# Entwicklung eines kompetenzorientierten Anforderungsprofils für die Teilnahme an der Modellierungswoche CAMMP week

Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung, dem Landesprüfungsamt für Erste Staatsprüfungen für Lehrämter an Schulen vorgelegt von:

Maren Hattebuhr

Aachen, den 18. August 2014

Erstgutachter: Prof. Dr. Martin Frank

Lehrstuhl für Mathematik Center for Computational Engineering Science Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Anlage: CD (Sammlung aller im Rahmen der Arbeit erhaltenen Ergebnisse und Auswertungen, sowie Vorlagen der Umfragebögen und des Anforderungsprofils)

# Inhaltsverzeichnis

1	Motivation							
2	The	oretisc	her Hintergrund	6				
	2.1	Mathe	ematische Modellierung	6				
		2.1.1	Was ist mathematische Modellierung?	6				
		2.1.2	Der Modellierungskreislauf	7				
		2.1.3	Modellierungskompetenzen	9				
		2.1.4	Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen					
			im Kernlehrplan	12				
	2.2	Die C	AMMP week	14				
		2.2.1	Allgemeines	14				
		2.2.2	Die Philosophie von CAMMP	15				
		2.2.3	Organisationsrahmen der CAMMP week	16				
	2.3	Überb	olick über die bisherigen Projekte	16				
		2.3.1	Rufzuteilung bei Aufzugsanlagen (2012)	18				
		2.3.2	Faltenfreies Drapieren von Textilien für Faserverbundwerkstoffe					
			(2013)	18				
		2.3.3	Differentiation von Temperaturdaten (Metallabkühlungsprozess)					
			$(2014) \dots \dots$	19				
		2.3.4	Energieintegration in der Energie- und Verfahrenstechnik (2014)	19				
		2.3.5	Konstruktion von Beckenkammschablonen (2014)	20				
		2.3.6	Tailored Fibre Placement (2014)	20				
		2.3.7	Gerechte Verteilung von Transportaufträgen (2014)	21				
3	Plar	lanung der Umfragen 22						
	3.1		uerumfrage	22 25				
	3.2	2 Lehrerumfrage						
	3.3	3 Schülerumfrage vor der Teilnahme an der CAMMP week						
	3.4	Schüle	erumfrage am Ende der CAMMP week	28				
4	Dur	chfiihrı	ung und Ergebnisse	31				
•	4.1			31				
4		4.1.1	<u></u>	31				
		4.1.2						
	4.2		uerumfrage	34				
	1.2	4.2.1	Äußerer Rahmen der Betreuerumfrage	34				
		4.2.2	Ergebnisse der Betreuerumfrage - Prozessbezogene Kompetenzen					
		4.2.3	Ergebnisse der Betreuerumfrage - Inhaltliche Schwerpunkte	39				
		4.2.4	Ergebnisse der Betreuerumfrage - Sonstige Kompetenzen	42				
	4.3		rumfrage	43				
	1.0	4.3.1	Äußerer Rahmen der Lehrerumfrage	43				
		4.3.2	Ergebnisse der Lehrerumfrage	44				
	4.4		erumfragen	46				
	4.4	4.4.1	Äußerer Rahmen der Schülerumfrage vor Beginn der Teilnahme	40				
		4.4.1	an der CAMMP week 2014	46				
		4.4.2	Äußerer Rahmen der Schülerumfrage am Ende der CAMMP	40				
		4.4.4	week 2014	47				
		4.4.3	Ergebnisse der Schülerbögen zu den persönlichen Angaben	47				
		6.2.4	Ergebnisse der benuterbogen zu den personnenen Augaben	± (				

		4.4.4 $4.4.5$	Ergebnisse der Schülerbögen zu den allgemeinen Betrachtungen	48				
		4.4.3	Ergebnisse der Schülerbögen zu der Betrachtung der Gruppen- rollentypen	49				
		4.4.6	Ergebnisse der Schülerbögen zu der Betrachtung der Frustrationstoleranz und des Durchhaltevermögens	50				
		4.4.7	Ergebnisse der Schülerbögen beim Vergleich der Gruppen $Me$ tallabkühlungsprozess und $Energieintegration$	51				
		4.4.8	Ergebnisse der Schülerbögen beim Vergleich der Gruppen ${\it Fa-denablage}$ , ${\it Transportaufträge}$ und ${\it Beckenkammschablonen}$	54				
5	Aus	wertung	g	57				
	5.1 5.2 5.3	Anford	derungsprofil aus wissenschaftlicher Sicht	57 59 60				
6	Fazi	t und A	Ausblick	62				
Ar	hang	;		64				
Α	Projektbeschreibungen							
В	Betreuerfragebogen							
C	Lehrerfragebogen							
D	Schülerfragebogen vor der CAMMP week							
E	Schi	ülerfrag	gebogen am Ende der CAMMP week	89				
Ve	rsich	erung		91				
Lit	Literaturverzeichnis							
ΑŁ	Abbildungsverzeichnis							
Tabellenverzeichnis								
Ar	_	CD zur August	Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung von M. Hatteb 2014	ouhr, 94				

# 1 Motivation

Mathematik tritt in vielen Bereichen des alltäglichen Lebens unserer Gesellschaft, in der Wissenschaft, Technik und Wirtschaft auf. Laut der PISA-Studie (vgl. [29], OECD, 2014) ist das Ziel der mathematischen Erziehung die Entwicklung eines Verständnisses der Relevanz von Mathematik in diesen Bereichen. Sie soll es Schülerinnen und Schülern<sup>1</sup> ermöglichen und sie dazu befähigen, sich mit mathematischen Fragestellungen und Problemen auseinander zu setzen und zu erklären (vgl. [29], OECD, 2014). In Nordrhein-Westfalen betont der Kernlehrplan für Mathematik für die Sekundarstufe II (Gymnasium / Gesamtschule) zentrale kognitive Prozesse sowie die mit ihnen verbundenen Gegenstände, die für den weiteren Bildungsweg unverzichtbar sind. Danach sollen im schulischen Mathematikunterricht mathematische Inhalte mit prozessbezogenen Kompetenzen verknüpft vermittelt werden. Laut Kernlehrplan sind auch Personal- und Sozialkompetenzen wichtig und gehören damit ebenfalls zum Bildungsauftrag der Schule (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013). Durch einen häufig stark inhaltsbezogenen Mathematikunterricht kommen die prozessorientierten Kompetenzen oftmals zu kurz. Sie können aber im Rahmen einer Modellierungswoche besonders gefördert werden<sup>2</sup>.

Hier knüpft die Modellierungswoche CAMMP week der RWTH Aachen<sup>3</sup> an: Die Schüler lernen, wie reale Probleme aus der Industrie und Forschung durch Mathematik beschrieben und (nur) so gelöst werden können. Auf der CAMMP week arbeiten Schüler in Teams an der Lösung herausfordernder, realer, von Firmen und Universitätsinstituten gestellter Forschungsaufgaben. Dazu erstellen die Schüler ein mathematisches Modell des Problems, um anschließend approximierende Lösungsansätze zu entwickeln und anzuwenden. Durch das Einbinden solcher Fragestellungen in einen interdisziplinären Projektunterricht wird das mathematische Modellieren um die Dimension des selbstständigen Erfahrens und der praxisnahen Anwendung erweitert. Dabei werden die Schüler von wissenschaftlichen Mitarbeitern der beteiligten Institute<sup>4</sup> als Modellierungsexperten unterstützt.

Damit verstehen wir<sup>5</sup> CAMMP als eine Chance für Schüler selbstständig aktiv reale Probleme durch mathematisches Modellieren zu lösen und so zukunftsorientiert wichtige Kompetenzen zu entwickeln und weiterzuentwickeln.

Bislang haben wir die CAMMP week eher intuitiv durchgeführt. Unser Ziel ist es nun, die Auswahl und die Betreuung der Schüler zu optimieren. Hieraus entsteht für uns die Notwendigkeit ein angemessenes Verständnis der Prozesse im Laufe der CAMMP week zu erlangen.

Dazu möchten wir auf Grundlage des Kernlehrplans (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013) die Fragen "Welche Kompetenzen werden auf der CAMMP week erlernt bzw. weiterentwickelt?", "Welche

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Im Folgenden werden Schülerinnen und Schüler unter dem Begriff Schüler zusammengefasst. Ebenso wird mit weiteren auftretenden Personengruppen, wie z. B. Betreuern oder Lehrern, verfahren.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Siehe dazu auch "Individuelle Förderung" in SchulG §1(1): "Jeder junge Mensch hat [ ... ] ein Recht auf [ ... ] individuelle Förderung." (vgl. [28], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2014)

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>CAMMP: Computational And Mathematical Modelling Programm; vgl. Kapitel 2.2.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup>Die wissenschaftlichen Mitarbeiter, die bereits Gruppen auf der CAMMP week begleitet haben, werden im Folgenden auch als Betreuer bezeichnet.

 $<sup>^5</sup>$ Forschungsteam CAMMP

Schwierigkeiten treten beim Erlernen der Kompetenzen auf?" und daraus ableitend "Wie können wir die Schüler in ihrem Lernprozess gezielt unterstützen?" diskutieren. Anhand der Ergebnisse wollen wir anschließend ein Anforderungsprofil für die Schüler entwickeln. Das Anforderungsprofil soll uns darüber Aufschluss geben, welche Vorkenntnisse die Schüler idealerweise mitbringen sollten, um erfolgreich an der CAMMP week teilzunehmen. Dies soll uns die Möglichkeit geben, geeignete Schüler auszuwählen und ihnen eine gute Betreuung zu bieten.

Aus fachlicher Sicht verstehen wir ein Projekt als erfolgreich, wenn die Schüler an Hand eines realen Projekts einen vollständigen Modellierungsprozess durchführen, d. h., ein Modell entwickeln, das eine adäquate Abbildung der realen Situation darstellt und eine Lösung des realen Problems liefert. Dadurch sollen die Schüler ihr Wissen über mathematische Modellierung erweitern und die fundamentale Bedeutung von Mathematik für unser alltägliches Leben erkennen. Aus pädagogischer Sicht ist ein Projekt dann erfolgreich, wenn eine Erhöhung der Selbstwirksamkeitserwartung<sup>6</sup> der Schüler erzielt wird. Aus didaktischer Sicht ist ein Projekt erfolgreich, wenn die Schüler gemeinsam das fachliche Ziel erreichen. Dies beinhaltet, dass mit Rücksicht aufeinander voneinander und miteinander gelernt und diskutiert wird (vgl. [30], Roeckerath, 2012).

Im Rahmen dieser Arbeit verfolgen wir folgendes Konzept:

Zur Beantwortung der obigen Fragen erheben wir in einer schriftlichen Betreuerumfrage auf Grundlage des Kernlehrplans Erkenntnisse über nötige Vorkenntnisse der Schüler. Gleichzeitig sammeln wir Erkenntnisse zum Erlernen verschiedener Kompetenzen und Inhalte. Diese Ergebnisse vergleichen wir mit den "realen" Vorkenntnissen der Schüler, die wir in einer schriftlichen Lehrerumfrage<sup>7</sup> erheben. Zusätzlich erhalten wir durch eine Schülerumfrage vor der CAMMP week Informationen darüber, wie sich die Schüler selber in Bezug auf die verschiedenen Kompetenzen vor der Teilnahme an der Modellierungswoche einschätzen. So soll ein umfassendes Bild der Schüler erstellt werden. Weiterhin sollen eigene Beobachtungen von Schülergruppen Aussagen über das derzeitige Betreuungskonzept und das Schülerverhalten ermöglichen. Im Zusammenhang mit einer Schülerumfrage am Ende der CAMMP week sollen hieraus Schlüsse über das Erlernen verschiedener Kompetenzen gezogen werden.

Mit diesen ersten Einblicken in die Lernprozesse während der CAMMP week könnten zukünftig fundierte Lernstandserhebungen durchgeführt werden, die den realen Lernerfolg untersuchen. Die durchgeführten Umfragen sind wegen der geringen Fallzahlen nicht repräsentativ. Somit ist diese Arbeit ausschließlich als Vorstudie für weitere Untersuchungen zu verstehen.

Hierzu werden in dieser Arbeit zunächst in Kapitel 2.1 die mathematische Modellierung, der Modellierungskreislauf und die Modellierungskompetenzen u. a. mit Einordnung in den Kernlehrplan erörtert. Damit soll eine begründete Basis geschaffen werden, die es ermöglicht, gezielt die Prozesse im Verlauf der CAMMP week zu betrachten und zu beurteilen. Weiterhin wird die CAMMP week vor dem theoretischen

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup>Die Erhöhung der Selbstwirksamkeitserwartung durch Modellierungsprojekte wurde bereits in [30], Roeckerath, 2012, untersucht.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup>Unter den Begriffen *Lehrer*, *Lehrkräfte* und *Lehrpersonen* werden im Folgenden sowohl ausgebildete Lehrkräfte, als auch Referendare zusammengefasst. Wird von Lehrpersonen im Zusammenhang mit der Rolle, die sie auf der CAMMP week innehaben, gesprochen, so umfasst dieser Begriff zusätzlich noch Lehramtsstudierende.

Hintergrund der Modellierung und des Kernlehrplans betrachtet. Dazu wird in Kapitel 2.2 eine Einführung in die CAMMP week gegeben.

Anschließend werden die verschiedenen Umfragen, ihre Planung und ihre Durchführung vorgestellt. Dies beinhaltet ein Aufzeigen der Ergebnisse und eine Bewertung ihrer Gültigkeit. Hieraus soll ein konkretes Anforderungsprofil auf Basis der Ergebnisse entwickelt werden. Dies umfasst zusätzlich eine Handreichung für die Lehrer, um auch ihnen eine Hilfestellung zur Auswahl der Schüler zu geben. Abschließend soll das Anforderungsprofil bewertet und ein Ausblick gegeben werden.

# 2 Theoretischer Hintergrund

# 2.1 Mathematische Modellierung

Die mathematische Modellierung bildet den Grundbaustein der Projekte auf der CAMMP week und hat damit eine besondere Bedeutung. Nach VERA 8 (vgl. [17], IQB, 2009) ermöglichen Modellierungsaufgaben das Vermitteln von Kompetenzen<sup>8</sup> und (heuristischen) Strategien, die zur Bewältigung und zum Verständnis mathematikhaltiger Umweltsituationen notwendig sind. Der Erwerb dieser verschiedenen Kompetenzen ist eng verbunden mit den Phasen des Modellierungsprozesses (vgl. [3], Blum, 1996; [14], Haines et al., 2001; [21], Kaiser et al., 2010; [20], Kaiser, 2007); [22], Maaß, 2004). Die Modellierungsschritte werden in Kapitel 2.1.2 vorgestellt. Ein Verständnis dieser Kompetenzvermittlung durch die Modellierungswoche CAMMP week trägt somit zu einem besseren didaktisch-methodischen Verständnis unserer Arbeit bei. Der Anspruch, unsere Arbeit von einem wissenschaftlichen Standpunkt zu betrachten, liegt auf der Hand.

Die PISA-Ergebnisse zeigen: Schüler haben große (kognitive) Schwierigkeiten mit Modellierungsproblemen (vgl. [29], OECD, 2014). Umso wichtiger ist es, diesen wichtigen Bestandteil der Mathematik genauer zu betrachten und den Ablauf des Modellierungsvorgangs im Rahmen einer Modellierungswoche didaktisch genauer zu untersuchen.

#### 2.1.1 Was ist mathematische Modellierung?

Unter einem *Modell* versteht man in der Wissenschaft ein Objekt oder ein Gebilde, das die inneren Beziehungen und Funktionen abbildet bzw. schematisch veranschaulicht (vgl. [1], Baer, 2001). Damit stellt ein Modell ein vereinfachtes, hier ein mathematisches Abbild der Realität dar, das nur bestimmte, einigermaßen objektivierbare Teilaspekte berücksichtigt (vgl. [6], Blum, 2007; [16], Henn, 2002; [17], IQB, 2014).

Die mathematische Modellierung dient dazu reale Probleme zu beschreiben, um sie zu lösen. Dabei stellt das Modell eine geeignete Repräsentation des Problems in Form von mathematischen Konstrukten dar. Findet man zu diesem System eine Lösung, so hat man auch eine Lösung für das ursprüngliche Problem gefunden. Reale Probleme sind häufig so komplex, dass sie zunächst durch Annahmen und Vereinfachungen verkleinert und damit erfassbar und lösbar gemacht werden müssen. Weitere Einschränkungen ergeben sich häufig durch äußere Gegebenheiten, wie z. B. durch mangelnde Ressourcen (Zeit, Arbeitskräfte, materielle Hilfsmittel), die zur Lösung des Problems zu Verfügung stehen. Nun gilt es, das reale Problem in die mathematische Sprache zu übersetzen und dann mathematisch zu lösen. Anschließend muss noch sichergestellt werden, dass die gefundene Lösung auch wirklich eine Lösung des ursprünglichen Problems ist. Kann dies verifiziert werden, so ist man fertig. In den meisten Fällen passt die Lösung aber noch nicht und man muss entweder die Annahmen und Vereinfachungen oder sogar das Modell selber überarbeiten. Diese iterative Vorgehensweise wird Modellierungskreislauf genannt (vgl. [9], Engel, 2010, S. 9).

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup>Im Sinne von Fähigkeiten und Fertigkeiten in z. B. fachspezifischen Bereichen (Fachkompetenz) und sozialen Bereichen (Sozialkompetenz). Vgl. speziell Kapitel 2.1.3.

#### 2.1.2 Der Modellierungskreislauf

Es liegt also im Wesen von Modellierungsaufgaben, dass der iterative Modellierungsprozess auf der CAMMP week von den Schülern mehrfach durchlaufen wird. Damit scheint eine Entwicklung der Modellierungskompetenzen und -strategien eng mit dem Modellierungsprozess verbunden zu sein, weshalb der Modellierungskreislauf im nächsten Abschnitt vorgestellt werden soll.

Der ideale Modellierungskreislauf nach Blum et al. (vgl. [5], 2005) besteht aus sieben linear (im Sinne von zyklisch) aufeinander folgenden Schritten (vgl. Abb. 1). Meist springen die Schüler aber mehrfach zwischen Mathematik und Realität hin und her und durchlaufen mehrfach aktiv den Modellierungsprozess nicht-linear (vgl. [17], IQB, 2009, S. 2 ff).

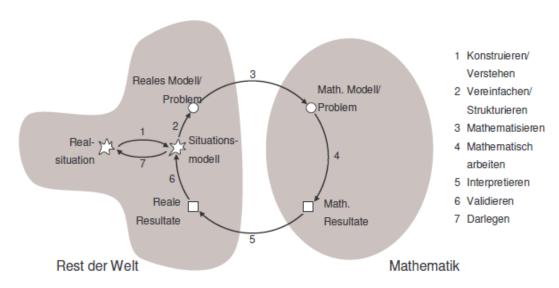


Abbildung 1: Modellierungskreislauf nach Blum et al. (vgl. [5], 2005)

Der Modellierungsprozess beginnt in der realen Welt mit einer Beschreibung der Realsituation in der Aufgabenstellung. Im ersten Schritt muss die Realsituation verstanden ("Worin besteht das reale Problem?") und daraus ein Situationsmodell konstruiert werden. Im nächsten Schritt wird das Situationsmodell angepasst, indem benötigte Informationen herausgefiltert und überflüssige Informationen weggelassen werden. Dieser Schritt umfasst somit das Vereinfachen und das Treffen notwendiger, aber akzeptabler Annahmen, sowie ein Strukturieren der Aufgabe. Wichtig ist hierbei, darauf zu achten, dass das Problem zwar so einfach wie möglich, aber nicht einfacher wird. Man erhält ein sogenanntes reales Modell. Es ist eine der Realität möglichst nahe kommende Beschreibung. Der dritte Schritt verbindet die beiden Welten: Das reale Modell muss in ein mathematisches Modell übersetzt werden. D. h., alle im realen Modell formulierten Merkmale müssen in die mathematische Sprache übersetzt werden. Dieser Schritt wird deshalb auch als Mathematisieren bezeichnet. Nun muss mathematisch gearbeitet, d. h., mit mathematischen Regeln eine Lösung des aufgestellten Systems gefunden werden. Die realen Probleme sind meist sehr komplex. Dadurch kann oft eine einfache analytische Lösung nicht angegeben werden oder das Modell müsste so weit vereinfacht und klein gemacht werden, dass es kein brauchbares Abbild der Realität mehr darstellt. Hier ist die Möglichkeit der Simulation gegeben. Sie bildet damit einen wichtigen Bestandteil dieses Modellierungsschrittes. Computersimulationen bieten an dieser Stelle bei der Verwendung entsprechender Computersoftware eine einfache<sup>9</sup> Möglichkeit, Probleme numerisch approximativ zu lösen. Darüber hinaus können große Datenmengen verarbeitet und die Ergebnisse visuell dargestellt werden. Die mathematischen Resultate müssen im fünften Schritt wieder in die reale Welt übertragen, also interpretiert werden. Die realen Resultate werden anschließend in einem sechsten Schritt in Bezug zum Situationsmodell gesetzt und validiert. Bedingt durch die Komplexität ist das Modell möglicherweise zu ergänzen; es müssen andere oder zusätzliche Annahmen getroffen oder weggelassen werden oder es müssen die Daten verbessert werden. Dazu können die Schritte zwei bis sechs erneut (zyklisch) durchlaufen werden. So entsteht entwickelnd ein der Realität immer besser entsprechendes Modell bis im allerletzten Schritt die Ergebnisse in Bezug zur Realsituation dargelegt werden können.

Damit die Schüler jedoch das mathematische Modellieren anwenden können, muss der Modellierungsprozess sowohl den Hilfestellern, auf der CAMMP week also den wissenschaftlichen Betreuern und den Lehrkräften, als auch insbesondere den Schülern bekannt sein<sup>10</sup> (vgl. [4], Blum, 2007). Zu Beginn der CAMMP week wird deshalb der Modellierungskreislauf in einem Einführungsvortrag vorgestellt.

Entsprechend der Modellierungsschritte können verschiedene Teilkompetenzen des Modellierens definiert werden. Sie werden als *Modellierungskompetenzen* bezeichnet und "beschreiben die Fähigkeit, den jeweiligen Prozessschritt problemadäquat ausführen zu können, sowie gegebene Modelle analysieren und vergleichen zu können" (vgl. [4], Blum, 2007). Sie werden im Abschnitt 2.1.3 betrachtet.

Jeder dieser Schritte und somit jede Modellierungsteilkompetenz kann für Schüler eine kognitive Hürde während des Modellierungsprozesses darstellen (vgl. [4], Blum, 2007; [9], Engel, 2010; [17], IQB, 2009). Im Schulunterricht kommen häufig sogenannte eingekleidete Textaufgaben vor. Sie beinhalten lediglich vier Schritte: Durchlesen, Entkleiden, Rechnung und Rechnung kontrollieren. Damit wird deutlich, dass Modellierungsaufgaben gegenüber den im Alltagsunterricht zu lösenden Textaufgaben einen deutlich höheren Anspruch sowohl an die Schüler, als auch an die Lehrpersonen stellen. Damit können sich zusätzlich zu den durch das Modellieren selber gegebenen kognitiven Hürden noch folgende Schwierigkeiten ergeben (vgl. [4], Blum, 2007):

- 1. In den Modellierungsprojekten werden reale Probleme behandelt. Dadurch wird häufig spezifisches Weltwissen benötigt, das nicht im (fachübergreifenden) Schulunterricht vermittelt wird. Diese Schwierigkeit hoffen wir durch die Unterstützung wissenschaftlicher Mitarbeiter aufzufangen.
- 2. Durch den seltenen Umgang mit Modellierungsprojekten sind keine bewussten Lösungsstrategien vorhanden. Zudem verlaufen die Lösungswege bei Modellierungsaufgaben nicht linear und sind je nach Problem immer unterschiedlich es gibt nicht die einzige richtige Lösung. In diesem Rahmen könnte untersucht

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup>Einfach im Sinne von: Mathematische Inhalte rücken in den Hintergrund, sodass eine Konzentration auf die Modellierungsprozesse selber möglich ist.

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup>Ich bin mir in der Gruppenarbeit (Beobachtung) nicht immer sicher, ob sich die Schüler noch an den Modellierungskreislauf erinnern. In der Rückmeldung am Ende der CAMMP week geben die Schüler jedoch immer an, dass ihnen der Modellierungsvortrag (sehr) gut geholfen hätte.

- werden, wie sich eine wiederholte Teilnahme an Modellierungsprojekten auswirkt. Zudem könnte in Zukunft eine Problemabhängigkeit untersucht werden. Da wir jedoch immer verschiedene Problemstellungen anbieten, gehen wir hier von gleichwertigen Projekten aus.
- 3. Wie in Kaiser (vgl. [20], 2007) angedeutet, ist es besonders wichtig auch die Lehrpersonen in mathematischer Modellierung zu schulen. Während Kaiser eine intensive Förderung innerhalb der universitären Ausbildung zukünftiger Lehrer vornimmt, dient unsere CAMMP week als Fortbildungsmöglichkeit für Lehrpersonen, die ihre Schüler begleiten. Diese Fortbildungsmöglichkeit besteht auch für Lehramtsstudierende: Sie dürfen im Rahmen der CAMMP week in die Rolle des Lehrers schlüpfen. Dabei erlernen sie nicht nur die mathematische Modellierung selbst, sondern auch den Umgang mit Schülern in einer freien Gruppenarbeit. Dieses Angebot ist nicht im Studienplan verankert oder vorgesehen, stellt aber dennoch ein lohnendes Angebot dar. "Zukünftige Lehrer müssen mit Modellierungsbeispielen vertraut werden, denn falls nicht, werden die Barrieren für die Integration solcher Beispiele in den Unterricht zu hoch sein" (vgl. [20], Kaiser, 2007, S. 112). Werden Modellierungsprobleme in den Mathematikunterricht eingebunden, so geben Lehrer häufig inhaltliche, statt bloß strategische Hilfen. Das führt dazu, dass die Schüler oft nicht selbstständig arbeiten können – für die Beurteilung von Lösungen ist dann die Lehrkraft zuständig. Außerdem kann beobachtet werden, dass, in Gruppen mit im Modellierungsprozess ungeschulten Lehrpersonen, sich meistens die Lehrerlösung (unbewusst) durchsetzt. Es sollte also versucht werden, eine gute Balance zwischen größtmöglicher Schülerselbstständigkeit und geringstmöglicher Lehreranleitung nach dem Montessori-Prinzip ("Hilf mir, es selbst zu tun!") zu erreichen (vgl. [4], Blum, 2007). Auf den Aspekt der Lehrerfunktionen in Modellierungsproblemen im Rahmen einer Projektwoche in der Schule wird in Roeckerath (vgl. [30], 2012) eingegangen. Ob und welchen Einfluss das Lehrerverhalten auf die Modellierungsprozesse und damit auf das Erlernen von Kompetenzen während der CAMMP week hat, zeigt sich ansatzweise in Kapitel 4.4.4.

