nun können weitere Matrizen mit aggregierten Daten gebildet werden:

- Matrix  $E = (e_{ij})_{m \times n}$  mit Eigenleistungen der Lehreinheiten der Form  $CA_{S_i} \times Z_{S_i} \times SF_{S_i}$  die aus  $B = (b_{ik})_{m \times n}$  als auch  $V_9 = (v_1, \dots, v_m)^T$  und  $V_8 = (w_1, \dots, w_m)^T$  wie folgt erstellt wird:

$$E = (b_{ik} \times v_i \times w_i)_{m \times n}.$$

- Matrix  $F = (f_{ij})_{m \times n}$  mit Dienstleistungen der Lehreinheiten der Form  $CA_{S_j}^{L_k} \times Z_{S_j} \times SF_{S_j}$ , erstellt analog zu  $E$ :

$$F = (c_{ik} \times v_i \times w_i)_{m \times n}.$$

Wenn die Werte in Matrizen  $E$  und  $F$  vertikal aufsummiert werden, ergeben sich die Zeilenvektoren der Länge  $n$  (wir bezeichnen sie jeweils als  $V_{10}$  und  $V_{11}$ ), die für jede Lehreinheit  $L_k$  die gesuchten Komponenten für die Gleichung (3.11) bereitstellen:

$$V_{10} = \left( \sum_{\forall S_i, S_i \in L_1} (CA_{S_i} \times Z_{S_i} \times SF_{S_i}) \quad \sum_{\forall S_i, S_i \in L_2} (CA_{S_i} \times Z_{S_i} \times SF_{S_i}) \quad \dots \quad \sum_{\forall S_i, S_i \in L_n} (CA_{S_i} \times Z_{S_i} \times SF_{S_i}) \right),$$

$$V_{11} = \left( \sum_{\forall S_j, S_j \notin L_1} (CA_{S_i}^{L_1} \times Z_{S_i} \times SF_{S_i}) \quad \sum_{\forall S_j, S_j \notin L_2} (CA_{S_i}^{L_2} \times Z_{S_i} \times SF_{S_i}) \quad \dots \quad \sum_{\forall S_j, S_j \notin L_n} (CA_{S_i}^{L_n} \times Z_{S_i} \times SF_{S_i}) \right).$$

Die Erstellung des Vektors  $V_5$  mit den Nachfragedaten seitens der interdisziplinären Studiengänge wurde bereits im Abschnitt 3.1. beschrieben.

Wir bezeichnen den Ergebnisvektor der Länge  $n$  mit den zu ermittelnden Werten für das erforderliche Lehrangebot je Lehreinheit  $LA_{erforderlich}^L$ , als  $\bar{v}$ , und haben nun alle Daten, um seine Elemente entsprechend Formel 3.11 zu berechnen:

$$\bar{v} = \frac{1}{2} \times (V_{10} + V_{11} + V_5)^T \quad (3.12).$$

Je nachdem, welches Aggregationsniveau im Ergebnis erwünscht ist, können entweder der Vektor  $\bar{v}$  oder seine Bestandteile, nämlich  $\frac{1}{2} \times V_{10}$  (das bereinigte Lehrangebot je Semester) bzw.  $\frac{1}{2} \times V_{11}$  (die Dienstleistungen) bzw.  $\frac{1}{2} \times V_5$  (Beteiligung an interdisziplinären Studiengängen), zurückgegeben werden.

Da die Ermittlung der benötigten Kapazitäten für benutzerdefinierte Szenarien ohne Gleichungssystem möglich ist, kann das Verfahren im Prinzip ohne Matrixoperationen implementiert werden, aber da die beiden Verfahren in das Modell integriert werden müssen, werden einheitliche Datenstrukturen definiert; außerdem bietet die Matrixdarstellung der Daten eine elegante und effiziente Ausgangsbasis für weitere Operationen im Gesamtsystem.

Damit kann nun die eigentliche Aufgabe der nachfrageorientierten Kapazitätsberechnung, nämlich die Ermittlung der potentiellen Auslastung jeder Lehreinheit und des daraus folgenden Anpassungsbedarfs zur Wiederherstellung der optimalen Auslastung, erledigt werden.

Dazu gehen wir davon aus, dass der Vektor  $V_6$ , dessen Elemente das tatsächlich verfügbare Lehrangebot je Lehreinheit enthalten, aus der im vorigen Abschnitt dargestellten Kapazitätsberechnung vorhanden ist. Die Elemente des Ergebnisvektors  $\bar{v}$  beziehen sich auch auf das *erforderliche* Gesamtlehrangebot, was uns erlaubt, die Formel zur Berechnung des potentiellen prozentualen Auslastungsgrades einer Lehreinheit  $L$  erneut zu definieren:

$$\text{Auslastungsgrad}^L = \frac{LA_{\text{erforderlich}}^L}{LA_{\text{gesamt}}^L} \quad (3.13).$$

Der daraus folgende Anpassungsbedarf ergibt sich als Differenz zwischen dem erforderlichen und dem verfügbaren Gesamtlehrangebot:

$$\text{Anpassungsbedarf}^L = LA_{\text{erforderlich}}^L - LA_{\text{gesamt}}^L \quad (3.14).$$

Die Berechnungsergebnisse können tabellarisch aufbereitet und dem Benutzer zurückgegeben werden, wobei für jede Lehreinheit folgende Daten zusammengefasst werden:

- erforderliches Lehrangebot,
- (optional) Aufteilung des Gesamtlehrangebots in Eigenleistung, Dienstleistungen und Beteiligung an interdisziplinären Studiengängen,
- verfügbares Lehrangebot
- Auslastungsgrad
- Anpassungsbedarf in Deputatstunden.

Der Ablauf des in diesem Abschnitt beschriebenen Verfahrens ist in Abbildung 5 in Form eines Datenflussdiagramms dargestellt.

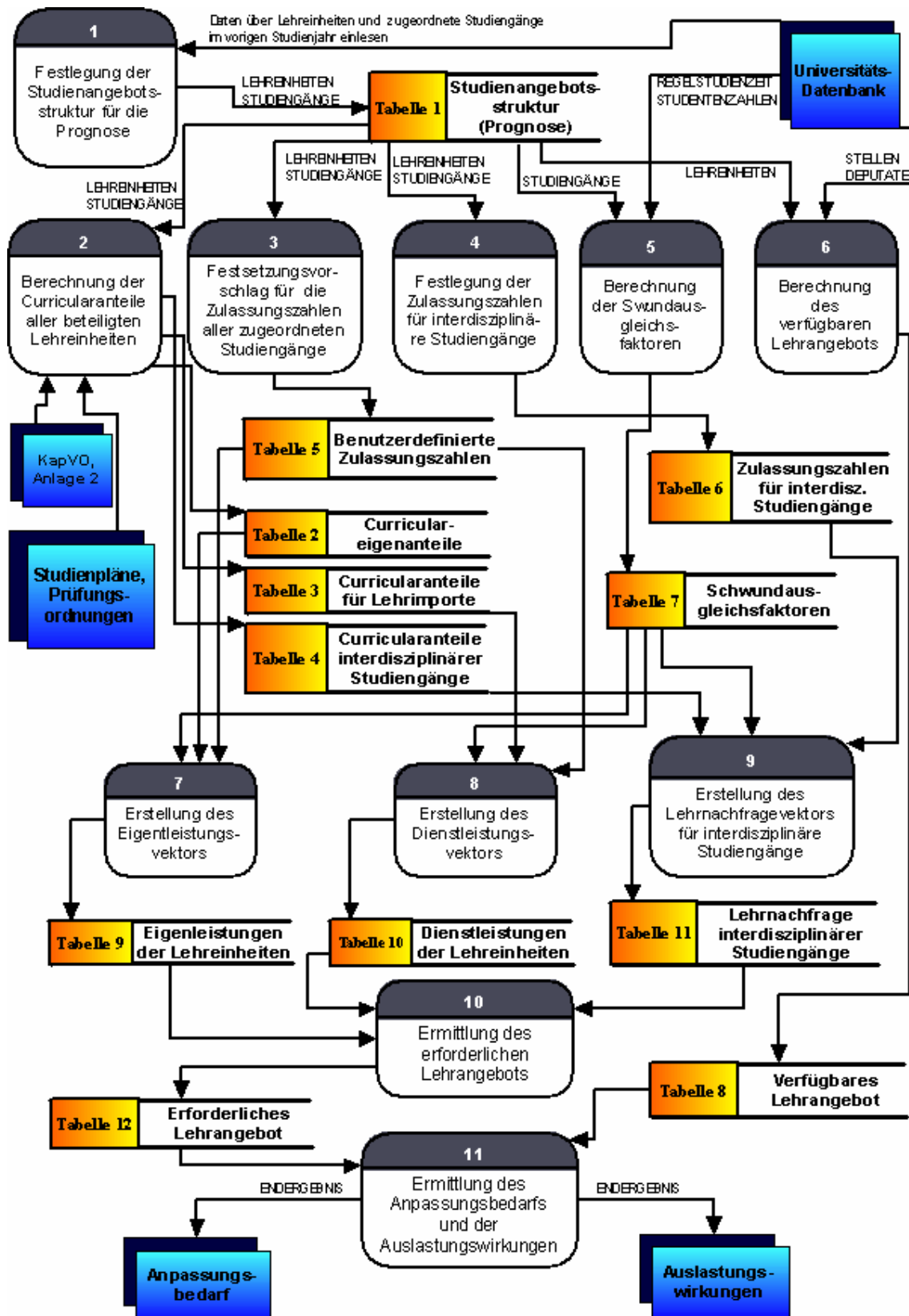


Abbildung 5. Datenflussdiagramm des Verfahrens zur Berechnung der Auslastungswirkungen bei nachfrageorientierter Festsetzung von Zulassungszahlen



### 3.3. Prognose der Gesamtauslastung durch die zu erwartenden Ist-Studienplätze

In allen bisher dargestellten Berechnungsverfahren wurde bei Ermittlung der Zulassungszahlen bzw. ihrer Auslastungswirkungen keine Rücksicht auf die Auslastung durch Studierende in höheren Fachsemestern genommen. Der nach der Formel 3.13 berechnete Auslastungsgrad entspricht also nicht dem zu erwartenden Auslastungsgrad durch Studierende in allen Fachsemestern im Prognosejahr.

Im neuen Berechnungsmodell wollen wir diesen Nachteil einschließlich der in Abschnitt 2.1 diskutierten Mängel beseitigen, indem wir die beiden vorgeschlagenen Verfahren (d.h. Ermittlung der Aufnahmekapazität und Berechnung der Auslastungswirkungen für benutzerdefinierte Zulassungszahlen) um die Abschätzung der zu erwartenden Auslastung der Lehreinheiten im Prognosejahr erweitern.

Formel 2.1 muss zuerst um die Berücksichtigung der interdisziplinären Studiengänge  $S_m$  modifiziert werden (aus Darstellungsgründen wird  $Auslastungsgrad_{gesamt}^L$  in dieser und allen weiteren Formeln durch  $AG_{gesamt}^L$  abgekürzt):

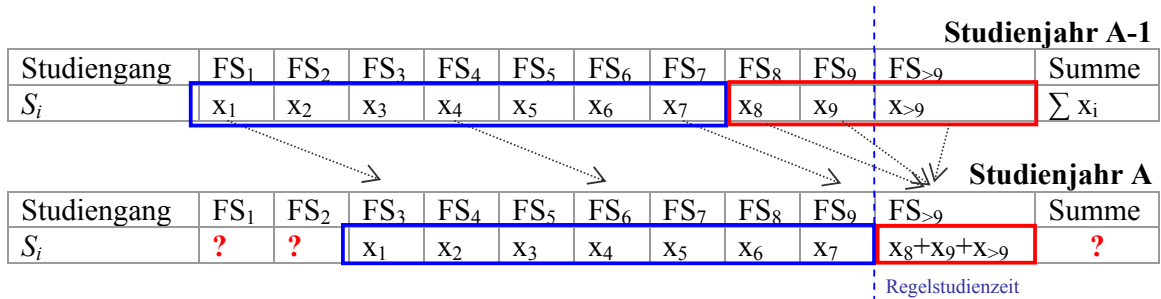
$$AG_{gesamt}^L = \frac{\sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{S_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} + \sum_{\forall S_j, S_j \notin L} \frac{S_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} + \sum_{\forall S_m} \frac{S_{S_m} \times CA_{S_m}^L}{R_{S_m}}}{LA_{gesamt}^L} \quad (3.15).$$

Diese Berechnung ist für das zu prognostizierende Studienjahr allerdings nicht direkt möglich, da die Anzahl der Studierenden in allen Fachsemestern nach dem Übergang ins nächste Jahr nicht bekannt ist. Es wird offensichtlich eine Methode zur Abschätzung dieser Zahl benötigt.

Da wir mit semesterlichen Größen arbeiten, suchen wir den Mittelwert der zu erwartenden Gesamtstudierendenzahl in jeder Studienrichtung im Winter- und Sommersemester des Berechnungsjahres. In erster Linie muss Rücksicht darauf genommen werden, in welcher Form die Studierendenstatistiken vorliegen. An der Universität Konstanz werden Studierendenzahlen auf jährlicher Basis ermittelt, und zwar ist der Berechnungstichtag immer am 31. Oktober, also im Wintersemester. Da es für die meisten Studiengänge nur einen Vergabetermin im Jahr gibt, und zwar auch zum Wintersemester, ist die Gesamtzahl der Studierenden im Wintersemester immer wesentlich höher, als im darauf folgenden Sommersemester, der semesterliche Mittelwert ist also immer niedriger als die Zahl im Wintersemester.

Im ersten Schritt müssen die Studierendenstatistiken ins nächste Jahr überführt werden. Abbildung 6 zeigt für einen Studiengang  $S_i$ , wie die Studierendenzahlen aus dem Berechnungsjahr ins Prognosejahr übertragen werden. Da die Studierenden in den Semestern außerhalb der Regelstudienzeit gesondert zu behandeln sind, teilen wir die zu erwartende Studierendenzahl im Berechnungsjahr in die, die sich innerhalb der Regelstudienzeit befinden, und die in allen

darüber hinaus gehenden Fachsemestern. Der blaue Bereich zeigt die Kohorten, die sich beim Übergang ins neue Jahr immer noch innerhalb der Regelstudienzeit befinden, wobei der rote Bereich diejenigen Fachsemester einschließt, die beim Übergang ins nächste Jahre die Regelstudienzeit überschreiten. Für alle Studierenden in den die Regelstudienzeit überschreitenden Fachsemestern wird nur ihre Gesamtzahl, und nicht die semesterlichen Quoten, registriert.



**Abbildung 6.** Abschätzung der Gesamtstudentenzahl in einem Studiengang, Ausgangspunkt

Der so erhaltenen Abschätzung fehlen Informationen (s. Fragezeichen in Abbildung 6) über die zu erwartenden Studierenden in 1. und 2. Fachsemester (d.h. die Anfänger), wie auch über den Schwund und die zu erwartende Absolventenzahl im vorigen Jahr. Wir setzen uns daher mit diesen Problemstellungen auseinander.

1. *Schwund in höheren Fachsemestern.* Der Schwundausgleichsfaktor wird aus den semesterlichen Erfolgsquoten  $q_i$  und der Regelstudienzeit  $N$  nach den Formeln 1.15 und anschließend 1.16 ermittelt. Dieser Wert beschreibt das Verbleibverhalten der Studierenden über die ganze Studiendauer hinweg. Wir brauchen aber den jährlichen Schwund in jedem Fachsemester, dessen Abschätzung über die durchschnittliche jährliche Erfolgsquote  $\bar{q}$  in allen Fachsemestern erfolgt. Diese Quote ergibt sich als Quadrat der durchschnittlichen semesterlichen Quote:

$$\bar{q} = \left( \sum_{i=1}^N q_i \div N \right)^2 \tag{3.16}$$

Z.B., wenn beim Übergang ins nächste Semester im Durchschnitt 20% der Studierenden das Studium aufgeben, d.h.  $q_i = 0,8$ , ergibt sich die jährliche Erfolgsquote von  $0,8^2 = 0,64$ , d.h. dass nach einem Jahr nur 64% der ursprünglichen Studierendenzahl weiter studieren.

Für Abbildung 6 bedeutet das, dass die Studierendenzahlen  $x_1$  bis  $x_7$  beim Übergang ins nächste Jahr mit  $\bar{q}$  multipliziert werden müssen.

2. *Studierendenzahl im 2. Fachsemester.* Für das 2. Semester kann die Zahl auf 0 gesetzt werden, falls die Zulassung nur zum Wintersemester stattfindet. Wenn auch zum Sommersemester Studierende zugelassen werden, ergibt sich die zuzulassende Zahl

aus der Differenz zwischen der für das jeweilige Jahr festgesetzten Zulassungszahl  $Z_{S_i}^{Vorjahr}$  und der im Wintersemester zugelassenen Zahl  $x_1$ . Bei dieser Zahl muss der Schwund beim Übergang ins nächste Semester berücksichtigt werden<sup>58</sup>, sodass folgende Zahl der Studierenden im 2. Fachsemester erwartet wird:

$$(Z_{S_i}^{Vorjahr} - x_1) \times \sqrt{q} .$$

3. *Studierendenzahl im 1. Fachsemester.* Anfängerzahl im 1. Semester entspricht im Fall der Kapazitätsberechnung der *ermittelten* Zulassungszahl, und im Fall der Auslastungsberechnung der vom Benutzer *einggegebenen* Zulassungszahl. Wir bezeichnen diese Zulassungszahl als  $Z_{S_i}$ . Da dies die jährliche Zulassungszahl ist, wird sie zur Abschätzung der semesterlichen Durchschnittszahl halbiert<sup>59</sup>.
4. *Reduktion um die Absolventenzahl.* Wie die durchschnittlichen Studienzeiten zeigen, sind die festgesetzten Regelstudienzeiten kein geeignetes Maß zur Abschätzung der Verweildauer der Studierenden an einer Hochschule - in den meisten Studiengängen gibt es eine nicht vernachlässigbare Zahl der Studierenden, die über die Regelstudienzeit hinaus studieren. Da uns bei der Berechnung der tatsächlichen Gesamtauslastung die wirkliche Absolventenzahl interessiert, kann ihr Wert empirisch aus den vorhandenen Statistiken für vergangene Jahre als „Schwund“ unter den Studierenden im jeweiligen Studiengang, die beim Übergang ins nächste Jahr außerhalb der Regelstudienzeit gelangen, abgeschätzt werden (in Abbildung 6 entspricht diese Gruppe der Summe  $x_8 + x_9 + x_{>9}$  im roten Bereich). Dieser Anteil kann für ein Studienjahr T folgendermaßen berechnet werden: Die Anzahl der Studierenden in Fachsemestern  $N-1$  aufwärts wird mit der Anzahl der Studierenden im nächsten Jahr in Fachsemestern  $N+1$  aufwärts (wir bezeichnen diese Zahl mit  $x'_{>9}$ ) verglichen - die Differenz zwischen den beiden ergibt die Absolventenzahl. Sie ist in unserem Beispiel folglich  $x_8 + x_9 + x_{>9} - x'_{>9}$ , und die allgemeine Regel zur Berechnung des Absolventenanteils lautet

$$\text{Absolventenanteil} = \frac{x_{N-1} + x_N + x_{>N} - x'_{>N}}{x_{N-1} + x_N + x_{>N}} \quad (3.18),$$

$N$  : Regelstudienzeit im jeweiligen Studiengang,

$x_N$  : Studierendenzahl im Fachsemester  $N$ ,

$x_{>N}$  : Studierendenzahl in Fachsemestern höher als  $N$ ,

$x'_{>N}$  : Studierendenzahl in Fachsemestern höher als  $N$  im nächsten Jahr.

<sup>58</sup> Im Unterschied zum Schwundausgleich für alle höheren Fachsemester wird diese Kohorte nicht um die jährliche, sondern um die semesterliche Erfolgsquote korrigiert, da sie erst vor einem Semester das Studium anfang.

<sup>59</sup> Wenn die ganze jährliche Zulassungszahl genommen worden wäre, käme die Prognose der Gesamtzahl im Wintersemester, die höher ist, als der gesuchte jährliche Mittelwert.

Ein Absolventenanteil von  $1,0$  bedeutet, dass alle Studierenden das Studium innerhalb der Regelstudienzeit absolvieren.

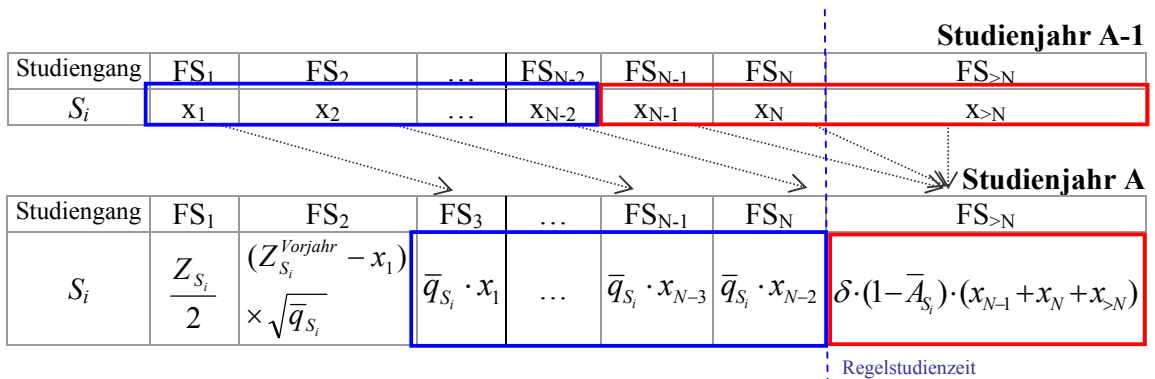
Aus den Absolventenanteilen in einem Studiengang  $S_i$  in vergangenen Jahren wird der Mittelwert (bezeichnet  $\overline{Abs}_{S_i}$ ) als im Prognosejahr zu erwartender Absolventenanteil eingesetzt.

Eine weitere wichtige Überlegung besteht darin, dass die Studierenden außerhalb der Regelstudienzeit nicht im gleichen Maße wie vorher die Hochschule belasten. Da es keine Richtlinien bezüglich der Belastung durch solche Studierenden gibt, und da sich diese Werte für verschiedene Fächer auch stark unterscheiden können, lassen wir Flexibilität bei der Berechnung zu, indem für diese Kohorte ein Anrechnungsfaktor  $\delta$  eingefügt wird, dessen Wert vom Modellanwender festgelegt werden kann. Ein plausibler Defaultwert könnte  $0,5$  sein, d.h. die Studierenden außerhalb der Regelstudienzeit werden nur zur Hälfte ihrer Zahl für die Ermittlung der Gesamtauslastung berücksichtigt.

Damit sind alle Bestandteile zur Abschätzung der Gesamtzahl der Studierenden in einem Studiengang  $S_i$  im Prognosejahr definiert. Die allgemeine Regel zur Ermittlung dieser Zahl kann nun formuliert werden:

$$S_{S_i} = \frac{Z_{S_i}}{2} + Z_{S_i}^{Vorjahr} \times \sqrt{\bar{q}_{S_i}} + \bar{q}_{S_i} \times \sum_{i=1}^{N-2} x_i + \delta \times (1 - \overline{Abs}_{S_i}) \times (x_{N-1} + x_N + x_{>N}) \quad (3.19).$$

Die hier vorgeschlagene Vorgehensweise ist in Abbildung 7 zur Veranschaulichung zusammengefasst.



**Abbildung 7.** Abschätzung der Gesamtstudierendenzahl in einem Studiengang

Die im Berechnungsjahr zu erwartende Auslastung kann nun für jede Lehreinheit nach Formel 3.15 berechnet werden. Falls der Auslastungsgrad der Lehreinheiten im zulässigen Bereich liegt (z. B. zwischen  $0,8$  und  $1,05$ ; s.u.), gibt es keinen Bedarf, die ermittelten Zulassungszahlen zu korrigieren. Falls sich aber für eine oder mehrere Lehreinheiten ein unzuläs-

siger Auslastungswert ergibt, sind korrigierende Maßnahmen erforderlich. Im nächsten Abschnitt werden verschiedene Korrekturmechanismen vorgeschlagen.