#### 2.1.3 Modellierungskompetenzen

Wir möchten mit dem Konzept der CAMMP week Schülern die Möglichkeit zur Modellierung, also zur Entwicklung und zum Ausbau ihrer Modellierungskompetenzen, geben. Modellierungskompetenzen beinhalten laut Kaiser (vgl. [24], 2007, S. 9) die Modellierungsfähigkeiten und darüber hinaus die Bereitschaft und Eigenmotivation reale Probleme mit mathematischem Hintergrund zu lösen. Sie sollen in diesem Abschnitt präsentiert werden.

Die Modellierungskompetenzen sind durch die einzelnen Schritte des Modellierungskreislaufs bestimmt. Sie können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Aufstellen vereinfachender Annahmen, die im Rahmen der Formulierung des mathematischen Modells vom Übergang aus dem realen Problem gemacht werden müssen.
- 2. Verdeutlichen, was das Modell leistet. Verstehen, in welchem Rahmen das Modell angewendet werden kann.

- 3. Präzisieren der Formulierung des Problems.
- 4. Verstehen der Anforderungen von Variablen-, Parameter- und Konstantenzuweisungen.
- 5. Formulieren von mathematischen Aussagen, die das aufgestellte Problem beschreiben.
- 6. Herstellung eines Rückbezugs zur realen Problemsituation, Reflexion und Interpretation der Lösung im Kontext der realen Problemsituation.

Zu diesen Modellierungskompetenzen haben Haines et al. (vgl. [14], 2001) einen Test entwickelt, der im Rahmen von zwei Modellierungskursen innerhalb der universitären mathematischen Ausbildung durchgeführt wurde. Dabei verfolgen sie die Fragen "Wie können mathematische Modellierungskompetenzen verbessert werden?" und "Erhöht sich die Leistung der Studenten in Mathematik?"<sup>11</sup>. Die Ergebnisse sind jedoch Besorgnis erregend: Der Vergleich der Ergebnisse, die in ihrem Test vor dem Modellierungskurs, mit denen, die im Test nach dem Kurs erzielt wurden, zeigt, dass die erreichte Durchschnittspunktzahl gleich geblieben ist. Die Standardabweichung hat sich mehr als verdoppelt. Differenziert man die Fragen zu den oben genannten Schritten, so zeigt sich folgendes Bild: In den Schritten vier und sechs wurden nach dem Modellierungskurs bessere Ergebnisse erzielt. Im Schritt drei sind die Ergebnisse gleich geblieben. Im Schritt zwei ist im Ergebnis eine geringe, in den Schritten eins und fünf deutliche Verschlechterungen nach dem Modellierungskurs zu erkennen.

Diese Testergebnisse stellen das Erlernen von Modellierungskompetenzen im Rahmen eines Modellierungskurses in Frage und somit auch das Konzept der CAMMP week. Eine konsequente Schlussfolgerung ist es, zu fragen: "Wozu werden dann Modellierungskurse durchgeführt und warum kommt der Modellierung eine so große Bedeutung im Rahmen der Schulausbildung zu?" An dieser Stelle soll die Arbeit von Frejd (vgl. [11], 2012) aufgegriffen werden. Innerhalb einer kritischen Untersuchung von u. a. dem obigen Modellierungstest von Haines et al. zeigt er Lücken auf: Lediglich zwei Testfragen korrespondieren mit den betreffenden Aspekten im Modellierungskreislauf, sodass nicht alle Modellierungskompetenzen mit den Testfragen abgedeckt werden. So fehlt beispielsweise die Untersuchung der gemeinschaftlichen Arbeitsweise, die einen wichtigen Bestandteil der Modellierung darstellt. Des Weiteren bemängelt Frejd (vgl. [11], 2012) die atomistische Betrachtungsweise des Modellierungsprozesses, die sich stärker auf das Ergebnis als auf den Prozess selber konzentriert. Dies führt uns zu einer kurzen Darstellung weiterer Studien.

Blum (vgl. [3], 1996), Kaiser (vgl. [20], 2007, S. 115 f) und Maaß (vgl. [23], 2006) haben die folgenden Fähigkeiten im Zusammenhang mit Modellierungswochen untersucht. Sie sind laut Kaiser (vgl. [20], 2007) nötig, um ein Modellierungsproblem selbstständig zu lösen:

1. "Die Kompetenz zumindest ein teilweise reales Problem mithilfe einer mathematischen Beschreibung, also einem Modell, das selbstständig entwickelt wurde, zu lösen,

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup>In Galbraith et al. (vgl. [12], 1998) wurde bereits der Zusammenhang zwischen der Motivation, Selbstvertrauen und Engagement in der Mathematik und einer erhöhten Leistung in Mathematik untersucht.

- 2. die Kompetenz den Modellierungsprozess auf der Metaebene zu reflektieren,
- 3. die Erkenntnis der Verbindung zwischen Mathematik und Realität,
- 4. das Verständnis der Mathematik als einen Prozess, nicht nur als ein Produkt,
- 5. die Erkenntnis, dass mathematische Modellierung von den Voraussetzungen, Zielen und Möglichkeiten abhängt,
- soziale Kompetenzen, wie die Fähigkeit in einer Gruppe zu arbeiten und über Mathematik und in der Sprache der Mathematik zu diskutieren." (vgl. [20], Kaiser, 2007, S. 111)

Eine ausführliche Liste der Modellierungskompetenzen ist in Maaß (vgl. [23], 2006) zu finden.

Dabei umfasst die erstgenannte Modellierungskompetenz bereits alle Modellierungsschritte vom selbstständigen Entwickeln des Modells aus einer realen Problemstellung, über die mathematische Beschreibung, bis hin zur Lösung des Modells. Die zweite Modellierungskompetenz beschreibt den Schritt danach: Die Reflexion der Lösung. Die Schritte drei bis fünf können als Resultate der mathematischen Modellierung gedeutet werden. Die sechste Kompetenz geht über die bisher betrachteten Modellierungskompetenzen hinaus und setzt bei den sozialen Kompetenzen an.

"It is hoped that the participating students will acquire competencies to enable them to carry out modelling examples independently, that is, the ability to extract mathematical questions from the given problem fields and to develop autonomously the solutions of real-world problems. It ist not the purpose of this project to provide a comprehensive overview about relevant fields of application of mathematics. Futhermore, it is hoped that it will enable students to work purposefully on their own in open problem situations, experiencing the feelings of uncertainty and insecurity which are characteristics of real applications of mathematics in everyday life and science. An overarching goal is that students' experiences with mathematics and their mathematical world views or mathematical beliefs are broadened."

(Vgl. [20], Kaiser, 2007, S. 112.)

Nach Blomhøj et al. (vgl. [2], 2003, S. 137) müssen zum Erlernen der mathematischen Modellierungskompetenzen alle Prozesse des Modellierungskreislaufs durch die Modellierungsaufgabe angesprochen werden: Mathematische Modellierungskompetenz ist definiert durch das selbstständige und verständnisvolle Ausführen aller im Modellierungsprozess angesprochenen Aspekte in einem bestimmten Kontext. Dieses Verständnis von Modellierungskompetenzen erzwingt eine ganzheitliche Betrachtung des Modellierungsprozesses, um die Modellierungskompetenzen adäquat abzubilden.

So sind laut einer Untersuchung von Blomhøj et al. (vgl. [2], 2003, S. 136) für das Erlernen der Modellierungskompetenzen insbesondere die Diskussion und Kommunikation innerhalb der Gruppe von entscheidender Bedeutung. Diskussionen fördern den Erfolg deutlich stärker als anleitende Frage- und Hilfestellungen. Um jedoch die Schüler zur Diskussion anzuregen, braucht es eine motivierende und auffordernde Fragestellung des Problems: "Replacing task guidance with dialogue-based guidance

when attempting to assist the development of mathematical modelling competence" (vgl. [2], Blomhøj et al., 2003, S. 136).

Es wird deutlich, dass im direkten Zusammenhang mit der Kompetenz des mathematischen *Modellierens* weitere Kompetenzen stehen: Die Schüler müssen in der Lage sein, Texte zu lesen, Ergebnisse darzulegen und zu diskutieren (*Kommunizieren*), Strategien zur Lösung des Problems zu entwerfen, anzuwenden und zu refklektieren (*Problemlösen*), Vermutungen aufzustellen, Zusammenhänge zu begründen und Argumentationsketten zu beurteilen (*Argumentieren*) sowie Hilfsmittel, wie zum Beispiel Computersoftware, geeignet einzusetzen (*Werkzeuge nutzen*).

Diese fünf Kompetenzen werden im Kernlehrplan für Mathematik (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013) als prozessbezogene Kompetenzen bezeichnet.

Hinzu kommt die Kompetenz, mit mathematischen Begriffen und Konstrukten umgehen zu können. Dieser Teil wird im Kernlehrplan innerhalb der *Inhaltsbereiche* beschrieben.

# 2.1.4 Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen im Kernlehrplan

Im Folgenden sollen die Modellierungskompetenzen vor den curricularen Vorgaben betrachtet werden.

In Nordrhein-Westfalen sind im Kernlehrplan für Mathematik der Sekundarstufe II (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013) Kompetenzbereiche festgelegt, die das mathematische Handeln beschreiben und mit deren Hintergrund mathematische Inhalte erlernt werden sollen. Sie repräsentieren die Grunddimensionen des fachlichen Handelns und werden unterteilt in die fünf Bereiche Modellieren, Problemlösen, Argumentieren, Kommunizieren und Nutzen von Werkzeugen. Sie spiegeln damit die für das Fach Mathematik charakteristischen Prozesse wider. Die Kompetenzen werden differenziert in sogenannte Kompetenzerwartungen, die den spezifischen und grundlegenden Anforderungen und intendierten Lernergebnissen der einzelnen Bereiche entsprechen (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013, S. 13). Im Folgenden sollen diese Kompetenzbereiche und Kompetenzerwartungen näher erläutert werden, da diese Arbeit sie als Grundbausteine für ein Anforderungsprofil für die Teilnahme an der CAMMP week betrachtet und so in den verschiedenen durchgeführten Umfragen immer wieder darauf zurückgreift.

Das Modellieren beschreibt den Prozess des Modellbildens, also der mathematischen Beschreibung außermathematischer Phänomene und realer Probleme, der Lösung dieser innerhalb der Mathematik und der Anwendung und Interpretation dieser in Bezug auf die außermathematische Situation. Dieser Prozess ist nichts anderes als der Modellierungskreislauf (vgl. Kapitel 2.1.2), welcher allerdings im Kernlehrplan auf drei Teilprozesse, die sogenannten Kompetenzerwartungen im Modellieren, reduziert wird: das Strukturieren, das Mathematisieren und das Validieren.

Durch das *Strukturieren* soll die Realsituation erfasst und im Hinblick auf eine konkrete Fragestellung gegliedert und behandelt werden. Dies beinhaltet die Arbeitsschritte

des Bestimmens von Teilzielen, Treffens von Annahmen und Festlegens von Vereinfachungen. Das *Mathematisieren* beschreibt das Übersetzen der Realsituation in die Modellsituation, sowie das Lösen des aufgestellten Modells. Das *Validieren* beschreibt den Prozess des Anwendens der gefundenen Lösung auf die Realsituation. Die Ergebnisse müssen im Hinblick auf das reale Problem interpretiert und reflektiert werden.

Der zweite prozessbezogene Kompetenzbereich ist das Problemlösen. Das Problemlösen ist der Prozess der mathematischen Bearbeitung außer- oder innermathematischer Zusammenhänge. Hier steht im Vordergrund, dass beim Lösen des Problems auf keine bekannte (vollständige) Vorgehensweise zurückgegriffen werden kann, sodass die Schüler eigenständig eine Lösungsstrategie finden müssen. Dies erfordert die Teilprozesse des Erkundens ("Wo liegt das Problem?", "Welche Informationen habe und brauche ich?", "Wie kann ich das Problem beschreiben?"), des Lösens, wobei ein Lösungsweg entwickelt, (bekannte) Hilfsverfahren, -methoden und -werkzeuge ausgewählt, sowie der Lösungsweg ausgeführt werden muss, und des Reflektierens ("Passen die Ergebnisse zu dem Problem?", "Wo liegen Fehler?", "Was bedeuten die Ergebnisse in Bezug auf die Fragestellung?", "Können die Ergebnisse oder der Lösungsweg verbessert und optimiert werden?").

Eine weitere wichtige Handlung in der Mathematik ist das Argumentieren. Die Mathematik fordert das Beweisen und Herleiten mathematischer Aussagen und Zusammenhänge. Dadurch ist es naheliegend, dass der Kernlehrplan, der ein vollständiges Bild der Mathematik vermittelt, das Aufstellen von Vermutungen und das Begründen von Aussagen auf Basis von Bekanntem aufgreift. Außerdem sollen die Schüler in die Lage versetzt werden, Aussagen und Argumentationsketten zu beurteilen, also auf Richtigkeit und Vollständigkeit bewerten zu können.

Weiterhin sollen die Schüler durch den Mathematikunterricht dazu befähigt werden, mathematische Überlegungen und Ausarbeitungen rezipieren, d. h. erfassen, strukturieren, formalisieren und beschreiben von Bekanntem, produzieren, d. h. formulieren, dokumentieren, ausarbeiten, präsentieren eigener Überlegungen, und diskutieren, d. h. aufgreifen, vergleichen, beurteilen und weiterentwickeln oder korrigieren von (fehlerhaften) Aussagen, zu können. Diese drei Kompetenzerwartungen beschreiben den Kompetenzbereich Kommunizieren.

Der fünfte Kompetenzbereich ist Werkzeuge nutzen. Dieser beinhaltet u. a., dass die Schüler in die Lage versetzt werden, dynamische und interaktive, digitale und nicht-digitale Werkzeuge gezielt zur Unterstützung in den verschiedenen Kompetenzbereichen einzusetzen.

Der Kernlehrplan führt die Kompetenzerwartungen verknüpft mit den inhaltlichen Schwerpunkten bis zum Ende der Einführungsphase und bis zum Ende der Qualifikationsphase konkret auf. Er zeigt damit Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Kompetenzbereichen und den Inhaltsfeldern auf. Innerhalb der Qualifikationsphase wird nochmal unterschieden zwischen Grundkurs und Leistungskurs. Dabei dient der Grundkurs als "Grundgerüst", auf dem aufbauend zusätzliche inhaltliche Schwerpunkte, wie z. B. in der Stochastik die Normalverteilung und das Testen von Hypothesen, vermittelt werden sollen. Auch bei den Kompetenzerwartungen gibt es im Leistungskurs ein zusätzliches "Angebot".

"Inhaltsfelder systematisieren mit ihren jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkten die im Unterricht der Sekundarstufe II verbindlichen und unverzichtbaren Gegenstände und

liefern Hinweise für die inhaltliche Ausrichtung des Lehrens und Lernens" (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013, S. 13).

Die Inhaltsfelder gliedern sich in Funktionen und Analysis (A), analytische Geometrie und lineare Algebra (G) und Stochastik (S) auf. Sie sind, laut dem Kernlehrplan so mit den Kompetenzbereichen zu verknüpfen, "dass den Schülern vielfältige Erfahrungen ermöglicht werden, [ ... ] sodass ein kohärentes Bild fachlichen Handelns entsteht" (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013, S. 17).

Frank et al. (vgl. [10], 2013) haben bereits gezeigt, dass auch soziale und persönlich-keitsbestimmende Eigenschaften, wie Motivation, Diskussionsbereitschaft, Frustrationstoleranz und Durchhaltevermögen den Erfolg eines Modellierungsprojektes beeinflussen. Daher wollen wir diese Eigenschaften zusammen mit den prozessbezogenen Kompetenzen unter dem Begriff Kompetenzen vereinen.

Vor diesem theoretischen Hintergrund möchten wir uns nun unseren Eingangsfragen  $^{12}$  widmen. Der Schwerpunkt unserer Analyse der CAMMP week liegt auf den Kompetenzen, da diese die Basis einer Modellierungswoche bilden und im Mittelpunkt der Vermittlung (durch Anwendung) stehen. Die digitalen und nicht-digitalen Werkzeuge dienen auf der CAMMP week lediglich als Hilfsmittel. Ihr Gebrauch ist zwar notwendig und sinnvoll, steht jedoch nicht im Vordergrund. MATLAB ist ein Beispiel für ein digitales Werkzeug, das sowohl zum Lösen, als auch zur Simulation mathematischer Probleme genutzt werden kann. Es ist leicht zu bedienen und Algorithmen können intuitiv ohne Programmierkenntnisse programmiert werden. Damit ist es ein ideales Hilfswerkzeug für die CAMMP week. Das mathematische Arbeiten kann von  $MAT-LAB^{13}$  "übernommen" werden, sodass mathematische Inhalte in den Hintergrund treten. Die Schüler können sich auf die anderen Modellierungsschritte konzentrieren. Deshalb setzen wir MATLAB verpflichtend auf der CAMMP week ein.

#### 2.2 Die CAMMP week

#### 2.2.1 Allgemeines

Realitätsbezogene Problemstellungen haben im Mathematikunterricht zunehmend an Bedeutung gewonnen und so ist ihre stärkere Behandlung eingefordert worden. Das Aufzeigen von Realitätsbezügen im Alltag, in der Umwelt und der Wissenschaft soll ein ausgewogenes Bild von Mathematik als Wissenschaft vermitteln. Dadurch sollen Schüler dazu befähigt werden, als mündige Bürger zu agieren (vgl. [3], Blum 1996; [16], Henn, 2002; [20] Kaiser, 2007; [21] Kaiser et al., 2010; [24], Maaß, 2007). Neben der Vertiefung innermathematischer Kenntnisse und Kompetenzen wird also auch eine zukunftsorientierte Ausbildung erreicht: Mit dem aktiven Lösen von realen Problemen geht eine Verbesserung der Allgemeinbildung und eine Berufs- und Studienorientierung einher (vgl. [30], Roeckerath, 2012). Diese Ansprüche können durch Aufgaben, die offen, komplex, realistisch, authentisch, problemhaltig und durch das Ausführen

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup>, Welche Kompetenzen werden auf der CAMMP week erlernt bzw. weiterentwickelt?", "Welche Schwierigkeiten treten beim Erlernen der Kompetenzen auf?" und daraus ableitend "Wie können wir die Schüler in ihrem Lernprozess gezielt unterstützen?"

 $<sup>^{13}\</sup>mathrm{U}.$ a. ein Simulationsprogramm.

eines Modellierungsprozesses lösbar sind, erfüllt werden (vgl. [24], Maaß, 2007, S. 12; [30], Roeckerath, 2012, S. 6). Modellierungsaufgaben lassen sich von eingekleideten Aufgaben durch ihren "ehrlichen" Bezug zwischen Realität und Mathematik bzw. "ehrliche" Thematisierung der Realität abgrenzen (vgl. [16], Henn, 2002; [18], Kaiser, 1996, S. 1). Eine außerschulische Möglichkeit für Schüler, solche Modellierungsaufgaben zu lösen, bietet zum Beispiel das Konzept von CAMMP.

Bei CAMMP, abkürzend stehend für Computational And Mathematical Modelling Program, handelt es sich um ein computergestützes mathematisches Modellierungskonzept. Es wird in Zusammenarbeit von mehreren Instituten der RWTH Aachen, dem Center for Computational Engineering Science (Prof. Dr. M. Frank), dem Laboratory for Molecular Simulations and Transformations (Prof. Dr. A. E. Ismail) und der Graduiertenschule Aachen Institute for Advanced Study in Computational Engineering Science (Dr. N. Faber) in drei verschiedenen Formen angeboten: CAMMP online, CAMMP day und CAMMP week<sup>14</sup>. Alle drei Institute forschen und lehren auf dem Gebiet der Modellierung und Simulation. Dabei zeigt sich die enge Verbindung mehrerer Studienfächer, wie den Ingenieurwissenschaften, der Mathematik und der Informatik. Dieses Konzept der Verknüpfung mehrerer Interessensbausteine spiegelt sich in dem Konzept von CAMMP wider. Seit Mai 2013 ist CAMMP als Schülerlabor<sup>15</sup> anerkannt.

Im Folgenden möchte ich mich auf die CAMMP week beschränken, da die CAMMP week Schülern die Möglichkeit bietet, eine Woche lang selbstständig an einer Modellierungsaufgabe zu arbeiten und dabei in die Rolle von Wissenschaftlern zu schlüpfen. Die CAMMP week ist angelehnt an die Modellierungswochen der TU Kaiserslautern, die 1993 von Prof. Neunzert initiiert wurden und jetzt von Dr. Martin Bracke weitergeführt werden.

Die CAMMP week wird in Aachen seit 2011 für motivierte Schüler, die überwiegend aus dem Raum Aachen kommen, angeboten. Seit 2013 ist ergänzend eine MINT-CAMMP week in Zusammenarbeit mit dem MINT-EC $^{16}$ eingeführt worden. Die CAMMP week richtet sich an in Mathematik herausragende und begabte Schüler und kann auf der Grundlage der im Kernlehrplan genannten Ziele und Aufgaben als sinnvolle Ergänzung zum Alltagsunterricht gesehen werden.

## 2.2.2 Die Philosophie von CAMMP

CAMMP verfolgt mehrere Ziele, die an dieser Stelle aufgegriffen werden sollen. Die Ziele richten sich an drei verschiedene Personenkreise: die Schüler, die Lehrer und die Veranstaltenden.

CAMMP soll kein normaler Unterricht sein. Vielmehr sollen innovative didaktische Methoden erprobt werden. CAMMP ist also auch Forschung auf dem Gebiet der Didaktik. Zielrichtung ist eine Didaktik der problemorientierten mathematischen Forschung, insbesondere des kreativen Umgangs mit Mathematik.

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup>http://www.cammp.rwth-aachen.de/

<sup>&</sup>lt;sup>15</sup>http://www.lernort-labor.de/LabCards.php?tl=2

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup>Verein mathematisch-naturwissenschaftlicher Excellence-Center an Schulen e.V.

CAMMP will Berufs- und Studienorientierung sein, die gesellschaftliche Bedeutung von Mathematik und Simulationswissenschaften herausstellen und Schüler für ein Studium von CES<sup>17</sup> oder Mathematik begeistern.

CAMMP soll Lehrer aus- und fortbilden. Ziel ist die Befähigung der Lehrer zur selbstständigen Durchführung eines problemorientierten Mathematikunterrichts.

CAMMP soll allen an Organisation und Durchführung Beteiligten Spaß machen. Es ist als Lehr-Lern-Labor zu begreifen, in dem sich die Veranstaltenden auch selbst weiterentwickeln.

Die Aufgaben und Projekte sollen daher möglichst problemorientiert (im Gegensatz zum "typischen" methodenorientierten Mathematikunterricht), mit möglichst offenem Lösungsweg (im Gegensatz zu eindeutigen vorgegebenen Lösungswegen) sein, an denen die Schüler möglichst aktiv (Teamarbeit, eigenes Ausprobieren, wenig Frontalunterricht) teilnehmen. Es sollen keinerlei inhaltliche Voraussetzungen an die Teilnehmenden gestellt werden. Auch das Beherrschen von Simulationssoftware oder Kenntnisse einer Programmiersprache sind keine Voraussetzung für die Teilnahme an der CAMMP week.

#### 2.2.3 Organisationsrahmen der CAMMP week

Die CAMMP week wurde erstmalig 2011 in der Jugendherberge in Nideggen und seit 2012 in der Jugendherberge in Voeren (Belgien) durchgeführt. Eine Woche lang arbeiten Schüler in Klausur an ihrem Modellierungsprojekt. Dabei dokumentieren sie ihre Arbeit in einem Abschlussbericht und präsentieren ihre Ergebnisse im Rahmen einer Abschlussveranstaltung. Idealerweise arbeiten jeweils sechs Schüler der Oberstufe<sup>18</sup> während der CAMMP week in einem Team an einer eigenen komplexen, herausfordernden Problemstellung. Jede Gruppe wird dabei von zwei Lehrpersonen und einem wissenschaftlichen Betreuer begleitet. Angestrebt ist, auf diese Art sechs Gruppen zu bilden<sup>19</sup>. Die immer verschiedenen Problemstellungen werden von Firmen oder Forschungseinrichtungen gestellt und sind typischerweise noch nicht oder nur unzureichend gelöst. Im Rahmen der CAMMP week werden folglich ausschließlich authentische Modellierungsprobleme behandelt, die keine bekannte optimale oder gar eindeutige Lösung besitzen. In Kaiser et al. (vgl. [21], 2010) wird eine umfassende Klassifikation der jüngsten Modellierungsansätze gegeben. Es wird gemäß dieser Klassifikation ein realistischer, angewandter Modellierungsansatz verfolgt. Dadurch stehen pragmatisch-nützliche Ziele, wie z. B. das Lösen realer Probleme und damit das Verstehen dieser, sowie die Förderung der Modellierungskompetenzen im Vordergrund (vgl. [21], Kaiser et al., 2010, S. 54).

# 2.3 Überblick über die bisherigen Projekte

In den zurückliegenden CAMMP weeks, die nach dem in Kapitel 2.2 vorgestellten Konzept durchgeführt wurden, wurden die folgenden Modellierungsprobleme bearbei-

<sup>&</sup>lt;sup>17</sup>CES: Computational Engineering Science, Studiengang an der RWTH Aachen.

<sup>&</sup>lt;sup>18</sup>vom Gymnasium: ab der 10. Klasse, von der Gesamtschule: ab der 11. Klasse.

<sup>&</sup>lt;sup>19</sup>Auf der MINT-EC-CAMMP week gibt es vier Gruppen mit jeweils fünf Schülern.

tet. Bei der Auflistung sind neben dem Titel des Projekts auch das Bearbeitungsjahr, der wissenschaftliche Betreuer und ggf. der externe Projektsteller mit angegeben.

- Barcodes Kann Papier sprechen? (2011, Jochen Schütz)
- Boarding (2011, Amir Niazi)
- Endspiel beim Golf (2011, Kai Krycki)
- Optimierung der Spiegel in einem solarthermischen Kraftwerk (2011, Pascal Richter, NOVATEC SOLAR)
- Design von Extruderschnecken (2012, Rolf Isele-Holder)
- Geschwindigkeitsmessung mit unbewegten Bildern (2012, Kai Krycki)
- Optimierung der Einkaufsstrategie (2012, Pascal Richter, JTL Software GmbH)
- Rufzuteilung bei Aufzuganlagen (2012, Mark Kärcher, Böhnke & Partner GmbH)
- Smart Grids für Krankenhäuser (2012, Callum Corbett)
- Wasserlasermessung (2012, Betreuer unbekannt)
- Akkurate Temperaturmessung innerhalb eines Handmessgerätes (2013, Philipp Otte, AGT Group GmbH)
- Computergestützte Kieferkonstruktionen (2013, Kerstin Küpper, Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Uniklinik RWTH Aachen)
- Faltenfreies Drapieren von Textilien für Faserverbundwerkstoffe (2013, Kai Krycki, ITA Institut für Textiltechnik RWTH Aachen, SAERTEX GmbH & Co. KG Saerbeck)
- Fortbewegung des Eismaulwurfs (2013, Daniel Tameling, FH Aachen, ISTA RWTH Aachen, IFF Bergische Universität Wuppertal, IB Universität Bremen, Enceladus Explorer Konsortium)
- Intelligente Thermostatventilsteuerung (2013, Mark Kärcher, E.ON Energy Research Center, Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate RW-TH Aachen)
- Kabinenbewegung bei Aufzugsanlagen (2013, Janine Mergel, Böhnke & Partner GmbH)
- Optimales Warenlager (2013, Pascal Richter, JTL Software GmbH)
- Abbildung des Flechtprozesses (2013, MINT, Rolf Isele-Holder, ITA Institut für Textiltechnik RWTH Aachen)
- Berechnung der Kontaktfläche zwischen Fahrzeugsitz und Insasse (2013, MINT, Torsten Trimborn, Lehrstuhl für Energieeffizientes Bauen e3D RWTH Aachen)
- Mobilität der Zukunft Optimierung eines Carsharing Buchungssystems (2013, MINT, Callum Corbett, cambio CarSharing Aachen)
- Optimierung von Wärmeaustauschern (2013, MINT, Michael Woopen, GEA Air Treatment GmbH)
- Differentation von Temperaturdaten (2014, Daniel Tameling, RWP GmbH)

- Energieintegration in der Energie- und Verfahrenstechnik (2014, Niklas Mevenkamp, AVT Aachener Verfahrenstechnik der RWTH Aachen)
- Gerechte Verteilung von Transportaufträgen (2014, Philipp Otte, Inform GmbH)
- Konstruktion von Beckenschablonen (2014, Kerstin Küpper, Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Uniklinik RWTH Aachen)
- Tailored Fibre Placement (2014, Atanas Stavrev, ITA Institut für Textiltechnik RWTH Aachen)

Meine Erfahrungen mit Modellierungsprojekten habe ich auf den CAMMP weeks 2012 in dem Projekt Rufzuteilung bei Aufzuganlagen, 2013 in dem Projekt Faltenfreies Drapieren von Textilien für Faserverbundwerkstoffe und 2014 vorrangig in dem Projekt Konstruktion von Beckenkammschablonen gesammelt. 2014 konnte ich auch vereinzelt Einblicke in die anderen Projektgruppen bekommen. Sowohl die Lehrer- als auch die Schülerumfragen habe ich im Rahmen der CAMMP week 2014 durchgeführt. Damit erhält die CAMMP week 2014 einen besonderen Stellenwert in der Analyse der Modellierungsprozesse und der Entwicklung des Anforderungsprofils. Deshalb sollen die auf der CAMMP week 2014 durchgeführten Projekte hier für ein besseres Verständnis der Ergebnisse kurz vorgestellt werden. Der Einfluss unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade, Zugänglichkeiten und Themenbereiche wurde hier nicht aufgegriffen, da diese Arbeit ein erstes Verständnis des Modellierungsprozesses erreichen möchte. Dieser Einfluss ist zukünftig noch zu untersuchen. Die ausführlichen Aufgabenbeschreibungen, wie sie auch die Schüler erhalten haben, sind im Anhang A zu finden.

#### 2.3.1 Rufzuteilung bei Aufzugsanlagen (2012)

In diesem Projekt soll die Schülergruppe einen Algorithmus für eine Rufzuteilung für Aufzugsanlagen entwickeln. Dabei sollen die Passagiere in möglichst kurzer Zeit abgeholt und zügig an ihr Ziel gebracht werden. Ein weiteres Kriterium war, die Aufzugsfahrten möglichst energie- und somit kostengünstig zu planen. Das Thema bietet einen schnellen Einstieg, da die Schüler einen persönlichen Bezug zu Aufzugsanlagen haben. Der Schwerpunkt der Aufgabenstellung liegt auf der Entwicklung eines Algorithmus. Dieser kann zunächst aus einem sehr einfachen Modell (Betrachtung von nur einer Aufzugskabine und wenige Stockwerke) entwickelt und beliebig erweitert und so schwieriger gemacht werden. Mathematisch handelt es sich bei diesem Projekt um ein diskretes Optimierungsproblem, das bereits mit einfachen Heuristiken modelliert und gelöst werden kann. Es ist somit der mathematische Inhalt Funktionen als mathematische Modelle, der auch in allen anderen Projekten genutzt wird, wichtig. Im Folgenden wird dieses Projekt abkürzend mit Rufzuteilung benannt. Es wurde von der Firma Boehnke & Partner GmbH gestellt.

# 2.3.2 Faltenfreies Drapieren von Textilien für Faserverbundwerkstoffe (2013)

In vielen Produktionsbranchen, wie z. B. der Automobilindustrie, werden vermehrt Faserverbundwerkstoffe eingesetzt. Sie bieten den Vorteil, leicht wie Kunststoffe, aber gleichzeitig stabil wie Metallbauteile zu sein. Die Faserverbundwerkstoffe sollen bei der Realisierung komplexer Bauteilgeometrien eingesetzt werden. Dazu muss die zweidimensionale Textilbasis jedoch in die gewünschte dreidimensionale Form gebracht

werden. Anschließend wird sie durch den Einsatz von Epoxidharz ausgehärtet. Diesen Vorgang des "in Form bringens" nennt man Drapieren. Hier hat die Schülergruppe die Aufgabe, ein Modell zu erstellen, das den zunächst zweidimensionalen Faserverbundwerkstoff charakterisiert. Weiterhin soll dieses Modell anwendbar sein, um zu beschreiben, wie sich das Textil in einer beliebigen dreidimensionalen Form verhält. Besonders wichtig hierbei ist, Vorhersagen über die Faltenbildung zu erhalten. Dieses Projekt stellt zunächst die Herausforderung, die Problemstellung zu verstehen, da das Drapieren noch Forschungsgegenstand ist und den Schülern nicht im Alltag begegnet. Vereinfachen lässt sich der Zugang z. B. dadurch, dass mit einem Beispieltextil und einer dreidimensionalen Form (z. B. einer Halbkugel) das Drapieren selber ausprobiert wird. Damit kann eine geometrische Betrachtung gefördert werden. So werden mathematische Inhalte vor allem aus der analytischen Geometrie und linearen Algebra benötigt. Dies umfasst Winkelsätze, Darstellungen und Untersuchungen von geometrischen Objekten in einem räumlichen Koordinatensystem, hier mit der Spezialisierung auf Polarkoordinaten, Vektoren und Vektoroperationen, Lage- und Abstandsbeziehungen zwischen Punkten im dreidimensionalen Raum und das Skalarprodukt. Zusätzlich müssen Funktionen als mathematische Modelle verstanden und lineare Gleichungssysteme (mit dem Computer) gelöst werden. Das Projekt kann jedoch auch, z. B. bei Betrachtung der Elastizität des Textils, auf anspruchsvolle physikalische Inhalte erweitert werden. Im Folgenden wird dieses Projekt abkürzend mit Faltenfreies Drapieren benannt. Es wurde vom Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA) gestellt.

#### 2.3.3 Differentiation von Temperaturdaten (Metallabkühlungsprozess) (2014)

In diesem Projekt sollen die Schüler den Abkühlprozess von Metallen näher betrachten. Während des Abkühlens eines Metalls wird Energie in Form von Wärme frei. Zusätzlich kann auch im festen Zustand noch eine Umwandlung der Kristallgitterstruktur für das Freiwerden von Energie sorgen. Diese Daten können aus Temperaturverlaufsdiagrammen, die das Abkühlverhalten von bestimmten Metallproben, den sogenannten Jominy Abschreckproben, wiedergeben, ermittelt werden. Aufgabe ist es, aus diesen Abkühlkurven die Temperaturen und die Zeiten der Gefügeumwandlungen<sup>20</sup> sowie die freiwerdende Energiemenge zu bestimmen. Dies ist ein weiteres Thema, dass den Schülern nicht im alltäglichen Leben begegnet. Für die Entwicklung eines geeigneten Modells ist jedoch kein chemisches Fachwissen nötig. Die Beschäftigung mit dem Problem kann auf einer mathematisch abstrakten Ebene stattfinden. Es sind mathematische Inhalte aus dem Bereich Funktionen und Analysis gefragt. Die Exponentialfunktion wird als Vergleichsfunktion benötigt und der Ableitungs- und Integralbegriff müssen auf numerisches Ableiten erweitert werden. Im Folgenden wird dieses Projekt abkürzend mit Metallabkühlungsprozess benannt. Es wurde von der Firma RWP GmbH gestellt.

#### 2.3.4 Energieintegration in der Energie- und Verfahrenstechnik (2014)

In der Chemieindustrie müssen in Prozessen Mengenströme abgekühlt, aufgeheizt, verdampft oder kondensiert werden. Dazu Kühlwasser bzw. Heizdampf zu nutzen,

<sup>&</sup>lt;sup>20</sup>Umwandlung des Kristallgitters eines Metalls im festen Zustand.

ist sehr teuer und verbraucht Energie. Jedoch wird bei bestimmten Reaktionen auch Energie in Form von Abwärme frei. Aufgabe der Schüler war es nun, verschiedene Mengenströme mit bestimmten Temperaturen und Wärmeleitungseigenschaften in Wärmetauschern möglichst gut miteinander zu kombinieren, sodass jeder Strom beim Verlassen der Anlage eine vorgegebene Solltemperatur erreicht hat. Auch dieses Projekt entstammt nicht dem Alltag der Schüler. Jedoch ist die Thermodynamik<sup>21</sup> Teil des Kernlehrplans für Phyisk bzw. Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I (vgl. [26], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013; [25], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013). Damit sollte den Schülern der Wärmeaustauschprozess bekannt sein. Für die Mathematisierung sind hauptsächlich physikalische Kenntnisse bzw. der Erwerb dieser und diskrete Optimierung notwendig. Es sind mathematische Kenntnisse über grundlegende Eigenschaften der Exponentialfunktion zu benutzten. Im Folgenden wird dieses Projekt abkürzend mit Energieintegration benannt. Es wurde von der AVT Aachener Verfahrenstechnik der RWTH Aachen gestellt.

# 2.3.5 Konstruktion von Beckenkammschablonen (2014)

In der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ist es häufig notwendig, eine Rekonstruktion des Unterkiefers mittels Beckenkammtransplantaten durchzuführen. Die Aufgabe für die Schüler besteht darin, eine Schablone, die auf den Beckenkamm aufgesetzt und mit Hilfe derer dann das Transplantat "ausgeschnitten" werden kann, zu entwerfen. Die Schablone soll die Eigenschaft haben, nicht nur für Einzelpersonen, sondern für (vorgegebene) Patientengruppen zu passen. Den Schülern standen Computertomographie-Scans von einer Reihe von Testpersonen zur Verfügung, anhand derer die optimale "Durchschnittsschablone" gefunden werden sollte. Diese Problemstellung berührt nicht direkt den Schüleralltag. Da jedoch Röntgenbilder den meisten Schülern bekannt sind, bietet das Problem einen schnellen anschaulichen Einstieg. Damit liegt eine geometrische Betrachtung auf der Hand. Wie beim Faltenfreien Drapieren werden Winkelsätze, die Darstellung und Untersuchung geometrischer Objekte, hier im dreidimensionalen kartesischen Koordinatensystem, Vektoren und Vektoroperationen verbunden mit Lagebeziehungen, dem Abstandsbegriff und dem Skalarprodukt benötigt. Zur Lösung müssen lineare Gleichungssysteme verwendet werden. Allerdings muss früh mit vielen Daten gearbeitet werden, da aus den gegebenen Bildern die nötigen Informationen herauszufiltern sind und als Arbeitsgrundlage dienen. Im Folgenden wird dieses Projekt abkürzend mit Beckenkammschablonen benannt. Es wurde von der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Uniklinik RWTH Aachen gestellt.

#### 2.3.6 Tailored Fibre Placement (2014)

In vielen Produktionsbranchen, wie z. B. der Automobilindustrie, werden vermehrt Faserverbundwerkstoffe eingesetzt. Sie bieten den Vorteil leicht wie Kunststoffe, aber gleichzeitig stabil wie Metallbauteile zu sein. Eine Möglichkeit, ein solches Textil vorzuformen, bietet das sogenannte "tailored fibre placement", zu deutsch "Fadenablage".

<sup>&</sup>lt;sup>21</sup>Z. B. das Inhaltsfeld Energieübergang zwischen Körpern verschiedener Temperatur (Jgst. 5/6, Gymnasium (G8)) bzw. Wärmetransport als Temperaturausgleich (Jgst. 5/6, Gesamtschule) oder der Kontext Effiziente Energienutzung Jgst. 7/9, Gymnasium (G8) bzw. Jgst. 7/10, Gesamtschule).

Hierbei wird mit einem einzelnen Faden die gesamte gegebene Geometrie ausgefüllt. Anschließend muss das Textil noch mit Epoxidharz imprägniert werden und härtet so aus. Die Aufgabe der Schüler besteht nun darin, eine Strategie für die Fadenablage zu entwickeln. Dabei müssen bestimmte Einschränkungen, wie zum Beispiel der Faden darf in maximal zwei Lagen übereinander abgelegt werden, beachtet werden. Diese Problemstellung bietet einen schnellen anschaulichen Einstieg, da jeder Schüler sich vorstellen kann, wie man mit einem Seil eine geometrische Form ausfüllt. Jedoch stellt die Modellierung des Seils bzw. des Fadens eine Herausforderung dar. Das Finden eines Ablegealgorithmus kann in der Schwierigkeit gut durch Verändern der auszufüllenden Form gestaffelt werden. Analog zu den Projekten Faltenfreies Drapieren und Beckenkammschablonen werden hier die mathematischen Inhalte aus der analytischen Geometrie und linearen Algebra benutzt. Im Folgenden wird dieses Projekt abkürzend mit Fadenablage benannt. Es wurde von dem ITA Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen gestellt.

#### 2.3.7 Gerechte Verteilung von Transportaufträgen (2014)

Die Logistikabteilungen von Autoproduzenten wollen die Auslieferung ihrer Autos möglichst effizient planen. Die Auslieferung übernehmen verschiedene Speditionen, mit denen Verträge darüber bestehen, wie viel Prozent der anfallenden Fahrten und wie viel Prozent der zurückgelegten Kilometer einer Spedition zustehen. Die Aufgabe der Schüler ist es, die Verteilung der Transportaufträge auf die verschiedenen Speditionen zu optimieren. Dieses Thema bietet, ebenso wie das Projekt Rufzuteilung einen schnellen Einstieg. Mit kombinatorischem Ausprobieren und logischem Denken kann bereits eine Lösung zu einer einfachen Problemvariante (z. B. nur drei Speditionen) auf dem Papier gefunden werden ohne schwierige mathematische Zusammenhänge entwickeln zu müssen. Hier besteht die Herausforderung vor allem in der Optimierung einer ersten gefundenen Lösung. Die auftretenden Nebenbedingungen lassen sich als lineare Gleichungssysteme auffassen. Im Folgenden wird dieses Projekt abkürzend mit Transportaufträge benannt. Es wurde von der Firma Inform GmbH gestellt.

# 3 Planung der Umfragen

"Zu erwerbende Kompetenzen und Methoden des Unterrichts sind insofern eng aufeinander bezogen, als dass Kompetenzen von den Schülern nur aktiv erworben werden können und die Aufgabe der Lehrkräfte darin besteht, diesen Prozess mit Hilfe sinnstiftender und motivierender Lernumgebungen anzustoßen und zu begleiten. [...] Über die Aneignung und Anwendung von Kalkülen und Verfahren hinaus werden im Unterricht entdeckendes und nacherfindendes Lernen in komplexen Problemkontexten, sowie der Austausch und die Kommunikation über Prozesse und Ergebnisse ermöglicht. Deshalb gilt es, nicht Fehler zu vermeiden, sondern sie als Quelle für neue Erkenntnisse zu nutzen."

(Vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013, S. 11)

Ziel dieser Arbeit ist es, u. a. ein methodisch-didaktisches Verständnis der CAMMP week aufzubauen. Wir wollen den Schülern eine "sinnstiftende und motivierende Lernumgebung" (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013, S. 11) bieten, die es ihnen ermöglicht, durch aktives Arbeiten im Team an herausfordernden realen Problemen das mathematische Modellieren zu erfahren und die damit verbundenen Kompetenzen weiterzuentwickeln. Um die Schüler in diesem Lernprozess gezielt unterstützen zu können, müssen wir ein Verständnis der Prozesse auf der CAMMP week, durch die das Lernen angeregt wird, erlangen. Nur so können wir in Zukunft einer begründeten Auswahl an Schülern eine gute Betreuung bieten.

Dieses Verständnis unserer Arbeit wollen wir aus verschiedenen Sichtweisen aufbauen: Eigene Beobachtungen der Gruppenarbeit während der CAMMP weeks<sup>22</sup> 2012, 2013 und 2014, einer Umfrage unter allen ehemaligen wissenschaftlichen Betreuer zur Erhebung der nötigen Vorkenntnisse und des Erlernens, einer Umfrage unter den Lehrpersonen während der CAMMP week 2014 zur Erhebung der realen Kompetenzen und des Erlernens und zwei Schülerumfragen<sup>23</sup>.

Im Folgenden soll die Planung der genannten Umfragen erläutert werden. Diese umfasst eine genaue Beschreibung der angeführten Methoden zur Beantwortung der Fragen "Was soll mit der Umfrage erreicht werden?" und "Was muss dafür gemacht werden?". Zusätzlich sollen die verschiedenen Fragebögen vorgestellt und damit die Frage "Wie muss er konzipiert sein?" beantwortet werden.

Die entsprechenden Fragebögen sind im Anhang zu finden (vgl. Anhang B: Betreuerfragebogen; Anhang C: Lehrerfragebogen; Anhang D: Schülerfragebogen vor Beginn der CAMMP week und Anhang E: Schülerfragebogen am Ende der CAMMP week).

#### 3.1 Betreuerumfrage

Der Betreuerfragebogen erfragt die wichtigen Kompetenzen und Inhalte, die Schüler in der Oberstufe erlernen sollen. Ziel ist es, herauszufinden, welche Vorkenntnisse für

 $<sup>^{22}2012:\</sup> Rufzuteilung,\ 2013:\ Faltenfreies\ Drapieren\ und\ 2014:\ Beckenkammschablonen.$ 

<sup>&</sup>lt;sup>23</sup>Eine Schülerumfrage vor der CAMMP week 2014, die zweite Schülerumfrage am letzten Tag der CAMMP week 2014.

die Teilnahme an der CAMMP week nötig sind und welche Kompetenzen und Inhalte durch die Teilnahme an der CAMMP week erlernt werden.

Dem Fragebogen liegt der Kernlehrplan für Mathematik (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013) zu Grunde. Die dort beschriebenen Lernanforderungen für die Oberstufenschüler lassen sich grob in zwei Themen unterteilen: die prozessbezogenen Kompetenzen und die Inhaltsfelder. Beide Bereiche gliedern sich in weitere, recht konkrete Unterthemen: Die prozessbezogenen Kompetenzen gliedern sich in fünf Kompetenzbereiche, die ihrerseits wiederum durch sogenannte Kompetenzerwartungen konkretisiert werden. Die mathematischen Inhalte sind einerseits themenabhängig und andererseits niveauabhängig unterteilt. Für die Beschreibung der Kompetenzerwartungen und inhaltlichen Schwerpunkte sei auf Kapitel 2.1.4 verwiesen. Diese Gliederung in Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte ist in dem Betreuerfragebogen aufgegriffen worden. Die jeweiligen Kompetenzerwartungen und inhaltlichen Schwerpunkte werden prägnant dargelegt, um den Betreuern Anhaltspunkte zu bieten. Jede Kompetenzerwartung und jeder inhaltliche Schwerpunkt soll von den Betreuern im Hinblick auf ihr betreutes Projekt auf zwei Aspekte hin auf einer Skala von 0 bis 5 bewertet werden; dabei entspricht der 0 die Ausprägung es sind keine Vorkenntnisse nötig bzw. es gibt keinen Lernzuwachs und der 5 die Ausprägung es sind sehr qute Vorkenntnisse nötig bzw. es gibt einen sehr hohen Lernzuwachs (vgl. Abb. 2).



Abbildung 2: Bewertungsskala in der Betreuerumfrage

Die zwei zu bewertenden Aspekte sind:

- 1. Wie sehr sind Vorkenntnisse in den jeweiligen Kompetenzerwartungen bzw. inhaltlichen Schwerpunkten nötig, um erfolgreich an der CAMMP week teilnehmen zu können?
- 2. Wie hoch wird das Erlernen der jeweiligen Kompetenzerwartungen bzw. inhaltlichen Schwerpunkte eingeschätzt?

Die erste Frage soll Aufschluss darüber geben, welche Vorkenntnisse die Schüler idealerweise mitbringen sollten, um erfolgreich an der CAMMP week teilnehmen zu können. Mit dem Wissen über die Vorkenntnisse wollen wir ein Anforderungsprofil erstellen, mit dem wir geeignete Schüler auswählen können. Die zweite Frage soll uns Informationen darüber geben, wie stark die Kompetenzen überhaupt vermittelt werden, sodass wir im nächsten Schritt untersuchen können, wie wir den Lernprozess bestmöglich unterstützen. Beides zusammen ermöglicht uns, den Schülern eine gute Lernumgebung und eine gute Betreuung zu bieten.

Weiterhin gibt es eine Spalte "Begründung / Beispiel / Anmerkung". Hier können die Betreuer nähere Erläuterungen zu den einzelnen Bewertungen angeben. Zu den sozialen Kompetenzen und der Motivation der Schüler können unterhalb der Tabelle weitere Angaben in Textform gemacht werden. Ein Auszug aus dem Betreuerfragebogen ist in Abbildung 3 zu finden.

#### 2. Problemlösen

Das Problemlösen ist der Prozess der mathematischen Bearbeitung außer- oder innermathematischer Kontexte, die (zunächst) nicht schematisch oder in direkter Anlehnung an bekannte Muster und Verfahren bearbeitet werden können, durch Erkunden, Lösen und Reflektieren.

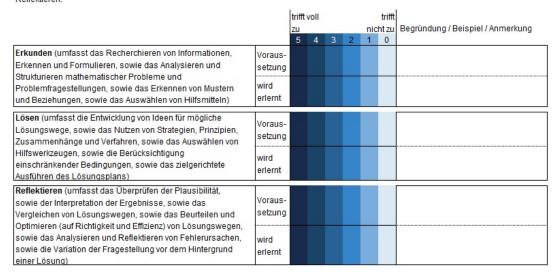


Abbildung 3: Auszug aus dem Betreuerfragebogen

Die Umfrage spiegelt die Einschätzung der Betreuer wider, die auf den realen Lernerfolg der Schüler hindeutet. Dieser muss jedoch in Zukunft noch direkt untersucht werden. Hinsichtlich dieser Umfrage haben wir folgende Hypothesen aufgestellt und untersucht:

Hypothesen zu den nötigen Voraussetzungen:

Für eine erfolgreiche Teilnahme an der CAMMP week sind

- im *Modellieren* keine Vorkenntnisse nötig,
- im *Problemlösen* mittlere Vorkenntnisse nötig,
- im Argumentieren gute Vorkenntnisse nötig,
- im Kommunizieren gute Vorkenntnisse nötig,
- im Werkzeuge nutzen "nur" spezifische Vorkenntnisse nötig und
- in den inhaltlichen Schwerpunkten "nur" spezifische Vorkenntnisse nötig.

Hypothesen zu der Kompetenzerweiterung:

Bei einer erfolgreichen Teilnahme an der CAMMP week

- wird das *Modellieren* sehr gut erlernt,
- wird das *Problemlösen* sehr gut erlernt bzw. weiterentwickelt,
- wird das Argumentieren sehr gut erlernt bzw. weiterentwickelt,
- wird das Kommunizieren sehr gut erlernt bzw. weiterentwickelt,
- wird das Werkzeuge nutzen gut erlernt bzw. weiterentwickelt und

• werden projektspezifische inhaltliche Schwerpunkte gut erlernt bzw. weiterentwickelt.

Diese gilt es zu prüfen (vgl. dazu Kapitel 4.2.2).

## 3.2 Lehrerumfrage

Ein Ziel der Betreuerumfrage ist es also, herauszufinden, welche Vorkenntnisse die wissenschaftlichen Betreuer für die Teilnahme für sinnvoll halten. Es sollte jedoch auch gewährleistet werden, dass diese Voraussetzungen von den Schülern erfüllt werden können. Deshalb soll in einer Lehrerumfrage der Wissens- und Kompetenzstand der Schüler ermittelt werden. Zusätzlich fragen wir in der Lehrerumfrage, analog zur Betreuerumfrage, eine Einschätzung des Erlernens ab. Lehrkräfte können, auf Grund ihres Berufs, mit didaktischem Hintergrundwissen und einem geschulten Blick für Lehrplananforderungen die Lernprozesse der Schüler während der CAMMP week beobachten und bewerten.

Um die Ergebnisse der Lehrerumfrage mit denen der Betreuerumfrage vergleichen zu können, sind beide Fragebögen inhaltlich gleich. So beruht auch die Lehrerumfrage auf dem Kernlehrplan für Mathematik (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013).

Die Betreuerumfrage hat ergeben (vgl. Kapitel 4.2.2 und 4.2.3), dass in den prozessbezogenen Kompetenzen in den einzelnen Kompetenzerwartungen bestimmte Mindestvoraussetzungen an die Schüler gestellt werden sollten, während inhaltliche Schwerpunkte nur projektspezifisch vorausgesetzt werden und somit hier keine einheitlichen umfassenden Mindestvoraussetzungen abgeleitet werden können. Mit diesem Ausgangspunkt ist der Lehrerfragebogen zu den prozessbezogenen Kompetenzen um die Spalte "Mindestanforderungen" ergänzt worden. Die Mindestanforderungen enthalten eine Auskunft darüber, welche Fähigkeiten wir innerhalb einer Kompetenzerwartung auf Basis der Ergebnisse der Lehrerumfrage als Voraussetzungen für eine Teilnahme an der CAMMP week ansehen. Manche Mindestanforderungen sind durch den Ausdruck "unbedingt Grundvoraussetzung" beschrieben worden. Dies bedeutet, dass dann die Fähigkeiten, die in der Erläuterung der Kompetenzerwartung aufgeführt sind, von den Betreuern als "mindestens in Ansätzen sollten diese Fähigkeiten als Vorkenntnisse mitgebracht werden" bewertet wurden. Die Lehrpersonen sollen in der Lehrerumfrage auch die Mindestanforderungen auf einer Skala<sup>24</sup> von 0 bis 5 beurteilen: "Wie hoch ist der Anspruch für die Schüler, die Mindestanforderung vor dem schulischen Kontext zu erfüllen?" Anhand der Bewertung der Mindestanforderungen soll in der Auswertung auch eine Art Normierung vorgenommen werden. Dabei gilt die Betreuerumfrage als Bezugssystem: Alle Einschätzungen der Lehrpersonen werden um die Differenz zwischen der Mindestanforderungsbewertung und dem zugehörigen Median der Betreuerbewertungen korrigiert.