### 3.4. Korrekturmechanismen zur Optimierung der Gesamtauslastung

Zunächst müssen die Grenzwerte für den zulässigen Auslastungsgrad definiert werden – wir bezeichnen diesen Wertebereich als  $[AG_{min}, AG_{max}]$ . Da es keine gesetzlichen Vorgaben über die Grenzwerte gibt, soll es im Prognosemodell möglich sein, die Grenzwerte  $AG_{min}$  und  $AG_{max}$  durch den Benutzer zu spezifizieren, wobei der Default-Zulässigkeitsbereich erfahrungsgemäß auf  $[0,8, 1,05]$  gesetzt wird (d.h., Unterlastung bis zu 20% bzw. Überlastung bis zu 5% wird toleriert).

Allgemein wird angestrebt, Korrekturen so minimal wie möglich zu halten, da jede Abweichung von kapazitären Zahlen dauerhafte Auswirkungen für das Gesamtsystem bedeutet. Die Korrekturmaßnahmen bestehen daher in der Wiederherstellung der zulässigen (nicht der ausschöpfenden) Auslastung aller Lehreinheiten.

Es gibt grundsätzlich zwei Korrekturmöglichkeiten:

- ▀ Anpassung des verfügbaren Lehrangebots,
- ▀ Anpassung der Lehrnachfrage (d.h. der Zulassungszahlen).

Die erste Option hat den Vorteil, dass die notwendigen Anpassungen eindeutig und sehr einfach zu berechnen sind, ist aber wenig praktikabel, da Veränderungen im verfügbaren Lehrangebot mit großem Verwaltungs- und Zeitaufwand verbunden und oft aus finanziellen oder administrativen Gründen gar nicht möglich sind.

Der Anpassungsbedarf in Deputatsstunden für das Lehrangebot einer Lehreinheit  $L$  lässt sich wie folgt berechnen:

$$Anpassungsbedarf^L = \begin{cases} (AG_{gesamt}^L - AG_{min}) \times LA_{gesamt}^L, & \text{wenn } AG_{gesamt}^L < AG_{min} \\ (AG_{gesamt}^L - AG_{max}) \times LA_{gesamt}^L, & \text{wenn } AG_{gesamt}^L > AG_{max} \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.20).$$

Für eine unterausgelastete Lehreinheit ergibt sich ein negativer Anpassungswert, d.h. dass das verfügbare Lehrangebot um diesen Wert zu reduzieren ist. Bei überlasteten Lehreinheiten muss das Lehrangebot um den Anpassungswert erhöht werden. Es ist natürlich zu beachten, dass sich die Korrekturmaßnahme nur auf das Prognosejahr bezieht, d.h., dass der nach Formel 3.20 berechnete Anpassungsbedarf nur für dieses Jahr gültig ist.

Die andere Korrekturmethode, bei der die Auslastungsstörungen durch Anpassungen in Zulassungszahlen eliminiert werden, kann auf verschiedene Weise realisiert werden:

- iterative Anpassung der Zulassungszahlen,
- Lösung eines linearen Gleichungssystems.

Die erste Methode besteht darin, dass der Benutzer die Zulassungszahlen auf Basis der ermittelten Auslastungsstörungen ad-hoc anpasst und die Auslastungsberechnung für so entstehende Szenarien solange wiederholt, bis die Auslastungsgrade aller Lehreinheiten im zulässigen Bereich liegen. Diese Methode ist nur für den Fall zu empfehlen, in dem der Anteil der Lehreinheiten mit Auslastungsstörungen an der Gesamtzahl der Lehreinheiten gering ist, da ansonsten die wechselseitigen Verflechtungen schwer zu überschauen sind und die Zahl der Iterationen somit hoch ausfallen könnte. Ein weiterer Nachteil dieser Vorgehensweise ist die Verletzung der Forderung, die Korrekturen minimal zu halten, was bei intuitiven Approximationen nicht garantiert werden kann.

Als optimal definieren wir eine solche Lösung, bei der mit minimalen Anpassungswerten in den ermittelten Zahlen eine zulässige Auslastung des gesamten Systems wiederhergestellt wird, was durch folgende Bedingungen ausgedrückt werden kann:

- Falls ursprünglich  $AG_{gesamt}^L < AG_{min}$ , gilt nach der Korrektur  $AG_{gesamt}^L \geq AG_{min}$ ;
- Falls ursprünglich  $AG_{gesamt}^L > AG_{max}$ , gilt nach der Korrektur  $AG_{gesamt}^L \leq AG_{max}$ .

Wir erstellen zunächst eine solche Lösung, die außer den obigen Bedingungen eine weitere Voraussetzung hat, und zwar, dass die für die Ermittlung der Zulassungszahlen ursprünglich festgelegten Anteilquoten einzelner Studiengänge im Studienangebot der jeweils zuständigen Lehreinheit unverändert bleiben. Wenn wir die korrigierte Zulassungszahl für einen Studiengang  $S_i$  als  $Z'_{S_i}$  bezeichnen, gilt:

$$Z'_{S_i} = \Delta^L \times Z_{S_i} \quad \text{für } \forall S_i \in L \quad (3.21),$$

wo  $\Delta^L$  der gesuchte Koeffizient ist, um den die Zulassungszahlen aller der Lehreinheit  $L$  zugeordneten Studiengänge zu korrigieren sind. Durch die Anpassung der Zulassungszahl verändert sich die nach Formel 3.19 berechnete zu erwartende Gesamtzahl der Studierenden im Studiengang  $S_i$  (wir bezeichnen deren neuen Wert als  $S'_{S_i}$ ), die nun unter Berücksichtigung der Forderung von Formel 3.21 folgendermaßen zu berechnen ist:

$$S'_{S_i} = \Delta^L \times \frac{Z_{S_i}}{2} + Z_{S_i}^{Vorjahr} \times \sqrt{\bar{q}_{S_i}} + \bar{q}_{S_i} \times \sum_{i=1}^{N-2} x_i + \delta \times (1 - \overline{Abs}_{S_i}) \times (x_{N-1} + x_N + x_{>N}) \quad (3.22)$$

Aus Formeln 2.19 und 3.22 ergibt sich das Verhältnis zwischen der neuen und der ursprünglichen Gesamtzahl der Studierenden im Studiengang  $S_i$ :

$$S'_{S_i} - S_{S_i} = (\Delta^L - 1) \times \frac{Z_{S_i}}{2} \quad (3.23).$$

Für jede unzulässig unterlastete Lehreinheit  $L$  muss nach der Korrektur der Zulassungszahlen die minimal zulässige Auslastung erreicht werden:

$$\frac{\sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{S'_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} + \sum_{\forall S_j, S_j \notin L} \frac{S'_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} + \sum_{\forall S_m} \frac{S_{S_m} \times CA_{S_m}^L}{R_{S_m}}}{LA_{gesamt}^L} = AG_{min} \quad (3.24)^{60}.$$

Aus Formeln 3.15 und 3.24 ergibt sich die neue Gleichung für jede unzulässig unterlastete Lehreinheit  $L$ :

$$\frac{\sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{(S'_{S_i} - S_{S_i}) \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} + \sum_{\forall S_j, S_j \notin L} \frac{(S'_{S_j} - S_{S_j}) \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}}}{LA_{gesamt}^L} = AG_{gesamt}^L - AG_{min},$$

wobei der Teil der Dienstleistungen nach zuständigen Lehreinheiten gruppiert werden muss, um die Darstellung zu normalisieren. Dementsprechend lässt sich die Gleichung weiter transformieren:

$$\sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{(S'_{S_i} - S_{S_i}) \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} + \sum_{\forall L_k, L_k \neq L} \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \frac{(S'_{S_j} - S_{S_j}) \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right) = (AG_{gesamt}^L - AG_{min}) \times LA_{gesamt}^L$$

Die in (3.23) formulierte Differenz zwischen  $S'_{S_i}$  und  $S_{S_i}$  lässt die obere Formel in die für ein lineares Gleichungssystem geeignete Form überführen:

$$\sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{(\Delta^L - 1) \times Z_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} + \sum_{\forall L_k, L_k \neq L} \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \frac{(\Delta^{L_k} - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right) = 2 \times LA_{gesamt}^L \times (AG_{gesamt}^L - AG_{min}),$$

und weiter

<sup>60</sup> Die festgelegten Zulassungszahlen aller interdisziplinären Studiengänge  $S_m$  werden als nicht manipulierbar angesehen und bleiben daher unverändert.

$$\begin{aligned} & \left( \sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{Z_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} \right) \times \Delta^L + \sum_{\forall L_k, L_k \neq L} \left( \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right) \times \Delta^{L_k} \right) \\ & = 2 \times LA_{gesamt}^L \times (AG_{gesamt}^L - AG_{min}) + \sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{Z_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} + \sum_{\forall L_k, L_k \neq L} \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right) \end{aligned}$$

An dieser Stelle ist zu berücksichtigen, dass im Teil des Dienstleistungsbedarfs Studiengänge der Lehreinheiten, deren Zulassungszahlen unkorrigiert bleiben, enthalten sein können. Wir bezeichnen die Menge aller Lehreinheiten, deren Auslastungsgrad außerhalb des zulässigen Bereichs liegt, als  $\tilde{\lambda}$ . Für jede  $L_k \notin \tilde{\lambda}$  gilt  $\Delta^{L_k} = 1$ , mit der Bedeutung, dass alle Studiengänge  $S_j$ , die solchen Lehreinheiten  $L_k$  zugeordnet sind, in der oberen Gleichung weggelassen werden können:

$$\begin{aligned} & \left( \sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{Z_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} \right) \times \Delta^L + \sum_{\forall L_k, L_k \in \tilde{\lambda}} \left( \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right) \times \Delta^{L_k} \right) \\ & = 2 \times LA_{gesamt}^L \times (AG_{gesamt}^L - AG_{min}) + \sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{Z_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} + \sum_{\forall L_k, L_k \in \tilde{\lambda}} \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right) \end{aligned} \quad (3.25).$$

Für die unzulässig überlasteten Lehreinheiten wird durch analoge Transformationsschritte die folgende Gleichung hergeleitet:

$$\begin{aligned} & \left( \sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{Z_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} \right) \times \Delta^L + \sum_{\forall L_k, L_k \in \tilde{\lambda}} \left( \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right) \times \Delta^{L_k} \right) \\ & = 2 \times LA_{gesamt}^L \times (AG_{gesamt}^L - AG_{max}) + \sum_{\forall S_i, S_i \in L} \frac{Z_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} + \sum_{\forall L_k, L_k \in \tilde{\lambda}} \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right) \end{aligned} \quad (3.26).$$

Die Auslastung der Lehreinheiten, deren Zulassungszahlen nicht korrigiert werden müssen, ändert sich zwangsläufig mit jeder veränderten Zulassungszahl im Teil des Dienstleistungsbedarfs, die dadurch auch den zulässigen Bereich verlassen kann. Für jede dieser Lehreinheiten  $L \notin \tilde{\lambda}$  wird erst überprüft, ob es eine andere Lehreinheit  $L_k \in \tilde{\lambda}$  gibt, deren zugeordnete Studiengänge die Dienstleistungen von  $L$  importieren. Wenn dies nicht der Fall ist, bleibt die Auslastung der Lehreinheit  $L$  durch die Korrektur unbeeinträchtigt. Falls eine importierende Lehreinheit  $L_k$  mit  $\Delta^{L_k} \neq 1$  existiert, fordern wir, dass sich der neue Auslastungsgrad von  $L$  weiterhin im zulässigen Bereich befindet. Der neue Auslastungsgrad  $AG_{gesamt}^{L, neu}$  unterscheidet sich vom ursprünglichen nur im Teil der veränderten Studierendenzahlen der importierenden Studiengänge:



$$\begin{aligned}
 AG_{gesamt}^{L,neu} &= AG_{gesamt}^L + \frac{1}{2 \times LA_{gesamt}^L} \times \sum_{\forall L_k, L_k \in \tilde{\lambda}} \left( \sum_{S_j \in L_k} \frac{(S'_{S_j} - S_{S_j}) \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right) \\
 &\equiv AG_{gesamt}^L + \frac{1}{2 \times LA_{gesamt}^L} \times \sum_{\forall L_k, L_k \in \tilde{\lambda}} \left( \sum_{S_j \in L_k} \frac{(\Delta^{L_k} - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right).
 \end{aligned}$$

Die Bedingung für den neuen Auslastungsgrad ist damit wie folgt:

$$AG_{min} \leq AG_{gesamt}^L + \frac{1}{2 \times LA_{gesamt}^L} \times \sum_{\forall L_k, L_k \in \tilde{\lambda}} \left( \sum_{S_j \in L_k} \frac{(\Delta^{L_k} - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^L}{R_{S_j}} \right) \leq AG_{max} \quad (3.27).$$

Die gesamte Lösung besteht nun aus einem linearen System von Gleichungen 3.25 und 3.26 und einem weiteren System von Ungleichungen 3.27. Bei der Gesamtzahl der Lehreinheiten  $n$  gibt es eine Untermenge  $\tilde{\lambda}$  von  $g$  Lehreinheiten, deren Aufnahmekapazität korrigiert werden muss, und restliche  $h$  Lehreinheiten, sodass gilt  $n=g+h$ . Das Gleichungssystem enthält  $g$  Gleichungen mit insgesamt  $g$  Unbekannten  $x_k$ ,  $k=1, \dots, g$ . Gesucht werden die Werte der Anpassungsfaktoren  $\Delta^{L_k}$  für jede Lehreinheit  $L_k \in \tilde{\lambda}$ , d.h. die unbekannte Größe  $x_k$  steht jeweils für  $\Delta^{L_k}$ . Das zu lösende Gleichungssystem ist damit:

$$\begin{aligned}
 &\left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}}{R_{S_j}} \right) \times x_1 + \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_2} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_1}}{R_{S_j}} \right) \times x_2 + \dots + \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_g} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_1}}{R_{S_j}} \right) \times x_g = \\
 &\quad \sum_{\forall S_i, S_i \in L_1} \frac{Z_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} + \sum_{\forall L_k, L_k \in \tilde{\lambda}} \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_1}}{R_{S_j}} \right) \\
 &\quad + 2 \times LA_{gesamt}^{L_1} \times \begin{cases} (AG_{gesamt}^{L_1} - AG_{min}), \text{ wenn } AG_{gesamt}^{L_1} < AG_{min} \\ (AG_{gesamt}^{L_1} - AG_{max}), \text{ wenn } AG_{gesamt}^{L_1} > AG_{max} \end{cases} \\
 &\quad \vdots \\
 &\left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_g}}{R_{S_j}} \right) \times x_1 + \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_2} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_g}}{R_{S_j}} \right) \times x_2 + \dots + \left( \sum_{\forall S_i, S_i \in L_g} \frac{Z_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} \right) \times x_g = \\
 &\quad \sum_{\forall S_i, S_i \in L_g} \frac{Z_{S_i} \times CA_{S_i}}{R_{S_i}} + \sum_{\forall L_k, L_k \in \tilde{\lambda}} \left( \sum_{\forall S_j, S_j \in L_k} \frac{Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_g}}{R_{S_j}} \right) \\
 &\quad + 2 \times LA_{gesamt}^{L_g} \times \begin{cases} (AG_{gesamt}^{L_g} - AG_{min}), \text{ wenn } AG_{gesamt}^{L_g} < AG_{min} \\ (AG_{gesamt}^{L_g} - AG_{max}), \text{ wenn } AG_{gesamt}^{L_g} > AG_{max} \end{cases} \quad (3.28).
 \end{aligned}$$

Die  $g$  Gleichungen des Systems 3.28, bzw. ihre Matrixdarstellung zur Lösung nach dem Gaußschen Eliminationsverfahren, können durch Verwendung der in den Abschnitten 3.1 und 3.2 beschriebenen Hilfsstrukturen erstellt werden, wobei ein zusätzlicher Spaltenvektor zur Speicherung der Regelstudienzeit in jedem Studiengang benötigt wird.

Die Lösung des Gleichungssystems 3.28 gibt die gesuchten Korrekturkoeffizienten  $x_k$  zurück. Im nächsten Schritt muss für alle weiteren Lehreinheiten  $L_k \notin \tilde{\lambda}$ ,  $k=g+1, g+2, \dots, g+h$  das folgende System von  $2 \times h$  unter (3.27) hergeleiteten Ungleichungen auf ihre Gültigkeit mit den ermittelten  $x_k$ -Werten ausgewertet werden:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} \frac{(x_1 - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_{g+1}}}{R_{S_j}} + \dots + \sum_{\forall S_j, S_j \in L_g} \frac{(x_g - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_{g+1}}}{R_{S_j}} \geq 2 \times LA_{gesamt}^{L_{g+1}} \times (AG_{min} - AG_{gesamt}^{L_{g+1}}), \\
 & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} \frac{(x_1 - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_{g+1}}}{R_{S_j}} + \dots + \sum_{\forall S_j, S_j \in L_g} \frac{(x_g - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_{g+1}}}{R_{S_j}} \leq 2 \times LA_{gesamt}^{L_{g+1}} \times (AG_{max} - AG_{gesamt}^{L_{g+1}}), \\
 & \quad \vdots \\
 & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} \frac{(x_1 - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_{g+h}}}{R_{S_j}} + \dots + \sum_{\forall S_j, S_j \in L_g} \frac{(x_g - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_{g+h}}}{R_{S_j}} \geq 2 \times LA_{gesamt}^{L_{g+h}} \times (AG_{min} - AG_{gesamt}^{L_{g+h}}), \\
 & \sum_{\forall S_j, S_j \in L_1} \frac{(x_1 - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_{g+h}}}{R_{S_j}} + \dots + \sum_{\forall S_j, S_j \in L_g} \frac{(x_g - 1) \times Z_{S_j} \times CA_{S_j}^{L_{g+h}}}{R_{S_j}} \leq 2 \times LA_{gesamt}^{L_{g+h}} \times (AG_{max} - AG_{gesamt}^{L_{g+h}}).
 \end{aligned} \tag{3.29}$$

Falls alle  $2 \times h$  Ungleichungen gelten, ist die Berechnung der Korrekturkoeffizienten abgeschlossen. Sollten eine oder mehrere Ungleichungen verletzt sein, muss die betroffene Lehreinheit  $L_k$  zur Menge  $\tilde{\lambda}$  hinzugefügt werden. Das Gleichungssystem 3.28 muss nun wiederholt für die neue Menge  $\tilde{\lambda}^{neu}$  der Lehreinheiten, deren Kapazitäten korrigiert werden müssen, erstellt und gelöst werden und die erhaltenen  $x_k$ -Werte müssen durch das System von Ungleichungen 3.29 erneut überprüft werden. Die Menge  $\tilde{\lambda}$  muss solange erweitert und die Berechnung der Korrekturkoeffizienten  $x_k$  wiederholt werden, bis sich alle Ungleichungen in (3.29) als wahr auswerten. Im aufwendigsten Fall gelangen alle Lehreinheiten in  $\tilde{\lambda}$ , was die Korrektur der Zulassungszahlen aller Studiengänge zur Folge hat.

Die korrigierten Zulassungszahlen werden für die alle Studiengänge jeder zuständigen Lehreinheit  $L$ ,  $L \in \tilde{\lambda}$ , ergeben sich aus Formel 3.21.

Das dargestellte Korrekturverfahren kann sowohl bei dem angebotsorientierten Berechnungsmodell (Abschnitt 3.1), als auch bei der nachfrageorientierten Prognose (Abschnitt 3.2) angewandt werden.

### 3.5. Unlösbares System – Hinweis auf ein inkonsistentes Studienangebot

In dem in diesem Kapitel entworfenen Berechnungsmodell werden die gesuchten Parameter an zwei Stellen durch Lösung eines linearen Gleichungssystems gefunden:

- bei der Ermittlung der kapazitären Zulassungszahlen,
- bei der Korrektur der ermittelten Zulassungszahlen unter Berücksichtigung der Ist-Auslastung.

Bisher haben wir die Kapazitätsmatrix nur darauf untersucht, ob sie eine eindeutige Lösung besitzt (s. Abschnitt 3.1), aber nicht darauf, ob die Lösung immer gültige Werte liefert. Das Problem besteht darin, dass die gesuchten Größen (Aufnahmekapazitäten bzw. Korrekturkoeffizienten) nur positiv sein dürfen, was durch das Gleichungssystem nicht garantiert wird.

*Was bedeuten negative Werte in der Lösung?*

Der Fall eines nicht-positiven Wertes für die Aufnahmekapazität einer Lehreinheit  $L$  weist darauf hin, dass das verfügbare Lehrangebot dieser Lehreinheit allein durch die Dienstleistungen bereits ausgeschöpft wird. In der Praxis ist die Wahrscheinlichkeit dafür sehr gering, aber nicht ausgeschlossen, und muss daher im Rahmen des Modells behandelt werden.

Im Fall der Auslastungskorrektur bedeuten nicht-positive Koeffizienten, dass das System mit den bestehenden Verflechtungsverhältnissen zwischen den Lehreinheiten nicht bilanzierbar ist.

In beiden Fällen liegt der Grund für die ungültige Lösung in einer inkonsistenten Struktur des Studienangebots, die dadurch entstehen kann, dass die Verflechtungsbeziehungen zwischen den Fächern bei der Kapazitätsermittlung gemäß KapVO nicht korrekt berücksichtigt wurden.

*Wie können ungültige Werte eliminiert werden?*

Zunächst: Bei einer nachfrageorientierten Steuerung der Zulassungszahlen kommen solche Inkonsistenzen nicht vor, da das Lehrangebot aus der gewünschten Lehrnachfrage abgeleitet wird. Bei der Kapazitätsberechnung hingegen wird das verfügbare Lehrangebot als nicht veränderbar angesehen. Nicht-positive Aufnahmekapazitätswerte bedeuten für die jeweils betroffene Lehreinheit, dass ihr Lehrangebot im Kontext der gesamten Studienstruktur und der zu erbringenden Dienstleistungen nicht ausreichend ist und daher vergrößert werden muss.

Die Lösung des Problems besteht in jedem Fall in der Anpassung des verfügbaren Lehrangebots entweder der direkt betroffenen Lehreinheiten und/oder derjenigen Lehreinheiten, die zu hohe Dienstleistungswerte verursachen. Da es keine eindeutigen Hinweise geben kann, welche Werte in welchem Maße korrigiert werden müssen, schlagen wir die folgende Vorgehensweise zur Eliminierung von Inkonsistenzen vor, in der beide Berechnungsmodelle, nämlich die angebots- und die nachfrageorientierte Ermittlung der Zulassungszahlen, integriert werden:

1. Im ersten Schritt werden die kapazitären Zulassungszahlen ermittelt. Falls der Benutzer mit den Ergebnissen zufrieden ist, kann der nächste Schritt übersprungen werden.
2. Nun kann eine nachfrageorientierte Prognose erstellt werden, wobei die im 1.Schritt ermittelten Kapazitäten als Orientierung benutzt werden. Falls im 1.Schritt ungültige Werte vorkamen, müssen an ihren Stellen die gewünschten Zielgrößen durch den Benutzer eingegeben werden.
3. Die Auslastung durch Ist-Studienplätze wird unter Berücksichtigung der ermittelten bzw. festgelegten Zulassungszahlen berechnet. Falls es Überschreitungen der Auslastungsgrenzwerte gibt, müssen Korrekturen der Zulassungszahlen vorgenommen werden, andernfalls ist die Berechnung abgeschlossen.
4. Falls bei der Berechnung der Korrekturkoeffizienten nicht-positive Werte aufgetreten sind, muss die Berechnung ab Schritt 2 wiederholt werden, nur dass diesmal als Zielgrößen die korrigierten Zulassungszahlen genommen werden müssen, mit Ausnahme der Lehreinheiten, deren Korrekturkoeffizienten ungültig sind – für diese müssen die Zulassungszahlen durch den Benutzer nach Intuition und unter Berücksichtigung aller anderen Inkonsistenzen angepasst werden.
5. Als Ergebnis erhält man die Zulassungszahlen und ggf. die erforderlichen Änderungen im verfügbaren Lehrangebot.