Die Lehrer bewerten, im Gegensatz zu den Betreuern, mehrere Schüler separat: Es sollen die realen Vorkenntnisse der "eigenen" Schüler und das Erlernen der Schüler, die ein Lehrer während der CAMMP week in der Gruppenarbeit begleitet hat, beurteilt

<sup>&</sup>lt;sup>24</sup>Dabei entspricht 0 der Aussage Die Mindestanforderung stellt keine Ansprüche (jeder Schüler in der Oberstufe erfüllt sie) und 5 der Aussage Die Mindestanforderung stellt sehr hohe Ansprüche (nur sehr wenige Oberstufenschüler erfüllen sie).

werden. Dies bietet den Vorteil, eine differenziertere Aussage über die prozessbezogenen Kompetenzen und das inhaltliche Wissen der Schüler zu erhalten.

Die Spalte "Begründung / Beispiel / Anmerkung" ist in der Lehrerumfrage weggelassen worden, da nicht näher untersucht werden soll, warum die Schüler bestimmte Kompetenzerwartungen erfüllen bzw. nicht erfüllen.

Ein Auszug aus der Lehrerumfrage ist in Abb. 4 zu finden.

Beurteilen und Optimieren (auf Richtigkeit und Effizienz) von Lösungs-

wegen, das Analysieren und Reflektieren von Fehlerursachen und die Variation der Fragestellung vor dem Hintergrund einer Lösung)

# 2. Kompetenzbereich 'Problemlösen' Das Problemlösen ist der Prozess der mathematischen Bearbeitung außer- oder innermathematischer Kontexte, die (zunächst) nicht schematisch oder in direkter Anlehnung an bekannte Muster und Verfahren bearbeitet werden können, durch Erkunden, Lösen und Reflektieren.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan Beschreibung Punkte 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Erkunden (umfasst das Recherchieren von Informationen, Erkennen und Fähigkeit, Muster zu erkennen: Entdeckerfreude Formulieren, Analysieren und Strukturieren mathematischer Probleme bzw. lemfragestellungen, das Erkennen von Mustern und Beziehungen und (kann auch aus anderen Fächern mitgebracht wei Auswählen von Hilfsmitteln) Lösen (umfasst die Entwicklung von Ideen für mögliche Lösungswege, Nutzen von Strategien, Prinzipien, Zusammenhängen und Verfahren, das unbedingt Grundvoraussetzung Auswählen von Hilfswerkzeugen, die Berücksichtigung einschränkender Bedingungen und das zielgerichtete Ausführen des Lösungsplans) Reflektieren (umfasst das Überprüfen der Plausibilität und der Interpretation der Ergebnisse, das Vergleichen von Lösungswegen, das

Abbildung 4: Auszug aus dem Lehrerfragebogen

Fähigkeit, komplexe Textaufgaben lösen zu können

# 3.3 Schülerumfrage vor der Teilnahme an der CAMMP week

Ein weiteres Standbein, auf das das Anforderungsprofil aufbauen soll, ist eine Schülerumfrage. Diese ist in zwei Teile unterteilt: Ein Fragebogen soll von den Schülern vor<sup>25</sup> der Teilnahme an der CAMMP week und ein Fragebogen soll am Ende<sup>26</sup> der CAMMP week ausgefüllt werden.

Der vorab-Fragebogen erfragt wichtige Voraussetzungen, wie die Motivation, die Frustrationstoleranz, die Team-, Kommunikations- und Argumentationsfähigkeit, den Spaß an Modellierungs- und anspruchsvollen Problemen sowie das Anwenden des Computers als Werkzeug. Damit baut er auf den Ergebnissen der Betreuerumfrage, sowie Beobachtungen aus den letzten Jahren auf. Er erhebt damit u. a. die realen Kompetenzen in Selbsteinschätzung. Er ist nicht anonym gestaltet, da er zusätzlich als Voranmeldung zu der CAMMP week dient. Sollten sich mehr als 36 Schüler<sup>27</sup> zu der CAMMP week anmelden, werden auf Grund der vorab-Fragebögen in einer Auswahlrunde 36 Schüler von uns ausgewählt.

Nun möchte ich auf die Gestaltung des vorab-Schülerfragebogens eingehen.

1. Zunächst sollen die Schüler in einer offenen Frage ihre Motive für ihre Teilnahme an der CAMMP week angeben. Es ist wichtig, dass die Schüler aktiv an den Modellierungsprojekten mitwirken. Dies setzt eine intrinsische Motivation voraus.

 $<sup>^{25} {\</sup>rm Diese}$  Umfrage wird im Folgenden auch mit "vorab-Schülerumfrage" bzw. ihr Fragebogen mit "vorab-Fragebogen" bezeichnet.

<sup>&</sup>lt;sup>26</sup>Diese Umfrage wird im Folgenden auch mit "Schülerrückmeldung" bzw. ihr Fragebogen mit "(Schüler-)Rückmeldebogen" bezeichnet.

<sup>&</sup>lt;sup>27</sup>Vom Veranstalter festgelegte maximale Teilnehmerzahl.

- Sie umfasst die Aspekte Neugierde oder, in den Worten der Betreuer gesprochen, "Entdeckerfreude", Anreiz, Erfolgserwartung und Anstrengungsbereitschaft (vgl. [8], Edelmann, 1994).
- 2. Es folgt eine Multiple-Choice-Frage, mit der die Frustrationstoleranz und das Durchhaltevermögen abgefragt wird. Die Schüler sollen ihr Vorgehen einschätzen, wenn sie bei einer (Mathematik-)Aufgabe auch nach 15 Minuten noch keine Lösung sehen. Die realen Problemstellungen sind bisher nicht oder nur unzureichend gelöst. Es wäre vermessen zu erwarten, dass die Schüler diese Aufgaben ohne Fehler zu machen, ohne in Sackgassen zu laufen, ohne "Durststrecken" bewältigen können. Im Gegenteil: Es liegt im Charakter des (iterativen) Modellierungsprozesses mit Frustrationen umzugehen und durchzuhalten.
- 3. Angesichts dieses hohen Stellenwerts dient auch die folgende, offen gestaltete Frage der Untersuchung des Durchhaltevermögens. Es soll beschrieben werden, was die längste Zeit ist, die sich die Schüler mit einem Problem (z. B. in der Facharbeit, einem Aufsatz, einer Mathematikaufgabe, ...) auseinandergesetzt haben und warum sie dies getan haben.
- 4. Mit der nächsten Multiple-Choice-Frage soll das Rollenverhalten bei Gruppenarbeit ermittelt werden. Dazu sind verschiedene typische Rollen, wie z. B. Diskussionsleiter oder Präsentationsvorbereiter, vorgeschlagen, aus denen die Schüler die am besten auf sie zutreffende(n) auswählen können. Die in der CAMMP week angewandte Sozialform ist die Gruppenarbeit. Wichtig ist, dass die Schüler aktiv daran teilnehmen. Zusätzlich gibt diese Erhebung uns die Möglichkeit, die Schüler gezielt in Gruppen einzuteilen (vgl. Kapitel 4.4).
- 5. Lerntheorien besagen, dass Schüler auf dem Lernstand abholt werden sollen, wo sie stehen, damit der neue Lerninhalt mit dem "alten" Wissen der Schüler verknüpft werden kann. Deshalb wollen wir in der fünften Frage abklären, was die Schüler unter einem realen Problem, in dem Mathematik zur Lösung genutzt wird, verstehen.

Die Fragen sechs bis einschließlich 10 sind Single-Choice-Fragen. Hier sollen die Schüler auf einer Skala von eins bis fünf angeben, wie gerne sie den beschriebenen Prozess durchführen.

- 6. Die sechste Frage greift das Thema der Bearbeitung von Sach- und Textaufgaben auf. Diese Aufgabenstruktur ist in ihrem Charakter den Modellierungsaufgaben am ähnlichsten, beschränkt sich allerdings auf weniger Prozessschritte (vgl. Kapitel 2.1.2).
- 7. Des Weiteren gehen wir davon aus, dass die Probleme, die wir den Schülern während der CAMMP week stellen, eine hohe Komplexität und keine offensichtliche Lösung haben und daher zur Ergebnissuche Kreativität und Knobelfreude erfordern. Diese Eigenschaften werden in der Frage sieben abgefragt.
- 8. Mit dieser Frage knüpfen wir an Frage sechs und damit der Lernmethodik an: Diskussionen innerhalb der Gruppen ist für das Gelingen der Gruppenarbeit unerlässlich. Deshalb wird hier die Diskussionsfreude der Schüler abgefragt.

- 9. Die nächste Frage widmet sich der Freude an der Theorie: Dem Führen von Herleitungen und Beweisen. Die Antworten hierauf sind sicherlich mit Vorsicht zu betrachten: Mag ein Schüler keine Herleitungen und Beweise, so bedeutet dies nicht, dass er die praktische Anwendung derer sehr gerne macht. Der Praxisbezug ist jedoch maßgebend für reale Probleme. Andererseits sind während der CAMMP week auch mal Herleitungen zu führen, da Inhalte vorkommen können, die den Schülern unbekannt sind und erst erarbeitet werden müssen.
- 10. Der Computer ist auf der CAMMP week ein zwingend notwendiges Hilfsmittel. Wir setzten keine Programmierkenntnisse voraus, jedoch muss am Computer gearbeitet werden: Die Programmcodes werden mit MATLAB, die Berichte und Präsentationen mit LaTeX<sup>28</sup> erstellt, weshalb die Schüler eine Mindestaffinität zur Arbeit mit dem PC mitbringen sollten. Diese wird in der letzten Frage geklärt.

Mit dem vorab-Fragebogen ist zunächst eine Selbsteinschätzung der eigenen Kompetenzen durch die Schüler verbunden. Diese liefert zusammen mit der Lehrerumfrage ein umfassenderes reales kompetenzorientiertes Profil der Schüler.

Außerdem werden durch den Fragebogen die Schüler bereits vor der CAMMP week dazu verpflichtet, sich mit der Bedeutung der Modellierungswoche für sie auseinanderzusetzen.

Da der Fragebogen im Rahmen eines Auswahlverfahrens ausgefüllt werden soll, wird zusätzlich eine Exklusivität der Veranstaltung signalisiert.

Zuletzt kann in Verbindung mit der Schülerrückmeldung am Ende der CAMMP week, der Lehrer- und Betreuerumfrage – hier die Teile zum Erlernen von Kompetenzen – und den eigenen Beobachtungen ein Bild der Schüler erstellt werden, das Aufschluss darüber gibt, in welchem Zusammenhang der Erfolg und das Vorhandensein bestimmter Kompetenzen stehen.

#### 3.4 Schülerumfrage am Ende der CAMMP week

Im folgenden Abschnitt soll nun die Schülerrückmeldung erläutert werden.

Die Schülerrückmeldung fordert eine Rückmeldung der Schüler über die CAMMP week ein: "Was ist gut gelaufen?", "Was können wir noch verbessern?". Dieses Verfahren ist auch in den Jahren vor 2014 genutzt worden. Das Ziel dieser Rückmeldung kann spezifiziert werden: Innerhalb eines Vergleichs mit den zuvor genannten Umfragen wollen wir Antworten auf die Fragen "Welche Kompetenzen werden durch die Teilnahme an der CAMMP week erlernt?" und "Welche Schwierigkeiten sind im Lernprozess aufgetreten?" finden.

Der Fragebogen fordert nach der Erhebung persönlicher Daten<sup>29</sup> (Geschlecht, Jahrgangsstufe und Leistungskurse) zunächst eine Bewertung der CAMMP week ein. In Single-Choice-Fragen sollen die Modellierungsinformation, die zu Beginn der CAMMP

<sup>&</sup>lt;sup>28</sup> Auf der CAMMP week nutzen wir das Simulationsprogramm MATLAB und das Textprogramm LaTeX.

<sup>&</sup>lt;sup>29</sup>Der Name entfällt.

week in einer Einführungsstunde vermittelt wird, der Einsatz von LaTeX und MAT-LAB, die Schwierigkeit der Aufgabe, der Praxisbezug, sowie die Betreuung, Organisation, Unterkunft und soziale Aktivitäten<sup>30</sup> und eine Weiterempfehlung der CAMMP week auf einer Likert-Skala mit vier Antwortmöglichkeiten eingeschätzt werden. Hierzu gibt es auch die Möglichkeit Kommentare anzufügen.

Weitere Teile der Bewertung der CAMMP week bilden die offenen Fragen "Was hast du für dich persönlich durch die Teilnahme an der CAMMP week gelernt?" und "Was würdest du an der CAMMP week verändern bzw. verbessern wollen?".

Die bisher genannten Items sind Teil der Schülerrückmeldung aus den vorherigen Jahren und in den neuen Rückmeldungsbogen integriert worden.

Ergänzend sind innerhalb der Bewertung der CAMMP week Fragen hinzu gekommen, die an den Schülerfragebogen, der vor Beginn der CAMMP week ausgefüllt werden sollte, anknüpfen.

So sollen wieder Motivationsgründe angegeben werden, warum man erneut bzw. nicht erneut teilnehmen möchte. Ein "vorher-nacher"-Vergleich der Motivation soll Aufschluss über die Veränderung der Ziele der Schüler geben.

Außerdem haben die Schüler die Möglichkeit, ihre Schwierigkeiten im Modellierungsund/oder Problemlöseprozess zu beschreiben. Mit dieser Frage soll offengelegt werden, an welcher Stelle im Modellierungskreislauf und im Problemlöseprozess (bzw. bezogen auf die Kompetenzbereiche: in welchen Kompetenzerwartungen) Schwierigkeiten (also kognitive Konflikte/Hürden) aufgetreten sind und worin diese bestanden.

Die nächste Frage zielt auf eine Erörterung der sozialen Kompetenz und der Methodik ab. Die Schüler sollen schildern, wie gut sie sich in der Gruppenarbeit einbringen konnten, wo Schwierigkeiten lagen und wo sie über sich hinaus gewachsen sind. Die Teamarbeit ist ein wichtiger Grundbaustein der CAMMP week: Nur im Team können die Schüler die Modellierungsprobleme lösen. Einerseits können wir mit dieser Frage herausfinden, wo die Schüler möglicherweise noch Unterstützung benötigen, damit die Gruppenarbeit besser funktioniert. Andererseits können wir vielleicht auch eine Entfaltung der Schüler ("vom stillen Mäuschen zum Diskussionsleiter") feststellen, was wiederum ein Qualitätsmerkmal für unsere Arbeit wäre.

Der nächste Abschnitt des Fragebogens geht näher auf die Auswirkungen der CAMMP week auf die Sozial- und Mathematikkompetenzen ein und ist auch in Anlehnung an den vorab-Fragebogen entwickelt worden.

Wieder als Single-Choice-Fragen formuliert, sind die beiden Fragen "Hat es dir Spaß gemacht eine knifflige Mathematikaufgabe zu bearbeiten?" und "Hast du gerne mit deinen Gruppenmitgliedern diskutiert?" auf einer Likert-Skala zu bewerten. Sie sind direkt aus dem vorab-Fragebogen abgeleitet und ermöglichen es damit, im direkten Vergleich eine Aussage über eine Entwicklung der Schüler durch die Teilnahme an der CAMMP week zu treffen. Auch hier gibt es wieder die Möglichkeit Kommentare anzufügen.

Aus den gleichen Gründen ist die Multiple-Choice-Frage "Welche Aufgabe bzw. Rolle hast du in der Gruppenarbeit auf der CAMMP week übernommen?" in Anlehnung an den vorab-Fragebogen in die Rückmeldung übernommen worden. Hier wurden

<sup>&</sup>lt;sup>30</sup>Dieser Punkt ist für diese Arbeit nicht relevant.

allerdings die Antwortmöglichkeiten um die beiden Punkte "Ich habe unsere Ideen implementiert/programmiert." und "Ich habe den Bericht geschrieben." ergänzt.

Hinzu gekommen ist die Multiple-Choice-Frage "Was hast du für dich in Bezug auf das Lösen von komplexen Problemen gelernt?". Hier wird das Erlernen bzw. Weiterentwickeln von Fähigkeiten, wie unter Druck zu arbeiten, Durchhaltevermögen, Frustrationstoleranz, Kreativität und Teamarbeit abgefragt, da diese Eigenschaften in der Betreuerumfrage als wichtige "sonstige" Kompetenzen genannt worden sind.

Der vierte Frageteil bezieht sich auf die Auswirkungen der Teilnahme an der CAMMP week auf die Studienwahl. Dieser Teil ist aus der älteren Rückmeldeverion übernommen worden. Er zielt auf eine Einschätzung des Interesses gegenüber den MINT-Fächern bzw. des MINT-Studiums ab und ist im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter von Bedeutung.

Abschließend können die Schüler noch persönliche Kommentare, wie z. B. Lob, Kritik oder Verbesserungsvorschläge, aufschreiben.

# 4 Durchführung und Ergebnisse

In diesem Kapitel wird die Durchführung der zuvor aufgezeigten Methoden vorgestellt. Hierbei möchte ich jeweils zuerst auf die äußeren Bedingungen eingehen, unter denen die verschiedenen schriftlichen Befragungen stattgefunden haben. So soll auch eine Einschränkung der Gültigkeit der erhaltenen Ergebnisse geliefert werden. Die Ergebnisse werden bezüglich der im vorherigen Kapitel aufgestellten Ziele zusammenfassend aufgeführt. Eine detaillierte Übersicht über die Angaben der Befragten ist im Anhang zusammengestellt. Aufgrund der geringen Stichproben<sup>31</sup> kann keine der durchgeführten Umfragen als repräsentativ eingestuft werden. Somit sind keine signifikanten Aussagen über die nötigen bzw. realen Vorkenntnisse und das (vermutete) Erlernen von Kompetenzen möglich. Sie geben lediglich Hinweise, bieten jedoch gleichzeitig Anhaltspunkte für zukünftige, fortführende Studien und Lernstandserhebungen im Bereich der Kompetenzenuntersuchung. Den Umfragen stelle ich meine eigenen Beobachtungen von Schülergruppen, ihren äußeren Rahmen und die hieraus resultierenden Ergebnisse voran. Dies dient dazu, Aussagen über das derzeitige Betreuungskonzept und das Schülerverhalten zu treffen, um anschließend die weiteren Ergebnisse hierauf aufzubauen. Alle erhobenen Daten sind in der Anlage CD einzusehen.

## 4.1 Eigene Beobachtungen

## 4.1.1 Äußerer Rahmen der eigenen Beobachtungen

Bisher habe ich selber an drei aufeinander folgenden CAMMP weeks als Lehramtsstudentin teilgenommen. Damit hatte ich in allen drei Modellierungswochen die Rolle der Lehrperson (vgl. dazu Kapitel 5.3) inne.

Meine Beobachtungen in meiner ersten CAMMP week 2012 stammen aus der Gruppe Rufzuteilung. Sie sind unspezifisch und nicht zielgerichtet. Hier habe ich das Konzept von CAMMP kennengelernt und erste eigene Erfahrungen in Modellierungsprojekten gesammelt.

In meiner zweiten CAMMP week 2013 habe ich die Gruppe Faltenfreies Drapieren begleitet. Die Schülergruppe bestand aus drei Mädchen und vier Jungen und wurde von einem wissenschaftlichen Mitarbeiter des Instituts MathCCES, einer Lehrperson, die die Fächer Mathematik und Physik unterrichtet, und mir (auch Mathematik und Physik) unterstützt. Zwei Schüler gingen zu dem Zeitpunkt der CAMMP week in die 10., ein Schüler in die 11. und vier Schüler in die 12. Jahrgangsstufe. Zwei der Schüler, die beide die 12. Jahrgangsstufe besuchten, kamen von einer Gesamtschule, alle anderen Schüler kamen von verschiedenen Gymnasien. Außerdem hatten zwei Gruppenmitglieder angegeben, dass sie programmieren können. Meine Beobachtungen hier waren insbesondere auf die Gruppendynamik, also das Verhalten der verschiedenen Personengruppen Schüler, Lehrpersonen und wissenschaftliche Betreuer und die Kommunikation untereinander, ausgerichtet. Zusätzlich wurde die Gruppenarbeit vor dem Hintergrund des Modellierungskreislaufs von mir erfasst.

<sup>&</sup>lt;sup>31</sup>Vgl. Abschnitt Äußerer Rahmen der Betreuerumfrage: 4.2.1, Äußerer Rahmen der Lehrerumfrage: 4.3.1, Äußerer Rahmen der Schülerumfrage vor der Teilnahme an der CAMMP week 2014: 4.4.1 und Äußerer Rahmen der Schülerumfrage am Ende der CAMMP week 2014: 4.4.2.

Meine Erfahrungen in der CAMMP week 2014 habe ich vorrangig in der Gruppe Beckenkammschablonen gesammelt. Das bedeutet, dass ich meine Zeit überwiegend in dieser Gruppe verbracht habe. Da jedoch nur sehr wenige Lehrpersonen ihre Schüler zu dieser CAMMP week begleitet haben bzw. einige Lehrpersonen nur zeitweise anwesend waren, hatte nicht jede der fünf Gruppen eine durchgängige Begleitung durch Lehrpersonen. Zu Beginn der Woche (Montagmittag bis Mittwochabend) wurde die Gruppe Beckenkammschablonen jedoch sogar von zwei Lehrpersonen – inklusive mir – betreut. Diese Umstände gaben mir die Möglichkeit, auch Eindrücke in anderen Gruppen zu sammeln und ihren Modellierungsprozess in Teilen mitzuverfolgen. So konnte ich mir ein Bild der Gruppendynamik, der Verhaltensweisen und der Kompetenzen einzelner Schüler innerhalb mehrerer Gruppen hinsichtlich des Betreuungskonzepts und der Erstellung eines Anforderungsprofils machen. Diese gesammelten Informationen sind keineswegs vollständig und beruhen auf subjektiver Wahrnehmung. Sie sind für eine vollständige Betrachtung durch weitere Beobachtungen der Betreuer und der Lehrpersonen zu ergänzen. Weiterhin unterliegen die Eindrücke zum sozialen Verhalten der Schüler zusätzlich Eindrücken des Verhaltens außerhalb der Gruppenarbeitsphasen.

Die Gruppe Beckenkammschablonen bestand aus einem Mädchen und vier Jungen und wurde von einem wissenschaftlichen Mitarbeiter des Instituts MathCCES<sup>32</sup>, einer Lehrperson, die die Fächer Mathematik und Physik unterrichtet, und mir (auch Mathematik und Physik) unterstützt. Zwei Schüler gingen in die 10. und drei Schüler in die 11. Klasse des Gymnasiums. Vier Schüler hatten angegeben, dass sie bereits Programmierkenntnisse besitzen, wobei auch der fünfte Schüler zu Beginn der CAMMP week angab, ein bisschen programmieren zu können.

Zusätzlich zu den qualitativen Beobachtungen habe ich auf Basis des Lehrerfragebogens die Vorkenntnisse und das Erlernen der Kompetenzen und Inhaltsbereiche der einzelnen Schüler der Gruppe Beckenkammschablonen eingeschätzt.

#### 4.1.2 Ergebnisse der eigenen Beobachtungen

Zunächst möchte den Erfolg in den beobachteten Gruppen differenziert aufführen. Dabei gehe ich auf das Anwenden der verschiedenen Kompetenzen ein. Hieraus soll abgeleitet werden, welche Kompetenzen erlernt bzw. weiterentwickelt wurden und wo dabei Schwierigkeiten auftraten.

In allen drei Projekten haben die Schüler Modelle entwickelt, die die realen Situationen geeignet darstellten. Die Modelle lieferten eine passende Lösung, die die Schüler reflektieren und in Bezug auf die reale Situation interpretieren konnten. Außerdem konnten Erweiterungsmöglichkeiten benannt werden. Der Modellierungsprozess wurde damit erfolgreich durchgeführt. Es kann zunächst einmal festgehalten werden, dass alle drei Projekte aus fachlicher Sicht erfolgreich waren.

Bleibt die Frage: "Haben die Schüler jetzt ihre mathematischen Modellierungskompetenzen erweitert?"

Um eine Antwort hierauf zu finden, habe ich für die Gruppe Beckenkammschablonen den Lehrerfragebogen ausgefüllt. Hier zeigt sich zunächst, dass vier Schüler unseren

<sup>&</sup>lt;sup>32</sup>http://www.mathcces.rwth-aachen.de/start

Mindestanforderungen<sup>33</sup> in den Voraussetzungen in den prozessbezogenen Kompetenzen entsprechen. Lediglich ein Schüler liegt unter den Mindestanforderungen. Diese Einschätzung meinerseits ist dadurch zustande gekommen, weil dieser Schüler sich sehr zurückgehalten und nur selten etwas (fachliches) gesagt hat. Dies macht eine Beurteilung der Vorkenntnisse sehr schwierig und anfällig für Fehler. Das Erlernen der prozessbezogenen Kompetenzen liegt bei zwei Schülern unterhalb der mittleren Betreuereinschätzung<sup>34</sup>. Ein Lernfortschritt ist dennoch zu erkennen. Zum Einen wurde das Erlernen bei dem bereits oben erwähnten Schüler aus ähnlichen Gründen sehr niedrig eingeschätzt. Zum Anderen war auch ein zweiter Schüler zurückhaltender, hat seine Ideen aber mit eingebracht. Diese trugen jedoch leider selten zu einem Vorankommen bei der Lösungsfindung bei. Bei beiden Schülern halte ich die kognitiven Hürden, die sich durch den Modellierungsprozess ergeben haben, für zu hoch. Zusammenfassend bedeutet dies, dass mit unserem bisherigen Betreuungskonzept drei von fünf Schülern ihre prozessbezogenen Kompetenzen gut bis sehr gut erweitern konnten. Zwei Schüler konnten ihre prozessbezogenen Kompetenzen nur gering bis mittelmäßig ausbauen. Insbesondere in den Kompetenzbereichen Argumentieren und Kommunizieren fand nur geringer Lernzuwachs statt. Förderungsmöglichkeiten ergeben sich z. B. dadurch, dass die Lehrperson stärker eine Mitarbeit einfordert.

Der von mir ausgefüllte Lehrerfragebogen befindet sich in der beigefügten Anlage.

Die Beurteilung des pädagogischen Erfolgs beruht allein auf eigenen Beobachtungen. Ich schätze die Erhöhung der Selbstwirksamkeitserwartung bei allen fünf Schülern der Gruppe Beckenkammschablonen im mittleren bis guten Bereich ein. Die Schüler mussten im Modellierungsprozess häufig Rückschläge einstecken und viel Ausdauer zeigen. Die Rückschläge lassen sich auf Unorganisation zurückführen, wodurch in meinen Augen die Selbstwirksamkeitserwartung trotz fachlichem Erfolg niedriger ausfällt. An dieser Stelle halte ich zusätzliche Hilfestellungen seitens des Betreuers oder der Lehrperson nicht für nötig. Einerseits gehören auch solche Rückschläge zu einem Lernprozess dazu. Andererseits war das Projekt fachlich erfolgreich. Die Schüler schienen das erkannt zu haben. In der Gruppe Faltenfreies Drapieren schätze ich die Selbstwirksamkeitserwartung bei vier Schülern als sehr gut ein, wobei sie schon vorher im guten Bereich lag. Diese drei Schüler waren sehr ehrgeizig, offen für neue Lerninhalte und neugierig – sie haben viel nachgefragt, wenn sie etwas nicht verstanden haben. Hier gehe ich von einer hohen intrinsischen Motivation aus. Bei den anderen drei Schülern vermute ich die Selbstwirksamkeitserwartung nach der CAMMP week im guten Bereich. Diese Schüler waren sich in ihrer Arbeit deutlich unsicherer. Ein Schüler äußerte beispielsweise, nachdem er eine gute Idee, ohne Fehler oder Lücken in der Argumentationskette, vorgestellt hatte, "Ach, das kann gar nicht richtig sein. Das ist ja von mir." Erst nachdem ein weiterer Schüler ihm seine Idee bestätigt hatte, stieg sein "mathematisches" Selbstvertrauen. Dieses Beispiel hebt die Bedeutung der Diskussion und Kommunikation innerhalb der Gruppe hervor. Am Ende der CAMMP week stand ein großer fachlicher Erfolg und alle Schüler konnten von sich sagen: "Ich habe dazu beigetragen!" Zu der Gruppe Rufzuteilung kann ich keine differenzierten Aussagen über die Erhöhung der Selbstwirksamkeitserwartung treffen, da ich dort noch keine gezielten Beobachtungen durchgeführt habe.

<sup>33</sup>Eine Beschreibung der Berechnung der Mindestanforderungen ist in Kapitel 4.3.2 zu finden.

<sup>&</sup>lt;sup>34</sup>Auch hier wurde nach dem Prinzip der Berechnung der Mindestanforderungen ein mittleres Erlernen ermittelt.

Der didaktisch-methodische Erfolg zeichnet sich durch das gemeinsame Erreichen des fachlichen Ziels aus. Dies beinhaltet, dass die Schüler voneinander und miteinander lernen und diskutieren.

In den Diskussionen sind zwischen den Gruppen Unterschiede zu benennen: An den Diskussionen beteiligten sich in der Gruppe Rufzuteilung alle Gruppenmitglieder. In der Gruppe Faltenfreies Drapieren waren diskussionsstarke Schüler vertreten. Hier muss jedoch angemerkt werden, dass diese Gruppe sehr lange über die Entwicklung eines mathematischen Modells diskutiert hat. Die sprachlich dominierenden Schüler wiederholten die bestehenden Ideen. Die Diskussionen gerieten öfter ins Stocken, wenn sich eine Lehrperson mit Bemerkungen wie "Das Teilproblem muss so und so gelöst werden. Das können die Schüler aber noch gar nicht wissen. Das hatten sie noch nicht in der Schule." eingemischt hat. Diese Situation weist darauf hin, dass die Lehrerrolle nochmal gesondert betrachtet werden sollte, da auch sie einen großen Einfluss auf die Gruppendynamik zu haben scheint. Unser Verständnis der Lehrerrolle findet sich in Kapitel 5.3. Auch in der Gruppe Beckenkammschablonen waren die Diskussionen stockender. Zwei Schüler haben sich sehr stark zurück gehalten. Hier wirkte bei der Entwicklung eines mathematischen Modells eine große kognitive Hürde.

Die Eigenständigkeit und somit das Lernen mit- und voneinander war sowohl in der Gruppe Rufzuteilung als auch in der Gruppe Faltenfreies Drapieren sehr hoch. Vor allem in der Gruppe Faltenfreies Drapieren ist mir aufgefallen, dass viel in Kleingruppen gearbeitet wurde. Dies ist vermutlich auf die Gruppengröße von sieben Schülern zurückzuführen. Innerhalb der Kleingruppen herrschte eine sehr gute Arbeitsatmosphäre, Konzentration und Eifer. In der Gruppe Beckenkammschablonen waren Schüler, die sich nicht lange konzentrieren konnten und so auch andere Gruppenmitglieder immer wieder ablenkten. Hier half extrinsische Motivation in Form von direkter problemorientierter inhaltlicher Hilfestellung.

Eine weitere differenzierte Betrachtung der Gruppe Beckenkammschablonen findet in Kapitel 4.4.4 innerhalb eines Vergleichs mit den anderen Gruppen der CAMMP week 2014 statt.

Die Beobachtungen können folgendermaßen zusammengefasst werden: Alle Gruppen nahmen erfolgreich an der CAMMP week teil. Schüler mit Vorkenntnissen in den prozessbezogenen Kompetenzen, die den Anforderungen der Betreuer entsprechen, sowie Schüler mit einer hohen intrinsischen Motivation kommen mit dem Modellierungsprozess eigenständiger zurecht. Zurückhaltende Schüler und Schüler mit einer geringen Selbstwirksamkeitserwartung benötigen mehr Unterstützung seitens der Lehrperson, die gezielt zu Kleingruppendiskussionen unter den Schülern anregt. So können auch diese Schüler erfolgreich an der CAMMP week teilnehmen.

# 4.2 Betreuerumfrage

#### 4.2.1 Äußerer Rahmen der Betreuerumfrage

Die Betreuerumfrage wurde im Februar 2014 mit allen 15 ehemaligen Betreuern von insgesamt 20 verschiedenen Projekten der CAMMP weeks 2011 bis 2013 durchgeführt. Sie wurde erneut im Juli 2014 mit den fünf Betreuern der fünf verschiedenen Projekte der CAMMP week 2014 durchgeführt.

Die Betreuer sollten in eine Tabelle, wie sie inhaltlich in Kapitel 3.1 beschrieben wurde, durch ein Ankreuzen auf einer 5-stufigen Skala ihre Bewertung abgeben. Eine Übersicht der einzelnen Ergebnisse befindet sich in der Anlage *CD*.

Von den insgesamt 25 durchgeführten Projekten wurden 20 (18 verschiedene) Projekte bewertet und sind damit in die Auswertung eingegangen. In der Tabelle 1 ist differenziert dargestellt, wie viele Projekte es auf den vergangenen CAMMP weeks gab, wie viele davon bewertet wurden, wie viele Betreuer bereits an mindestens einer vorherigen CAMMP week teilgenommen haben (also "Wiederholer" sind) und wie viele Betreuer ihre verschiedenen Projekte bewertet haben.

CAMMP week	Anzahl Projekte	Anzahl der bewerteten (verschiedenen) Projekte	Anzahl der wdh. Betreuer	Anz. Betreuer, die mehrere Projekte bewertet haben
2011	4	3	0	0
2012	5	4 (3)	2	1
2013	7	7 (6)	3	2
2013 (MINT-EC)	4	2	2	1
2014	5	4	3	3

Tabelle 1: Auflistung der bewerteten Projekte durch die wissenschaftlichen Betreuer

Damit wird deutlich, dass bei den meisten Betreuern zwischen der Durchführung der CAMMP week und der Umfrage eine große Zeitspanne, teilweise von mehreren Jahren liegt. Eine Gewichtung in der Auswertung wurde jedoch nicht durchgeführt. Auch mögliche Effekte, die sich durch eine wiederholte Teilnahme einzelner Betreuer ergeben, wurden nicht untersucht oder berücksichtigt.

Die Betreuerumfrage kann nicht als repräsentativ eingestuft werden, da der Stichprobenumfang mit 20 Rückläufern zu gering ist. Somit sind keine signifikanten Aussagen möglich. Außerdem hat keine Normierung der Betreuerantworten stattgefunden. Es soll hier betont werden, dass die Ergebnisse subjektive Einschätzungen sind und somit kein objektives Maß darstellen, wie es z. B. durch einen Schülertest ermittelt werden könnte. Schülertests zu den Modellierungskompetenzen sind z. B. in Haines et al. (vgl. [14], 2001) zu finden. Die Durchführung eines Schülertests bzgl. aller hier bisher erwähnten Untersuchungsgegenstände (prozessbezogene Kompetenzen, Inhaltsfelder, methodisch-didaktische Kompetenzen) würde den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen.

#### 4.2.2 Ergebnisse der Betreuerumfrage - Prozessbezogene Kompetenzen

Die folgenden Ergebnisse beruhen auf den Einschätzungen von 20 Projekten. Zur Bewertung der Ergebnisse haben wir als stochastisches Maß, da ordinale Daten zugrunde liegen, den Median und den Quartilsabstand genutzt. Der Median ist stabil gegenüber Ausreißern, spiegelt jedoch eine Verteilung der Werte nur bedingt wider, weshalb zusätzlich der Quartilsabstand betrachtet wird. Dabei wird ein Median von 5 als "sehr gute Vorkenntnisse" bzw. "sehr gutes Erlernen", ein Median von 4 als "gute Vorkenntnisse" bzw. "gutes Erlernen", ein Median von 3 als "mittlere Vorkenntnisse"

bzw. "mittleres Erlernen", ein Median von 2 als "geringe Vorkenntnisse" bzw. "geringes Erlernen", ein Median von 1 als "sehr geringe Vorkenntnisse" bzw. "sehr geringes Erlernen" und ein Median von 0 als "keine Vorkenntnisse" bzw. "kein Erlernen" interpretiert. Ist der halbe Quartilsabstand in einer Kompetenzerwartung bzw. einem inhaltlichen Schwerpunkt größer als 1, so wird diese Kompetenzerwartung bzw. der inhaltliche Schwerpunkt auch den benachbarten Medianklassen zugeordnet.

#### Modellieren

Für eine erfolgreiche Teilnahme an der CAMMP week sind laut der Betreuerumfrage im *Modellieren* keine bis mittlere Vorkenntnisse erforderlich. Vorhandene Kenntnisse in den einzelnen Kompetenzen erleichtern die Gruppenarbeit. Jedoch sind allumfassende Kenntnisse, wie sie im Kernlehrplan beschrieben werden, keine Voraussetzung. Diese Kompetenzen werden, wenn nötig mit Unterstützung durch die Betreuer, gut (*Strukturieren*), gut bis sehr gut (*Mathematisieren*) und mittelmäßig bis sehr gut (*Validieren*) erlernt bzw. weiter entwickelt.

- 1. Die Schüler sollten im Strukturieren mittlere Vorkenntnisse mitbringen, d. h., sie sollten in Ansätzen die Fähigkeit besitzen, technische Prozesse bzw. Probleme zu abstrahieren. Ein Problem gliedert sich in einen Ausgangszustand, der in einen Endzustand überführt wird. Sie sollten weiterhin erkennen können, dass komplizierte Probleme reduziert und dadurch vereinfacht werden können. Sie sollten komplizierte Problemstellungen erfassen und dabei eine Gliederung des Problems in Teilprobleme als "Ausweg" zur Vereinfachung verstehen können.
- 2. Die Schüler sollten im *Mathematisieren* mittlere Vorkenntnisse mitbringen, d. h., sie sollten die Fähigkeit besitzen, **mehrschrittige Textaufgaben lösen** zu können. Außerdem sollten sie anderen Schülern in ihren **dynamischen Denkprozessen folgen und sich aktiv darin einbinden** können. Zusätzlich sollten sie in Ansätzen **komplexe Sachsituationen formalisieren** können.
- 3. Die Schüler benötigen im *Validieren* keine bis geringe Vorkenntnisse. Sie sollten lediglich das Verständnis mitbringen, dass es einen **Unterschied zwischen** Modell und Realität gibt.

Mängel im *Strukturieren*, *Mathematisieren* und *Validieren* können durch andere Gruppenmitglieder ausgeglichen werden.

## Problemlösen

Für eine erfolgreiche Teilnahme an der CAMMP week sind im *Problemlösen* sehr geringe bis mittlere Vorkenntnisse nötig. Grundlegende Kenntnisse in den einzelnen Kompetenzen sollten vorhanden sein und mindestens in Ansätzen mitgebracht werden. Diese Kompetenzen werden mittelmäßig bis sehr gut (*Erkunden* und *Reflektieren*) und sehr gut (*Lösen*) erlernt bzw. weiter entwickelt.

1. Das Erkunden ist ein zentraler Aspekt in der CAMMP week-Arbeit und sollte mindestens in Ansätzen mitgebracht werden. Die Vorkenntnisse dürfen auch aus anderen Fächern stammen. D. h., die Schüler sollten im Erkunden mittlere Vorkenntnisse mitbringen. Sie sollten Muster und Beziehungen erkennen können und Entdeckerfreude zeigen.

- 2. Das Lösen stellt eine wichtige Qualifikation bei den Projekten dar und sollte mindestens in Ansätzen beherrscht werden, da die Schüler die Projekte selbstständig lösen sollen. Die Schüler sollten im Lösen mittlere Vorkenntnisse mitbringen, d. h., sie sollten grundlegende Strategien zum Lösen komplexer Aufgaben kennen und dabei auch Vorschläge von anderen Schülern auffassen können.
- 3. Die Schüler benötigen im *Reflektieren* sehr geringe bis mittlere Vorkenntnisse, d. h., sie sollten **Probleme unter verschiedenen Fragestellungen und Zielen betrachten** können.

Mängel im *Erkunden* und *Reflektieren* können durch andere Gruppenmitglieder oder auch durch den Betreuer ausgeglichen werden.

## Argumentieren

Für eine erfolgreiche Teilnahme an der CAMMP week sind im Argumentieren in allen drei Kompetenzerwartungen mittlere Vorkenntnisse nötig. Grundlegende Kenntnisse in den einzelnen Kompetenzen sollten vorhanden sein. Diese Kompetenzen werden gut (Vermuten), mittelmäßig bis gut (Begründen) und mittelmäßig bis sehr gut (Beurteilen) erlernt bzw. weiter entwickelt.

- 1. Die Schüler sollten im *Vermuten* mittlere Vorkenntnisse mitbringen, d. h., sie sollten **Thesen selbstständig formulieren** können.
- 2. Die Schüler sollten im *Begründen* mittlere Vorkenntnisse mitbringen, d. h., sie sollten die Fähigkeit mitbringen, sich **verständlich ausdrücken** zu können.
- 3. Die Schüler benötigen im *Beurteilen* mittlere Vorkenntnisse, d. h., sie sollten **auf** eigene, aber auch auf fremde Ideen gezielt eingehen und ihre Plausibilität bewerten können.

#### Kommunizieren

Für eine erfolgreiche Teilnahme an der CAMMP week sind im Kommunizieren geringe bis mittlere Vorkenntnisse nötig. Grundlegende Kenntnisse in den einzelnen Kompetenzen sollten vorhanden sein. Diese Kompetenzen werden gut (Rezipieren) bzw. sehr gut (Produzieren und Diskutieren) erlernt bzw. weiter entwickelt.

- Die Schüler sollten auf jeden Fall im Rezipieren mittlere Vorkenntnisse mitbringen, da das Rezipieren notwendig für eine sinnvolle und gelungene Mitarbeit ist. Die Schüler sollten mit mathematischen Begriffen und Objekten umgehen können.
- 2. Die Schüler sollten im *Produzieren* mittlere Vorkenntnisse mitbringen, d. h., sie sollten Grundkenntnisse im **Dokumentieren von Arbeitsschritten und Erstellen von Präsentationen** mitbringen. Mängel können hier innerhalb der Gruppe ausgeglichen werden.
- 3. Die Schüler benötigen im *Diskutieren* geringe bis gute Vorkenntnisse, d. h., sie sollten in Diskussionen **fair miteinander und mit Kritik umgehen** können. Diese Kompetenzerwartung kann auch aus anderen Fächern mitgebracht werden.

#### Werkzeuge nutzen

Für eine erfolgreiche Teilnahme an der CAMMP week sind im Bereich Werkzeuge nutzen kaum Vorkenntnisse nötig. Lediglich im Verwenden digitaler Werkzeuge zum (graphischen) Darstellen von Funktionen und (räumlichen) Objekten und Erstellen von Tabellen und Histogrammen wird von 50% der Betreuer Vorkenntnisse auf mittlerem Niveau gefordert. Hier wird von 85% der Betreuer das Erlernen bzw. Weiterentwickeln dieser Kompetenz als mittelmäßig bis sehr gut eingeschätzt.

In beiden Programmen MATLAB und LaTeX werden keine Vorkenntnisse erwartet. Jedoch sollten die Schüler offen dafür sein, neue digitale Werkzeuge kennenzulernen.

Einige Schüler sollten allerdings Programmierkenntnisse oder zumindest algorithmisches Denken mitbringen.

#### Zusammenfassender Überblick

Für eine erfolgreiche Teilnahme an der CAMMP week sind nach Einschätzung der Betreuer für die Kompetenzbereiche

- Modellieren im Teilprozess *Strukturieren* mittlere, im Teilprozess *Mathematisieren* mittlere, im Teilprozess *Validieren* keine bis geringe,
- Problemlösen im Teilprozess *Erkunden* mittlere, im Teilprozess *Lösen* mittlere, im Teilprozess *Reflektieren* sehr geringe bis mittlere,
- Argumentieren im Teilaspekt *Vermuten* mittlere, im Teilaspekt *Begründen* mittlere, im Teilaspekt *Beurteilen* mittlere,
- Kommunizieren im Teilaspekt *Rezipieren* mittlere, im Teilaspekt *Produzieren* mittlere und im Teilaspekt *Diskutieren* geringe bis gute und
- Werkzeuge nutzen, sofern einige Gruppenmitglieder bereits programmieren können, i. A. geringe

Vorkenntnisse nötig.

Bei einer erfolgreichen Teilnahme an der CAMMP week werden ebenfalls nach Einschätzung der Betreuer in den Kompetenzbereichen

- Modellieren das *Strukturieren* gut, das *Mathematisieren* gut bis sehr gut, das *Validieren* mittelmäßig bis sehr gut,
- Problemlösen das *Erkunden* mittelmäßig bis sehr gut, das *Lösen* sehr gut, das *Reflektieren* mittelmäßig bis sehr gut,
- Argumentieren das Vermuten gut, das Begründen mittelmäßig bis gut, das Beurteilen mittelmäßig bis sehr gut,
- Kommunizieren das Rezipieren gut, das Produzieren sehr gut und das Diskutieren sehr gut und
- Werkzeuge nutzen (projektspezifisch) einige Teilkompetenzerwartungen mittelmäßig bis sehr gut

erlernt bzw. weiterentwickelt.

Damit entsprechen die Ergebnisse der Betreuerumfrage in den meisten Items unseren Erwartungen. Lediglich im *Modellieren* werden (durchschnittlich) höhere Vorkenntnisse für nötig gehalten. Hier hat die Betreuerumfrage im Durchschnitt ergeben, dass geringe Vorkenntnisse nötig sind, während unsere Hypothese war, dass keine Vorkenntnisse nötig seien. In den Kompetenzbereichen *Argumentieren* und *Kommunizieren* liegen die durchschnittlichen Anforderungen im mittleren Bereich und damit sogar unter den von uns erwarteten Anforderungen.

In der Betreuerumfrage treten in einigen Kompetenzerwartungen große Streuungen auf. Diese sind damit zu erklären, dass, da eine Woche ein relativ kurzer Zeitraum ist, einige Betreuer davon ausgehen, dass in dieser kurzen Zeit die Kompetenzen nicht dauerhaft erlernt werden können.

Die Ergebnisse geben erste Hinweise darauf, dass die projektorientierte Arbeit in einer Modellierungswoche den Schülern eine weitreichende Aus- und Weiterbildung ihrer prozessbezogenen Kompetenzen ermöglicht. Allerdings wurde bisher keine unter empirischen Gesichtspunkten wissenschaftliche Untersuchung durchgeführt. Eine systematische Evaluation mit Hilfe qualitativer und quantitativer Methoden, wie sie bzgl. anderer Fragestellungen bei einer ähnlichen Modellierungsveranstaltung in Hamburg durchgeführt wurde (vgl. [23], Maaß, 2006; [20], Kaiser, 2007), ist zum Nachweis im Rahmen von zukünftigen Untersuchungen noch durchzuführen. Damit stellen Modellierungswochen auf Basis der bisherigen Erkenntnisse eine lohnenswerte Ergänzung zum Schulunterricht dar. Für die Teilnahme sind geringe bis mittlere Vorkenntnisse in den prozessbezogenen Kompetenzen sinnvoll. Voraussetzungen in den inhaltlichen Kompetenzen werden im folgenden Unterkapitel untersucht. Die Untersuchung des realen Lernerfolgs der Schüler ist Gegenstand zukünftiger Untersuchungen.

## 4.2.3 Ergebnisse der Betreuerumfrage - Inhaltliche Schwerpunkte

Die Inhalte sind laut der Betreuerumfrage eher projektspezifisch. D. h., nicht in jedem Projekt wurde jeder Inhalt genutzt. Welche Inhalte in welcher Häufigkeit vorkamen und wie dort jeweils die nötigen Voraussetzungen und das Erlernen eingeschätzt wurden, soll im Folgenden vorgestellt werden. In die Bestimmung der stochastischen Maße (Median und Quartilsabstand) sind nur die Betreuerangaben eingegangen, die echt größer Null waren.

Die Inhalte sind im Kernlehrplan (vgl. [27], Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013) unterteilt in die Einführungsphase (EF) und in die Qualifikationsphase (Q). Diese Unterteilung ist auch in der Betreuerumfrage übernommen worden.

## Funktionen und Analysis (EF)

1. Laut der Betreuerumfrage sind in 50% der Projekte in Grundlegende Eigenschaften von Potzenz-, Exponential- und Sinusfunktionen geringe bis gute Vorkenntnisse nötig. Erlernt wird dieser Inhalt in 55% der Projekte, wobei auch hier der Median bei 3 liegt, was einem mittleren Erlernen entspricht.

- 2. In 40% der Projekte sind in *Grundverständnis des Ableitungsbegriffs* geringe bis gute Vorkenntnisse nötig. Erlernt wird dieser Inhalt in 35% der Projekte auf geringem bis gutem Niveau.
- 3. Differentialrechnung ganzrationaler Funktionen wird in 20% der Projekte mit mittleren Vorkenntnissen benötigt. Auch hier gehen die Betreuer wieder vom geringen bis guten Erlernen in 15% der Projekte aus.

## Analytische Geometrie und Lineare Algebra (EF)

Zu der Analytischen Geometrie und Linearen Algebra gehören in der Einführungsphase die zwei Teilinhalte Koordinatisierungen des Raumes und Vektoren und Vektoroperationen.

- 1. Der erste Teilinhalt, Koordinatisierungen des Raumes, wird in 45% der Projekte mit mittleren Vorkenntnissen benötigt. Erlernt wird dieser Teilinhalt in 40% der Projekte auf gutem bis sehr gutem Niveau.
- 2. In Vektoren und Vektoroperationen sollten in 45% der Projekte geringe Vorkenntnisse bestehen. Das Erlernen liegt in 40% der Projekte im mittleren bis guten Bereich.

## Stochastik (EF)

Die Stochastik gliedert sich in der Einführungsphase in Mehrstufige Zufallsexperimente und Bedingte Wahrscheinlichkeiten.

- 1. Vorkenntnisse in *Mehrstufigen Zufallsexperimenten* sind nur in einem Projekt (dies entspricht 5%) auf gutem Niveau nötig. Erlernt wird dieser Inhalt in drei Projekten (entspricht 15%) auf mittlerem Niveau.
- 2. In Bedingte Wahrscheinlichkeiten sind in 10% der Projekte sehr geringe bis gute Vorkenntnisse nötig. Erlernt wird dieser Inhalt in 20% der Projekte auf mittlerem Niveau.

## Funktionen und Analysis (Q)

Inhalte aus der Qualifikationsphase im Bereich Funktionen und Analysis untergliedern sich in vier Teilbereiche.

- 1. Für Funktionen als mathematische Modelle halten 15 Betreuer (entspricht 75%) geringe bis gute Vorkenntnisse für nötig. Das Erlernen befindet sich bei 70% der Befragten im mittleren bis sehr guten Bereich. Dies ist der mit Abstand am Häufigsten genutzte Teilinhalt.
- 2. Vorkenntnisse aus der Fortführung der Differentialrechnung wird für 55% der Projekte auf geringem bis gutem Niveau benötigt. Erlernt wird dieser Inhalt in 50% der Projekte auf geringem bis gutem Niveau.
- 3. Das Grundverständnis des Integralbegriffs wird in 40% der Projekte auf mittlerem Niveau vorausgesetzt. In 40% der Projekte wird dieser Inhalt auf geringem bis gutem Niveau erlernt.

4. Der vierte Teilbereich *Integralrechnung* benötigt in 40% der Projekte mittlere Vorkenntnisse. Erlernt wird dieser Inhalt in 35% der Projekte auch auf geringem bis gutem Niveau.

## Analytische Geometrie und Lineare Algebra (Q)

Die Analytische Geometrie und Lineare Algebra gliedert sich in der Qualifikationsphase in vier Teilbereiche.

- 1. Für *Lineare Gleichungssysteme* geben 55% der Betreuer an, dass geringe bis gute Vorkenntnisse nötig seien. Erlernt wird dieser Inhalt in 50% der Projekte auf geringem bis gutem Niveau.
- 2. In Darstellungen und Untersuchungen geometrischer Objekte halten 35% der Betreuer für ihre Projekte geringe bis gute Vorkenntnisse für nötig. Dabei besteht bei 35% der Projekte mittleres bis sogar sehr gutes Erlernen.
- 3. Lagebeziehungen und Abstände wird in 35% der Projekte mit geringen Vorkenntnissen benötigt. In ebenso 35% der Projekte kann dieser Inhalt mittelmäßig bis sogar sehr gut erlernt werden.
- 4. Das *Skalarprodukt* wird lediglich in 15% der Projekte mit sehr geringen bis mittleren Vorkenntnissen genutzt. In 15% der Projekte schätzen die Betreuer ein gutes Erlernen des Inhalts ein.

## Stochastik (Q)

Auch die Stochastik gliedert sich in vier Teilbereiche, wobei der letzte nur im Leistungskurs behandelt wird.

- Vorkenntnisse in Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen werden in 20% der Projekte auf mittlerem Niveau benötigt. In 15% der Projekte kann dieser Inhalt sehr gut erlernt werden.
- 2. Die Binomialverteilung und Normalverteilung sind in 20% der Projekte mit mittleren Vorkenntnissen gefragt. In 15% der Projekte schätzen die Betreuer das Erlernen als sehr gut ein.
- 3. Stochastische Prozesse sind in 20% der Projekte mit mittleren Vorkenntnissen nötig. Bei 15% der Projekte besteht sehr gutes Erlernen.
- 4. Der Leistungskursinhalt *Testen von Hypothesen* wird in 10% der Projekte mit sehr geringen Vorkenntnissen benötigt. In 5% der Projekte kann der Inhalt auf sehr geringem Niveau erlernt werden.

## Zusammenfassender Überblick

Am häufigsten (in 75% aller 20 Projekte) halten die Betreuer Vorkenntnisse in Funktionen als mathematische Modelle aus Funktionen und Analysis (Q) auf geringem bis gutem Niveau für sinnvoll.

Mit 55% aller Projekte werden Vorkenntnisse in den Inhalten Fortführung der Differentialrechnung auch aus Funktionen und Analysis (Q) und lineare Gleichungssysteme aus Analytischer Geometrie und Linearer Algebra (Q) auch auf geringem bis gutem Niveau benötigt.