Durch die Interaktion des Systems mit dem Benutzer können weitere Heuristiken zur Beseitigung der Inkonsistenzen generiert und getestet werden.

## 4. Modellentwurf und –implementation

Im den bisherigen Kapiteln wurden die grundsätzlichen semantischen Komponenten des Prognoseverfahrens konzipiert, in weitgehender Abstraktion von technischen Realisierungsaspekten. In diesem Kapitel beschäftigen wir uns mit der Entwicklung eines geeigneten rechnergestützten Systems, das die im Kapitel 3 vorgeschlagenen Funktionalitäten implementiert.

Der grundsätzliche Verlauf der Prognoseerstellung kann in folgende Schritte aufgeteilt werden:

- Die benötigten statistischen Primärdaten werden in das System eingegeben bzw. aus anderen Systemen importiert;
- Aus den Primärdaten werden Parameter (etwa Curricularanteile, Gesamtlehrangebot, Schwundausgleichsfaktoren) berechnet;
- Es folgt die Ermittlung der Zulassungszahlen bzw. der Auslastungswirkungen für eingegebene Zielwerte;
- Optional werden korrigierende Berechnungen durchgeführt;
- Es wird ein Bericht erstellt, der die Beschreibung der Eingabeparameter und die daraus ermittelten Ergebnisse beinhaltet.

An der Universität Konstanz wird die Kapazitätsberechnung unter ausschließlicher Verwendung von Microsoft Excel durchgeführt. Einige Lehreinheiten, die ausschließlich nicht-NC-Studiengänge<sup>61</sup> anbieten (z.B. *Allgemeine Literaturwissenschaft*), werden bei der Berechnung komplett weggelassen. Für jede Lehreinheit wird eine Excel-Arbeitsmappe angelegt, in der alle benötigten Daten von Hand eingetragen und mit Hilfe von Makros verarbeitet werden. Diese Realisierung hat einige Nachteile (z.B. mehrfache Speicherung von Daten, Unübersichtlichkeit, Einbenutzerbetrieb, erschwerte Überprüfung von Datenkonsistenz usw.), die im neuen Modell behoben werden können. Außerdem werden vom neuen Modell zusätzliche Funktionalitäten erwartet, die nur in einem speziell für die Zwecke der Kapazitätsprognose entwickelnden Software-Produkt möglich sind. Dabei sollen einerseits die Implementierungsentscheidungen allen definierten Anforderungen möglichst genau genügen, andererseits sollen sie mit den vorhandenen technischen Ressourcen und Rahmenbedingungen realisierbar sein.

Zunächst wird das der Berechnung zu Grunde liegende Datenmodell entworfen und anschließend die eigentlichen Berechnungsmodule, nämlich:

- die statische Komponente zur Verarbeitung der vorhandenen Statistiken, und
- die interaktive Komponente zur Verarbeitung von benutzerdefinierten Szenarien.

---

<sup>61</sup> „NC“ ist die Abkürzung für *Numerus Clausus* und steht für Beschränkung der Studienplätzzahl. Solche Zulassungsbeschränkungen werden z.B. dann beschlossen, wenn ein Studiengang so stark nachgefragt ist, dass die Lehr- und Platzkapazitäten der Hochschule nicht für alle Studieninteressierten ausreichen.

## 4.1. Anforderungen an das Modell

Das zu entwickelnde Softwareprodukt soll allgemeine Qualitätsanforderungen erfüllen, zu denen besonders folgende Merkmale gehören:

- *Verständlichkeit* – der Code muss klar strukturiert, transparent und dokumentiert sein, damit das Programm durch weitere Personen portiert, installiert, erweitert und gewartet werden kann.
- *Änderbarkeit* – das Programm muss so modularisiert sein, dass zu ändernde Komponenten lokalisiert und modifiziert als auch neue Komponenten hinzugefügt werden können, um die Lebensdauer des Produktes zu verlängern.
- *Portabilität* – falls Systemunabhängigkeit erwünscht ist, sind die systemabhängigen Komponenten so zu entwickeln, dass sie mit einem angemessenen Aufwand ausgetauscht bzw. angepasst werden können.
- *Reparierbarkeit* – Fehlerlokalisierung und -behebung sollen möglich sein, aber die Fehlerhaftigkeit bereits in der Entwurfs- und Testphase minimiert werden.
- *Kopplungsfähigkeit* – es ist oft vorteilhaft, Schnittstellen zur Verbindung mit anderen Softwareprodukten (z.B., Datenbanken, Netzwerkdiensten) zur Verfügung zu stellen, um von zusätzlichen Funktionalitäten zu profitieren.
- *Prüfbarkeit* – da sich die Korrektheit eines Softwareprodukts i. a. nicht beweisen lässt, soll es möglich sein, das Programm mit Hilfe von Tests auf Laufzeitverhalten, Fehleranfälligkeit, Fehlerlokalisierung usw. zu überprüfen.<sup>62</sup>

Die Qualitätseigenschaften bezüglich der Anwendung sollten üblicherweise durch den Auftraggeber hinreichend genau festgelegt werden.

Im speziellen Fall dieser Arbeit können die Anforderungen des Auftragsgebers an das zu entwickelnde Softwaresystem wie folgt beschrieben werden:

- *Eigenständiges Datenverwaltungssystem*: Das Modell kann nicht direkt in die bestehenden Informationssysteme der Universität integriert werden, sondern muss über ein eigenes Datenverwaltungssystem verfügen, das die benötigten Statistiken aus vorhandenen Prüfungsverwaltungs- und Zulassungssystemen importiert. Damit wird sichergestellt, dass die Verwaltungsstatistiken durch Simulationsabläufe und damit verbundene Datenmanipulation nicht verunreinigt werden können.
- *Zentraler Datenbestand*: Alle benötigten Daten, d.h. Primärstatistiken und daraus berechnete Parameter sollen zentral gespeichert und gewartet werden, um Redundanzen und Inkonsistenzen auszuschließen. Aus dieser zentralen Datenquelle können die Daten für die Anwendung über das Netzwerk übertragen werden.

---

<sup>62</sup> Vgl. Suhr R., 1993, S.44-49.

- *Ein integriertes multifunktionales System:* Alle Bestandteile der Berechnung und Teillösungen sollen in ein Softwareprodukt integriert werden, um die Kommunikation (z.B., Datenfluss, Datenmodifikation) zwischen den Schnittstellen zu automatisieren und um Konsistenzüberprüfungsmechanismen für das gesamte System zu ermöglichen.
- *Mehrbenutzerbetrieb:* Potentielle Benutzer des Modells sind alle Personen, die in die Studienplanung involviert sind. Mehrbenutzerbetrieb ist daher zu unterstützen.
- *Differenzierte Zugangsberechtigung:* Da es sich teilweise um geschützte Daten handelt und die potenziellen Benutzer unterschiedliche Zugriffs- und Modifikationsberechtigung haben, muss mit Authentifizierungsverfahren gewährleistet werden, dass jeder Benutzer auf eine seiner Berechtigung entsprechende Schnittstelle zugreift.
- *Datenschutz und Datensicherheit:* Die Daten müssen vor Zugriff bzw. Manipulation durch Unbefugte geschützt werden. Zuverlässige Authentifizierungs- und Verschlüsselungs-, als auch Benutzerverwaltungsverfahren sind erforderlich, um diese Anforderung zu erfüllen.
- *Interaktion mit dem Benutzer:* Die interaktive Komponente des Modells (d.h. die Erstellung von Simulationen und ihre Auswertung) soll über WWW für berechtigte Benutzer zugänglich sein (Authentifizierung ist erforderlich), damit Planungsentscheidungen zum beliebigen Zeitpunkt durch entsprechende Berechnungen verifiziert bzw. begründet werden können.
- *Benutzerfreundlichkeit:* Das Programm soll eine benutzerfreundliche graphische Oberfläche anbieten. Vom Benutzer dürfen keine Programmier- oder Datenbanken- u. ä. Kenntnisse verlangt werden, um das Modell bedienen zu können. Alle Optionen und Funktionalitäten einschließlich Administrierung und Wartung des Modells sollen über die grafische Oberfläche zugänglich sein. Die Programmoberfläche (d.h. Menüoptionen, Symbolleisten, das gesamte Layout, verwendete Begriffe, Befehle, Hilfefunktion, Prozessabläufe, interaktive Komponenten usw.) soll möglichst selbsterklärend sein. Darüber hinaus soll eine ausführliche und klar strukturierte Dokumentation zur Verfügung stehen.
- *Vielfältigkeit der Ausgabeformate:* Die Berechnungsergebnisse müssen in Form eines ausführlichen Berichtes ausgegeben werden, wobei Optionen zur Verfügung stehen sollen, eine der mehreren Darstellungsformen (Visualisierungen, Tabellen, Diagramme usw.) für Präsentationszwecke auswählen zu können. Jeder Benutzer soll die Möglichkeit haben, die Berechnungsergebnisse in eine Datei umzuleiten (wobei mehrere Formate angeboten werden sollen, z.B., .html, .xml, .pdf, .txt) oder direkt auszudrucken.

- *Persistente Speicherung benutzerdefinierter Szenarien*: Es soll möglich sein, Simulationsszenarien im System abzuspeichern, so dass sie zum einem späteren Zeitpunkt wieder geladen und weiterverarbeitet werden können.
- *Zeitreihen für Trendanalyse*: Statistiken über vergangene Jahre sollen im System aufbewahrt, zusammengeführt und aggregiert werden, um Trendanalysen zu ermöglichen.

Es gibt keine Vorgaben, mit welchen Software-Produkten und in welcher Programmiersprache das Prognosemodell zu implementieren ist, dennoch lassen sich unter Berücksichtigung der oben genannten Anforderungen, als auch der technischen Ausstattung der Zielgruppe und zur Verfügung stehenden Hardware- und Softwareressourcen zusätzliche Anforderungen an die Implementation des Modells definieren:

- *Mehrschichtenarchitektur*: Die Benutzer kommunizieren mit dem Modell ausschließlich über die graphische Schnittstelle. Darunter liegende Schichten (z.B., Datenbank, Datenbankverwaltungssystem, Skripte zur Generierung dynamischer Webseiten, Berechnungsroutinen usw.) bleiben für die Benutzer transparent (d.h. verborgen) und sind nur für die Entwickler und Administrator des Modells zugänglich.
- *Plattformunabhängigkeit, Portabilität*: Da das Modell über mehrere Jahre hinweg funktionieren muss, ist nicht auszuschließen, dass sich die zur Verfügung stehende Rechnerkonfigurationen (Betriebssystem, Datenbanken, Webserver usw.) ändern und das Modell dadurch auf eine andere Plattform portiert werden muss. Seine plattformunabhängige Implementation ist zwar mit einem höheren Programmieraufwand verbunden, sorgt aber für einen längeren Lebenszyklus des Produktes und geringere Wartungskosten.
- *Browser-Unabhängigkeit*: Die Web-Schnittstelle ist so zu entwerfen, dass die Inhalte in allen gängigen Browsern richtig dargestellt werden und die clientseitigen Skripte korrekt funktionieren.
- *Unabhängigkeit von kommerziellen Produkten*: Es wäre vorteilhaft, eine Realisierung zu finden, die nicht auf kommerzielle Software angewiesen ist, um keine zusätzlichen Kosten zu verursachen und die Verfügbarkeit des Modells nicht einzuschränken.
- *Verlässliche Backup- und Recovery-Mechanismen*: Es muss für Wiederherstellbarkeit des Programms und sein „vernünftiges Verhalten“ im Fall von durch Hardware, Software, das Programm selbst oder von Benutzern verursachte Fehler gesorgt werden. Es sollten Mechanismen zur Erkennung unerwünschten Fehlerverhaltens aktiviert sein, als auch Methoden zur Wiederherstellung eines konsistenten Systemzustands nach einem Ausfall.

Aus den oben definierten Anforderungen lässt sich erkennen, dass es sich bei dem zu entwickelnden Produkt um ein *Informationssystem* handelt, da einerseits zentrale Speicherung und Verwaltung der Anwendungsdaten erforderlich ist, und andererseits erwartet wird, dass diese



Informationen für unterschiedliche Zwecke und mit unterschiedlichen Methoden benutzt und verarbeitet werden.<sup>63</sup>

## 4.2. Prognosemodell als Decision-Support-System

Das zu entwickelnde Programm kann als eine Variante eines Informationssystems, ein *Decision-Support-System* (DSS), angesehen werden, da sein Hauptzweck darin besteht, Problem-lösungsverhalten vom Universitätsmanagement zu beeinflussen.

„DSS können durch folgende Merkmale charakterisiert werden:

- Ein Entscheidungsträger wird unterstützt.
- Die Unterstützung erfolgt im Allgemeinen für schlecht strukturierte Probleme.
- Es werden Daten und Modelle handhabbar gemacht.<sup>64</sup>

Das Modell unterstützt den Entscheidungsprozess, indem es dem Benutzer Mittel zur Verfügung stellt, unterschiedliche Entscheidungsvarianten hinsichtlich der Auslastungswirkungen zu evaluieren und nach korrigierenden Maßnahmen zu suchen.

„Die Kommunikation zwischen Anwender und System sowie die Ablaufsteuerung und Koordination der einzelnen Komponenten wird von der Dialogkomponente übernommen. Das Methodenbankmanagement unterstützt die Definition und Manipulation von problembezogenen Modellen, die das Kernstück eines DSS darstellen. Vom Datenbankmanagement werden unabhängig von Modellen und Methoden die Problemdata verwaltet.“<sup>65</sup>

Ein zusätzliches Subsystem des hier zu entwickelnden Prognosemodells ist das Reportbasismanagement, das aus den zur Aufbereitung der Berechnungsergebnisse vorformulierten textuellen und graphischen Berichten besteht.

Nun definieren wir die einzelnen Subsysteme des Prognosemodells:

1. Das *Dialogmanagement* übernimmt die Steuerung der Kommunikation zwischen den Benutzern und den Teilkomponenten des DSS. Durch die Dialogschnittstelle wird die interne Implementation des Programms für Benutzer transparent gemacht, so dass dem Benutzer nur bekannt ist, was das Modell leistet und wie es zu bedienen ist, aber die dahinter liegenden Datenstrukturen und Algorithmen bleiben verborgen (*Blackbox*-Prinzip).
2. Das *Modellmanagement* befasst sich mit den Modellierungsparadigmen, die dem DSS zugrunde liegen. In unserem Fall wird mit Hilfe einer Simulation die Auslastungssituation

---

<sup>63</sup> „Ein *Informationssystem* (IS) ist ein Werkzeug zur Erfassung und Kommunikation von Information zum Zwecke der Erfüllung der Anforderungen seiner Benutzer, der (Geschäfts-) Aktivitäten ihres Unternehmens und zur Erreichung der Unternehmensziele. Ein Informationssystem unterstützt die Unternehmensaktivitäten durch Bereitstellung der benötigten Informationen oder durch Automatisierung der mit den Aktivitäten zusammenhängenden Vorgänge.“ (Vossen G., 2000, S. 5).

<sup>64</sup> Konetzny M., 1999.

<sup>65</sup> Konetzny M., 1999.

einer Hochschule im kommenden Studienjahr aus den vorhandenen statistischen Daten und weiteren Annahmen und Schätzungen modelliert, wobei eine Reihe von Parametern durch Benutzer verändert werden können, um das Verhalten des Systems zu untersuchen. Das Simulationsmodell entsteht dadurch, dass die Zusammenhänge zwischen Objekten im realen System in Form von Daten mit Attributen und Beziehungen abgebildet werden, so dass durch die Dateneingabe ausgelöste Reaktionen das Verhalten des modellierten Systems realitätstreu abbilden.

3. Das *Methodenmanagement* hat das Ziel, passende Methoden zur Ermittlung von Zielgrößen zur Verfügung zu stellen und zu verwalten. Die Berechnungsmethoden des Prognosemodells wurden im Kapitel 3 beschrieben, und bestehen aus Algorithmen, Heuristiken, Matrizenoperatoren usw. Das Modell kann optional um weitere Methoden erweitert werden, z.B. zur Visualisierung von Daten und ihren Zusammenhängen oder *Data-Mining*-Methoden zur Trendanalyse.
4. Das *Datenbankmanagement* sorgt dafür, dass die Problemdaten und Programme im DSS getrennt verwaltet werden. Die Daten werden zentral gehalten und verwaltet, und ihre Sicherheit und Integrität werden dadurch gewährleistet, dass alle Applikationen über eine klar definierte Schnittstelle auf die Daten zugreifen. Im Prognosemodell werden statistische Daten aus verschiedenen Datensystemen der Universität in eine gemeinsame Datenbasis zusammengeführt und weiter verarbeitet, um die für die Kapazitätsberechnung benötigten Eingabeparameter zu ermitteln. Falls die Daten nicht das gewünschte Format haben, müssen sie entsprechend transformiert und normalisiert werden. Im nächsten Abschnitt wird der Datenmodellentwurf ausführlich behandelt.
5. Die Ergebnisse der Prognose müssen in der für die Aufbereitung von Entscheidungsunterlagen geeigneten Form erfasst werden. Es werden Berichte generiert, die die Eingabeeinstellungen und die berechnete Zielgrößen als Tabellen, Matrizen, Diagramme und andere Arten von Abbildungen enthalten, wobei dem Benutzer Optionen zur Verfügung gestellt werden müssen, um das Layout, die Bestandteile, das Aggregationsniveau und weitere Eigenschaften des Berichts zu spezifizieren.

Bei der Entwicklung eines DSS wird nicht nach dem üblichen Verfahren der *Live-Cycle-Modelle* mit den Phasen

- Problemanalyse,
- Anforderungsdefinition,
- System- und Komponentenentwurf,
- Implementierung,
- Abnahme,
- Einführung und Pflege<sup>66</sup>

---

<sup>66</sup> Vgl. Ghezzi C., 2003, S. 5-7.

vorgegangen, sondern eher durch kurze Rückkopplungszyklen und schnelle Erstellung von funktionsfähigen Modulen, um das Produkt möglichst schnell einzusetzen und unter Berücksichtigung des Benutzer-Feedback weiter zu verfeinern.

Da im Rahmen dieser Arbeit lediglich ein Prototyp zum Testen der Kernfunktionalitäten zu implementieren ist, der bei weitem nicht alle Anforderungen erfüllen soll, erscheint es uns sinnvoller, uns in diesem Kapitel auf die Phase des Systems- und Komponentenentwurfs für das vollständige Softwareprodukt, und nicht das Prototyp, zu konzentrieren, um eine wertvolle Grundlage für die zukünftige Implementierung zu verschaffen.

### 4.3. Entwicklung des Softwareproduktes

Eine Internet-Recherche ergab keine Hinweise auf bestehende Projekte zur Entwicklung softwaregestützter Modelle für eine nachfrageorientierte Steuerung von Studienangeboten. Es gab allerdings Versuche, Applikationen zur Automatisierung der Kapazitätsberechnung gemäß KapVO zu erstellen. Beispielweise wurde an der Technischen Universität Darmstadt im Rahmen eines Praktikums im Fachbereich Praktische Informatik ein Software-Tool namens UniKap<sup>67</sup> zum Erstellen von Reporten über die verfügbaren Kapazitäten entwickelt, und ein ausführlicher Entwurfs- und Implementierungsbericht wie auch die Produktdokumentation wurden ins Web gestellt. Wir können von den Ergebnissen dieser Arbeit teilweise indirekt profitieren, da die im Rahmen dieses Projektes durchgeführte Datenmodellierung und Analyse der Implementierungsalternativen (Entwicklungsumgebungen, Programmiersprachen, Tools, Programmarchitekturen usw.) wertvolle Informationen bieten.

Unter Berücksichtigung der zu gewährleistenden DSS-Funktionalitäten bietet es sich an, eine datenbankgestützte Applikation Web-Anbindung zu entwickeln (so auch die Entwickler von UniKap), da bei solcher Struktur eine flexible und modularisierte Kombination der Modellbestandteile möglich ist, nämlich:

- Die Daten werden von einem eigenen DBMS (Datenbankmanagementsystem) verwaltet, das die Aufgaben der Zugriffsverwaltung, Mehrbenutzerbetriebs, Antwortzeitoptimierung, Datensicherheit und -konsistenz übernimmt.
- Die Benutzer greifen immer auf den aktuellsten und konsistenten Datenzustand zu.
- Die Applikation kann über eine Web-Technologie mit der Datenbank über das Netz kommunizieren, wobei eine benutzerfreundliche graphische Oberfläche den Umgang mit der Datenbank erleichtern kann, sodass die Benutzer zum Bedienen des Programms keine SQL-Kenntnisse brauchen.
- Die Webbasierte Applikation läuft direkt im Browser und braucht daher auf der Benutzer-Workstation nicht installiert zu werden.

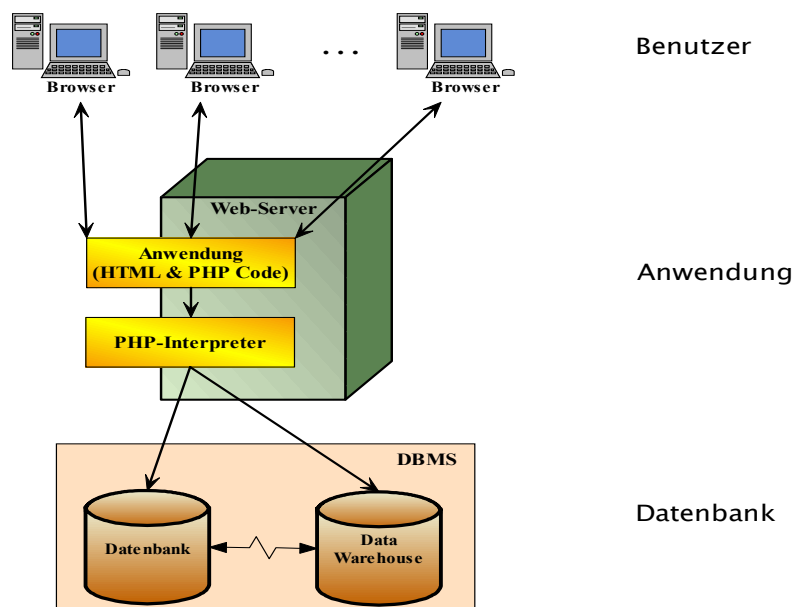
---

<sup>67</sup> Projekt „UniKap“, Technische Universität Darmstadt, 1998.

- Die meisten der gängigen DBMS-Produkte genügen dem ODBC<sup>68</sup>-Standard und ermöglichen dadurch direktes Importieren der Daten aus anderen ODBC-konformen IS.

Es gibt eine große Auswahl an Technologien, die Datenbank-Web-Anbindungen ermöglichen, z.B. *CGI* (Common Gateway Interface), *SSI* (Server Side Include), *JDBC* (Java Database Connectivity), *ASP* (Active Server Pages), und *PHP* (Hypertext Preprocessor). Für unsere Applikationen wurde eine PHP-Lösung ausgewählt, da die Konfiguration bereits vorhanden ist, die Technologie einfach zu bedienen ist, und da PHP über eine Reihe von Bibliotheken und Erweiterungen verfügt, die für unsere Applikation von hohem Nutzen ist („on the fly“-pdf-Ausgabe, Datenbankkopplungsroutinen für alle verbreiteten DBMS-Produkte, Matrixmanipulationsroutinen, Unterstützung bei Erstellung graphischer Benutzeroberflächen, usw.).

Die Anwendungsarchitektur ist in Abbildung 8 skizziert.



**Abbildung 8.** Die 3-Schichten-Softwarearchitektur des Prognose-Modells

Der Prototyp des Modells wurde in folgender Systemumgebung implementiert und getestet:

- WWW-User:**
  - Javascript-fähiger Webbrowser
  - Internetverbindung (LAN)
- DBMS:**
  - IBM DB2 7.0 Server-Software

<sup>68</sup> *Open Database Connectivity* (ODBC) ist ein von Microsoft vorgeschlagener Standard, der eine gemeinsame Schnittstelle zur Kommunikation zwischen der Datenbank und der Anwendung definiert.

■ *Web-Server:*

- Betriebssystem: Linux Suse 8.1
- Web-Server-Software: Apache1.3.26.
- PHP 4.3.1 als Apache-Modul
- IBM DB2 7.0 Client-Software

In den nächsten Abschnitten befindet sich die Beschreibung der drei zu entwickelnden Komponenten dieser Architektur, nämlich der Datenbank, des Data-Warehouses, und der Web-Applikation.

### 4.3.1. Datenbankaufbau

Eine Hauptaufgabe des zu entwickelnden Systems besteht in der Berechnung kapazitätsplanungsrelevanter Parameter anhand der verfügbaren Daten. Das im Kapitel 3 vorgestellte matrixbasierte Berechnungsmodell kann nur dann effizient und zuverlässig funktionieren, wenn es über ein flexibles und konsistentes Datenverwaltungssystem verfügt, das in diesem Abschnitt entworfen werden soll. Da besondere Anforderungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit, des Datenvolumens, Datenschutz und -sicherheit, Mehrbenutzerzugriffs, differenzierter Zugangsberechtigung usw. gestellt wurden und da komplexe Zusammenhänge zwischen Daten abgebildet werden müssen, bietet es sich an, ein Datenbanksystem<sup>69</sup> einzusetzen.

Die zunächst vorzunehmende Datenorganisation wird in Einzelschritten durchgeführt, um auf jeder Entwurfsebene von den Gegebenheiten aller darunter liegenden Ebenen zu profitieren. Der Datenbank-Entwurfsprozess verläuft grundsätzlich in vier Phasen:

- Anforderungsanalyse,
- Konzeptioneller Entwurf,
- Logischer Entwurf,
- Physischer Entwurf.

Die zentrale und anspruchsvollste Phase ist die konzeptionelle Modellierung, die in der Erstellung eines DBMS-unabhängigen Datenbankschemas besteht und die im folgenden Abschnitt beschrieben ist.

#### 4.3.1.1. Konzeptioneller Datenbank-Entwurf

Die Aufgabe der konzeptionellen Modellierung besteht darin, die für die Anwendung benötigten Informationsstrukturen und ihre Zusammenhänge formal zu beschreiben. Konkret verwendet man dafür meist *das Entity-Relationship-Modell* (kurz ER-Modell), um einzelne

---

<sup>69</sup> „Datenbanksysteme ermöglichen die integrierte Speicherung von großen Datenbeständen, auf die mehrere Anwendungen gleichzeitig zugreifen können. Hierbei garantiert das Prinzip der *Datenunabhängigkeit* die weitestgehende Unabhängigkeit der Datenrepräsentation von Optimierung und Änderung der Speicherstrukturen als auch von Änderungen der Anwendungsanforderungen.“ (Saake G., 1999, S.1.)

Datensichten zu erstellen (die Beschreibung der grundlegenden ER-Konstrukte befindet sich im Anhang D).

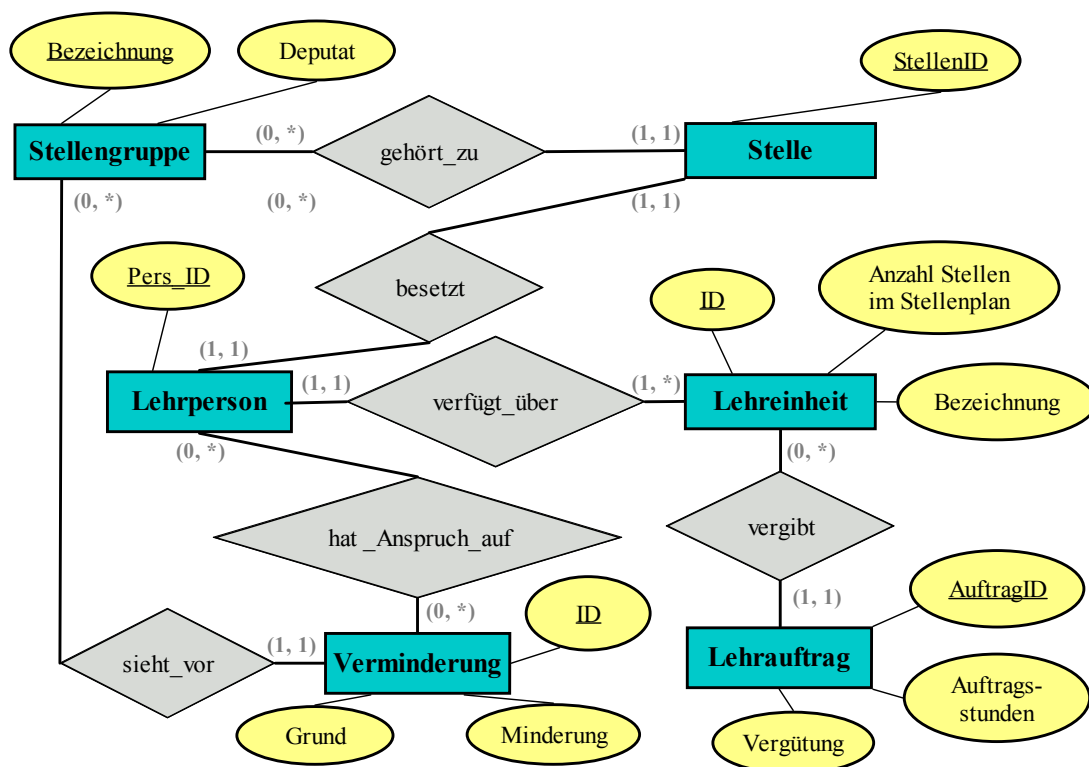
Die für das Prognosemodell benötigten Daten können in zwei Kategorien unterteilt werden:

1. Primäre Daten, die direkt aus den universitären Informationssystemen importiert werden können, z.B. angebotene Studiengänge, Studierendenzahlen, Lehrpersonal usw.
2. Abgeleitete Daten – das sind die kapazitätsbestimmende Parameter, die aus den primären Daten errechnet werden müssen, z.B. Curricularanteile, Lehrangebot, und Schwundausgleichsfaktoren.

In Anbetracht dieser Datenstruktur und der Tatsache, dass die oben genannten abgeleiteten Parameter in voneinander unabhängigen Berechnungsschritten ermittelt werden, zerlegen wir die gesamte Datenmodellierung in einzelne Datenansichten, die diesen Teilaufgaben entsprechen. In jeder Datenansicht konzentrieren wir uns auf die Attribute, die für die jeweilige Problemstellung relevant sind. Kardinalitäten in den Relationships werden dort vereinfacht gesetzt, wo sie von keiner Bedeutung für das Berechnungsmodell sind.

#### *Daten zur Berechnung des verfügbaren Lehrangebots*

In der Abbildung 9 findet man die ER-Darstellung der Daten, aus denen das gesamte Lehrangebot je Lehrinheit berechnet wird.

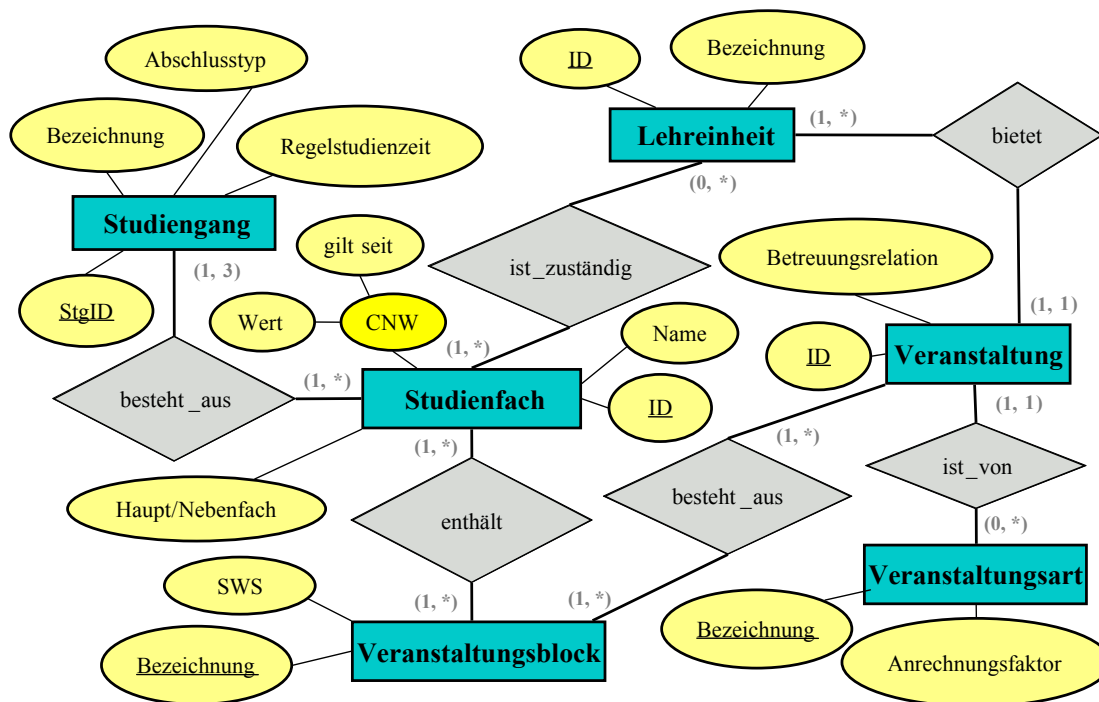


**Abbildung 9.** ER-Modellierung der Lehrangebotsdaten

Wie im Abschnitt 1.2.2 beschrieben, müssen je Lehrinheit die Summen über die Deputaten aller Stellen, sowie über die Verminderungen und die Lehraufträge gebildet werden, um das gesamte Lehrangebot zu ermitteln. Da uns nur diese Summen interessieren, können wir der Umsetzung in ein logisches Schema darauf achten, dass nur die entsprechend aggregierten Daten - nicht die Details einzelner Lehrpersonen – gebraucht werden.

#### *Daten zur Bildung der Curricularanteile*

Abbildung 10 zeigt die ER-Modellierung der Veranstaltungsdaten und der Lehrnachfragebeziehungen, die zur Berechnung der Curricularanteile benötigt werden.



**Abbildung 10.** ER-Modell für die Veranstaltungsdaten zur Bildung der Curricularanteile

Aus den in der Abbildung 10 dargestellten Daten lassen sich folgende kapazitätsbestimmenden Parameter ermitteln:

- Curriculareigenanteile je Studienrichtung,
- Curricularanteile der Dienstleistungen erbringenden Lehreinheiten je Studienrichtung,
- Hilfsmatrizen  $B$ ,  $C$ , und  $D$ , die bei dem im matrixbasierten Kapazitätsmodell benötigt werden.

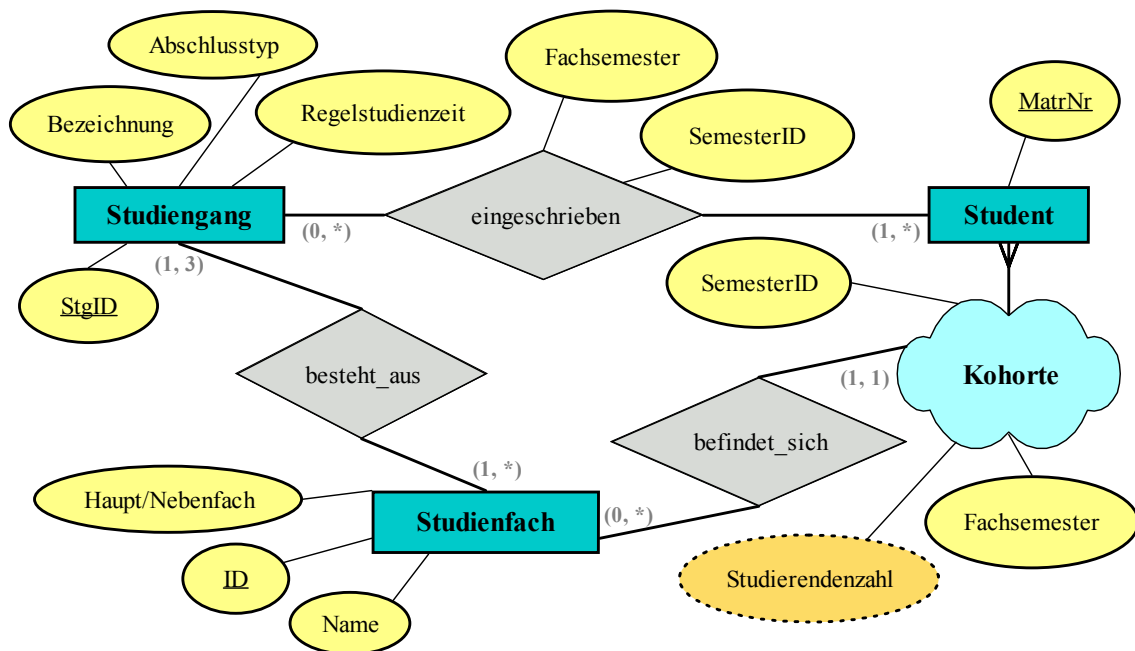
### Daten zur Berechnung der Anteil- und Absolventenquoten und Schwundausgleichsfaktoren

Im Unterschied zu den oben dargestellten Datensichten, die ausschließlich aus den für das Prognosejahr aktuellen Daten bestehen, werden zur Ermittlung der Anteilquoten die Studierendenzahlen des vorangegangenen Studienjahres, und zur Berechnung der Schwundausgleichsfaktoren Daten aus zwei vorangegangenen Jahren benötigt. Also muss das Datenmodell an dieser Stelle um eine Zeit-Dimension erweitert werden.

Die Modellierung der Studierendendaten ist nicht trivial, da mehrstufig zu aggregieren ist:

1. Es werden semesterliche Kohorten gebildet, indem die eingeschriebenen Studierenden nach folgenden Merkmalen aggregiert werden: Studienjahr, Fachsemester, und Studienfach;
2. Die Anzahl der Studierenden je Kohorte wird berechnet;
3. Die Kohorten werden nach der für das jeweilige Studienfach zuständige Lehrinheit gruppiert, um die Studierendenzahl in allen zugeordneten Studienrichtungen zu berechnen.

Abbildung 11 demonstriert die in einem ER-Modell zusammengefassten Abhängigkeiten zwischen den statistischen Daten, aus denen die benötigten Studierendenzahlen berechnet werden können.



**Abbildung 11.** ER-Modell für die Studierendendaten

Nachdem alle benötigten Basisdaten in einzelne Datensichten organisiert worden sind, müssen die im Rahmen des Berechnungsmodells generierten Daten, d.h. die aus den statistischen

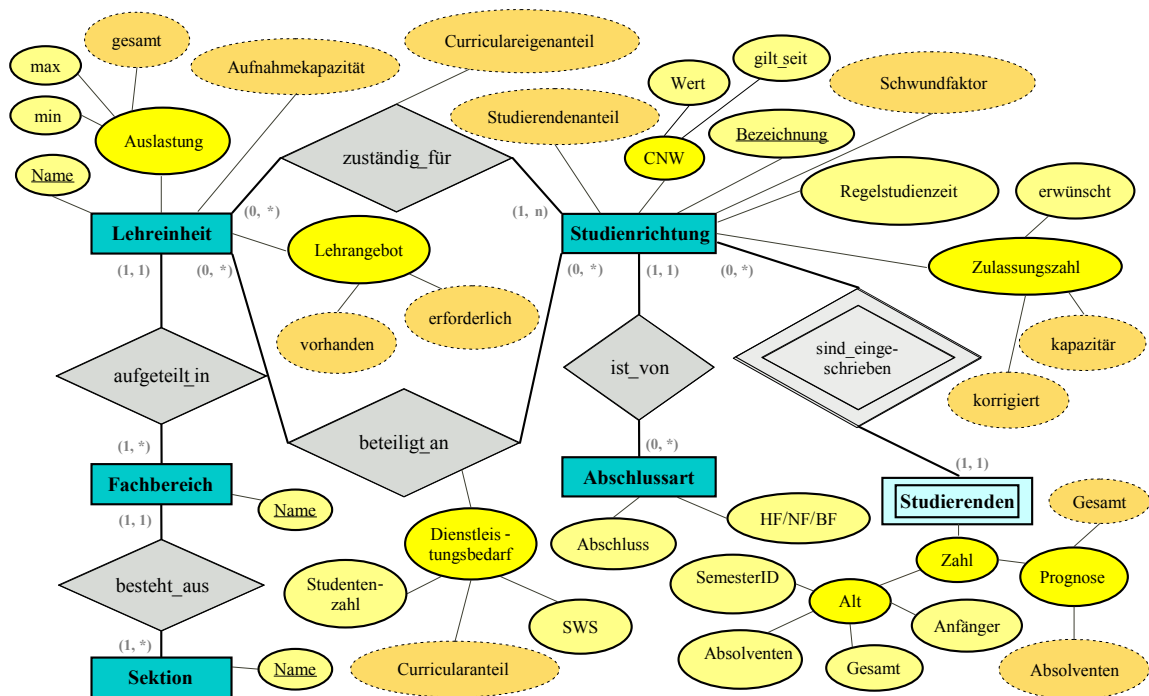


Daten berechneten bzw. durch Benutzer eingegebenen Parameter sowie die Prognoseergebnisse, in einem ER-Modell einer höheren Abstraktionsstufe abgebildet werden.

In erster Linie muss eine klare Unterscheidung gemacht werden, ob es sich um die offizielle Prognose oder um ein benutzerdefiniertes Prognoseszenario handelt. Im ersten Fall werden die statistischen Daten aus den universitären Informationssystemen importiert und zentral verwaltet, während für jedes Benutzerszenario eine Kopie des zur Simulation direkt benötigten Datenausschnitts gemacht werden muss, wo alle Parameter durch den Benutzer für die Simulationszwecke manipuliert werden dürfen (jedes Benutzerszenario verfügt also über eine eigene Kopie der Datenbank). In Anbetracht dieser Unterscheidung werden zwei Übersichtsmodelle erstellt:

- offizielle Prognose,
- Benutzerszenario.

Um alle Bestandteile und Funktionalitäten des zu entwickelnden Produktes zu berücksichtigen, nämlich die Integration des angebots- und des nachfrageorientierten Verfahrens, Auslastungsanalyse und Korrekturmechanismen, Möglichkeit der Zeitreihenerstellung und flexibler Datenaggregation im Ergebnisbericht, wurden zum Entwurf des in Abbildung 12 dargestellten Datenmodells für die offizielle Prognose alle in den Abbildungen 1, 2, 4, 5 und 7 festgestellten Hierarchien und Zusammenhänge einbezogen.



**Abbildung 12.** ER-Modell für die Ein- und Ausgabedaten für die offizielle Prognose

Zum oben abgebildeten Modell müssen folgende Erläuterungen gemacht werden:

- Die in den Teilmodellen abgedeckten Basisdaten der darunterliegenden Abstraktionsebene sind in diesem Modell aus Darstellungsgründen weggelassen.
- Die aus den Basisdaten zu ermittelnden Parameter und die Ergebnisse der Prognose sind als virtuelle (also aus anderen Daten abgeleitete) Attribute dargestellt.
- Da die Zulassungszahlen je Studienfach zu ermitteln sind, kann die Verwaltung der Studierendenzahlen im Rahmen des Modells wesentlich vereinfacht werden, indem anstatt von Kopfzahlen lediglich Fallzahlen<sup>70</sup> ohne Gewichtung zu berücksichtigen sind. Diese Zahlen wurden mit Hilfe eines Weak-Entity *Studierenden* modelliert, die der Kohorte der Studierenden in einem bestimmten Semester (entweder in der Vergangenheit oder im Prognosejahr) in allen Fachsemestern einer Studienrichtung entspricht.

Zur Ermöglichung von Benutzersimulationen muss je Szenario eine Kopie der in Abbildung 12 modellierten Daten angelegt werden, wobei bestimmte Parameter, die bei der offiziellen Prognose aus den vorhandenen Basisdaten errechnet werden (z.B., Curricularanteile, verfügbares Lehrangebot usw.), durch den Benutzer anpassbar gemacht werden müssen. Darüber hinaus kann der Benutzer die gesamte Struktur des Studienangebots editieren, z.B. neue Studienrichtungen einfügen, Zuordnung der Lehreinheiten ändern usw.

Die für Simulationszwecke manipulierbaren Daten und Parameter sind wie folgt:

- *Hochschulstruktur* – Benutzer darf die in der Abbildung 2 dargestellte Hochschulhierarchie (Sektion → Fachbereich → Lehreinheit → Studiengang) ändern, indem strukturelle Einheiten auf jeder Ebene eingefügt, gelöscht oder modifiziert werden können.
- *Studienangebot* – Benutzer darf die angebotenen Studiengänge, als auch ihre Anteilquoten bzw. gewünschten Zulassungszahlen editieren.
- *Lehrnachfrage und Verflechtungsbeziehungen* – Die Lehrnachfrage jeder Studienrichtung kann durch Veränderungen in den beteiligten Lehreinheiten und/oder ihrer Curricularanteile editiert werden.
- *Lehrangebot* – Benutzer kann das verfügbare Lehrangebot je Lehreinheit direkt oder die darunterliegenden Basisdaten editieren.

Im nächsten Abschnitt werden die hier entworfenen Datenmodelle in ein geeignetes logisches Schema überführt.

---

<sup>70</sup> Bei den Fallzahlen werden Studierende, die mehrere Fächer belegen, in jedem dieser Fächer mit Faktor 1 registriert, z.B., ein Studierende im Studiengang mit einem Hauptfach und zwei Beifächern wird als 3 Studierenden gezählt.

#### 4.3.1.2. Logischer Datenbankentwurf

Im logischen Entwurf erfolgt eine Übersetzung des konzeptionellen Schemas mit Hilfe der modellspezifischen Transformationsregeln in das Datenbankmodell des zu verwendenden DBMS, das unter aus der Anforderungsanalyse resultierenden Kriterien weiter optimiert werden kann.<sup>71</sup> In unserem Fall wird der konzeptionelle Entwurf in Form der ER-Diagramme in ein relationales Datenbankschema transformiert.

Die strukturellen Komponenten des Datenmodells sind *Relationen*, *Integritätsbedingungen* und *Schemata*. Die Daten müssen in relationalen Tabellen organisiert werden; die Beziehungen zwischen Datenelementen liegen in Form von referentiellen Integritätsbedingungen vor; die Schemadefinitionen werden mit der Sprache SQL hergeleitet.<sup>72</sup>

Aus Konsistenzgründen ist zwischen Basisdaten und daraus abgeleiteten Parametern zu unterscheiden. Es ist natürlich erwünscht, dass die durch Modifikationen in Basisdaten betroffenen Parameter immer automatisch mitaktualisiert werden. Dies stellen wir über *Views* sicher.<sup>73</sup>

„Ein View bzw. eine ... Sicht ist im Gegensatz zu einer Basistabelle eine „virtuelle“ Tabelle, welche aus einer oder mehreren Basistabellen abgeleitet wird.“<sup>74</sup> Aus Benutzersicht sind Views vollständige Tabellen, aber intern existiert jeweils nur die Definition eines View, dessen Inhalte bei jeder View-Referenzierung neu berechnet werden und damit immer dem aktuellen Datenbestand entsprechen. Es kann eine weitere Optimierung vorgenommen werden, indem die häufig referenzierten Views *materialisiert*, d.h. berechnet und als selbständige Tabellen gespeichert werden. Damit wird die aufwendige Neuberechnung bei jedem Aufruf vermieden. Zur Aktualisierung der Daten in materialisierten Views müssen allerdings zusätzliche Wartungsroutinen definiert werden.

Die Basisdaten werden also in relationalen Tabellen (Basistabellen) gespeichert, wobei die daraus abzuleitenden Parameter (virtuelle Attribute) mit Hilfe von Views ermittelt werden.