Alle anderen Inhalte werden maximal in der Hälfte aller Projekte benötigt.

Vorkenntnisse in den Schwerpunkten Differentialrechnung ganzrationaler Funktionen (Funktionen und Analysis (EF)), Mehrstufige Zufallsexperimente und Bedingte Wahrscheinlichkeiten (Stochastik (EF)), Skalarprodukt (Analytische Geometrie und Lineare Algebra (Q)) und alle Inhalte der Stochastik der Qualifikationsphase werden sogar nur in maximal jedem fünften Projekt benötigt.

Auf Basis dieser Daten kann von einer projektspezifischen Nutzung von Vorkenntnissen auf sehr unterschiedlichem Niveau in den verschiedenen Inhaltsbereichen ausgegangen werden. Auffällig ist, dass häufig genutzte Vorkenntnisse aus der Qualifikationsphase stammen. Eine Benachteiligung von jüngeren Schülern dadurch ist noch zu untersuchen.

Es ist bemerkenswert, dass die Betreuer ihrem Projekt seltener das Erlernen der Inhalte als das Benötigen von Vorkenntnissen von Inhalten zusprechen. Dies entspricht dem CAMMP Gedanken, dass nicht das Erlernen von Inhalten im Vordergrund steht, sondern das aktive Modellieren und Problemlösen. Inhalte werden, wenn, dann nur nebenbei vermittelt, sodass mögliche Lücken in den Inhaltsbereichen vermutlich auch keinen Einfluss auf eine nicht-erfolgreiche Teilnahme an der CAMMP week haben. Dieser Zusammenhang müsste allerdings noch in einem Schülertest überprüft werden. Wahrscheinlich können aber Lücken in mathematischen Inhalten durch Stärken in den Kompetenzen gut aufgefangen werden.

## 4.2.4 Ergebnisse der Betreuerumfrage - Sonstige Kompetenzen

Die Betreuer gaben zusätzlich noch weitere (methodisch-didaktische) Kompetenzen an, die sie für eine erfolgreiche Teilnahme an der CAMMP week als nötige Voraussetzungen eingestuft haben. Diese sind:

- Frustrationstoleranz und Durchhaltevermögen,
- Diskussionsbereitschaft (innerhalb der Gruppe) und Teamfähigkeit,
- Konzentrationsfähigkeit,
- Fähigkeit, unter starkem Zeitdruck zu arbeiten und
- (mathematisches) Selbstvertrauen.

Des Weiteren wurden nochmal die folgenden Eigenschaften betont: Die Schüler sollten in der Lage sein, algorithmisch zu denken, wobei einige sogar programmieren können sollten, iterative Lösungsverfahren einzusetzen, Präsentationen zu halten und ihre Arbeit zu dokumentieren.

Viele dieser Eigenschaften wurden bereits in Frank et al. (vgl. [10], 2013) im Rahmen von Eigenschaften, die für ein MINT-Studium wichtig sind, beschrieben.

## 4.3 Lehrerumfrage

Im folgenden Abschnitt sollen die Durchführungsbedingungen der Lehrerumfrage und die Ergebnisse vorgestellt werden. Zusätzlich werden die Ergebnisse auf ihre Gültigkeit hin betrachtet.

## 4.3.1 Äußerer Rahmen der Lehrerumfrage

Die Lehrerumfrage wurde während der CAMMP week 2014 durchgeführt. Dabei wurden zwei Lehrer, zwei Referendare und ein wissenschaftlicher Mitarbeiter des Math-CCES der RWTH Aachen, der jedoch auch in einer Gruppe die Rolle der Lehrperson übernommen hat, schriftlich befragt. Der wissenschaftliche Betreuer<sup>35</sup> hat sowohl bei den Vorkenntnissen als auch beim Erlernen die Schüler seiner CAMMP week-Gruppe bewertet. Ebenso wurden von mir<sup>36</sup> die Schüler meiner Gruppe eingeschätzt. Die Lehrpersonen haben die Vorkenntnisse der Schüler ihrer Schule und das Erlernen der Schüler ihrer Gruppe eingeschätzt. Das führt dazu, dass in der Abfrage der Vorkenntnisse Schüler möglicherweise doppelt bewertet wurden. Da die Schüler jedoch nicht namentlich genannt werden sollten, ist ein Nachweis dessen schwierig. Keiner der Lehrpersonen kannte alle von ihrer Schule kommenden Schüler aus dem eigenen Unterricht. Die Bewertungen der Vorkenntnisse der Schüler sind somit weitestgehend Vermutungen. Die Einschätzungen sind damit möglicherweise durch folgende Faktoren beeinflusst:

- soziales Verhalten der Schüler in der Schule,
- fachliches Wissen der Schüler in nicht-mathematischen Fächern (Gefahr des Halo-Effekts),
- soziales Verhalten der Schüler während der CAMMP week,
- fachliches, spezifisches Wissen der Schüler während der CAMMP week (Gefahr des Halo-Effekts) und
- "Vorbewertungen" durch Kollegen.

Die Abfrage von inhaltlichem Wissen wurde deshalb aus der Lehrerumfrage herausgenommen.

Die Umfrage wurde bereits Mitte der Woche durchgeführt, da zwei Lehrpersonen bereits am Mittwochabend abreisen mussten. Eine vollständige Beurteilung des Erlernens der verschiedenen Kompetenzen ist somit nicht möglich.

Mit maximal 24 Schülerbewertungen sind nicht alle Schüler bzgl. ihrer Vorkenntnisse bewertet worden, sodass keine umfassende Aussage über alle Schüler gemacht werden kann.

 $<sup>\</sup>overline{}^{35}$ In der Auswertung mit L6 bezeichnet.

 $<sup>^{36}</sup>$ In der Auswertung mit L3 bezeichnet.

## 4.3.2 Ergebnisse der Lehrerumfrage

Die detaillierten Ergebnisse der Lehrerumfrage sind in der Anlage aufgeführt.

Als stochastische Maße werden auch hier wieder der Median und der Quartilsabstand mit dem in Kapitel 4.2.2 beschriebenen Bewertungsschema verwendet.

Die Vorkenntnisse der Schüler in den prozessbezogenen Kompetenzen wurden von den Lehrpersonen (mit L3 in Klammern, falls Abweichungen) im Kompetenzbereich

- Modellieren in den Kompetenzerwartungen Strukturieren mittelmäßig, Mathematisieren gering bis gut, Validieren sehr gering (sehr gering bis gering),
- Problemlösen in den Kompetenzerwartungen Erkunden gering bis gut, Lösen gering, Reflektieren sehr gering bis mittelmäßig,
- Argumentieren in den Kompetenzerwartungen Vermuten gering bis gut, Begründen gering bis gut (mittelmäßig), Beurteilen gering und
- Kommunizieren in den Kompetenzerwartungen Rezipieren mittelmäßig (mittelmäßig bis gut), Produzieren mittelmäßig bis gut (mittelmäßig) und Diskutieren sehr gering bis mittelmäßig (mittelmäßig)

eingeschätzt.

Im Kompetenzbereich Werkzeuge nutzen wurden die Vorkenntnisse nur vereinzelt bewertet, da die Lehrpersonen häufig keine Aussagen darüber machen konnten.

Aus der Betreuerumfrage haben wir Erkenntnisse über nötige Vorkenntnisse, die die Schüler idealerweise zu der CAMMP week mitbringen sollten, gewonnen. Mit der Lehrerumfrage haben wir jetzt Erkenntnisse über die realen Vorkenntnisse der Schüler gesammelt. Diese Ergebnisse sollen im Folgenden miteinander verglichen werden. Dazu wurde aus den Ergebnissen der Betreuerumfrage zu jedem Kompetenzbereich eine Mindestpunktzahl ermittelt. Diese wird mit  $MZP_{KB}$ , bezeichnet. Zur Berechnung dieser Mindestzwischenpunktzahl eines Kompetenzbereichs werden die halben Quartilsabstände<sup>37</sup> der zu einem Kompetenzbereich zugehörigen Kompetenzerwartungen aufsummiert und von der Summe über die Mediane<sup>38</sup> der zu einem Kompetenzbereich zugehörigen Kompetenzerwartungen subtrahiert. Die Quartilsabstände einer Kompetenzerwartung seien mit  $QA_{KE}$  und die Mediane einer Kompetenzerwartungs seien mit  $M_{KE}$  bezeichnet. Hierbei seien die Kompetenzbereiche und Kompetenzerwartungen analog zum Kernlehrplan definiert. Allgemein ist also:

$$MZP_{KB} = \left(\sum_{KE} M_{KE}\right) - \frac{1}{2} \left(\sum_{KE} QA_{KE}\right)$$

Diese Gleichung soll anhand des Beispiels des Kompetenzbereichs *Modellieren* verdeutlicht werden. Der Kompetenzbereich *Modellieren* umfasst die Kompetenzerwartungen *Strukturieren*, *Mathematisieren* und *Validieren*. Es gilt:

$$\begin{split} MZP_{Modellieren} &= (M_{Strukturieren} + M_{Mathematisieren} + M_{Validieren}) \\ &- \frac{1}{2} \left( QA_{Strukturieren} + QA_{Mathematisieren} + QA_{Validieren} \right) \end{split}$$

<sup>&</sup>lt;sup>37</sup>Dies bezieht sich auf die in der Betreuerumfrage berechneten Quartilsabstände.

<sup>&</sup>lt;sup>38</sup>Dies bezieht sich auf die in der Betreuerumfrage berechneten Mediane.

Die Mindestzwischenpunktzahlen in den Kompetenzbereichen werden als untere Grenze der mitzubringenden Vorkenntnisse angenommen.

Vergleicht man nun die von den Lehrpersonen eingeschätzten realen Vorkenntnisse mit den Mindestzwischenpunktzahlen, so zeigt sich, dass vor allem im Kompetenzbereich Argumentieren viele Schüler (13 von 19 ohne L3, 15 von 24 mit L3) die Kompetenzerwartungen nicht auf dem von den Betreuern für nötig gehaltenem Niveau mitbringen. Auch in den Kompetenzbereichen Kommunizieren und Problemlösen zeigen sich nicht zufriedenstellende Ergebnisse: Im Kommunizieren erfüllen 8 von 15 (ohne L3 und ohne L4<sup>39</sup>) bzw. 9 von 20 (mit L3, ohne L4) Schüler nicht die Mindestanforderungen der Betreuer. Im Problemlösen besitzen 7 von 19 (ohne L3) bzw. 8 von 24 (mit L3) Schüler nicht die von den Betreuern geforderten Vorkenntnisse im ausreichenden Maß. Bei Betrachtung aller prozessbezogenen Kompetenzen mit Ausnahme von Werkzeuge nutzen fehlen mindestens 7 Schülern nötige Vorkenntnisse.

Das Erlernen der prozessbezogenen Kompetenzen von den Schülern wurde von den Lehrpersonen (mit L3 in Klammern, falls Abweichungen) im Kompetenzbereich

- Modellieren in den Kompetenzerwartungen Strukturieren sehr gut, Mathematisieren gut bis sehr gut, Validieren gut,
- Problemlösen in den Kompetenzerwartungen Erkunden sehr gut (gut bis sehr gut), Lösen mittelmäßig bis sehr gut, Reflektieren gut,
- Argumentieren in den Kompetenzerwartungen Vermuten gut, Begründen sehr gut, Beurteilen mittelmäßig bis sehr gut,
- Kommunizieren in den Kompetenzerwartungen Rezipieren gut, Produzieren gut und Diskutieren gut

#### eingeschätzt.

Auch hier zeigt ein Vergleich mit den Mindestzwischenpunktzahlen, die analog zu oben aus der Betreuerumfrage abgeleitet wurden, dass nicht alle Schüler die prozessbezogenen Kompetenzen im erwarteten Umfang erlernt bzw. weiterentwickelt haben.

Im Modellieren lagen 11 von 27 (bzw. 14 von 32 mit L3) Bewertungen unterhalb des von den Betreuern eingeschätzten "Mindestlernzuwachses". Im Problemlösen und Argumentieren lagen 8 von 27 (bzw. 9 von 32 mit L3) Bewertungen und im Kommunizieren auch wieder 11 von 27 (bzw. 13 von 32 mit L3) Bewertungen unterhalb des "Mindestlernzuwachses". Lässt man auch hier den Kompetenzbereich Werkzeuge nutzen außerhalb der Wertung, so ergibt sich im Gesamtbild, dass 8 von 27 (bzw. 9 von 32 mit L3) Bewertungen unterhalb des "Gesamtmindestlernzuwachses" liegen.

Festzuhalten ist, dass möglicherweise die kognitiven Hürden für manche Schüler zu hoch waren und diese Schüler auf mehr Unterstützung angewiesen sind. Außerdem ist in der Auswertung ein mögliches Absenken der Anforderungen, die sich aus der Betreuerumfrage ergeben haben, zu diskutieren.

<sup>&</sup>lt;sup>39</sup>L4 wurde hier aus der Wertung rausgenommen, da keine Bewertung abgegeben wurde.

## 4.4 Schülerumfragen

Zunächst sollen die äußeren Rahmenbedingungen der Durchführungen der beiden Schülerumfragen dargelegt werden. Anschließend sollen die Ergebnisse aus beiden Schülerumfragen zusammen innerhalb eines Vergleichs erörtert werden.

## 4.4.1 Äußerer Rahmen der Schülerumfrage vor Beginn der Teilnahme an der CAMMP week 2014

Der von mir erstellte Schülerfragebogen wurde von den Lehrer an von ihnen ausgewählte und interessierte Schüler ausgeteilt. Die Schüler hatten somit keine weiteren Einschränkungsbedingungen beim Ausfüllen des Fragebogens. Die ausgefüllten Fragebögen sind über die Lehrpersonen wieder an uns zurückgegeben worden. Insgesamt hatten wir 31 Rückläufer, wovon noch vier Schüler von sich aus ihre Anmeldung zurückgezogen haben. Damit sind 27 Schülerbögen in die Auswahlrunde eingegangen. Auf Grund dieser Teilnehmerzahl (maximal mögliche Teilnehmerzahl: 36 Schüler) sind alle Bewerbungen angenommen worden.

Anhand der vorab-Schülerumfrage wurde die Gruppeneinteilung für die CAMMP week vorgenommen. Dabei wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- In jeder Gruppe soll mindestens ein Mädchen und mindestens ein Junge sein.
- In jeder Gruppe sollte, wenn möglich, mindestens ein Schüler sein, der bereits an einer vorherigen CAMMP week teilgenommen hat.
- Die Schüler, die programmieren können, sollen möglichst gleichmäßig auf die Gruppen verteilt werden.
- Die Schüler innerhalb der Gruppen sollten sich, wenn möglich, nicht bereits aus der Schule kennen (möglichst schuldisjunkt, möglichst klassendisjunkt).
- Die Schüler aus der einer Jahrgangsstufe sollten möglichst gleichmäßig auf alle Gruppen verteilt werden.

Zusätzlich wurden noch die folgenden persönlichen Kriterien berücksichtigt:

- Die abgefragten Gruppenrollentypen sollten möglichst gleichmäßig auf die Gruppen verteilt werden, d. h., in jeder Gruppe sollte, wenn möglich, mindestens ein Diskussionsführer, ein "Nachdenker", der seine Ideen mit einbringt, ein Präsentationsvorbereiter und ein Zeitnehmer sein. Die sich sehr zurückhaltenden Schüler gilt es auf die Gruppen zu verteilen.
- Die abgefragten Frustrationstypen sollten möglichst gleichmäßig auf die Gruppen verteilt werden, d. h., in jeder Gruppe sollte, wenn möglich, mindestens ein Schüler sein, der so lange an einem Problem weiterarbeitet, bis er die Lösung hat, mindestens ein Schüler, der sich Hilfe durch Nachschlagen im Internet oder in Büchern sucht und mindestens ein Schüler, der auch mal eine Pause macht, bevor er sich wieder der Lösung widmet.

Außerdem wurde für die CAMMP week 2014 eine Sprachen- und eine Physikgruppe gebildet. In die Sprachengruppe kamen nur Schüler, die angegeben hatten, dass für sie auch Englisch als Arbeitssprache in Frage kommt. Die Physikgruppe bestand vor allem aus Schülern, die Physik als Leistungskurs angegeben hatten. Beide Gruppen unterlagen jedoch in erster Linie den oben genannten Kriterien. Diesen beiden Gruppen wurden ausgewählte Themen zugeteilt. Die Englischgruppe wurde dem Thema Fadenablage zugeordnet, da hier der Betreuer die Möglichkeit geben wollte, die Projektwoche auf englisch durchzuführen. Die Physikgruppe erhielt das Thema Energieintegration, da dieses am meisten physikalisches Verständnis verlangte.

## 4.4.2 Äußerer Rahmen der Schülerumfrage am Ende der CAMMP week 2014

Befragt wurden am Vormittag des letzten Tages alle 27 Schüler innerhalb ihrer Gruppen, die an der CAMMP week 2014 teilgenommen haben. Zu dem Zeitpunkt waren die Arbeiten an den Modellierungsproblemen weitestgehend abgeschlossen. Lediglich Feinschliffe an den Präsentationen, die anschließend den Firmen- und Institutsvertretern vorgestellt werden sollten, wurden noch gemacht. Außerdem wurden teilweise Probepräsentationen gehalten, sodass die Schüler den Fragebogen möglicherweise unter Zeitdruck ausgefüllt haben.

Die folgenden Darstellungen der Ergebnisse beziehen sich auf beide Schülerumfragen und stellen so einen Vergleich her.

## 4.4.3 Ergebnisse der Schülerbögen zu den persönlichen Angaben

Unter insgesamt 27 teilnehmenden Schülern waren neun Schülerinnen, was einen Anteil von 33% ausmacht. Dadurch bedingt liegt in allen Gruppen der weibliche Anteil unter dem männlichen Anteil, da bei der Gruppeneinteilung die Geschlechter etwa gleichmäßig auf die fünf Gruppen verteilt wurden. Das bedeutet für die einzelnen Gruppen Folgendes:

In den Gruppen (jeweils fünf Schüler) Fadenablage und Energieintegration lag der Mädchenanteil mit 40% am höchsten, gefolgt von den Gruppen Metallabkühlungsprozess und Transportaufträge (beide Gruppen hatten jeweils sechs Schüler) mit einem Mädchenanteil von 33%. In der Gruppe Beckenkammschablonen war unter den fünf Gruppenmitgliedern nur ein Mädchen, was einen Anteil von 17% ausmacht.

Teilgenommen haben an der CAMMP week lediglich Schüler aus der 10. (Anzahl: 13) und der 11. (Anzahl: 14) Jahrgangsstufe. Beide Jahrgangsstufen waren sowohl in der gesamten Gruppe, als auch in den einzelnen Projektgruppen etwa gleichverteilt vertreten (Durchschnittsjahrgangsstufe gesamt: 10,5): In allen Gruppen bis auf Transportaufträge und Metallabkühlungsprozess waren drei Q1-Schüler und zwei EF-Schüler. In der Gruppe Metallabkühlungsprozess waren auch drei Q1-Schüler und zusätzlich drei EF-Schüler. In der Gruppe Transportaufträge waren lediglich zwei Q1-Schüler, dafür jedoch vier EF-Schüler. Auffällig ist, dass von den neun Schülerinnen alle bis auf eine in die Einführungsphase gingen, sodass der Mädchenanteil der EF-Schülern mit 62 Prozent deutlich höher ist, als der der Q1-Schüler (7%).

In den Gruppen Metallabkühlungsprozess und Fadenablage belegt jeder Schüler mindestens einen Leistungskurs in Mathematik, Informatik oder Physik (kurz: MIP). In

den Gruppen Energieintegration und Transportaufträge belegten lediglich jeweils ein Schüler keinen Leistungskurs in MIP, was bedeutet, dass der Anteil der nicht-MIP-Leistungskurs-Schüler bei unter 20% lag. In der Gruppe Beckenkammschablonen liegt der Anteil der nicht-MIP-Leistungskurs-Schüler mit 40% am höchsten.

Es haben drei Schüler bereits auf einer vergangenen CAMMP week und an einem CAMMP day teilgenommen. Diese waren auf die Gruppen Fadenablage, Energieintegration und Metallabkühlungsprozess verteilt. In der Gruppe Metallabkühlungsprozess haben drei weitere Schüler bereits an einem CAMMP day teilgenommen. Die Gruppe Beckenkammschablonen hatte mit nur einem Schüler, der bereits an einem CAMMP day teilgenommen hat, die geringste Erfahrung im Modellieren. Insgesamt liegt der Anteil der "Neulinge" mit etwa 59% knapp über der Hälfte.

## 4.4.4 Ergebnisse der Schülerbögen zu den allgemeinen Betrachtungen

- 1. Das Interesse an Mathematik und Informatik und Herausforderungen in diesen Bereichen war vor der CAMMP week der am häufigsten angegebene Grund für die Teilnahme (67%). Nach der CAMMP week gaben nur noch 15% an, aus Interesse am MINT-Bereich erneut teilnehmen zu wollen.
- 2. Das Interesse an der Art der Problemstellung und an der Modellierung war mit fast 60% bereits vor der CAMMP week sehr hoch und ist bis zum Ende der CAMMP week sogar auf fast 75% gestiegen.
- 3. Auffällig ist, dass vor der CAMMP week knapp 19% aller Schüler erwarten, dass sie neue "Dinge" erlernen. Nach der CAMMP week gaben nur 15% an, dass sie auf Grund vom Lernzuwachs und dem Stärken der mathematischen Fähigkeiten erneut teilnehmen würden. Möglicherweise wird (mathematisches) Wissen auf der CAMMP week eher unbewusst vermittelt und der Lernzuwachs in Methoden wird stärker wahrgenommen. In der direkten Abfrage nach der CAMMP week, ob durch die Teilnahme das Interesse für MINT-Fächer gestärkt wurde, bewerten 19 Schüler (70%) diese Aussage positiv. Auch in der nachher-Frage Inwiefern hat dir die CAMMP week Aufschluss über die zum MINT-Studium benötigten Fähigkeiten und Eigenschaften gegeben? wird von vielen Schülern der Bezug zu der Arbeitsweise auf der CAMMP week hergestellt.
- 4. Dafür spricht auch, dass sich aus der vorher-Kategorie Art der Arbeitsweise, die u. a. die Gruppenarbeit enthält, die Gruppenarbeit als eigene nachher-Kategorie herauskristallisiert. Das Interesse an der Gemeinschaft mit Gleichgesinnten verstärkt sich stark. Insbesondere an dieser Stelle fällt auf, dass man nicht von disjunkten Kategorien sprechen kann bzw. immer Interpretationsspielraum besteht. In Bezug hierauf müssten für eindeutige Aussagen die Fragebögen den Schülern bereits Kategorien zur Auswahl anbieten. Unbestritten kann jedoch gesagt werden, dass die Arbeit und der Kontakt zu Gleichgesinnten für die Schüler wichtig ist.
- 5. Der Aspekt der Berufsorientierung, den vor der CAMMP week 11% der Schüler genannt hatten, wird in der Befragung am Ende der CAMMP week von keinem Schüler mehr angegeben.

## 4.4.5 Ergebnisse der Schülerbögen zu der Betrachtung der Gruppenrollentypen

Die Gruppeneinteilung wurde so vorgenommen, dass möglichst jeder Typ innerhalb einer Gruppe vertreten ist. Besonderes viel Wert lag dabei darauf, dass jede Gruppe mindestens einen Diskussionsführer und möglichst zwei "Nachdenker", die ihre Ideen einbringen, hat. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass die beiden Personen, die angegeben hatten, dass sie nur dann etwas sagen, wenn sie sich absolut sicher sind, dass es richtig ist, nicht in der gleichen Gruppe arbeiten. Bei den anderen Typen wurde versucht die Schüler möglichst gleichmäßig zu verteilen. Auffällig ist, dass auch zwei Schüler angegeben haben, dass sie anderen die Diskussion überlassen. Diese finden sich in den Gruppen Transportaufträge und Beckenkammschablonen wieder.

Vergleicht man diese Vorabeinschätzung mit der Einschätzung nach der CAMMP week, so zeigt sich folgendes Bild:

Die Diskussionen wurden in allen Gruppen außer der Gruppe Transportaufträge von etwa der gleichen Anzahl ( $\pm 1$ ) an Schülern geleitet, wie sie auch vorher angegeben war.

Die Präsentationen wurden in den meisten Gruppen von mehr Schülern vorbereitet, als Schüler diese Aufgabe vorher für sich eingeschätzt hatten. In der Gruppe Fadenablage haben vier anstelle von einem, in der Gruppe Energieintegration sogar fünf anstelle von einem, in der Gruppe Transportaufträge drei anstelle von keinem und in der Gruppe Beckenkammschablonen zwei anstelle von keinem Mitglied die Präsentationen vorbereitet. Lediglich in der Gruppe Metallabkühlungsprozess hat nur ein Mitglied anstelle von zwei die Präsentation alleine vorbereitet.

Dieses Bild führt zu folgenden Vermutungen:

Da die Gruppen Energieintegration und Fadenablage bereits frühzeitig für die Präsentation verwendbare Ergebnisse erzeugt hatten, konnten sich auch mehrere Gruppenmitglieder an der Vorbereitung der Präsentation beteiligen. Jeder Schüler musste einen Teil der Präsentation der Ergebnisse vor den Firmen- und Institutsvertretern übernehmen. Es ist von einer großen Relevanz dieser Präsentation für die Schüler auszugehen. Deshalb beteiligten sich vermutlich die Schüler stärker an der Vorbereitung der Präsentation.

In der Gruppe Beckenkammschablonen hat sich gegen Ende der Woche folgende Rollenverteilung ergeben: Zwei Schüler haben die Präsentation vorbereitet und drei Schüler haben die Ideen implementiert. Diese Aufteilung in Programmierer und Textschreiber ist auch von anderen Gruppen (auch aus anderen Jahren) bekannt. Bei größeren Gruppen (ab sechs Schüler pro Gruppe) gibt es in den letzten Tagen der CAMMP week häufig noch die Ideenweiterentwickler, die sich für den "Ausblick" zuständig fühlen.

Auffällig ist auch, dass z. B. in der Gruppe Energieintegration nur drei Schüler angegeben haben, die Ideen implementiert zu haben, obwohl Beobachtungen gezeigt haben, dass die Gruppe sehr häufig zusammen programmiert hat. Über einen Beamer wurde das Programm an die Wand projiziert und alle Teammitglieder waren dazu eingeladen, sich an der Implementierung der Ideen zu beteiligen. Weiterhin zeigt sich in der Diskussionsfreude ein interessanter Punkt: Die Diskussionsfreude (in dem

vorher-Schülerbogen durch Erklärst du gerne deinen Mitschülern deine Lösung? abgefragt) lag vor der CAMMP week deutlich höher als nach der CAMMP week. Der Betreuer der Gruppe hat in der Betreuerumfrage angegeben, dass in seiner Gruppe im Kompetenzbereich Kommunizieren, wozu auch die Kompetenzerwartung Diskutieren gehört, das Erlernen in allen drei Kompetenzerwartungen im guten Bereich liegt. Eine Betrachtung der Gruppenrollenzusammensetzung innerhalb dieser Gruppe zeigt Folgendes: Vier von fünf Schülern hatten angegeben, dass sie die Rolle des Diskussionsleiters übernehmen (vorab-Schülerumfrage) bzw. übernommen haben (Schülerrückmeldung). In dieser Gruppe traten relativ viele Diskussionsleiter auf. Diese Gruppe ist in ihrem Projekt schnell vorangekommen.