Bemerkungen zu Abbildung 13:

- Bei jedem Fremdschlüssel zeigt der Pfeil auf den referenzierten Primärschlüssel einer anderen Relation.
- Jedes Entity wird über ein zusätzliches ganzzahliges ID-Attribut identifiziert, um die Antwortzeiten der Anfragen zu optimieren (Operationen auf ganzen Zahlen sind effizienter als auf Zeichenketten).
- Die zulässigen Wertebereiche einzelner Attribute sind durch Datentypen, die das DBMS zur Verfügung stellt, definiert.

---

<sup>71</sup> Vgl. Vossen G., 2000, S. 77.

<sup>72</sup> Vgl. Vossen G., 2000, S. 115.

<sup>73</sup> Datenbanken bieten in solchen Fällen an, sog. *Constraints* zu definieren, die die Abhängigkeiten zwischen den Daten aufbewahren. Da verschiedene DBMS-Produkte aber unterschiedliche Constraints-Konstrukte zur Verfügung stellen, greifen wir auf die elegantere Lösung der Views zurück.

<sup>74</sup> Vossen G., 2000, S. 134.

Die SQL-Statements, die dieses Schema erzeugen, befinden sich im Anhang E.

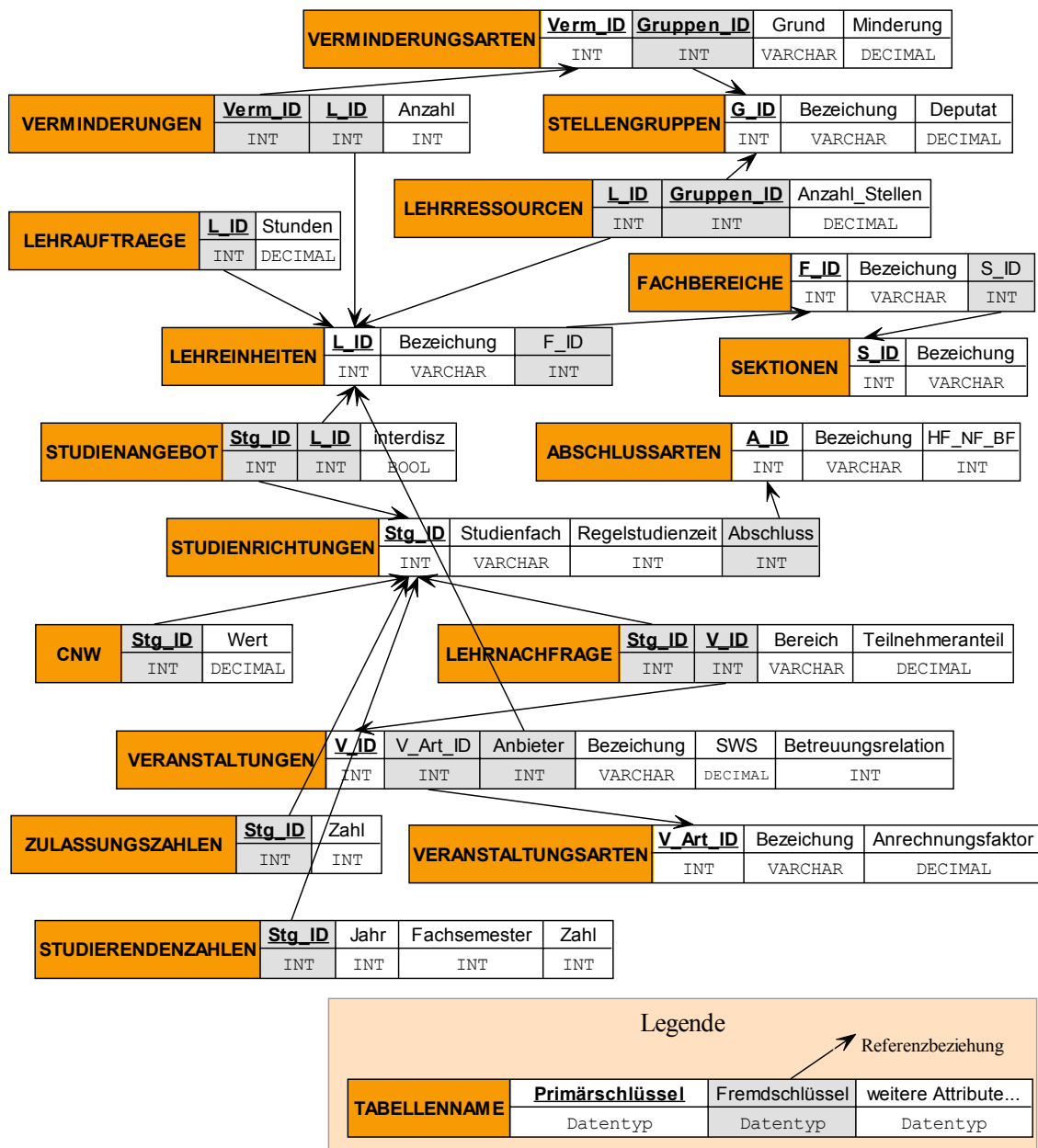


Abbildung 13. Relationales Schema für die Basisdaten des Prognosemodells.

Aus den in den obigen Tabellen gespeicherten Daten können alle weiteren benötigten Parameter durch die Definition von entsprechenden Views gewonnen werden. Als Beispiel betrachten wir nun die Ermittlung des verfügbaren Lehrangebots je Lehreinheiten mit Hilfe der hierarchisch aufeinander aufbauenden Views:

- Aus den Tabellen STELLENGRUPPEN und LEHRRESSOURCEN lässt sich für jede Lehreinheit die Anzahl der Deputatstunden nach dem Stellenplan mit dem folgenden SQL-Statement ermitteln:

```
CREATE VIEW PLANSTUNDEN(L_ID, Stunden) AS (SELECT L_ID,
SUM(Anzahl_Stellen * Deputat) FROM LEHRRESSOURCEN,
STELLENGRUPPEN WHERE Gruppen_ID=G_ID GROUP BY L_ID);
```

- Analog werden aus den Tabellen VERMINDERUNGSARTEN und VERMINDERUNGEN die aus dem Lehrangebot abzuziehenden Stunden mittels eines View berechnet:

```
CREATE VIEW ABZUEGE(L_ID, Stunden) AS (SELECT L_ID,
SUM(Anzahl * Minderung) FROM VERMINDERUNGSARTEN AS va,
VERMINDERUNGEN AS v, WHERE v.Verm_ID=va.Verm_ID GROUP
BY L_ID);
```

- Nun kann aus den beiden oben definierten Views als auch der Basistabelle LEHRAUFTRAEGE ein View mit dem Lehrangebot je Lehreinheit erzeugt werden:

```
CREATE VIEW LEHRANGEBOT_GESAMT(L_ID, Gesamtangebot) AS
(SELECT l.L_ID, p.Stunden-a.Stunden+la.Stunden FROM
LEHREINHEITEN AS l, PLANSTUNDEN AS p, LEHRAUFTRAEGE AS
la, ABZUEGE AS a WHERE l.L_ID=p.L_ID AND l.L_ID=a.L_ID
AND l.L_ID=la.L_ID ORDER BY L_ID);
```

Durch ähnliche zum obigen Beispiel Vorgehensweise erfolgen View-Definitionen zur Ermittlung allen weiteren Berechnungsparameter. Damit ist der Datenbankentwurf abgeschlossen.

#### 4.3.1.3. Data-Warehouse-Anwendung zur Trendanalyse und Datenvisualisierung

Da das zu entwickelnde Produkt neben dem Hauptanwendungszweck eine weitere Aufgabe, nämlich die Akkumulation der Kapazitätsdaten aus den vergangenen Jahren für Zwecke der Trendanalyse hat, gibt es Gründe, diese verschiedenen Aufgaben in getrennten Anwendungen zu implementieren:

- Da die Daten der vergangenen Jahre (außer den Studierendenzahlen der letzten dem Berechnungsjahr vorangegangenen zwei Jahre) für die Prognose und Simulationszwecke nicht gebraucht werden, gehören sie konzeptionell nicht in die Datenbank des Prognosemodells und würde dort nur unnötigerweise Speicher belegen.
- Da diese Daten ausschließlich Zwecken der Trendanalyse und der Unterstützung bei strategischen Entscheidungen dienen, ist zu erwarten, dass darauf seltener als auf die Planungsdaten zugegriffen wird.
- Das Zugriffsmuster der analytischen Anfragen unterscheidet sich wesentlich von dem der üblichen Datenbankanfragen – es werden komplexe Aggregationen gebildet, die zu traversierenden Datenmengen sind sehr groß, es werden mehrere Tabellen miteinander verknüpft usw.

Diese Art von Datenanalyse wird in der Literatur als *OLAP* (Online Analytical Processing) bezeichnet, und dient hauptsächlich zur Realisierung der Decision-Support-Systeme, indem sie folgende Funktionalitäten anbietet:

- Dynamische multidimensionale Analyse aggregierter Daten,
- Navigierende und interaktive Anfragen,
- Visualisierung der Daten,
- Überwiegend lesender Zugriff.<sup>75</sup>

Es gibt eine speziell für die Zwecke der Datenakkumulation und -auswertung optimierte Datenbank, *Data Warehouse* genannt, in welchen „Daten für statistische Auswertungen ... getrennt gesammelt und gehalten werden. Eine Integration von Daten aus den operationalen Datenbanken erfolgt jetzt vor allem zum Bau von Decision Support Systems“<sup>76</sup>, was für das Prognosemodell genau zutrifft.

Da die genauen Anforderungen des Auftraggebers für den Teil Trendanalyse und Datenvisualisierung zur Zeit nicht vorliegen und die Realisierung dieser Programmkomponenten erst in späteren Projektphasen vorgesehen ist, beschränken wir uns im Rahmen dieser Arbeit lediglich auf die allgemeinen Vorschläge zum Einrichten eines Warehouse:

- Wie die Abbildung 8 zeigt, sind die Datenbank und das Warehouse miteinander verbunden, was direktes Extrahieren von Daten aus der Datenbank ermöglicht. Da die Erstellung der Kapazitätsprognose auf jährlicher Basis stattfindet, müssen die Daten auch einmal im Jahr ins Warehouse übertragen werden, und zwar wenn die Berechnungsergebnisse der offiziellen Prognose feststehen.
- Das Warehouse übernimmt das in der Abbildung 13 dargestellte Datenmodell mit einer Modifikation – jede Relation enthält ein zusätzliches Attribut *Berechnungsjahr*, um die Daten für mehrere Jahre akkumulieren zu können. Außerdem werden alle Views materialisiert und als vollständige Basistabellen gespeichert. Also besteht das Warehouse aus den Tabellen mit den Daten, die nun jeweils als Zeitreihen dargestellt werden können. Aus der Tabelle *STUDIENANGEBOT* mit den Attributen *Stg\_ID*, *L\_ID*, *interdisz* und *Berechnungsjahr* können nun beispielsweise die Veränderungen im Studienangebot je Lehreinheit für die vergangenen Jahre zurückverfolgt werden.
- Im Hinblick auf weitere Aktualisierungen bietet es sich an, die Studierendendaten für das jeweils aktuelle Studienjahr, sobald vorhanden, einzufügen, um die Abweichungen zwischen der festgelegten und den tatsächlichen Anfängerzahlen frühzeitig erkennen und berücksichtigen zu können.

---

<sup>75</sup> Vgl. Jarke M., 2000, S. 87-88.

<sup>76</sup> Vossen G., 2000, S. 671.

- Wenn die analytischen Anfragen bekannt sind, können die Daten in den Faktentabellen zur Beschleunigung der Operationen entsprechend zusammengeführt und aggregiert in weiteren Tabellen gespeichert werden, wodurch die Daten als eine Menge von Fakten in einem multidimensionalen Raum betrachtet werden können. Als Dimension werden ein oder mehrere gruppierfähige Attribute genommen.

Die Vorteile der Datenmultidimensionierung können am Beispiel der Dienstleistungsdaten untersucht werden. Im ersten Schritt wird eine Faktentabelle erstellt, die für alle verfügbaren Jahre für jeden Studiengang die Dienstleistungswerte aller beteiligten Lehreinheiten enthält, was durch die Verknüpfung der Tabellen LEHREINHEITEN, STUDIENRICHTUNGEN, ABSCHLUSSARTEN, CURRICULARANTEILE, ZULASSUNGSZAHLEN und SCHWUNDAUSGLEICHSAKTOREN erfolgt:

```
CREATE TABLE DIENSTLEISTUNGSBEDARF(L_ID, L_Name, Stg_ID,
Studienfach, Abschluss, Haupt_Neben_Beifach, Jahr,
Dienstleistungsbedarf) AS (

SELECT l.L_ID, l.L_Name, s.Stg_ID, s.Studienfach,
a.Bezeichnung, a.HF_NF_BF, l.Berechnungsjahr,
c.Wert*z.Zahl*sf.Wert FROM LEHREINHEITEN AS l,
STUDIENRICHTUNGEN AS s, ABSCHLUSSARTEN AS a,
CURRICULARANTEILE AS c, ZULASSUNGSZAHLEN z,
SCHWUNDAUSGLEICHSAKTOREN sf WHERE l.L_ID=c.L_ID
AND s.Stg_ID=c.Stg_ID AND s.Stg_ID=z.Stg_ID AND
s.Stg_ID=sf.Stg_ID AND s.Abschluss=a.A_ID AND
l.Berechnungsjahr=s.Berechnungsjahr AND
s.Berechnungsjahr=a.Berechnungsjahr AND
s.Berechnungsjahr=c.Berechnungsjahr AND
s.Berechnungsjahr=z.Berechnungsjahr AND
s.Berechnungsjahr=sf.Berechnungsjahr AND
(l.L_ID, s.S_ID, l. Berechnungsjahr) NOT IN (

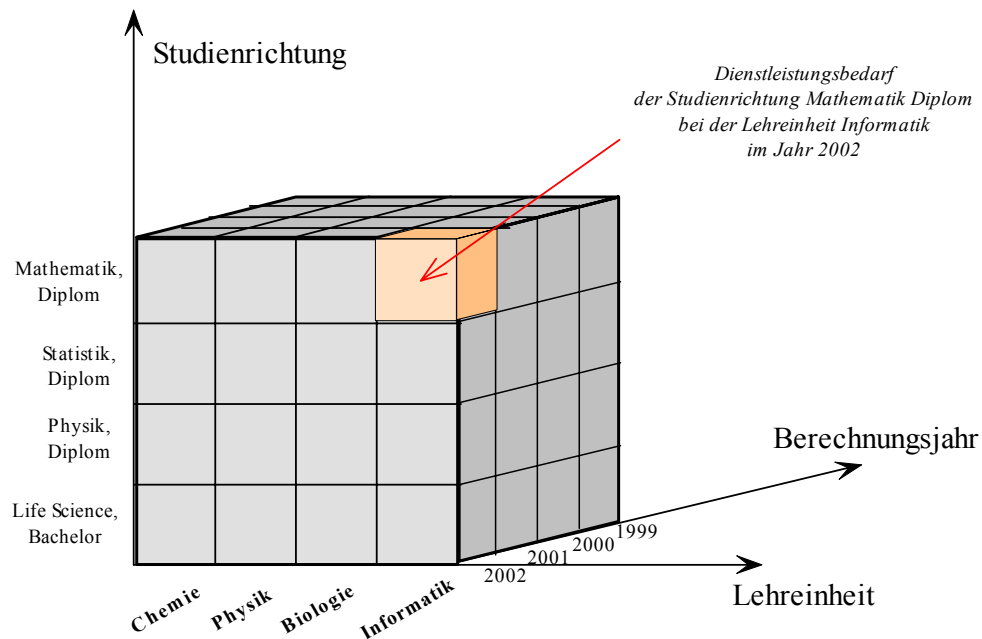
SELECT L_ID, Stg_ID, Berechnungsjahr FROM
STUDIENANGEBOT)

ORDER BY l.Berechnungsjahr, l.L_ID, s.Stg_ID);
```

Aus der Tabelle DIENSTLEISTUNGSBEDARF werden drei Dimensionen, nämlich *Lehreinheit*, *Studienrichtung* und *Berechnungsjahr*, ausgewählt, um die Lehrverflechtungsbeziehungen und ihre Veränderungen mit Hilfe eines *Datenwürfels* zu veranschaulichen. Dabei bilden die Dimensionen die Achsen des Koordinatensystems; durch die Attributwerte entlang der Dimensionen wird der Würfel in Zellen zerlegt, und jeder Zelle wird ein Maß zugeordnet (in unserem Beispiel die Dienstleistungswerte). Dies ist in der Abbildung 14 veranschaulicht.

Das Interessante an der Datenwürfel-Darstellung ist, dass der Würfel vielfältig manipulierbar ist und sich daraus viele weitere Datensichten gewinnen lassen, z.B.:

- Eine Projektion auf die *Lehreinheit-Berechnungsjahr*-Ebene mit Aufsummierung der Werte entlang der *Studienrichtung*-Achse liefert die Zeitreihen mit den Dienstleistungen je Lehreinheit.
- Die 2D-Projektionen (Teilwürfel) auf die *Studienrichtung-Lehreinheit*-Ebene sind die Dienstleistungsmatrizen der jeweiligen Jahre.



**Abbildung 14.** 3D-Datenwürfel zur Visualisierung der Lehrimporte-Daten

Ähnliche mehrdimensionale Darstellungen können für andere Kapazitätsparameter erstellt werden. Eine weitere Verfeinerung des Data-Warehouse-Entwurfs und der darauf basierten Anwendung findet erst in späteren Projektphasen in enger Kooperation mit den potenziellen Benutzern statt und wird daher im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter diskutiert.

#### 4.3.2. Graphische Benutzeroberfläche des Modells

Graphische Benutzerschnittstellen bekommen eine besondere Bedeutung im Zusammenhang mit datenintensiven Anwendungen. Die Anforderungen an die Funktionalität der Benutzerschnittstelle des Prognose-Modells bestehen hauptsächlich darin, dass in großen und komplexen Datenbeständen navigiert werden muss, um eine benutzerdefinierte Auswahl anzuzeigen oder zu verändern.

In den Anforderungen des Auftraggebers wird explizit darauf hingewiesen, dass von den Benutzern keine Datenbank- oder Programmierkenntnisse verlangt werden dürfen, d.h. dass eine benutzerfreundliche graphische Schnittstelle zur Verfügung gestellt werden muss, die den Zugang zu den Daten und Berechnungsfunktionalitäten auf die den Benutzern vertraute Weise anbietet.



Im Prognosemodell wird diese Schnittstelle in Form einer Web-Applikation realisiert, die im Auftrag des Benutzers mit der Datenbank über das Netz kommuniziert, was der mittleren Architekturschicht in der Abbildung 8 entspricht. Im Folgenden wird der Aufbau der Anwendungswebseite skizziert und auf die kritischen Anforderungen eingegangen.

#### *Mehrbenutzer-Modus mit differenzierter Zugangsberechtigung*

Der Einsatz der durch PHP-Skripte dynamisch generierten Inhalte ermöglicht eine sehr flexible Gestaltung der gesamten Anwendung, bei der die verfügbaren Steuerungselemente und Funktionen für jeden Benutzer entsprechend seiner Zugangsberechtigung angezeigt werden. Die potentiellen Benutzer können grundsätzlich in 4 Kategorien aufgeteilt werden:

- *Administratoren* – haben Zugang zu allen Funktionalitäten, können alle Daten modifizieren, als auch den Zugang anderer Benutzer steuern (Benutzerkonten einrichten und sperren, Zugriffrechte ändern usw.).
- *Super-User* – in der Regel gibt es eine für die Erstellung des Kapazitätsberichts zuständige Person. Es muss dementsprechend ein Benutzerkonto eingerichtet werden, mit Schreibberechtigung auf alle Kapazitätsdaten.
- *Schreibberechtigte Benutzer* – da die Daten üblicherweise aus unterschiedlichen Quellen importiert werden müssen, wäre es sinnvoll, den für die Importe der Daten zuständigen Personen die Schreibrechte für die jeweils betroffene Datenmengen zu geben.
- *Gastbenutzer* – Personen, die nur lesend auf das Prognosemodell bzw. Teile davon zugreifen können.

Das Programm läuft direkt im Web-Browser, wird also über eine URL aufgerufen. Die Startseite der Anwendung enthält ein Login-Fenster zur Benutzer-Authentifizierung. Mit den durch die Benutzer eingegebenen Anmeldedaten versucht die Applikation, eine Datenbankverbindung herzustellen. Schlägt die Verbindung fehl, so wird der Zugriff verweigert; ansonsten wird die User-Tabelle der Datenbank abgefragt, zu welcher der oben genannten Zugriffskategorien der Benutzer gehört, um die für diese Kategorie zugeschnittene Benutzerschnittstelle zu generieren. Wir favorisieren eine Frame-basierte Struktur der Anwendungswebseite, um den Navigierungsbereich von dem Ein- und Ausgabefenster zu trennen. Ein weiterer Vorteil ist, dass das Frame mit der Navigationsleiste nur einmal geladen werden muss.

#### *Navigationselemente*

Die auf jeder Seite erscheinenden Menüoptionen befinden sich in einer vertikalen Navigationsleiste im linken Frame und sind in zwei Menüs unterteilt:

1. Navigation zu den Prognosedaten;
2. weitere Funktionalitäten, z. B. Benutzerverwaltung, Erstellung eines Simulationszenarios, Generieren eines Kapazitätsberichts usw.

Zur Erleichterung der Orientierung sind die Kapazitätsdaten in folgende zusammengehörige Blöcke gruppiert:

1. Block 1. **Basisdaten:**

- *Lehrpersonaldaten* (Stellengruppen, Verminderungen, Lehrpersonal, ...)
- *Studienangebotsdaten* (Sektionen, Fachbereiche, Studienrichtungen, ...)
- *Veranstaltungsdaten* (Veranstaltungsarten, angebotene Veranstaltungen)
- *Lehrnachfragedaten* (je Studienrichtung zu belegende Veranstaltungen)
- *Studierendenzahlen* (Anfänger-, Absolventen-, Gesamtzahl, ...)

2. Block 2. **Berechnete Daten:**

- *Curricularanteile* (Curriculareigenanteile und die Anteile der Lehrimporte)
- *Schwundausgleichsfaktoren*
- *Anteilquoten*
- *Verfügbares Lehrangebot.*

Da die Bestandteile der Datenblöcke aus mehreren Tabellen bestehen, werden diese in Untermenüs gruppiert, die als Popup-Fenster ausgebreitet werden, was schnelles Navigieren zu Datentabellen ermöglicht. Das Screenshot in der Abbildung 15 zeigt die Startseite der Applikation und die Navigationsleiste mit dem ausgebreiteten Menü-Item *Lehrpersonal*.

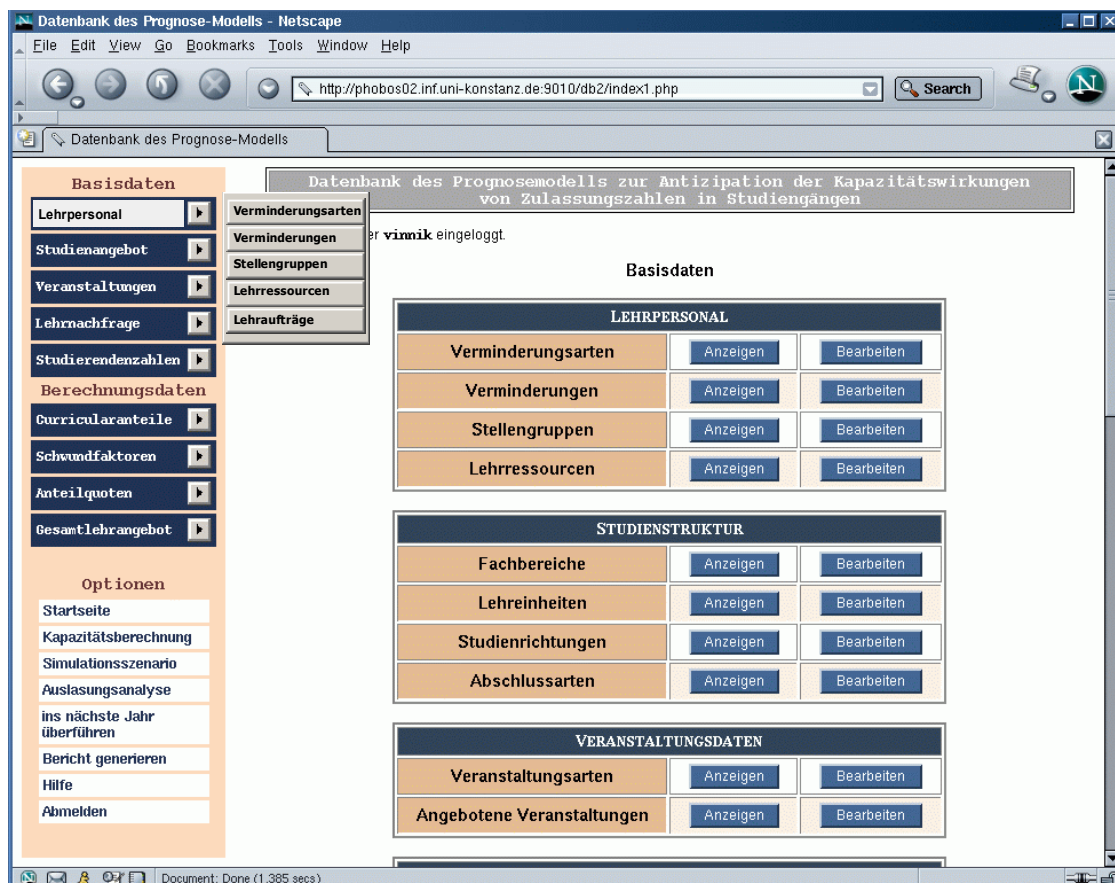


Abbildung 15. Startseite und Navigationsleiste des Prognosemodells

Beim Anklicken eines Hyperlinks bzw. einer Menüoption wird die Seite mit den angeforderten Informationen dynamisch generiert, indem die Daten aus der Datenbank geladen und in Form einer benutzerfreundlichen Tabelle dargestellt werden.

Jede HTML-Seite des Main-Frames enthält weitere kontextspezifische Navigationselemente, die die im jeweiligen Kontext verfügbaren Optionen darstellen und somit den Benutzer durch die Anwendung führen.

### *Einzelne Datensichten*

Die für die Benutzer zu generierenden Datentabellen entsprechen nicht den darunter liegenden relationalen Tabellen der Datenbank, sondern zeigen die Daten in einem für die Benutzer vertrauten und freundlichen Layout. Damit werden die für datenbank- und anwendungsinternen Routinen definierten Attribute, wie z.B. numerische IDs, die zur Identifizierung einzelner Dateneinträge im System und zur Anfrageoptimierung dienen, für die Benutzer transparent gemacht.

Es gibt zwei Modi beim Arbeiten mit den Anwendungsdaten:

1. *Lesemodus* – Die Daten werden angezeigt, ohne Option, sie zu modifizieren. In diesem Modus wird hoher Wert auf die visuelle Darstellung gelegt.
2. *Schreibmodus* – Die Tabellen werden um die Optionen zur Modifikation der Datenfelder erweitert. Die Datenverarbeitung erfolgt über die HTML-Formulare, die kontextspezifisch entworfen werden müssen, um die zu gewährleistenden Integritätsbedingungen einzukapseln.

Abbildung 16 enthält einen Ausschnitt aus der Anwendungsseite, wo der Benutzer über ein Formular intuitiv und transparent einen neuen Studiengang einfügen kann. Die Aufbewahrung der referentiellen Beziehungen zwischen den Tabellen STUDIENRICHTUNGEN, ABSCHLUSSARTEN und STUDIENANGEBOT erfolgt durch die Aufforderung, die Werte aus den entsprechenden <SELECT>-Elementen<sup>77</sup> auszuwählen.

Hier können Sie einen neuen Studiengang einfügen:

**Studiengangsname:**

**Abschlussart:**  
  
  
 Diplom  
 Staatsexamen  
 Lehramt / HF  
 Lehramt / BF  
 Magister / HF  
 Magister / NF  
 Bachelor  
**Master**  
 Lizentiat

**zuständige Lehrereinheit(en):**  
 (STRG+Klicken um mehrere zu markieren)

**Abbildung 16.** Dialogelement einer kontextspezifischen Einfügeoperation

<sup>77</sup> <SELECT> ist ein HTML-Konstrukt, das die Formularfelder mit auswählbaren Optionen erzeugt.

Andere Funktionalitäten des Modells sind auf ähnliche Weise implementiert und werden hier nicht weiter erklärt. Eine ausführliche Beschreibung der gesamten Anwendung muss im weiteren Verlauf des Projektes in Form eines Benutzerhandbuches erfolgen.

### 4.3.3. Simulationskomponente des Modells

Die Erstellung eines Benutzerszenarios ist mit hoher serverseitiger Belastung verbunden, denn zur Verhinderung der Verunreinigung der offiziellen Daten muss für jede Simulation sowohl eine Kopie des gesamten Datenbestandes angelegt als auch ein datenintensiver Ergebnisbericht zurück in die Datenbank gespeichert werden.


Unter Berücksichtigung der verfügbaren Speicherkapazitäten muss die Simulationsberechtigung und die Einschränkung der Anzahl der serverseitig abzuspeichernden Simulationsszenarien je Benutzer durch den Administrator gesteuert werden. Für jeden berechtigten wird auf dem DB-Server ein Benutzerschema angelegt und eine Festplattenquota zugeteilt, wo die lokalen Kopien der Datenbank und die Simulationsergebnisse abgespeichert werden.

Benutzersimulationen werden in folgenden Phasen erstellt und durchgeführt:

- Beim Anklicken des „Simulationsszenario“-Buttons in der Navigationsleiste wird die Seite mit den Simulationsinformationen (Maximale Anzahl der abzuspeichernden Szenarien und Links zu bereits erstellten Szenarien, zu denen sowohl eigene als auch durch andere Benutzer veröffentlichte Szenarien gehören.) und -optionen des jeweiligen Benutzerprofils geladen.
- Beim Auswählen der „Neues Szenario“-Option wird eine Kopie der Datenbank in das Benutzerschema der Datenbank kopiert und zum Editieren freigegeben. Der Benutzer muss dann eins der beiden folgenden Berechnungsmodelle auswählen:
  - Kapazitätsberechnung - Ausgabe sind die kapazitären Zulassungszahlen für die eingegebene Einstellung;
  - Auslastungsberechnung – Ausgabe ist das für die eingegebenen Zulassungszahlen erforderliche Lehrangebot, Anpassungsbedarf und die Auslastung bei den gegebenen personellen Kapazitäten.

Abhängig von dem ausgewählten Modell werden die Daten jeweils als entweder die einzugebenden oder als die zu ermittelnden definiert.

- Es gibt zwei Abstraktionsstufen bei der Eingabe bzw. Modifikation der Daten:
  - *Modifikation ausschließlich der Basisdaten.* Alle abzuleitenden Parameter werden dann dementsprechend aktualisiert. Dieses Szenario stellt sicher, dass alle Eingabedaten konsistent sind, hat aber den Nachteil, dass die aus den Basisdaten abzuleitenden Parameter nicht direkt modifiziert werden können.

- *Direkte Manipulation der abzuleitenden Daten.* Falls der Benutzer die von den Basisdaten abhängigen Parameter, wie Curricularanteile, Gesamtlehrangebot usw., direkt ändern will, werden bei der Auswahl dieser Option die Werte in den entsprechenden Tabellen von den darunterliegenden Daten getrennt und als Basisdaten behandelt.
- Nachdem alle gewünschten Eingaben gemacht wurden, werden die Eingabedaten mit dem Klick auf den -Button an den Berechnungsalgorithmus übergeben, und die Ergebnisse werden in tabellarischer Form zurück gesendet.
- Nun kann der Simulationsbericht erstellt werden, wobei das Format und die zu beinhaltenden Ein- und Ausgabetafeln durch den Benutzer zu spezifizieren sind.
- Das Simulationsszenario kann bei Bedarf in die Datenbank gespeichert und später wieder geladen und weiter bearbeitet werden.
- Es besteht eine Option, die abgespeicherten Simulationsszenarien zu veröffentlichen, d.h. für andere Benutzer lesbar oder sogar editierbar zu machen. Diese Option ist von hohem Nutzen für die Online-Zusammenarbeit.

Im nächsten Kapitel werden die in diesem Abschnitt beschriebenen Funktionalitäten für die beiden Berechnungsmodelle getestet, indem die Kapazitätsprognose für die Universität Konstanz im Studienjahr 2003/04 mit Hilfe des entwickelnden Prognosemodells erstellt wird und die Ergebnisse mit den offiziellen verglichen werden.

## 5. Evaluierung des Prognosemodells

In diesem Kapitel werden das Prognoseverfahren und seine Implementierung evaluiert, wobei beide im Kapitel 3 beschriebenen Berechnungsmodelle – sowohl die modifizierte Ermittlung der Aufnahmekapazität als auch die Auswertung der nachfrageorientierten Zulassungsszenarien – getestet werden.

Entsprechend der Aufgabe verläuft die Evaluation in zwei Schritten: Im ersten werden die Auswirkungen der im eigentlichen Kapazitätsverfahren vorgenommenen Modifikationen untersucht, und im zweiten erfolgt die Auslastungsberechnung für ein konkretes Benutzerszenario. Allen Berechnungen liegen statistische Daten der Universität Konstanz zugrunde, die aus der offiziellen Kapazitätsberechnung für das Studienjahr 2003/04 importiert wurden.

### 5.1. Prognose der Aufnahmekapazität nach dem modifizierten Kapazitätsverfahren

Wie im Kapitel 3 beschrieben, liegt der grundsätzliche technische Unterschied zwischen dem neuen Verfahren zur Ermittlung der Zulassungszahlen und dem der KapVO darin, dass die Abschätzung der Dienstleistungen durch eine simultane Berechnung ersetzt wurde und dass interdisziplinäre Studiengänge nach einem einheitlichen Verfahren berücksichtigt werden. Das neue Verfahren liefert somit immer eine konsistente Lösung für das gesamte System, während Konsistenz für die gemäß der KapVO ermittelten Werten nicht garantiert werden kann. Die Auswirkungen dieser Modifikation werden sichtbar, wenn die für dieselben Basisdaten<sup>78</sup> nach dem neuen und nach dem bisherigen Verfahren ermittelten Zulassungszahlen miteinander verglichen werden. Die Berechnungsergebnisse nach KapVO und diejenigen des neuen Prognosemodells sind in der Tabelle 15 in folgender Form präsentiert: Für jeden Studiengang sind die Zulassungszahlen nach KapVO und die mit dem neuen Modell berechneten aufgelistet; daneben enthält die Tabelle die Abweichungen in Fall- und in Kopffzahlen. Da es sich bei den kapazitären Zulassungszahlen um Fallstatistiken handelt, muss zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Zahlen die Abweichung in Kopffzahlen<sup>79</sup> berechnet werden, die sich aus der Gewichtung der Fallzahlen mit folgenden Faktoren ergibt:

- ▀ 0,5 für Magister- und Lehramtstudienrichtungen im Hauptfach,
- ▀ 0,25 für Magister- und Lehramtstudienrichtungen im Neben- bzw. Beifach,
- ▀ 1,0 für alle anderen Abschlussarten.

Die Abweichungen können als derjenige Fehler interpretiert werden, der durch ungenaue Abschätzung der Dienstleistungen im Kapazitätsmodell der KapVO entsteht<sup>80</sup>.

<sup>78</sup> Die Eingabedaten in der Matrixdarstellung befinden sich im Anhang C.

<sup>79</sup> Entspricht der letzten Spalte in Tabelle 15.

<sup>80</sup> Andere Faktoren, die zu abweichenden Ergebnissen beigetragen haben, sind Inkonsistenzen in den im Rahmen der offiziellen Prognose ermittelten Curricularanteilen.

**Tabelle 15.** Prognose der Zulassungszahlen für das Studienjahr 2003/04.

Studiengang	Zulassungszahl		Abweichung	
	KapVO	Prognosemodell	Fallzahlen	Kopfzahlen
Mathematik Diplom	16	22	-6	-6
Mathematik LA HF	32	44	-12	-6
Mathematik LA BF	3	3	0	0
Mathematik MA NF	3	3	0	0
Statistik MA NF	3	3	0	0
Inf. Engineering Bachelor	107	105	2	2
Inf. Engineering Master	25	24	1	1
Informatik MA NF	17	16	1	0,25
Informatik LA BF	7	6	1	0,25
Physik Diplom	121	110	11	11
Physik LA HF	22	20	2	1
Chemie Diplom	129	114	15	15
Chemie LA HF	41	36	5	2,5
Biologie Diplom	110	163	-53	-53
Biologie LA HF	20	22	-2	-1
Biologie Bachelor	20	23	-3	-3
Biologie Master	5	6	-1	-1
Psychologie Diplom	88	94	-6	-6
Philosophie MA HF	102	102	0	0
Philosophie MA NF	124	123	1	0,25
Philosophie LA HF	0	0	0	0
Ethik LA HF	22	22	0	0
Philosophie Bachelor	6	5	1	1
Geschichte MA HF	34	36	-2	-1
Geschichte MA NF	46	53	-7	-1,68
Geschichte LA HF	66	70	-4	-2
Geschichte LA BF	8	8	0	0
Geschichte Bachelor	46	52	-6	-6
Soziologie MA HF	153	152	1	0,5
Soziologie MA NF	35	35	0	0
Sportwiss. LA HF	43	61	-18	-9
Sportwiss. Bachelor	9	11	-2	-2
Anglistik MA HF	134	134	0	0
Anglistik MA NF	73	72	1	0,25
Englisch LA HF	62	62	0	0
Englisch LA BF	4	4	0	0
Germanistik MA HF	97	96	1	0,5
Germanistik MA NF	35	34	1	0,25
Deutsch LA HF	67	67	0	0
Deutsch LA BF	8	7	1	0,25
Kunst- u. Medien. MA NF	130	130	0	0
Kunst- u. Med. Bachelor	17	17	0	0
Romanistik MA HF	108	108	0	0
Romanistik MA NF	90	90	0	0
Romanistik LA HF	134	133	1	0,5
Romanistik LA BF	33	33	0	0
Slavistik MA HF	88	92	-4	-2
Slavistik MA NF	79	83	-4	-1
Russisch LA HF	7	6	1	0,5
Russisch LA BF	2	2	0	0
Rechtswiss. Staatsexam	296	319	-23	-23
Rechtswiss. MA NF	19	20	-1	-0,25
VWL Diplom	100	119	-19	-19
VWL MA NF	43	51	-8	-2
Wirtschaftspäd. Diplom	65	76	-11	-11
Intern. Econ. Rel. Master	30	35	-5	-5
Verwaltung. Diplom	0	0	0	0
Politikwiss. LA HF	9	10	-1	-0,5
Politikwiss. MA HF	0	0	0	0
Verwaltung. Bachelor	161	188	-27	-27
		<b>Gesamtfehler</b>	-174	-148

Der akkumulierte Fehler von *-148* bedeutet, dass der offizielle Festsetzungsvorschlag 148 Studienplätze weniger anbietet, als für die Erfüllung des Ausschöpfungsgebots notwendig wäre, es fand also überwiegend eine Unterschätzung der Aufnahmekapazitäten statt.



Um das Modellverhalten weiter zu untersuchen, betrachten wir die berechneten Aufnahmekapazitäten auf der Lehreinheitsebene. Tabelle 16 enthält die ermittelten Aufnahmekapazitäten je Lehreinheit ohne Schwund und die absolute Differenz zwischen den offiziellen und den nach dem neuen Verfahren berechneten Werten.

**Tabelle 16.** Prognose der Aufnahmekapazitäten je Lehreinheit.

Lehreinheit	Aufnahmekapazität ohne Schwund		Abweichung (absolut)	Abweichung %
	KapVO	Prognosemodell		
Mathematik und Statistik	38,84	54,11	-15,27	-28,22
Sportwissenschaft	46,67	57,79	-11,12	-19,25
Wirtschaftswissenschaften	171,41	204,30	-32,89	-16,10
Politik und Verwaltungswiss.	169,20	197,98	-28,78	-14,54
Biologie	152,13	166,54	-14,40	-8,65
Rechtswissenschaften	240,00	258,26	-18,26	-7,07
Geschichte	144,35	154,55	-10,19	-6,60
Psychologie	88,42	93,87	-5,45	-5,80
Slavistik	97,23	100,87	-3,64	-3,60
Philosophie	116,01	116,08	-0,07	-0,06
Anglistik	139,73	139,73	0,00	0,00
Romanistik	176,43	176,43	0,00	0,00
Germanistik	134,06	134,06	0,00	0,00
Kunst- und Medienwiss.	92,55	92,55	0,00	0,00
Soziologie	124,54	124,23	0,31	0,25
Informatik	124,05	121,61	2,44	2,01
Physik	105,81	97,28	8,53	8,77
Chemie	80,64	71,92	8,72	12,13

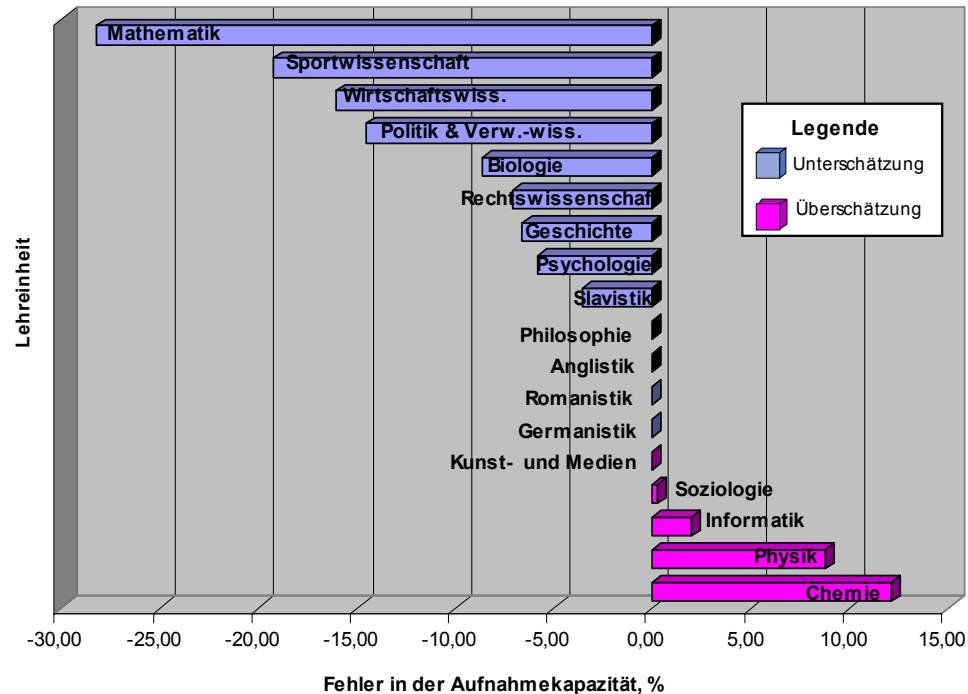
Die Einträge in der Tabelle 16 sind absteigend nach dem prozentualen Abweichungswert sortiert, was uns erlaubt, die Lehreinheiten gruppiert nach dem Abweichungsmuster zu betrachten. Zur Veranschaulichung sind die Abweichungswerte in der letzten Spalte der Tabelle 16 in Form eines Diagramms in der Abbildung 17 dargestellt.

Aus dem Diagramm lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Bei den Lehreinheiten, die keine Dienstleistungen zu erbringen haben, stimmen die Aufnahmekapazitäten überein, was die Vermutung bestätigt, dass Fehlerhaftigkeiten in der Kapazitätsmodell der KapVO durch falsche Abschätzung der Dienstleistungen verursacht werden.
- Die Aufnahmekapazitäten wurden überwiegend unterschätzt, was offensichtlich durch Überschätzung der Dienstleistungswerte entsteht. Diese Überschätzung kann nur dadurch entstehen, dass die für die Berechnung zu nehmenden Anfängerzahlen bereits den Schwundausgleich enthalten und daher meistens höher sind als die durch sie abgeschätzten Aufnahmekapazitäten für die Dienstleistungsberechnung.



- Die Richtung der Abweichung lässt sich nicht direkt interpretieren, da sich die Ergebniszahlen aus komplexen Verflechtungsbeziehungen ergeben und sich jeder Fehler mehrfach auf die Ergebniszahlen anderer Lehreinheiten propagiert.



**Abbildung 17.** Fehlerhaftigkeit der gemäß KapVO ermittelten Aufnahmekapazitäten

Die Vergleichsanalyse bestätigt, dass die statische Berechnung der Dienstleistungen im bisherigen Kapazitätsmodell zu inkonsistenten Ergebnissen führen kann, was unter Anwendung des simultanen Berechnungsverfahrens nicht möglich ist.

## 5.2. Auslastungswirkungen der offiziell ermittelten Zulassungszahlen

Nachdem sich durch das im vorigen Abschnitt beschriebene Berechnungsexperiment herausgestellt hat, dass die offiziell ermittelten Aufnahmekapazitäten der meisten Lehreinheiten für das Studienjahr 2003/04 Inkonsistenzen enthalten, bietet es sich an, die Auslastungswirkungen dieser Zahlen zu untersuchen. Für diesen Zweck ist das zweite Verfahren geeignet, das für die eingegebenen Zielgrößen die erforderliche personelle Ausstattung berechnet.

Die Eingabedaten sind also dieselben, wie in der vorigen Berechnung, außer dass die Aufnahmekapazitäten in diesem Fall als gegeben betrachtet werden. Die Ergebnisse der Evaluation für die offiziellen Zulassungszahlen, die in der ersten Spalte der Tabelle 15 enthalten sind, sind in der Tabelle 17 zusammengefasst. Aus der absoluten Differenz zwischen dem erforderlichen und dem verfügbaren Lehrangebot ergibt sich in der dritten Tabellenspalte der Anpassungsbedarf je Lehreinheit in Deputatsstunden zur Wiederherstellung der Auslastung von 1,0.

Die letzte Spalte enthält den zu erwartenden Auslastungsgrad, der sich bei den meisten Lehreinheiten, die in Dienstleistungsbeziehungen involviert sind, von 1,0 abweicht.