Ein Schüler der Gruppe Energieintegration hat auf dem nachher-Fragebogen angegeben, viel programmiert, jedoch inhaltlich nicht viel verstanden zu haben. Erwarten würde man zunächst, dass jemand den Inhalt verstanden haben muss, um die Ideen in ein Programm übersetzen zu können. Hier scheint die Gruppenzusammensetzung dieses Problem aufgefangen zu haben. Die anderen Gruppenmitglieder fingen dieses Defizit so gut auf, dass sie zusammen die Aufgabe erfolgreich lösen konnten. Außerdem zeigt sich hierbei, dass einerseits verschiedene Rollentypen gut miteinander erfolgreich arbeiten können und dass dieses Aufspalten durchaus nicht unterbunden werden sollte. Andererseits zeigt sich auch hier wieder, dass mathematische Inhalte nur sekundär zum Erfolg beitragen und die Gruppe als Team gemeinsam Mängel bei Einzelpersonen ausgleichen kann.

Auch in den Gruppen Fadenablage, Transportaufträge und Beckenkammschablonen haben sich einige Selbsteinschätzungen in der Diskussionsfreude aus dem sehr hohen in den hohen Bereich verschoben. Lediglich in der Gruppe Metallabkühlungsprozess hat sich im Verlauf der CAMMP week die Diskussionsfreude aus dem mittleren in den sehr positiven Bereich verschoben.

## 4.4.6 Ergebnisse der Schülerbögen zu der Betrachtung der Frustrationstoleranz und des Durchhaltevermögens

Die Frustrationstoleranz und das Durchhaltevermögen wurde in dem Schülerbogen vor der CAMMP week mit folgender Frage ermittelt:

Du hast bereits 15 Minuten über eine (Mathematik-)Aufgabe gegrübelt, siehst aber immer noch keine Lösung. Was tust du?

Die Schüler sollten sich nun 5 verschiedenen Multiple-Choice-Antworten zuordnen (Mehrfachnennungen möglich). Auf diese Selbsteinschätzung wurde bei der Gruppeneinteilung Rücksicht genommen:

In jeder Gruppe war mindestens ein Schüler, der angegeben hat, solange weiterzuarbeiten, bis er eine Lösung gefunden hat. In den Gruppen Metallabkühlungsprozess und Energieintegration hatten sich sogar drei Schüler dieser Durchhalteeigenschaft zugeordnet. Insbesondere Schüler der Gruppe Metallabkühlungsprozess waren bereits am ersten Tag motiviert länger zu arbeiten, um möglichst schnell ihre Ziele zu erreichen. Zu dieser Motivation könnte allerdings auch beigetragen haben, dass ein Gruppenmitglied auch schon im letzten Jahr an der CAMMP week teilgenommen hat. Ebenso waren in den Gruppen Fadenablage und Energieintegration jeweils ein "Wiederholer". Desweiteren haben drei Schüler der Gruppen Metallabkühlungsprozess und

Energieintegration angegeben, nach ähnlichen oder bekannten Aufgaben(-strukturen) zu suchen, wenn sie bei der Lösung einer Aufgabe nicht weiter kommen. Diesen Umstand halten wir auch für wichtig, da die Suche nach ähnlichen Lösungsstrategien möglicherweise neue Ideen mit sich bringt. In beiden Gruppen haben zwei Schüler zugegeben, dass sie zunächst eine Pause machen und sich vielleicht später nochmal an die Aufgabe setzen. Der Abstand hilft häufig dabei, wenn man "den Wald vor lauter Bäumen" nicht mehr sieht. Mit dieser Gruppenmitgliederkonstellation waren somit die Gruppe Metallabkühlungsprozess und die Gruppe Energieintegration genau gleich aufgestellt. Eine weitere Übereinstimmung gibt es in der sehr hohen Motivation anspruchsvolle Mathematikaufgaben zu lösen. Diese ähnliche Konstellation soll im nächsten Abschnitt dazu genutzt werden, beide Gruppen näher zu betrachten und zu vergleichen.

## 4.4.7 Ergebnisse der Schülerbögen beim Vergleich der Gruppen Metallabkühlungsprozess und Energieintegration

Zunächst sollen die Motive für die Teilnahme an der CAMMP week, die die Schüler vor Beginn der CAMMP week angegeben haben, diskutiert werden. Dazu werden wichtige Anhaltspunkte, die einen positiven Motivationshintergrund vermuten lassen, betrachtet.

Anhaltspunkte, die für eine Teilnahme an der CAMMP week sprechen: Gruppe Energieintegration

- Ich möchte etwas lernen. Mathematisch zu lösende Probleme interessieren mich sehr. Reale Probleme interessieren mich. Ich mag Herausforderungen, vor allem in Mathe.
- Realistische Aufgaben bieten (spannende) Berufseinblicke.
- Gemeinsam Aufgaben lösen. Gerne im Team arbeiten. Sehr gutes Teamwork führt zu großem Lernerfolg.
- Ich arbeite sehr gerne mit dem Computer.

Anhaltspunkte, die für eine Teilnahme an der CAMMP week sprechen: Gruppe  $Metallabk\ddot{u}hlungsprozess$ 

- Interesse an MINT.
- Gute Orientierungsmöglichkeit für die Zukunft.
- Simulationen interessieren mich.
- Ich löse gerne schwere Probleme.
- Spaß an Modellierung.
- Interesse an Problemlösung realer Probleme. Neugierde nach realen Problemen.
- CAMMP day war sehr interessant und lehrreich.

Die Teamarbeit stand laut vorab-Fragebogen bei vielen Gruppenmitgliedern der Gruppe Energieintegration mit im Vordergrund. Die hohe Diskussionsfreude unterstützte diese Einstellung, die Aufgabe im Team zu lösen. Die Zusammenarbeit hat, wie bereits oben schon beschrieben, sehr gut funktioniert. Alle Teammitglieder haben angegeben, gelernt zu haben im Team zu arbeiten. Die Teammitglieder haben Defizite untereinander aufgefangen. Da sie schnell erste Ergebnisse, also Erfolg hatten, waren sie möglicherweise nicht so sehr motiviert, schon in den ersten Tagen länger zu arbeiten. Im Gegensatz dazu war die Metallabkühlungsprozess-Gruppe trotz früher erster Teilerfolge sehr motiviert länger zu arbeiten. Diesen Arbeitseifer hätte man auf Grund obiger Aussagen ("Ich möchte etwas lernen.") eher der Gruppe Energieintegration zugeordnet. Allerdings muss einschränkend angemerkt werden, dass nicht alle Teammitglieder der Metallabkühlungsprozess-Gruppe diese sehr hohe Arbeitsmotivation zeigten. Ein weiteres Indiz für diesen nicht so starken Teamgeist findet sich in der Aussage "Ich möchte wissen, wie gut ich selbstständig reale Probleme lösen kann." wieder. Hier sollte im Schülerbogen nachgeschaut werden, ob die Person auch ein Teamplayer ist, denn es ist unumgänglich auf der CAMMP week im Team zu arbeiten. Möglicherweise bezieht sich das "selbstständig" auch auf die von uns gewünschte, wenig geleitete, Arbeitsweise. Auch die Frage "Welche Aufgabe bzw. Rolle übernimmst du in der Gruppenarbeit?" zeigt eher eine zurückhaltendere Gruppe im Vergleich zu der Energieintegration-Gruppe. Nach der CAMMP week ist das Interesse an Diskussionen innerhalb der Gruppe Metallabkühlungsprozess jedoch sehr deutlich angestiegen von mittelmäßigem auf sehr hohes Diskussionsinteresse.

Ein weiteres negativ-Indiz ist die Aussage "Es macht mir Spaß mit Zahlen zu jonglieren und zu arbeiten." Hier beschränkt der Schüler die Mathematik auf die Arbeit mit Zahlen, was eigentlich nur einen sehr kleinen Teil der Mathematik ausmacht. Der Schüler, der diese Aussage aufgeschrieben hat, ist noch jünger (Jgst. 10). Dies zeigt, dass in der Schule häufig das Bild "in Mathematik gut zu sein bedeutet, gut mit Zahlen umgehen und rechnen zu können" verbreitet ist und dass der Schüler bisher keine Möglichkeit hatte, andere mathematische reale Probleme kennen zu lernen. Dies zeigt sich möglicherweise auch darin, dass er die Frage nach der Nennung eines realen Beispielproblems, in dem Mathematik zur Lösung verwendet wird, offen gelassen hat.

Beide Gruppen waren der Arbeit mit dem Computer gegenüber sehr offen. Bei den Mitgliedern der Gruppe Energieintegration zeigte sich dieses starke Interesse mit dem Computer zu arbeiten bereits in den Motiven für die Teilnahme, aber auch in der Single-Choice-Frage "Arbeitest du gerne mit dem Computer?" Etwas weniger, jedoch immer noch sehr hoch ist das Interesse mit dem Computer zu arbeiten in der Gruppe Metallabkühlungsprozess. Dieser leichte Unterschied ließ sich auf der CAMMP week beobachten: In der Gruppe Energieintegration haben alle Gruppenmitglieder zusammen programmiert, während in der Gruppe Metallabkühlungsprozess die Jungen für das Programmieren zuständig waren und die Mädchen, die auch die Beliebtheit der Arbeit mit dem Computer geringer eingestuft hatten, den Bericht geschrieben haben. Diese Einteilung in Kleingruppen führte vermutlich auch zu der Aussage von lediglich zwei Schülern, gelernt zu haben, im Team zu arbeiten. Ein deutlicherer Lernerfolg in Bezug auf das Lösen von komplexen Problemen hat sich in der Kategorie "Ich habe gelernt unter Druck zu arbeiten." gezeigt<sup>40</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>40</sup>Selbsteinschätzung der Schüler.

Nach der Analyse der Selbsteinschätzung der Schüler sollen nun die Aussagen aus der Betreuerumfrage aufgegriffen werden.

Die Gruppe Energieintegration hatte gute Vorkenntnisse im Strukturieren, was sich darin gezeigt hat, dass sie das Problem sehr schnell erfassen und abstrahieren konnten. Dies führte zu schnellen ersten Ideen der Problemlösung und so auch zu schnellen ersten Ergebnissen. Innerhalb der Mathematisierung hat die Gruppe heuristische Lösungsverfahren angewendet. So war die Lösung zwar gut, jedoch vielleicht nicht optimal. In der Validierung bestanden größere Wissenslücken. Nur mit Hilfestellung konnte das gefundene Ergebnis reflektiert und der gefundene Algorithmus bewertet werden. Vom Betreuer werden der Gruppe sehr gute Vorkenntnisse im Erkunden und Lösen bescheinigt. Auch im Problemlöseprozess ist das Reflektieren wieder ein Knackpunkt, der nur mit Hilfe des Betreuers überwunden werden konnte. Auch im Argumentieren hatten die Schüler gute Vorkenntnisse. Defizite konnten jedoch leicht vom Betreuer durch leichtes Lenken aufgefangen werden. Das Erlernen der prozessbezogenen Kompetenzen wurde auf Grund der eher geringen Dauer der CAMMP week vom Betreuer nur als gering eingeschätzt. "Die Schüler erhalten Einblicke und lernen die prozessbezogenen Kompetenzen kennen, haben aber innerhalb einer Woche nicht die Möglichkeit diese zu verinnerlichen."

Die Gruppe Energieintegration wurde insgesamt als sehr leistungsstark mit überwiegend guten Vorkenntnissen beschrieben. Von den fünf Gruppenmitgliedern hatten drei Schüler beide Leistungskurse und zwei Schüler einen der Leistungskurse in den Fächern Mathematik, Informatik oder Physik. Schnelle Ergebnisse verleiteten die Gruppe allerdings auch dazu, frühzeitig zu denken, sie seien fertig. Hier war seitens des Betreuers Unterstützung nötig, damit sie ihre Ergebnisse reflektierten und zu verbessern versuchten. In diesen prozessbezogenen Kompetenzen war die Gruppe recht homogen.

Im Gegensatz dazu steht die Heterogenität der Gruppe Metallabkühlungsprozess.

Die Vorkenntnisse im Strukturieren streuen stark zwischen kaum vorhanden und gut vorhanden. Im Mathematisieren gibt es zwischen den Schülern geringere Abweichungen, die Vorkenntnisse sind jedoch auch hier teilweise nur geringfügig vorhanden. Lediglich im Validieren haben alle Teammitglieder mindestens gute Vorkenntnisse. Das Bild der (starken)<sup>41</sup> Heterogenität zeigt sich auch in allen drei Kompetenzerwartungen des Problemlösens, Vermutens und Begründens (beides Kompetenzerwartungen des Argumentierens) und im Rezipieren und Diskutieren (beides Kompetenzerwartungen des Kommunizierens). Das Erlernen dieser prozessbezogenen Kompetenzen ist umso höher, je höher die Vorkenntnisse eingestuft wurden. Auffällig ist hier im Vergleich zu der Gruppe Energieintegration, dass die Vorkenntnisse in den prozessbezogenen Kompetenzen deutlich geringer eingeschätzt wurden, jedoch fünf von sechs Schülern beide Leistungskurse in Mathematik, Informatik oder Physik belegen. Die Anzahl der Leistungskurse in diesen Fächern scheint damit kein Indiz für gute Vorkenntnisse in den prozessbezogenen Kompetenzen zu sein und stellt damit keine begründete Voraussetzung für die Teilnahme an der CAMMP week dar. Die unterschiedlichen Programmierkenntnisse in der Gruppe Metallabkühlungsprozess führten dazu, dass diejenigen, die nicht programmieren konnten, zeitweise ausgeschlossen wurden. Die

<sup>&</sup>lt;sup>41</sup>Starke Heterogenität: Bewertungsdifferenz zwischen den Schülern größer 3, Heterogenität: Bewertungsdifferenz größer 2.

Programmierer waren nicht in der Lage ihre Arbeitsschritte zu kommunizieren. Außerdem erschwerte dies das Verfassen des Berichts und der Präsentation.

## Zusammenfassung der Ergebnisse des Vergleichs der Gruppen Metallabkühlungsprozess und Energieintegration

- 1. Hohe Diskussionsbereitschaft, großer Teamgeist, große Lernbereitschaft und hohe Bereitschaft mit dem Computer zu arbeiten führten bei allen Teammitgliedern zu einer erfolgreichen (Gruppen-)Teilnahme an der CAMMP week. Inhaltliche Defizite konnten innerhalb der Gruppe aufgefangen und ausgeglichen werden. Die Vorkenntnisse in den prozessbezogenen Kompetenzen wurden überwiegend sehr hoch eingeschätzt.
- 2. Bei einer stärkeren Heterogenität führte eine geringe Diskussionsbereitschaft nur bedingt zu einer erfolgreichen Gruppenarbeit. Auch die Heterogenität in der Freude am Computer zu arbeiten half nicht, die Teammitglieder gleichermaßen gut erfolgreich ans Ziel zu bringen: Die Kleingruppenbildung wurde stark gefördert, wodurch möglicherweise insbesondere schwächere Schüler einen weniger guten Lernerfolg hatten. In der Selbsteinschätzung der Schüler lag bei den meisten Schülern der größte Lernerfolg darin unter Druck zu arbeiten.

## 4.4.8 Ergebnisse der Schülerbögen beim Vergleich der Gruppen Fadenablage, Transportaufträge und Beckenkammschablonen

Hier soll mit der Betrachtung der Gruppeneinteilung, vorgenommen auf Grund der Antworten auf die zwei Multiple-Choice-Fragen Du hast bereits 15 Minuten über eine (Mathematik-) Aufgabe gegrübelt, siehst aber immer noch keine Lösung. Was tust du? und Welche Aufgabe bzw. Rolle übernimmst du in der Gruppenarbeit?, begonnen werden.

In diesen drei Gruppen haben weniger Schüler als in den vorher ausführlich betrachteten zwei Gruppen angegeben, "solange weiter zu arbeiten, bis sie eine Lösung haben". In der Gruppe Fadenablage waren die beiden Antworten "sich auf die Suche nach ähnlichen Lösungswegen zu begeben" und "zunächst eine Pause einzulegen" die häufigsten Antworten. Die Gruppe Transportaufträge antwortete am häufigsten, dass sie "eine Pause einlegen" würden. In der Gruppe Beckenkammschablonen gibt es keine eindeutige Tendenz zu einer bestimmten Aussage. In allen drei Gruppen ist die Rolle des "Nachdenkers"<sup>42</sup> am häufigsten vertreten.

In den jeweiligen Gruppen wurden folgende Motive aufgeführt:

Anhaltspunkte, die für eine Teilnahme an der CAMMP week sprechen: Gruppe Fa-denablage

- Bearbeiten von Problemstellungen ohne Musterlösung.
- Intensive Gruppenarbeit.
- Berufsorientierung.

 $<sup>^{42}</sup>$ Ich halte mich zurück und denke über unser Thema nach - bringe meine Ideen aber mit ein.

- Ich finde es interessant neue Dinge zu erlernen. Es macht mir Spaß, selbst Sachen zu entwickeln. Lernen von etwas, das nicht im normalen Schulunterricht durchgenommen wird. Ich möchte lernen, welche Probleme man mit Mathe lösen kann.
- Ich möchte Leute kennenlernen, die dieselben Interessen haben. Treffen von gleichgesinnten Jugendlichen.

Anhaltspunkte, die für eine Teilnahme an der CAMMP week sprechen: Gruppe Transportaufträge

- Ich möchte was Neues dazulernen. Ich bin daran interessiert, für mich unbekannte mathematische Bereiche zu entdecken und zu erforschen.
- Weil ich etwas Ähnliches studieren möchte.
- Weil ich sehr viel Spaß am Lösen komplizierter Probleme habe.
- Weil ich es interessant finde, sich eine so lange Zeit mit einem Problem zu beschäftigen.

Anhaltspunkte, die für eine Teilnahme an der CAMMP week sprechen: Gruppe Be-ckenkammschablonen

- Ich mag es, an schwierigen mathematischen Problemen zu knobeln.
- Ich möchte lernen, wie man ein mathematisches Problem durch Programmierung löst.
- Ich habe Spaß mit anderen an Mathe zu arbeiten.

Anhaltspunkte, die eher nicht für eine Teilnahme an der CAMMP week sprechen:

• Ich möchte mein Wissen mit anderen teilen.

In der Gruppe Fadenablage sticht die Wissbegierde der Schüler hervor. Vier von fünf Gruppenmitgliedern gaben als Motivationsgrund an, neue Dinge erlernen zu wollen. In den Gruppen Transportaufträge und Beckenkammschablonen gibt es keinen zentralen Ansporn für die Teilnahme an der CAMMP week, der von mehreren Gruppenmitgliedern geteilt wird.

In allen drei Gruppen haben die Schüler eine hohe Diskussionsbereitschaft angegeben. Deutlich abgesunken ist die Diskussionsfreude in der Gruppe Fadenablage bei allen Gruppenmitgliedern im Schnitt um eine Stufe. In den Gruppen Transportaufträge und Beckenkammschablonen ist sie im Durchschnitt etwa konstant geblieben. Dieses Gefälle der Diskussionsfreude zeigte sich, wie bereits beschrieben, auch in der Gruppe Energieintegration. Die Gruppen Energieintegration und Fadenablage waren während der CAMMP week sehr diskussionsfreudig und haben viel im gesamten Team zusammen gearbeitet. Dies zeigt sich in der Gruppe Fadenablage auch wieder in der Selbsteinschätzung zu der Frage "Was hast du in Bezug auf das Lösen von komplexen Problemen gelernt?" Hier haben alle Schüler angegeben gelernt zu haben, im Team zu arbeiten. In der Gruppe Transportaufträge war der Lernerfolg beim Durchhalten und mit Frustrationen umzugehen am größten. In der vorab-Umfrage haben die meisten Schüler der Gruppe angegeben, erst einmal eine Pause zu machen. Die Gruppe Beckenkammschablonen hat sich in allen vier möglichen Bereichen (Arbeit unter Druck,

Druchhaltevermögen und Frustrationstoleranz, Kreativität, Teamarbeit) große Lernerfolge zugeschrieben.

Eine Befragung der Betreuer zeigt, dass in den Gruppen Transportaufträge und Beckenkammschablonen die Gruppenarbeit und Diskussionen teilweise schwierig waren. In der Gruppe Transportaufträge haben zwei Schüler keinen Zugang zu der Problembearbeitung bekommen. Beiden Schülern wurden gute inhaltliche Vorkenntnisse zugeschrieben. Sie haben sich in der Gruppenarbeit sehr zurückgehalten und waren inhaltlich kaum in der Problemarbeit aktiv. Einer der beiden Schüler war sehr ichfixiert und zeigte wenig soziale Kompetenz. Dies führte dazu, dass er nur wenig zum Problemlöseprozess beitrug. Der andere der beiden Schüler war gedanklich nicht beim Thema und häufig und schnell abgelenkt. Hier entwickelte sich die Gruppenarbeit in die Richtung, dass es einen Schüler gab, der die Hauptarbeit beim Programmieren machte und dabei von zwei weiteren Schülern unterstützt wurde. Ein Schüler war sehr stark im Entwickeln der nötigen Algorithmen.

In der Gruppe Beckenkammschablonen war lediglich ein Schüler, der sich über einen längeren Zeitraum konzentrieren konnte und dazu noch mathematisch inhaltlich in der Lage war, sich mit dem Problem auseinanderzusetzen. Zwei weitere Schüler konnten sich inhaltlich am Problemlöseprozess beteiligen, wiesen aber wenig Durchhaltevermögen auf und waren schnell abgelenkt. Bei zwei anderen Schüler trat im Verlauf der Woche häufiger das Problem auf, sie inhaltlich bei der Problemlösung zu "verlieren". Sie waren in den Diskussionen sehr zurückhaltend und haben möglicherweise auch bei Verständnisproblemen nicht nachgefragt. Hier war viel Unterstützung seitens der Betreuer nötig, damit sie nicht abgehängt wurden. Diese beiden Schüler konnten sich gut konzentrieren, waren jedoch auch schnell von anderen von ihrer Arbeit abzubringen. Zusätzlich sahen sie ihre Pflicht getan, als sie die vom Betreuergestellte Aufgabe beendet hatten. Es stellte sich als schwierig heraus, sie für Verbesserungen oder aber auch für neue Aufgaben zu begeistern. Gegen Ende der Woche haben sie sich um den Bericht und vorrangig um die Erstellung der Präsentation gekümmert.

Aus fachlicher Sicht haben insgesamt alle Gruppen ihr Projekt erfolgreich gelöst. Alle Gruppen haben zur Lösung ihres Modellierungsproblems geeignete Modelle entwickelt und konnten so eine adäquate Lösung des realen Problems erreichen.

## 5 Auswertung

Wie die Betreuerbefragung angedeutet hat (siehe dazu Kapitel 4.2.2 und 4.2.3), sollten die Schüler bestimmte Vorkenntnisse mitbringen, um erfolgreich an der CAMMP week teilnehmen zu können. Dieses Ergebnis führt zu Überlegungen, wie auf dieser Grundlage geeignete Schüler einerseits von den Lehrpersonen entdeckt und andererseits von uns in einem Auswahlverfahren, falls die Anmeldezahl größer als die maximal mögliche Teilnehmerzahl von 36 ist, ausgewählt werden können.

## 5.1 Anforderungsprofil aus wissenschaftlicher Sicht

## Formale Voraussetzungen:

1. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Modellierungswoche CAMMP week mit dieser Altersgruppe gut durchführbar ist.

Die Schüler sollen die Oberstufe eines Gymnasiums oder einer Gesamtschule besuchen.

2. Eine methodisch-didaktische Begleitung durch Lehrpersonen ist unverzichtbar.

Die Schüler sollen von einer Lehrperson begleitet werden.

3. Eine inhaltliche Unterstützung durch wissenschaftliche Betreuer ist unverzichtbar.

Die Schüler sollen von einem Modellierungsexperten unterstützt werden.

## Fachliche Kompetenz:

- 1. Die Ergebnisse zu den fachlichen Fähigkeiten (vgl. Betreuerumfrage, Kapitel 4.2.2 und 4.2.3) zeigen, dass bestimmte Voraussetzungen in den prozessbezogenen Kompetenzen für eine erfolgreiche Teilnahme nötig sind. Vorkenntnisse in den inhaltlichen Bereichen sind keine Voraussetzung, da sie nur projektspezifisch genutzt werden.
- 2. Die Ergebnisse zu den prozessbezogenen Kompetenzen (vgl. Lehrerumfrage, Kapitel 4.3.2) zeigen, dass die Schüler größtenteils den Mindestanforderungen genügen. Jedoch scheinen die Mindestanforderungen in den Kompetenzbereichen Argumentieren und Kommunizieren recht hoch zu liegen. Unter der Annahme, dass maximal 25% der Schüler in einem Kompetenzbereich unterhalb der Mindestanforderung (bzw. Mindestzwischenpunktzahl) liegen darf, müssten die Mindestzwischenpunktzahlen in den Kompetenzbereichen
  - Argumentieren von 8,5 auf 7 und
  - Kommunizieren von 8,5 auf 8

herunter gesetzt werden. Damit berechnet sich die Mindestgesamtpunktzahl aus der Summe der Mindestzwischenpunktzahlen zu 25,5.

Zusammenfassend ergibt sich in den prozessbezogenen Kompetenzen folgendes Anforderungsprofil, wobei die Vorkenntnisse der Schüler in jeder Kompetenzerwartung auf einer Skala von 0 bis 5 analog zu dem bisher verwendeten Bewertungsschema einzuschätzen sind. Die Mindestzwischenpunktzahlen der Schüler ergeben sich dann aus der Summe der Bewertungen innerhalb einer Kompetenzerwartung. Da nur natürliche Zahlen als Bewertung zugelassen sind, werden die berechneten Mindestzwischenpunktzahlen aufgerundet. Die Schüler sollen ...

- ... im Kompetenzbereich **Modellieren** eine Mindestzwischenpunktzahl von 5 erreichen, was im Durchschnitt bei drei Kompetenzerwartungen der Voraussetzung sehr geringer bis geringer Vorkenntnisse entspricht.
- ... im Kompetenzbereich **Problemlösen** eine Mindestzwischenpunktzahl von 6 erreichen, was im Durchschnitt bei drei Kompetenzerwartungen der Voraussetzung geringer Vorkenntnisse entspricht.
- ... im Kompetenzbereich **Argumentieren** eine Mindestzwischenpunktzahl von 7 erreichen, was im Durchschnitt bei drei Kompetenzerwartungen der Voraussetzung geringer bis mittlerer Vorkenntnisse entspricht.
- ... im Kompetenzbereich **Kommunizieren** eine Mindestzwischenpunktzahl 8 erreichen, was im Durchschnitt bei drei Kompetenzerwartungen der Voraussetzung geringer bis mittlerer Vorkenntnisse entspricht.