**Tabelle 17.** Berechnungsergebnisse der Auslastungsanalyse<sup>81</sup>

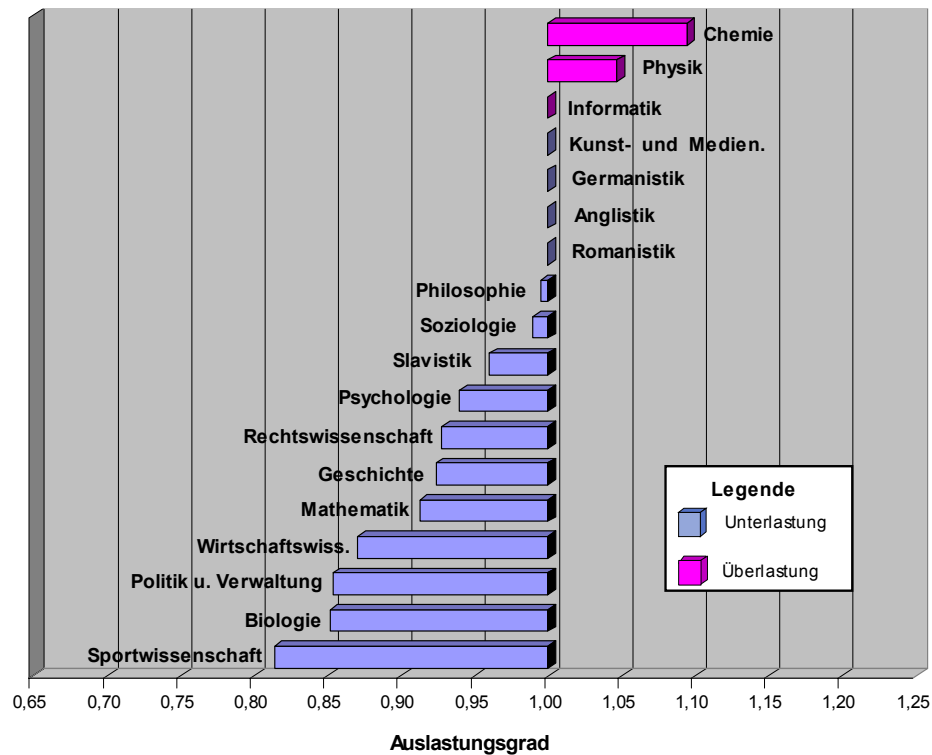
Lehreinheit	Gesamtlehrangebot		Anpassungsbedarf	Auslastung
	erforderlich	verfügbar		
Mathematik und Statistik	157,4	172,5	-15,1	0,91
Informatik	138,1	137,5	0,6	1,00
Physik	251,7	240,5	11,2	1,05
Chemie	227,1	207,5	19,6	1,09
Biologie	346,3	406,5	-60,2	0,85
Psychologie	170,1	181,0	-10,9	0,94
Philosophie	67,6	68,0	-0,4	0,99
Geschichte	103,9	112,5	-8,6	0,92
Soziologie	103,9	105,0	-1,1	0,99
Sportwissenschaft	66,3	81,5	-15,2	0,81
Anglistik	99,0	99,0	0,0	1,00
Germanistik	92,0	92,0	0,0	1,00
Kunst- und Medienwissenschaften	38,0	38,0	0,0	1,00
Romanistik	127,0	127,0	0,0	1,00
Slavistik	57,8	60,0	-2,2	0,96
Rechtswissenschaften	257,1	277,0	-19,9	0,93
Wirtschaftswissenschaften	172,8	198,5	-25,7	0,87
Politik und Verwaltungswissenschaften	117,8	138,0	-20,2	0,85
			Durchschnittliche Auslastung	0,95

Interessanterweise ergibt sich in diesem Szenario bei der aufsteigenden Sortierung nach Auslastung eine andere Reihenfolge, als bei der Kapazitätsberechnung im vorigen Abschnitt (vgl. Abbildung 17 und Abbildung 18). Die Erklärung dafür ist, dass durch dynamische Berechnung der Dienstleistungen veränderte Lehrimportwerte entstehen, z.B. eine stark unterschätzte Aufnahmekapazität der Lehreinheit Mathematik führt zu verringerten Dienstleistungswerten, und somit der Auslastung, bei allen an der Ausbildung in den dieser Lehreinheit zugeordneten Studiengängen beteiligten Lehreinheiten.

Die Richtung der Abweichung stimmt dennoch in den beiden Berechnungen überwiegend überein: bei den Lehreinheiten, deren Aufnahmekapazitäten bei der offiziellen Prognose unterschätzt wurden, ergibt sich der Auslastungsgrad kleiner als 1,0, und umgekehrt.

Das Diagramm in Abbildung 18 stellt die Lehreinheiten mit ihren Auslastungsgraden visuell dar, und zwar absteigend sortiert nach dem Auslastungswert, um den Vergleich zu den Ergebnissen der Kapazitätsberechnung in Abbildung 17 zu ermöglichen.

<sup>81</sup> Die durchschnittliche Auslastung wurde aus den um die absolute Größe des Lehrangebots gewichteten Auslastungen einzelner Lehreinheiten berechnet, beschreibt also die durchschnittliche Auslastung je Lehrperson, nicht je Lehreinheit.



**Abbildung 18.** Zu erwartende Auslastung der Lehreinheiten im Studienjahr 2003/04

Ob die durch die offizielle Prognose festgesetzten Zulassungszahlen trotz der Nachberechnung nach dem modifizierten Prognoseverfahren als akzeptabel betrachtet werden können, hängt von dem gewünschten Zulässigkeitsbereich des Auslastungsgrades ab. Da an der Universität Konstanz die Auslastung von  $0,8$  bis höchstens  $1,0$  als normal angesehen wird, müssen die Korrekturmaßnahmen für mindestens die zwei Lehreinheiten *Chemie* und *Physik* getroffen werden.

Die beiden Evaluationen der offiziell gemäß der KapVO ermittelten Aufnahmekapazitäten haben bestätigt, dass durch die im Rahmen dieser Arbeit vorgeschlagenen Modifikationen des Kapazitätsberechnungsverfahrens eine erhebliche Erhöhung der Korrektheit und der Konsistenz der Kapazitäts- bzw. der Auslastungsprognose erreicht werden kann.

## Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel der Arbeit bestand in der Entwicklung eines neuen Berechnungsverfahrens zur Unterstützung einer nachfrageorientierten Steuerung des Studienangebots und dessen Umsetzung in ein Softwareprodukt. Der Ausgangspunkt beim konzeptionellen Entwurf war eine tiefgreifende Untersuchung des bestehenden Kapazitätsmodells, wobei eine Reihe von Problemen festgestellt wurde, die die allgemeine Zuverlässigkeit des Verfahrens stark beeinträchtigen:

- ▀ Die statische Abschätzung der Dienstleistungen führt zur unvollständigen Berücksichtigung der Lehrverflechtungsbeziehungen;
- ▀ Es gibt keinen einheitlichen Mechanismus zur Behandlung interdisziplinärer Studiengänge, deren Anteil in der Studienstruktur künftig zunehmen dürfte;
- ▀ Die Ist-Auslastung, d.h. die aktuelle Auslastung durch die Studierenden in allen Fachsemestern bleibt unberücksichtigt.

Bei der Entwicklung des neuen Verfahrens wurden im ersten Schritt die oben genannten Nachteile beseitigt und das dadurch entstandene Kapazitätsmodell als Rechengrundlage für das nachfrageorientierte Modell übernommen.

Die Kernfunktionalität des neuen Prognosemodells besteht in der Auswertung der Studienangebotsszenarien, wobei die gewünschten Zulassungszahlen wie auch die kapazitätsbestimmenden Parameter durch den Benutzer eingegeben bzw. angepasst werden können. Der Vorteil im Vergleich zum bisherigen Kapazitätsverfahren liegt also darin, dass sich nicht nur eine singuläre aus den vorhandenen Lehrkapazitäten abzuleitende Prognose, sondern mehrere Studienangebotsszenarien erstellen und analysieren lassen, was eine nützliche quantitative Unterstützung der Planungsentscheidungen der zuständigen Hochschulgremien anbieten dürfte.

Das Grundverfahren wurde um zusätzliche Funktionalitäten erweitert, die optional für die Ziele einer tiefgreifenden Untersuchung der Kapazitäts- und Auslastungswirkungswirkungen im Sinne eines „Frühwarnsystems“ eingesetzt werden können. Es handelt sich dabei um die Überprüfung der Gesamtauslastung, die unter der Annahme der geplanten Anfängerzahlen entstehen würde, und um ein Korrekturverfahren, mit dem die zur Beseitigung bzw. Minimierung der Auslastungsstörungen benötigten Anpassungen berechnet werden können.

Konsistenz und Korrektheit der im Rahmen des neuen Prognoseverfahrens ermittelten Ergebniszahlen werden durch die Lösung eines linearen Gleichungssystems, das alle Basisparameter und ihre Zusammenhänge umschließt, gewährleistet. Diese neue Lösung ist effizient durchführbar (wobei EDV-Unterstützung vorausgesetzt wird), denn sie ergibt sich aus wenigen Matrixmanipulationen ohne redundante Datenspeicherung.

Die Umsetzung in ein rechnergestütztes Modell fand unter Berücksichtigung der durch den Auftraggeber (Universität Konstanz) gestellten Anforderungen wie auch der technischen

Rahmenbedingungen und der allgemeinen Softwareentwicklungsrichtlinien statt, wobei im Rahmen dieser Arbeit lediglich ein funktionsfähiger Prototyp implementiert und getestet wurde.

Da es sich um eine datenintensive netzwerkfähige Anwendung für Mehrbenutzerbetrieb handelt, die die Funktionalitäten eines *Decision-Support-Systems* (d.h. Unterstützung strategischer Entscheidungen aufgrund der aufwendigen Datenanalyse) erfüllen soll, wurde die für diese Art von Applikationen übliche Softwarearchitektur ausgewählt, nämlich eine datenbankgestützte Webapplikation, die direkt über einen Webbrowser zugänglich ist. Dynamische Inhalte werden dabei über die im HTML-Code eingebetteten PHP-Skripte erzeugt, die für die Kommunikation zwischen der Applikation und der Datenbank zuständig sind.

Der Auftraggeber sieht voraus, dass in späteren Projektphasen eine Erweiterung des eigentlichen Prognosemodells um *OLAP*-Funktionalitäten implementiert werden soll, um die kapazitätsrelevante Daten der vergangenen Jahre in Form eines multidimensionalen Datenraums darstellen zu können und mit Hilfe der *Data-Mining*-Methoden neue Erkenntnisse über die Entwicklung von Studienangebot und –nachfrage zu gewinnen. Im Rahmen der Arbeit wurde der Entwurf eines für dieses Ziel benötigten *Data-Warehouses* diskutiert; seine Vorteile wurden anhand eines Beispiels demonstriert.

Bei der Entwicklung der graphischen Benutzeroberfläche wurde insbesondere darauf geachtet, dass die Erwartungen und die Anforderungen der Zielgruppe erfüllt werden – intuitiver Umgang, Vertrautheit, Sicherheit, Verständlichkeit, Orientierung, Navigierbarkeit, Kontexthilfen, Flexibilität, Fehlertoleranz, Stabilität, Reparierbarkeit, um die wichtigsten zu nennen. Durch geeignete Abstraktionen, extensive Vorbeugung fehlerhafter Benutzeraktionen, aussagekräftige Fehlermeldungen, kontextorientierte Hinweise und Hilfen und semantisch reiche Dialogelemente werden die intern-technischen Implementierungs- und Funktionsaspekte für den Benutzer transparent gemacht, was zu hoher Erlernbarkeit des Softwareproduktes selbst für unerfahrene Benutzer führt.

Der konzeptionelle Beitrag dieser Arbeit besteht darin, dass es für das neue Paradigma der nachfrageorientierten Steuerung des Studienangebots, das in Zukunft weiter an Bedeutung zunehmen wird eine konkrete Realisierung vorgeschlagen wurde, die einerseits völlig kompatibel zum geltenden Kapazitätsmodell ist, und andererseits fortgeschrittene Simulations- und Analysefunktionalitäten anbietet, die bisher bei den Studienplanungsprozessen nicht zur Verfügung standen.

Ein weiterer potentieller Beitrag könnte dadurch entstehen, dass die für die Reformierung der KapVO zuständigen Gremien auf die im Teil des Kapazitätsmodells der KapVO vorgeschlagenen Modifikationen aufmerksam gemacht werden, um diese Vorschläge in einem neuen Entwurf eventuell zu berücksichtigen.

Die praktische Bedeutung des entworfenen Prognosemodells liegt darin, dass die Universität Konstanz bereits im nächsten Studienjahr von der verbesserten Qualität der Kapazitätsprog-

nose profitieren kann. Die im letzten Kapitel vorgeführte Evaluierung der für das Studienjahr 2003/04 ermittelten Zulassungszahlen hat bestätigt, dass die Festsetzung der Zulassungszahlen gemäß der KapVO verborgene dauerhafte Auslastungsstörungen verursacht, die mit dem Umstieg auf das neue Prognosemodell frühzeitig erkannt werden können.

Ein hoher Mehrwert des neuen Prognosemodells ergibt sich auch für die Öffentlichkeit, da das Kapazitätsermittlungsverfahren keine „Black-Box“ mehr ist: bisher war der Ablauf der Berechnung nur für die Kapazitätsexperten nachvollziehbar und zugänglich, während das Simulationsmodell die Möglichkeit eines schnellen Einstiegs in die Kapazitätsthematik bietet, wodurch allgemein die Kompetenz und die Qualität der Planungsdiskussionen in Zukunft erhöht werden können.

Es gibt allerdings noch zahlreiche Hindernisse beim Umstieg auf das neue Prognosemodell an der Universität Konstanz, die hauptsächlich mit mangelhaft aufbereiteten Daten zusammen hängen. Insbesondere kann hier auf folgende Probleme hingewiesen werden:

- Die Bildung der Curricularanteile erfolgte bisher nicht durch Berechnung von Curricularwerten einzelner Veranstaltungen, sondern aufgrund einer Schätzung. Um die vollständige Berechnung zu ermöglichen, müssen alle dafür benötigten Veranstaltungsdaten erfasst werden. Solange diese Informationen nicht vorliegen, ist das Modell auf die alten Schätzungswerte bzw. auf die durch Benutzer direkt eingegebene Curricularanteile angewiesen ist.
- Die Aufteilung der Fachbereiche in Lehreinheiten muss generisch erfolgen, d. h. diejenigen Lehreinheiten, die bisher aus Vereinfachungsgründen bei der Kapazitätsberechnung gruppiert behandelt oder ganz weggelassen wurden, müssen disjunkt und vollständig berücksichtigt werden. Ansonsten ergibt sich eine unvollständige Darstellung des gesamten Systems, was eine konsistente Vorgehensweise bei der Prognose verhindert.
- Im Teil der Lehrimporte von interdisziplinären Veranstaltungsblöcken, wo die Studierenden die zu belegenden Veranstaltungen selbst aussuchen, ist das Prognosemodell auf Feedback-Informationen bezüglich der Prüfungsleistungen auf Fachbereichsebene angewiesen. Alternativ können die Daten über die tatsächlich ausgewählten Veranstaltungen direkt durch die Abfrage der Studierenden gewonnen werden, indem diese aufgefordert werden, entsprechende Feedbackformulare auszufüllen oder sich für solche Veranstaltungen über ein Online-Anmeldungstool explizit anzumelden.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass das entstandene softwaregestützte Prognosemodell aufgrund seines generischen Entwurfs und seiner Plattformunabhängigkeit mit geringem Installations- und Anpassungsaufwand an anderen Hochschulen eingesetzt werden könnte.

## Glossar

Quelle: Referat IX/3 Kapazitätsangelegenheiten, Bayerische Julius-Maximilians-Universität.

<b>Anrechnungsfaktoren/ Betreuungsfaktoren</b>	Einzelne Lehrveranstaltungen werden je nach der zeitlichen Belastung der Dozenten auf das Lehrdeputat angerechnet.
<b>Anteilquote</b>	Das Verhältnis der jährlichen Aufnahmekapazität eines der Lehrereinheit zugeordneten Studiengangs zur Summe der jährlichen Aufnahmekapazitäten aller der Lehrereinheit zugeordneten Studiengänge.
<b>Aufnahmekapazität</b>	Zahl der Studienplätze, die in einem Studiengang in einem Berechnungsjahr zur Verfügung stehen. Bei Studiengängen, die zu einem Winter- und Sommersemester aufgenommen werden können, wird die jährliche Aufnahmekapazität aufgeteilt.
<b>Ausschöpfungsgebot</b>	Zulassungszahlen sind so festzusetzen, dass unter Berücksichtigung der personellen, räumlichen, sächlichen und fachspezifischen Gegebenheiten eine erschöpfende Nutzung der Ausbildungskapazität erreicht wird. Bei der Erprobung neuer Studiengänge kann hiervon abgewichen werden.
<b>Berechnungstichtag</b>	Die jährliche Aufnahmekapazität wird auf Grundlage der Daten eines Stichtages ermittelt, der nicht mehr als neun Monate vor dem Beginn des Berechnungszeitraumes liegt.
<b>Berechnungszeitraum</b>	Die Aufnahmekapazität wird immer für ein Studienjahr ermittelt, das aus einem Wintersemester und dem darauf folgenden Sommersemester besteht.

<b>Curricularnormwert</b>	Der Curricularnormwert, kurz als CNW bezeichnet, bestimmt den in Deputatstunden gemessenen Aufwand aller beteiligten Lehreinheiten, der für die ordnungsgemäße Ausbildung eines Studenten in dem jeweiligen Studiengang erforderlich ist.
<b>Dienstleistungen</b>	Dienstleistungen einer Lehreinheit sind die Lehrveranstaltungsstunden, die die Lehreinheit für nicht zugeordnete Studiengänge zu erbringen hat. Bei der Ermittlung des Dienstleistungsbedarfs sind die dem Berechnungstichtag vorausgegangenen jährlichen Studienanfängerzahlen zu Grunde zu legen, wobei aber auch voraussichtliche Zulassungszahlen berücksichtigt werden müssen.
<b>Lehrdeputat</b>	Das Lehrdeputat ist die im Rahmen des Dienstrechts festgesetzte Regellehrverpflichtung einer Lehrperson einer Stellengruppe, gemessen in Deputatstunden.
<b>Lehreinheit</b>	Eine für Zwecke der Kapazitätsermittlung abgegrenzte fachliche Einheit, die ein Lehrangebot bereitstellt. Studiengänge sind der Lehreinheit zuzuordnen, bei der der überwiegende Teil der Lehrveranstaltungen nachgefragt wird.
<b>Schwundfaktor</b>	Die Studienanfängerzahl ist zu erhöhen, wenn zu erwarten ist, dass wegen Aufgabe des Studiums oder Fachwechsels oder Hochschulwechsels die Zahl der Abgänge an Studenten in höheren Fachsemestern größer ist als die Zahl der Zugänge.
<b>Studienfach</b>	Teil eines Studienganges, der aus einem oder mehreren Studienfächern bestehen kann und zusammen mit der angestrebten Abschlussprüfung den Studiengang ergibt.



---

<b>Studiengang</b>	Besteht aus einem oder mehreren Studienfächern und der angestrebten Abschlussprüfung.
<b>SWS</b>	Steht für Semesterwochenstunde und bedeutet beispielsweise, dass eine während der Vorlesungszeit jede Woche zwei Stunden abgehaltene Lehrveranstaltung einen Umfang von zwei SWS hat.
<b>Zulassungszahl</b>	Zulassungszahl ist die Zahl der je Vergabetermin von der einzelnen Hochschule höchstens aufzunehmenden Bewerber in einem Studiengang.

## Literaturverzeichnis

- *Antragstellung im Rahmen des Programms „Auswahlverfahren der Universitäten“*, Universität Konstanz, 2002.
- *Beispielstudienplan Rechtswissenschaften*, hrsg. vom NRW Landesjustizprüfungsamt, 2003.  
Online: <http://www.justiz.nrw.de/jm/landesjustizpruefungsamt/aktuelles/pdf/tabelle.pdf> [1.11.2002].
- Dörfler, Willibad / Peschek, Werner: *Einführung in die Mathematik für Informatiker*, völlig neubearb. Ausg. d. 2bd. Werkes „Dörfler, Mathematik für Informatiker“. München; Wien: Hanser-Verl., 1988.
- Gane, Chris / Sarson, Tish: *Structured Systems Analysis: tools and techniques*. Prentice Hall, NJ, 1979.
- Ghezzi, Carlo [u. a.]: *Fundamentals of Software Engineering*, 2. Aufl. Prentice Hall, NJ, 2003.
- Jarke, Matthias [u. a.]: *Fundamentals of Data Warehouses*. Berlin [u. a.]: Springer-Verl., 2000.
- Kluth, Winfried: *Nachfrageorientierte Steuerung der Studienangebote: Rechtsgutachten*, hrsg. vom CHE Centrum für Hochschulentwicklung. Güntersloh, 2001.  
Online: [http://www.che.de/Intranet/upload/Rechtsgutachten\\_kapvo.pdf](http://www.che.de/Intranet/upload/Rechtsgutachten_kapvo.pdf) [1.03.2003].
- Konetzny M.: *Decision Support System*. In: Betriebsbibliothek von LEXsoft, MBO Verlag, 2000.  
Online: <http://www.mkonetzny.de/aufsatz/dss.htm> [15.02.2003].
- *Modell zur Steuerung der Flächennutzung für die Universitäten Oldenburg und Osnabrück*, hrsg. vom Hochschul-Informationssystem GmbH. Hannover, 2002.  
Online: [http://www.uni-oldenburg.de/fb3/aktuelles/his\\_studie/](http://www.uni-oldenburg.de/fb3/aktuelles/his_studie/) [1.02.2003].
- Müller-Böling, Detlef: *Für eine nachfrageorientierte Steuerung des Studienangebots an Hochschulen: Vorschläge zur Ablösung der Kapazitätsverordnung*, hrsg. vom CHE Centrum für Hochschulentwicklung. Berlin, 2001.  
Online: <http://www.che.de/Intranet/upload/AP31.pdf> [1.03.2003].
- Referat IX/3 *Kapazitätsangelegenheiten*, hrsg. von der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg (Zentralverwaltung).  
Online: <http://www.zv.uni-wuerzburg.de/planung/> [15.12.2002].
- Saake, Gunter / Heuer, Andreas: *Datenbanken: Implementierungstechniken*. Bonn: MITP-Verl., 1999.

- Seeliger, Bodo: *Leitfaden zur Anwendung der Kapazitätsverordnung*, Universität Hamburg (Planungsstab), 2001.  
Online: <http://www.verwaltung.uni-hamburg.de/onTEAM/grafik/anwkapvo.pdf>  
[01.02.2003].
- Software-Engineeringgruppe „Spin“, *Projekt UniKap: Entwurfsdokument*, Technische Universität Darmstadt, 1998.  
Online: <http://www.pi.informatik.tu-darmstadt.de/se1998/spin/Entwurfsdokument.html>  
[15.12.2002].
- *Staatsvertrag über die Vergabe von Studienplätzen (Staatsvertrag)* vom 24. Juni 1999 (GBl. 2000 S. 401).
- Suhr, Runi / Suhr, Roland: *Software Engineering: Technik und Methodik*. München; Wien: Oldenbourg-Verl., 1993.
- *Verordnung des Wissenschaftsministeriums über die Kapazitätsermittlung, die Curricularnormwerte und die Festsetzung von Zulassungszahlen (Kapazitätsverordnung - KapVO VII)* vom 14. Juni 2002 (GBl. 2002 S. 271).
- Vossen, Gottfried: *Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbankmanagementsysteme*, 4., korrigierte und erg. Aufl. München [u. a.]: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2000.



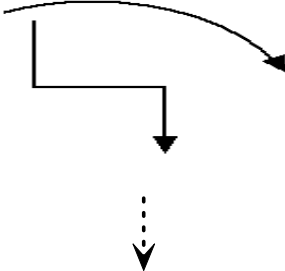

#### Datenquellen:

- Berechnung der jährlichen Aufnahmekapazität gem. KapVO, Universität Konstanz, Berechnungszeitraum 2001/2002; 2002/2003; 2003/2004.
- Statistik über die Studierenden der Universität Konstanz. Studienjahre 2001/2002, 2002/2003.

## Anhang A: Gane & Sarson-Notation für die Datenflussdiagramme

### Was sind Datenflussdiagramme?

Ein *Datenflussdiagramm* (dataflow diagram, DFD) modelliert den Transport, die Bearbeitung und die Speicherung von Daten.

Symbol	Bedeutung
	<p><b>Aktivität</b> (Prozess, activity, process)</p> <p>Aktivitäten arbeiten nur dann, wenn alle von ihnen benötigten Eingabe-Datenflüsse vorliegen. Die Aktivität konsumiert die Daten, bearbeitet sie und produziert Ausgabe-Datenflüsse. Sie kann dabei zusätzlich Speicherinhalte lesen oder schreiben. Die Aktivitäten sind entsprechend ihrer Ablaufreihenfolge durchnummeriert (die Zahl oben).</p>
	<p><b>Speicher</b> (DataStore, store, file)</p> <p>Speicher modellieren Datenbehälter. Ihr Inhalt kann gelesen werden (ohne den Speicher zu verändern) und geschrieben werden (dabei wird der alte Inhalt zerstört).</p>
	<p><b>Datenfluss</b> (Dataflow)</p> <p>Datenflüsse transportieren Datenpakete, die von Aktivitäten oder Endknoten produziert bzw. konsumiert werden. Die Pfeile können die zu transportierenden Daten als Beschriftungen haben.</p> <p>Gestrichelter Pfeil bezeichnet Übergang zu einer neuen Aktivität</p>
	<p><b>Endknoten</b> (terminator, terminal, External Entity)</p> <p>Endknoten sind Aktivitäten in der Systemumgebung, d.h. Objekte außerhalb des Systems. Das System kommuniziert mit Endknoten indem es diese als Quellen und Ziele der Dateneingabe bzw. -ausgabe benutzt.</p>

## Anhang B: Berechnung der jährlichen Aufnahmekapazität gem. KapVO

### B.1. Berechnung des Lehrangebots am Beispiel der Lehrinheit Geschichte (Universität Konstanz, Studienjahr 2002/03)

2.1 Stellen und Deputate (Stand des Stellenplans zum Stichtag)							
j	Stellengruppen	Anzahl Planstellen nach Stellenplan	verfügbare Stellen lj	Deputat je Stelle hj	lj*hj	Verminderungen rj	lj*hj-rj
	1	2	3	4	5	6	7
1	C4 Professor	4	4	8	32	6	26
2	C3 Professor	5	5	8	40	2	38
3	C2 Professor / Hochschuldoz.	1	1	8	8		8
4	C2 Oberassistent	1	1	6	6		6
5	Assistent C1	3,5	3,5	4	14		14
6	AR / AOR / AD (A13-A15)	2,5	2,5	8	20	8	12
7	BAT II a / I b Dauer			8	0		0
8	BAT II a / I b Zeit	0,5	0,5	4	2		2
9	Lektoren			14	0		0
10	Studienräte i.H.			14	0		0
<b>SUMME</b>		<b>17,5</b>	<b>17,5</b>		<b>122</b>	<b>16</b>	<b>106</b>

2.2 Lehrauftragsstunden (§10 KapVO)		
dem Berechnungsstichtag vorausgegangene 2 Semester	Anzahl der Lehrauftragsst.	Umrechnung in Deputatsstd. Sp.2
1	2	3
(1. Sem.) WS 00/01		8
(2.Sem.) SS 2001		7
<b>SUMME</b>		<b>15</b>

2.3 Dienstleistungsbedarf für nicht zugeordnete Studiengänge (q)				
q	Bezeichnung des nicht zugeordneten Studiengangs	CAq	Aq / 2	CAq*Aq/2
	1	2	3	4
1	Sportwiss. LAHF	0,1	41	4,10
2	VWL Dipl. (WPF)	0,18	63	11,34
3	Wirtsch.Päd. Dipl. (DWPF)	0,02	74	1,48
4	Politikwiss. LAHF	0,02	3	0,06
5				0,00
6				0,00
7				0,00
8				0,00
9				0,00
10				0,00
11				0,00
12				0,00
<b>SUMME (E=)</b>				<b>16,98</b>

/2 = L (+)

S (=)

E (-)

Sb (=)

7,5

113,5

16,00

97,5

2a.2 Verminderungen			
Nr.	Stellengruppe	Deputatsverminderung	Begründung
	1	2	3
1			Rektor
2	C4	4	Sektionsleiter
3	C4	2	Fachbereichssprecher
4	C3	2	Studienkan
5	AD	4	Fachbereichsreferent (anteilig)
6	AR	4	Forschungsaufgaben und Fachstudienberatung

Summe **16** (= Funktionsabzüge)

1.3 Lehrangebotsdaten (aus Blatt 2)				
Nr.	Bezeichnung der Daten	Symbol		absoluter Wert
	1	2		3
1	Verfügbare Stellen	$\sum l_j$		17,5
2	Angebot an Deputatstunden aus verfügbaren Stellen	$\sum l_j \cdot h_j$		122
3	Verminderungen	$\sum r_j$	-	16
4	Lehrauftragsstunden	L	+	7,5
5	unbereinigtes Lehrangebot	S	=	113,5
6	Dienstleistungsbedarf	E	-	16
7	bereinigtes Lehrangebot	Sb	=	97,5

## B.2. Berechnungsbeispiel für den Studienausgleichsfaktor

Quelle: Seeliger B., 2001, S. 22.

**Beispiel:** Berechnungstabelle für Schwundfaktor (SF) im Studiengang Physik/Diplom

23.03.2000  
Planungsstab  
Bodo Seeliger

Fachbereich: Physik (FB 12)  
Studienfach: Physik (128)  
Abschluss: DIPLOM (11)

Jahr / Semester	1. FS	2. FS	3. FS	4. FS	5. FS	6. FS	7. FS	8. FS
1997 SS	54	77	45	69	29	67	17	78
1997 WS	105	42	66	37	63	29	71	17
1998 SS	70	92	28	62	35	57	24	70
1998 WS	106	52	85	23	58	31	54	23
1999 SS	68	89	45	80	22	56	30	51
1999 WS	142	50	78	37	77	18	56	26
	<b>403</b>	<b>325</b>	<b>302</b>	<b>271</b>	<b>207</b>	<b>240</b>	<b>196</b>	<b>239</b>
	$403 : 325 = 0,8065$			<b>239</b>	<b>255</b>	<b>191</b>	<b>235</b>	<b>187</b>
			<b>0,858</b>	<b>0,8885</b>	<b>0,941</b>	<b>0,9227</b>	<b>0,9792</b>	<b>0,9541</b>
			<b>0,6919</b>	<b>0,6147</b>	<b>0,5784</b>	<b>0,5337</b>	<b>0,5226</b>	<b>0,4986</b>
								<b>=</b>
Sem. Erfolgsquoten: (1.-2.FS/2.-3.FS/3.-4.FS usw.)	$1,0 + 0,8065 + 0,8065 + 0,6919 + 0,6147 + 0,5784 + 0,5337 + 0,5226 + 0,4986 =$							
<b>Schwundstudienzeit:</b>	<b>5,246</b>							
<b>Studienzeit:</b>	<b>8</b>							
<b>Schwundfaktor:</b>	<b>0,6558</b>							

1. Es werden die durchschnittlichen semesterlichen Erfolgsquoten (vom 1. zum 2. Fachsemester = 0,8065, vom 2. zum 3. FS = 0,8580 usw.) ermittelt.
2. Diese werden – ausgehend von 1,0 – multiplikativ miteinander verknüpft (z.B. ergibt sich der unterstrichene Wert 0,6919 aus  $1 \times 0,8065 \times 0,8580$ ).
3. Die Summe der multiplikativ verknüpften Werte (5,246) ergibt die „Schwundstudienzeit“.
4. Die Relation von Schwundstudienzeit (5,246) zur Regelstudienzeit (8,0) ergibt den Schwundfaktor (SF) = 0,6558.







### C.3. Hilfsvektor $V_1$ – Anteilquoten der Studiengänge

<b>Studiengang</b>	<b>Nr.</b>	
Mathematik Diplom	1	0,274
Mathematik LA HF	2	0,643
Mathematik LA BF	3	0,024
Mathematik MA NF	4	0,024
Statistik MA NF	5	0,036
Inf. Engineering Bachelor	6	0,679
Inf. Engineering Master	7	0,142
Informatik MA NF	8	0,130
Informatik LA BF	9	0,049
Physik Diplom	10	0,882
Physik LA HF	11	0,118
Chemie Diplom	12	0,786
Chemie LA HF	13	0,215
Biologie Diplom	14	0,701
Biologie LA HF	15	0,130
Biologie Bachelor	16	0,136
Biologie Master	17	0,034
Psychologie Diplom	18	1,000
Philosophie MA HF	19	0,366
Philosophie MA NF	20	0,404
Philosophie LA HF	21	0,000
Ethik LA HF	22	0,186
Philosophie Bachelor	23	0,043
Geschichte MA HF	24	0,126
Geschichte MA NF	25	0,176
Geschichte LA HF	26	0,325
Geschichte LA BF	27	0,035
Geschichte Bachelor	28	0,339
Soziologie MA HF	29	0,744
Soziologie MA NF	30	0,256
Sportwiss. LA HF	31	0,812
Sportwiss. Bachelor	32	0,188
Anglistik MA HF	33	0,444
Anglistik MA NF	34	0,206
Englisch LA HF	35	0,327
Englisch LA BF	36	0,022
Germanistik MA HF	37	0,460
Germanistik MA NF	38	0,160
Deutsch LA HF	39	0,360
Deutsch LA BF	40	0,030
Kunst- u. Medien. MA NF	41	0,817
Kunst- u. Med. Bachelor	42	0,183
Romanistik MA HF	43	0,216
Romanistik MA NF	44	0,190
Romanistik LA HF	45	0,476
Romanistik LA BF	46	0,118
Slavistik MA HF	47	0,439
Slavistik MA NF	48	0,501
Russisch LA HF	49	0,049
Russisch LA BF	50	0,012
Rechtswiss. Staatsexam	51	0,951
Rechtswiss. MA NF	52	0,049
VWL Diplom	53	0,450
VWL MA NF	54	0,140
Wirtschaftspäd. Diplom	55	0,285
Intern. Econ. Rel. Master	56	0,125
Verwaltung. Diplom	57	0,000
Politikwiss. LA HF	58	0,050
Politikwiss. MA HF	59	0,000
Verwaltung. Bachelor	60	0,950

## C.4. Koeffizientenmatrix A des linearen Gleichungssystems

Lehreinheit		Mathe u. Statistik	Informatik	Physik	Chemie	Biologie	Psychologie	Philosophie	Geschichte	Soziologie	Sport	Anglistik	Germanistik	Kunst- u. Medien	Romanistik	Slavistik	Rechtswiss.	Wirt.-wiss.	Politik u. Verwalt.
	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Mathe u. Statistik	1	1,7250	0,0543	0,3765	0,3001	0,3469	0	0	0,0035	0,1860	0	0	0	0	0	0	0	0,1470	0
Informatik	2	0,2493	2,0396	0,0882	0	0	0,0100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0102	0,0095
Physik	3	0,1095	0	3,6765	0,1965	0,6203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chemie	4	0	0	0,3559	4,2979	0,0978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biologie	5	0,0274	0,0048	0,0035	0	4,4807	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychologie	6	0,0548	0,0068	0	0	0	3,8000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0074	0
Philosophie	7	0,0329	0	0	0	0	0,0100	1,1378	0,0065	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0010
Geschichte	8	0	0	0	0	0	0	0	1,3096	0	0,0812	0	0	0	0	0	0	0,0867	0,0010
Soziologie	9	0	0	0	0	0	0,1000	0	0,0065	1,5580	0,0812	0	0	0	0	0	0	0,0057	0,0010
Sport	10	0	0	0	0	0	0,0500	0	0,0035	0	2,5487	0	0	0	0	0	0	0,0513	0
Anglistik	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4170	0	0	0	0	0	0	0
Germanistik	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3725	0	0	0	0	0	0
Kunst- u. Medien	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8212	0	0	0	0	0
Romanistik	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,4397	0	0	0	0
Slavistik	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1897	0	0	0
Rechtswiss.	16	0	0	0	0	0	0,0500	0	0,0024	0	0	0	0	0	0	0	2,0938	0,0401	0
Wirt.-wiss.	17	0,0548	0	0	0	0	0,0100	0	0,0030	0	0	0	0	0	0	0	0,0190	1,4643	0,0665
Politik u. Verwalt.	18	0	0	0	0	0	0,0100	0	0,0097	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1592	1,2175

## C.5. Daten zur Berechnung der Lehrbelastung durch interdisziplinäre Studiengänge

Vektor  $V_2$  mit festgelegten Zulassungszahlen:

Studiengang	Nr.	
Life Science Bachelor	1	15
Life Science Master	2	5
Mathem. Finanzökonomie Diplom	3	58

Vektor  $V_3$  mit Schwundausgleichsfaktoren<sup>82</sup>:

Studiengang	Nr.	
Life Science Bachelor	1	1,0
Life Science Master	2	1,0
Mathem. Finanzökonomie Diplom	3	1,0

Matrix  $D$  mit den Curricularanteilen aller an der Ausbildung in den interdisziplinären Studiengängen beteiligten Lehreinheiten:

Lehreinheit	Mathe u. Statistik	Informatik	Physik	Chemie	Biologie	Psychologie	Philosophie	Geschichte	Soziologie	Sport	Anglistik	Germanistik	Kunst- u. Medien.	Romanistik	Slavistik	Rechtswiss.	Wirtschaftswiss.	Politik u. Verwalt.	
Studiengang	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Life Science Bachelor	1	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Life Science Master	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MFO Diplom	3	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0

Matrix  $D_1$  mit der Lehrnachfrage der interdisziplinären Studiengänge und Vektor  $V_5$  mit den Summen dieser Werte nach Lehreinheit:

Lehreinheit	Mathe u. Statistik	Informatik	Physik	Chemie	Biologie	Psychologie	Philosophie	Geschichte	Soziologie	Sport	Anglistik	Germanistik	Kunst- u. Medien.	Romanistik	Slavistik	Rechtswiss.	Wirtschaftswiss.	Politik u. Verwalt.	
Studiengang	Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Life Science Bachelor	1	0	0	0	45	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Life Science Master	2	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MFO Diplom	3	75,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75,4	0
$\sum$ (d.h. Vektor $V_5$ )		75,4	0	0	55	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75,4	0

<sup>82</sup> Da alle interdisziplinäre Studiengänge relativ neu sind, die Statistiken zur Berechnung der Schwundfaktoren sind noch nicht ausreichend, und die Schwundausgleichsfaktoren sind daher auf 1,0 gesetzt.

## C.6. Erstellung des rechten Spaltenvektors für das lineare Gleichungssystem

Vektor  $V_6$  - das gesamte Lehrangebot je Lehreinheit:

Lehreinheit	Nr.	
Mathe u. Statistik	1	172,5
Informatik	2	137,5
Physik	3	240,5
Chemie	4	207,5
Biologie	5	406,5
Psychologie	6	181
Philosophie	7	68
Geschichte	8	112,5
Soziologie	9	105
Sport	10	81,5
Anglistik	11	99
Germanistik	12	92
Kunst- u. Medien.	13	38
Romanistik	14	127
Slavistik	15	60
Rechtswiss.	16	277
Wirt.-wiss.	17	198,5
Politik u. Verwalt.	18	138

Vektor  $\bar{b}$ , gesamt:

Lehreinheit	Nr.	
Mathe u. Statistik	1	269,6
Informatik	2	275,0
Physik	3	481,0
Chemie	4	360
Biologie	5	758,0
Psychologie	6	362
Philosophie	7	136
Geschichte	8	225
Soziologie	9	210
Sport	10	163
Anglistik	11	198
Germanistik	12	184
Kunst- u. Medien.	13	76
Romanistik	14	254
Slavistik	15	120
Rechtswiss.	16	554
Wirt.-wiss.	17	321,6
Politik u. Verwalt.	18	276

## C.7. Schwundausgleichsfaktoren der nicht-interdisziplinären Studiengänge

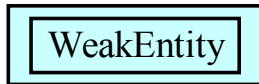
Studiengang	Nr.	
Mathematik Diplom	1	0,6842
Mathematik LA HF	2	0,7862
Mathematik LA BF	3	0,3889
Mathematik MA NF	4	0,4111
Statistik MA NF	5	0,5713
Inf. Engineering Bachelor	6	0,7892
Inf. Engineering Master	7	0,7271
Informatik MA NF	8	1
Informatik LA BF	9	1
Physik Diplom	10	0,7778
Physik LA HF	11	0,5865
Chemie Diplom	12	0,4961
Chemie LA HF	13	0,43
Biologie Diplom	14	0,7145
Biologie LA HF	15	1
Biologie Bachelor	16	1
Biologie Master	17	1
Psychologie Diplom	18	1
Philosophie MA HF	19	0,4175
Philosophie MA NF	20	0,3804
Philosophie LA HF	21	0,7373
Ethik LA HF	22	1
Philosophie Bachelor	23	1
Geschichte MA HF	24	0,5339
Geschichte MA NF	25	0,5149
Geschichte LA HF	26	0,7135
Geschichte LA BF	27	0,7029
Geschichte Bachelor	28	1
Soziologie MA HF	29	0,6087
Soziologie MA NF	30	0,9134
Sportwiss. LA HF	31	0,7747
Sportwiss. Bachelor	32	1
Anglistik MA HF	33	0,4639
Anglistik MA NF	34	0,3976
Englisch LA HF	35	0,7392
Englisch LA BF	36	0,7875
Germanistik MA HF	37	0,6404
Germanistik MA NF	38	0,6267
Deutsch LA HF	39	0,7241
Deutsch LA BF	40	0,5719
Kunst- u. Medien. MA NF	41	0,5826
Kunst- u. Med. Bachelor	42	1
Romanistik MA HF	43	0,3545
Romanistik MA NF	44	0,3747
Romanistik LA HF	45	0,6314
Romanistik LA BF	46	0,6266
Slavistik MAHF	47	0,4811
Slavistik MA NF	48	0,6113
Russisch LA HF	49	0,76
Russisch LA BF	50	0,67
Rechtswiss. Staatsexam	51	0,7709
Rechtswiss. MA NF	52	0,6392
VWL Diplom	53	0,7749
VWL MA NF	54	0,5614
Wirtschaftspäd. Diplom	55	0,77
Intern. Econ. Rel. Master	56	0,7307
Verwaltung. Diplom	57	1
Politikwiss. LA HF	58	1
Politikwiss. MA HF	59	0,8175
Verwaltung. Bachelor	60	1

## Anhang D: Die Konstrukte des Entity-Relationship-Modells



### Entities

Wohlunterscheidbare Dinge der realen Welt (z.B. Personen, Firmen). Zusammengehörige Entities werden zu einem Entity-Set zusammengefasst und werden durch für alle die gemeinsame Attribute für alle Entities eines Sets beschrieben.



### Weak Entities

Ein Entity, das kein eigenes Schlüsselattribut besitzt und das daher nur im Zusammenhang mit einem anderen Entity identifizierbar ist.



### Relationships

Beziehungen zwischen verschiedenen Entity-Sets (z.B., Kunden *besitzen* Bankkonten). An einer Beziehung sind also Entities beteiligt. Relationships können eigene Attribute besitzen, die Eigenschaften beschreiben, die erst durch das Herstellen der Beziehung entstehen.



### Identifizierende Relationships

Beziehung zwischen einem Weak-Entity und dem Entity, worüber dieses identifiziert wird.



### Attribute

Attribute beschreiben die Eigenschaften, welche jedes Entity des betreffenden Sets besitzt (z.B., zu jedem Studierenden werden *Matrikelnummer*, *Vorname* und *Nachname* gespeichert).



Schlüsselattribute - Einwertige Attribute, durch welche das Entity eindeutig identifiziert werden kann.



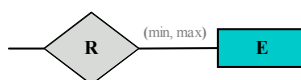
Mehrwertige Attribute – können in einem Entity mehr als einen Wert annehmen (z.B. Attribut *Autor* beim Buch-Entity).



Zusammengesetzte Attribute – bestehen aus mehreren Komponenten (z.B., Adresse-Attribut besteht aus Straße, Ort, PLZ).

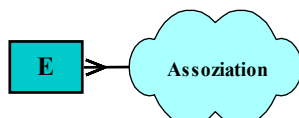


Virtuelle Attribute – Attribute, deren Werte aus den Werten anderer Komponenten abgeleitet sind (z.B. *Alter* aus dem *Geburtsdatum*).



### Kardinalität

Die (min, max)-Notation beschreibt die Teilnahme des Entity-Sets E in der Beziehung R, gemessen in der minimalen und maximalen Zahl der teilnehmenden Entities.



### Assoziation von Entities

Mehrere Entities werden nach einem bestimmten Merkmal gruppiert und die so entstandene Gruppe wird als eine Einheit betrachtet (z.B. eine *Arbeitsgruppe* besteht aus *Mitarbeitern*).

## Anhang E: SQL-Statements zur Erzeugung der Datenbank-Tabellen

```

CREATE TABLE Sektionen
(S_ID          INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
 Bezeichnung   VARCHAR(60) NOT NULL);

CREATE TABLE Fachbereiche
(F_ID          INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
 Bezeichnung   VARCHAR(80) NOT NULL,
 S_ID          INTEGER NOT NULL REFERENCES Sektionen(S_ID));

CREATE TABLE Lehreinheiten
(L_ID          INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
 Bezeichnung   VARCHAR(40) NOT NULL,
 F_ID          INTEGER NOT NULL REFERENCES Fachbereiche(F_ID));

CREATE TABLE Stellengruppen
(G_ID          INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
 Bezeichnung   VARCHAR(30) NOT NULL,
 Deputat       DECIMAL(4,2) NOT NULL);

CREATE TABLE Lehrressourcen
(L_ID          INTEGER NOT NULL REFERENCES Lehreinheiten(L_ID),
 Gruppen_ID    INTEGER NOT NULL REFERENCES Stellengruppen(G_ID),
 Anzahl_Stellen DECIMAL(5,2),
 PRIMARY KEY (L_ID, Gruppen_ID);

CREATE TABLE Verminderungsarten
(Verm_ID       INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
 Grund         VARCHAR(80) NOT NULL,
 Minderung     DECIMAL(4,2) NOT NULL,
 Gruppen_ID    INTEGER NOT NULL REFERENCES Stellengruppen(G_ID));

CREATE TABLE Verminderungen
(Verm_ID       INTEGER NOT NULL REFERENCES
                               Verminderungsarten(Verm_ID),
 L_ID          INTEGER NOT NULL REFERENCES Lehreinheiten(L_ID),
 Anzahl        INTEGER NOT NULL,
 PRIMARY KEY (Verm_ID, L_ID));

CREATE TABLE Lehrauftraege
(L_ID          INTEGER NOT NULL REFERENCES Lehreinheiten(L_ID),
 Stunden       DECIMAL(4,2) NOT NULL,
 PRIMARY KEY (L_ID));

CREATE TABLE Abschlussarten
(A_ID          INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
 Bezeichnung   VARCHAR(30) NOT NULL,
 HF_NF_BF     CHAR(2) CHECK (HF_NF_BF IN ('HF', 'NF', 'BF')));

CREATE TABLE Studienrichtungen
(Stg_ID       INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
 Studienfach   VARCHAR(50) NOT NULL,
 Regelstudienzeit INTEGER NOT NULL,
 Abschluss     INTEGER NOT NULL REFERENCES Abschlussarten(A_ID));

CREATE TABLE CNW
(Stg_ID       INTEGER NOT NULL
                               REFERENCES Studienrichtungen(Stg_ID),
 Wert         DECIMAL(6,4),
 PRIMARY KEY(Stg_ID));

```



```
CREATE TABLE Veranstaltungsarten
(V_Art_ID      INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
 Bezeichnung   VARCHAR(20) NOT NULL,
 Anrechnungsfaktor DECIMAL(6,4));

CREATE TABLE Veranstaltungen
(V_ID          INTEGER NOT NULL PRIMARY KEY,
 V_Art_ID      INTEGER NOT NULL REFERENCES
                Veranstaltungsarten(V_Art_ID),
 Anbieter      INTEGER NOT NULL REFERENCES Lehreinheiten(L_ID),
 Bezeichnung   VARCHAR(100) NOT NULL,
 SWS           DECIMAL(4,4),
 Betreuungsrelation INTEGER);

CREATE TABLE Lehrnachfrage
(Stg_ID        INTEGER NOT NULL REFERENCES
                Studienrichtungen(Stg_ID),
 V_ID          INTEGER NOT NULL REFERENCES Veranstaltungen(V_ID),
 Bereich       VARCHAR(20),
 Teilnehmeranteil DECIMAL(4,3),
 PRIMARY KEY(Stg_ID, V_ID));

CREATE TABLE Studiedendenzahlen
(Stg_ID        INTEGER NOT NULL REFERENCES
                Studienrichtungen(Stg_ID),
 Jahr          INTEGER NOT NULL,
 Fachsemester INTEGER NOT NULL,
 Zahl          INTEGER,
 PRIMARY KEY(Stg_ID));

CREATE TABLE Zulassungszahlen
(Stg_ID        INTEGER NOT NULL REFERENCES
                Studienrichtungen(Stg_ID),
 Zahl          INTEGER,
 PRIMARY KEY(Stg_ID));
```