Im Kompetenzbereich **Werkzeuge nutzen** ist keine Mindestzwischenpunktzahl zu erreichen.

In allen Kompetenzbereichen zusammen ist eine Mindestgesamtpunktzahl von 26 zu erreichen, was im Durchschnitt bei insgesamt 12 Kompetenzbereichen der Voraussetzung geringer (bis mittlerer) Vorkenntnisse entspricht.

## Soziale und persönliche Kompetenz:

- 1. Die Ergebnisse zu den "sonstigen" Kompetenzen der Betreuerumfrage (vgl. Kapitel 4.2.4) haben ergeben, dass insbesondere die folgenden Kompetenzen wichtig sind. Die Schüler sollen …
  - ... Frustrationstoleranz und Durchhaltevermögen besitzen.
  - ... sehr teamfähig und große Diskussionsbereitschaft besitzen.
  - ... sich über einen längeren Zeitraum konzentrieren können.
  - ... bereit sein, mit dem Computer zu arbeiten.
  - ... entdeckerfreudig und wissbegierig sein.
- 2. Auch die Ergebnisse aus den eigenen Beobachtungen und den Schülerumfragen bestätigen diese Kompetenzvoraussetzungen.

Dieses Anforderungsprofil dient uns als Hilfestellung zur Auswahl geeigneter Schüler. Dabei sind wir aber auch immer auf die Mitarbeit der Lehrkräfte angewiesen.

Jede Lehrperson bewertet analog zum Betreuerfragebogen die Vorkenntnisse in den prozessbezogenen Kompetenzen für jeden seiner Schüler. Zusätzlich müssen weitere soziale und persönliche Kompetenzen eingeschätzt werden. Dabei treten allerdings folgende Probleme auf:

- Das Verfahren ist für die Lehrpersonen sehr zeitintensiv.
- Jede Lehrperson möchte verständlicherweise seine Schüler auf die CAMMP week mitnehmen, sodass die Schüler möglicherweise unterbewusst "zu gut" eingeschätzt werden.
- Einige Lehrpersonen möchten auch "fremde" Schüler, die sie nicht aus dem (Mathema- tik-)Unterricht kennen, einbeziehen. Für diese Schüler können sie keine akkurate Einschätzung vornehmen.

Vergleicht man die Lehrerbewertungen der Mindestanforderungen mit den Einschätzungen der ehemaligen Betreuer innerhalb der Kompetenzbereiche, so zeigt sich häufig eine ungefähre Übereinstimmung<sup>43</sup>. Deshalb werden die Beschreibungen der Mindestanforderungen als Basis für das Anforderungsprofil für die Teilnahme an der Modellierungswoche CAMMP week genutzt. Hinzugefügt sind weitere in den beschriebenen Ergebnissen als wichtig eingestufte Kompetenzen. Hieraus entsteht folgende Handreichung für Lehrpersonen, mit der sie ihre Schüler vorauswählen können.

## 5.2 Anforderungsprofil als Handreichung für Lehrpersonen

Im Vergleich zu dem ausführlichen Anforderungsprofil wurden hier die fachlichen Kompetenzen in einen (mathematisch-)fachlichen und einen methodischen Teil gegliedert, da die methodischen Kompetenzen auch aus anderen Fächern mitgebracht werden können.

## Formale Voraussetzungen:

Der Schüler besucht die Oberstufe eines Gymnasiums oder einer Gesamtschule.

Der Schüler kann von einer Lehrperson seiner Schule begleitet werden.

## (Mathematisch-)Fachliche Kompetenzen:

Der Schüler besitzt die Fähigkeit ...

- ... Muster und Strukturen zu erkennen.
- ... technische Prozesse und Probleme zu erfassen und zu abstrahieren.
- ... mehrschrittige und komplexe Textaufgaben zu lösen.
- ... Strategien zur Lösung (zielgerichtet) einzusetzen.
- ... Vermutungen aufzustellen.

<sup>&</sup>lt;sup>43</sup>Die Differenz zwischen den Medianen der Betreuer (zu den einzelnen Kompetenzerwartungen) und den Medianen der Lehrer (zu den Mindestanforderungen in den einzelnen Kompetenzerwartungen) liegt in über 83% der Kompetenzerwartungen unter 0,5.

... mit mathematischen Begriffen (Fachsprache) und Objekten umzugehen.

## Methodische Kompetenzen:

Der Schüler kann ...

- ... sich anderen verständlich mitteilen.
- ... Mitschülern in ihren dynamischen Denkprozessen folgen und sich aktiv darin einbinden.
- ... Arbeitsschritte dokumentieren und Präsentationen erstellen.

## Soziale Kompetenzen:

Der Schüler ...

- ... beherrscht die Regeln fairer Gruppenarbeit und Diskussionen.
- ... arbeitet gerne im Team / ist offen für Teamarbeit.

## Persönliche Kompetenzen:

Der Schüler ...

- ... besitzt Entdeckerfreude und Wissbegierde.
- ... ist argumentations- und diskussionsfreudig.
- ... ist bereit, den Computer als Werkzeug zu nutzen.
- ... besitzt Frustrationstoleranz und Durchhaltevermögen.
- ... kann sich gut konzentrieren.

## 5.3 Die Rolle der Lehrperson

Wie Blum (vgl. [4], 2007) beschrieben hat, zeigte sich auch auf vergangenen CAMMP weeks immer wieder das Problem, dass Lehrpersonen oft inhaltliche statt bloß strategische Hilfen geben. Das führt dazu, dass Schüler häufig nicht ohne Anweisungen von Lehrkräften arbeiten können. Insbesondere können sie nicht eigenständig Validieren – für die Beurteilung von Lösungen ist (nur) die Lehrkraft zuständig. Des Weiteren ist ein "unbewusstes Durchsetzen" der Lehrerlösung festzustellen.

Deshalb haben wir uns dazu entschlossen, eine Rollenbeschreibung für Lehrpersonen vorzugeben:

Auf der CAMMP week wird jede Schülergruppe von einem wissenschaftlichen Betreuer und sinnvollerweise einer Lehrperson begleitet. Der wissenschaftliche Betreuer ist ein Modellierungsexperte und damit zweckentsprechend für alle Inhalte zuständig. Lehrpersonen sind von ihrer Ausbildung und ihrer Erfahrung her pädagogische Profis. Sie haben gelernt, Lernprozesse zu organisieren und zu unterstützen. Sie können u. a. also insbesondere Lernprozesse methodisch beeinflussen. Also nutzen wir diese Stärke in den pädagogischen Lehrerfunktionen. Die Lehrpersonen sollten auf Grund der zuvor vorgestellten Ergebnisse die folgenden Funktionen ausfüllen: Beobachten,

motivieren, unterstützen, beraten, aufbauen, initiieren, fördern. Sie darf auch gerne mitdenken, darf dabei aber nicht dominant eingreifen.

#### Was wir nicht erwarten:

Die Lehrperson muss nicht – und soll auch nicht – inhaltlich führen. Sie ist nicht für Wissensvermittlung oder für das Erreichen von inhaltlichen Zielen zuständig. Das beinhaltet insbesondere, dass die Lehrperson keine fertige (Teil-)Lösung präsentieren muss und soll. Inhaltliches Wissen ist also nicht notwendig! Es ist hilfreich, die Aufgaben losgelöst vom Schul- und Universitätswissen zu betrachten. Die Schüler erreichen für den angestrebten Lernprozess mit ihrer direkten und eher unbefangenen Denkart, trotz wenig Erfahrung und Sachkenntnis oft sehr viel mehr.

Die Schüler sollen das Problem selbstständig bearbeiten. Die Lehrperson sollte die Schüler lediglich ermutigen. Dazu gehört es auch, die Schüler zur Selbstkontrolle und zur Diskussion untereinander anzuregen. Ein Beispiel: Bei der Schülerfrage "Ist das so richtig?" die Frage an einen anderen Schüler weiterleiten, damit sie sich ihre Standpunkte gegenseitig erklären. Das ist letztlich motivierender, als wenn die Lehrperson sagt: "Ich habe das so gelöst: ..."

#### Was wir erwarten:

Hilfreich ist es, sich vor allem am ersten Tag komplett zurück zu nehmen und die Gruppe zu beobachten. Die Schüler werden erfahrungsgemäß am Montagabend leicht deprimiert und niedergeschlagen sein. Das entspricht dem bekannten "Auf und Ab" im Lernprozess. Die Schüler werden trotzdem zu einer Lösung kommen. Auch an weiteren Tagen werden die Schüler immer mal wieder frustriert und demotiviert sein. Auch das korrespondiert mit den Schwankungen im Lernprozess. Hier ist wieder die Lehrkraft gefragt, um die Schüler aufzufangen und wieder aufzubauen.

Außerdem sollte die Lehrperson den Schülern beratend zur Seite stehen. Helfen kann es, sich einfach die Ideen der Schüler anzuhören, an unklaren Stellen kritisch nachzufragen und auf Ungereimtheiten aufmerksam zu machen.

Manche Gruppen benötigen organisatorische und methodische Unterstützung - auch hier sollte die Lehrperson helfen. Sie achtet darauf, dass Zwischenergebnisse kommuniziert und gemeinsam neue Zwischenziele festgelegt werden. Dabei sollte niemand abgehängt werden. Häufig entwickeln sich auch daraus neue Ideen. Kommt die Gruppe an einen toten Punkt, ist es sinnvoll, eine Pause einzulegen und anschließend frisch weiterzuarbeiten. Außerdem sollte die Lehrperson die Gruppe zur Selbstorganisation anleiten. Manchmal ist eine Erinnerung an einen noch offenen Bericht oder eine noch offene Präsentation – diese Aufgaben können auch in Kleingruppen bearbeitet werden – nötig.

Zuletzt gilt für die Lehrperson, ebenso wie für die Schüler, intrinsisch motiviert zu sein und sich während der CAMMP week als Teammitglied anzusehen. Eine große Eigenmotivation der Lehrperson überträgt sich auch auf die Schüler und kann insbesondere in schwierigen Modellierungsphasen oder bei Rückschlägen den Schülern helfen mit Frustrationen umzugehen, durchzuhalten und vor allem weiterzuarbeiten.

## 6 Fazit und Ausblick

Im Mittelpunkt der Arbeit stand die kompetenzorientierte Analyse der Modellierungsprozesse, die die Schüler auf der Modellierungswoche CAMMP week der RW-TH Aachen durchlaufen. Vor dem Hintergrund des Kernlehrplans wurden in einer Betreuerumfrage<sup>44</sup> die Vorkenntnisse in prozessbezogenen, sozialen und persönlichen Kompetenzen sowie in mathematischen Inhalten, die Schüler für eine erfolgreiche<sup>45</sup> Teilnahme an der CAMMP week benötigen, erfasst. Die Ergebnisse der Betreuerumfrage in den prozessbezogenen Kompetenzen wurden in Verbindung mit den in einer Lehrerumfrage ermittelten realen prozessbezogenen Kompetenzen der Schüler gesetzt. Hierbei stellte sich heraus, dass die Betreuer in den Kompetenzbereichen Argumentieren und Kommunizieren Anforderungen stellten, die von weniger als 32% 46 im Argumentieren und von weniger als 37% 47 aller an der CAMMP week 2014 teilnehmenden Schülern im Kommunizieren erfüllt wurden. Da an der CAMMP week 2014 deutlich mehr Schüler erfolgreich<sup>48</sup> teilgenommen haben, sind wir von zu hohen Ansprüchen der Betreuer in diesen beiden Kompetenzbereichen ausgegangen und haben die Ansprüche, die im Anforderungsprofil festgehalten sind, abgesenkt. In das Anforderungsprofil wurden weiterhin soziale und persönliche Kompetenzen<sup>49</sup> aufgenommen. Diese waren bereits in der Betreuerumfrage als nötige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Teilnahme genannt worden und konnten durch eigene Beobachtungen und den Schülerumfragen bestätigt werden. Mathematische Inhalte wurden nicht in das Anforderungsprofil aufgenommen. Sowohl die Umfragen als auch die Beobachtungen wiesen auf nur ein spezifisches Nutzen mathematischer Inhalte in den Projekten hin; Lücken im inhaltlichen Wissen beeinflussten den Erfolg eines Projekts nicht negativ. Zusätzlich zu diesem detaillierten wissenschaftsorientierten Anforderungsprofil wurde eine für Lehrpersonen anwendbare Version des Anforderungsprofils in Form einer Handreichung erstellt. Die Ergebnisse der Untersuchung, welche Kompetenzen auf der CAMMP week erlernt bzw. weiterentwickelt werden, betont das Erlernen von sowohl prozessbezogenen Kompetenzen (vgl. dazu die Ergebnisse der Betreuer<sup>50</sup>- sowie der Lehrerumfrage<sup>51</sup> und der eigenen Beobachtungen<sup>52</sup>), als auch sozialen und persönlichen Kompetenzen (vgl. dazu die Ergebnisse der Schülerumfragen<sup>53</sup> und der eigenen Beobachtungen<sup>54</sup>). Ein dauerhaftes Erlernen der Kompetenzen ist jedoch durch weitere Maßnahmen zu sichern. Probleme im Modellierungsprozess entstanden einerseits durch die kognitive Hürde des Schrittes des Mathematisierens an sich und andererseits durch Schwierigkeiten in den Diskussionen und der Kommunikation. Treten für die Schüler scheinbar unüberwindbare Herausforderungen im Modellierungsprozess auf, so ist gezielte Unterstützung durch den wissenschaftlichen Betreuer nötig – nach dem

<sup>&</sup>lt;sup>44</sup>Es wurden wissenschaftliche Mitarbeiter befragt, die Modellierungsprojekte vergangener CAMMP weeks als Modellierungsexperte betreut haben.

 $<sup>^{45}\</sup>mathrm{Im}$  Sinne von fachlich, pädagogisch und didaktisch erfolgreich (vlg. dazu Kapitel 1).

<sup>&</sup>lt;sup>46</sup>Bzw. weniger als 38% unter Einbezug meiner Bewertungen.

<sup>&</sup>lt;sup>47</sup>Bzw. weniger als 40% unter Einbezug meiner Bewertungen.

<sup>&</sup>lt;sup>48</sup>Diese Einschätzung beruht auf den eigenen Beobachtungen, den weiteren Einschätzungen der Betreuer und Lehrpersonen, sowie auf den Ergebnissen aus der Schülerrückmeldung.

<sup>&</sup>lt;sup>49</sup>Frustrationstoleranz, Durchhaltevermögen, Teamfähigkeit, Diskussionsbereitschaft, gutes Konzentrationsvermögen, Neugier und Wissbegierde.

 $<sup>^{50}</sup>$ Vgl. 4.2.2.

<sup>&</sup>lt;sup>51</sup>Vgl. 4.3.2.

 $<sup>^{52}</sup>$ Vgl. 4.1.2.

 $<sup>^{53}</sup>$ Vgl. 4.4.4 ff.

 $<sup>^{54}</sup>$ Vgl. 4.1.2.

Prinzip "so viel wie nötig, so wenig wie möglich". Das Unterstützen der Schülergruppe bei Schwierigkeiten, die die Diskussion und die Kommunikation der Schüler innerhalb der Gruppe betreffen, obliegt den Lehrpersonen. Hierzu ist ein Verhaltenshinweis in die Rollenbeschreibung der Lehrkräfte während der CAMMP week aufgenommen worden.

Die im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Ergebnisse geben Hinweise, bieten jedoch wichtige und hilfreiche Anhaltspunkte für zukünftige, fortführende Studien und Lernstandserhebungen im Bereich der Kompetenzenuntersuchung.

Weitere Untersuchungen könnten auch noch Aufschluss über den Einfluss der Problemstellungen auf die Anforderungen an die Schüler geben. Hier gibt es sicherlich Unterschiede in der Schwierigkeit, der Zugänglichkeit und der Ausrichtung des Problems (geometrisch, physikalisch, ...). Hinzu kommt ein unterschiedlich großes Interesse der Schüler für verschiedene Themenbereiche. Dieses könnte z. B. auf dem vorab-Schülerbogen abgefragt werden. Weiterhin ist ein Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Vorkenntnisständen in den prozessbezogenen Kompetenzen und den mathematischen Inhalten zu erforschen.

Zusätzliche Fortführungen in der Thematik sehe ich in der Analyse des Einflusses von wiederholten Teilnahmen von Schülern und Betreuern an Modellierungsprojekten. Mögliche Ansatzpunkte bieten eine Überprüfung der bislang nicht beachteten Faktoren der Unterstützung durch den Betreuer und durch die Lehrpersonen. Eine unterschiedlich starke Führung der Gruppen beeinflusst vermutlich den Erfolg einer Gruppe.

Diese angesprochenen Gegenstände zeigen mögliche Fortführungen der angefangenen Analyse der Problematik der Modellierungswoche CAMMP week auf. Die Übertragbarkeit auf andere Modellierungswochen ist ebenfalls eine zukünftige Aufgabe. Damit steht diese Arbeit nicht zusammenhangslos dar, sondern mündet sinnvoll in fortführende Themenkreise ein.

## **Anhang**

## A Projektbeschreibungen

#### **CAMMP**

Computergestütztes Mathematisches Modellierungsprogramm



## RUFZUTEILUNG BEI AUFZUGANLAGEN

#### Mark Kärcher

Der vertikale Verkehr in einer Stadt findet zumeist im Verborgenen statt. Bis auf wenige Ausnahmen bewegen sich Aufzüge in von außen nicht sichtbaren Aufzugschächten und werden von den Passagieren genutzt ohne weiter darüber nachzudenken. Dabei findet schon mit der Rufeingabe eine Menge an Datenverarbeitung statt, mit dem Ziel den Passagier in möglichst kurzer Zeit abzuholen und zügig an sein Ziel zu bringen. Zusätzlich soll dieser Vorgang noch unter dem Gesichtspunkt der benötigten Energie – also der Kosten – optimal gestaltet sein. Dabei teilen sich eine unbekannte Anzahl Passagiere, die jeweils eine Ausgangs- und eine Zielposition haben, eine bekannte Anzahl Kabinen, die sich zu dem Zeitpunkt der Rufverarbeitung an jeder beliebigen Stelle der Strecke befinden können.



Abbildung 1: Aufzüge

Die einzelnen Steuerungen der miteinander vernetzten Aufzüge teilen sich die verfügbare Menge der Außenrufe, bei deren Eingabe die Passagiere bereits eine Zielrichtung (auf/ab) vorwählen. Nach der Ankunft einer Kabine signalisiert der Aufzug mit den aufleuchtenden Weiterfahrtpfeilen den wartenden Passagieren die Richtung der Kabine. Die Passagiere, die in die gewünschte Richtung fahren wollen, steigen ein und wählen durch Betätigung einen Innenruftasters ihre Zieletage/-tür in der vorher angegebenen Zielrichtung aus. Dabei läuft dem Wunsch die Passagiere in der Kabine möglichst schnell an das Ziel zu bringen entgegen, die wartenden Passagiere möglichst zügig in der richtigen Richtung abzuholen, also Zwischenstopps einzulegen.

Die Aufgabe einer algorithmischen Rufzuteilung besteht nun darin, durch zyklische Bewertung der gesamten Rufsituation und der Situation der Kabinen (Türstatus, Position, Richtung, Innenrufe), die günstigste Zuteilung der Außenrufe (wartende Passagiere) durchzuführen und die Zwischenstopps für die Personen in den Kabinen zu minimieren. Erfahrungsgemäß wird dabei die Minimierung der Rufwartezeit vom Passagier positiver beurteilt, als die Minimierung der Transportzeit.

















# FALTENFREIES DRAPIEREN VON TEXTILIEN FÜR FASERVERBUNDWERKSTOFFE

Kai Krycki

&





Institut für Textiltechnik RWTH Aachen

SAERTEX GmbH & Co. KG

Bei der Produktion von Automobilen, Flugzeugen oder auch Windrädern setzten die Hersteller seit einiger Zeit vermehrt auf den Einsatz sogenannter Faserverbundwerkstoffe. Bauteile, die daraus hergestellt werden, sind leicht wie Kunststoff, aber durch eine zusätzliche textile Basis so stabil wie Metallbauteile. Weiterhin ermöglichen diese Art der Fertigung die Realisierung sehr komplexer Bauteilgeometrien. Bei der Herstellung wird ein zweidimensionales Textil zuerst in die gewünschte dreidimensionale Form des Bauteiles gebracht. Diesen Vorgang nennt man 'drapieren'. Danach wird es mit Epoxidharz imprägniert, das dann aushärtet. So lassen sich fast beliebige Bauteilgeometrien realisieren.



Abbildung 1: Hier in Schwarz: Faserverbund-Seitenteil des neuen AUDI R8 (Quelle: Audi)

Um eine hohe Stabilität zu erreichen werden üblicherweise Glas- oder Carbonfasern verwendet, die im Vergleich zu anderen Fasern relativ steif sind. Die Textilien sind normalerweise Gelege, das heißt, die einzelnen Fasern werden in Schichten übereinander gelegt und hinterher vernäht. Dabei werden die Schichten typischerweise abwechselnd in unterschiedlichen Winkeln zueinander gelegt. Das können zwei oder auch mehr unterschiedliche Winkel sein. Das fertige Textil ist in den Faserrichtungen sehr steif und quer zu den Faserrichtungen gut dehnbar und verformbar. Je mehr unterschiedliche Winkel verwendet werden, desto unflexibler wird das Textil.

Die wesentlichen Materialeigenschaften des Textils für diesen Prozess sind die Biegesteifigkeit, die Elastizität und die Schubsteifigkeit. Alle diese Eigenschaften sind richtungsabhängig. Die Biegesteifigkeit wird in einem Stauchversuch oder mit einem sogenannten Cantilever gemessen. Dabei bestimmt man den Winkel um den sich das Textil unter dem eigenen Gewicht auf dem Cantileverblock biegt. Die Elastizität des Geleges wird durch den Streifenzugversuch bestimmt, die Schubsteifigkeit durch den

















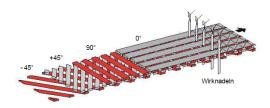


Abbildung 2: Aufbau eines Geleges, hier mit vier unterschiedlichen Winkeln

Schrägzugversuch oder den Scherrahmenversuch. Gemessen werden dabei der sogenannte Elastizitätsmodul (auch Federkonstante), der Schubmodul und der Scherwinkel.

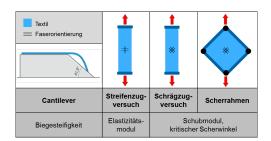
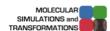


Abbildung 3: Messung der Materialeigenschaften eines Geleges

Die Frage ist nun, welche dreidimensionalen Geometrien mit einem bestimmten Textil möglich sind, ohne dass sich Falten im Textil bilden? Und natürlich, wie man Faltenwurf in einem Textil mathematisch überhaupt beschreiben kann? Gibt es für eine bestimmte Geometrie optimale Winkel bei der Herstellung des Geleges? Oder gibt es vielleicht sogar Geometrien die unter keinen Umständen möglich sind?















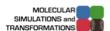


## Zusätzliche Anmerkungen

- 1) In der Regel werden nur zwei oder drei unterschiedliche Winkel verwendet.
- 2) Von jedem Winkel gibt es normalerweise nur eine Schicht.
- 3) Standardgeometrien für Testzwecke sind die Halbkugel, gestreckte Halbkugel und der Double Dome (Geometriedaten Matlab vorhanden).
- 4) Die Textilien k\u00f6nnen auf unterschiedliche Art und Weise in Form gebracht werden. Zum Beispiel mit einer Positiv-Negativ-Form (Form von oben und von unten) oder indem das Textil am unteren Rand mit einem Ring festgezogen wird. Je nach Verfahren wirken unterschiedliche Kr\u00e4fte an unterschiedlichen Stellen auf das Textil.
- 5) Beim Zugversuch verteilt sich die Spannung linear/gleichmäßig über die Länge der einzelnen Faser
- 6) Bislang wird die Faltenbildung durch den lokal entstehenden Scherwinkel simuliert. Übersteigt dieser einen gewissen kritischen Wert (siehe Messdaten), so geht man von einer Faltenbildung aus.
- 7) Die Faltenbildung ist insbesondere stark davon abhängig, wo mit dem Ablegen des Textils auf der Form begonnen wird. Das bedeutet, es macht einen grossen Unterschied, wie das Textil in Form gebracht wird.
- 8) Bei bisherigen Modellen wird das Textil an den Faser-Kreuzungspunkten diskretisiert und die Dehnbarkeit der Fasern vernachlässigt, das heißt die Faserabschnitte werden geodätisch auf der Form abgelegt unter Berücksichtigung der Spannungen im Textil. Dahinter steckt ein System nichtlinearer partieller Differentialgleichungen. Randwerte dafür bekommt man, indem man die äusseren Fäden zuerst ablegt.
- 9) Alternativ gibt es auch den sogenannten 'Fishnet-Algorithmus', der rein geometrisch funktioniert. Dehnung wird vernachlässigt, das Textil Punkt für Punkt auf der Geometrie abgelegt. Kritische Scherwinkel weisen dann auf Faltenbildung hin. Dazu sind keine Randbedingungen nötig, nur ein Startpunkt muss gewählt werden. Dieses Modell könnte erweitert werden, indem die Dehnung mit berücksichtigt wird. Weiterhin kann nach einer ersten Ablage das Textil noch korrigiert werden, sei es durch Ziehen am unteren Rand ('Ringzugsteuerung') oder nachjustieren an beliebigen Stellen im Textil. Das kann als optimales Regelungsproblem aufgefasst werden: finde den optimalen ersten Ablagepunkt und/oder die optimale Nachjustierung.
- 10) Durch unterschiedliche Arten der Vernähung können Biegesteifigkeit und Scherwinkel verändert werden. Deshalb kann das folgende optimale Steuerungsproblem betrachtet werden, sobald ein mathematisches Modell existiert: Wie sind zu einer gegebenen Geometrie und Winkel im Textil die Parameter anzupassen, sodass diese Geometrie realisiert werden kann. Je nachdem wie realistisch diese Werte sind, kann davon ausgegangen werden, dass eine passende Vernähung existiert.
- 11) Die Vernähung kann in Produktionsrichtung lokal geändert werden, somit können auch die Parameter lokal für eine bestimmte Bauteilgeometrie angepasst werden.
- 12) Datenbasis (jeweils ein Fasertyp, vier unterschiedliche Winkelkonfigurationen, eine Vernähung (einfach, besonders steif)):













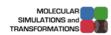




- für Biegesteifigkeit: Cantilever (siehe DIN Beschreibung) und Stauchversuch
- für Streifenzugversuch: E-Modul für einzelne Faser und ganzes Textil
- für Schrägzugversuch: E-Modul für ganzes Textil
- für Scherrahmen: Scherwinkel und Schubmodul für ganzes Textil, Zugversuch gemäß Skizze in Abbildung 3
- 13) Reibung zwischen den einzelnen Fasern beziehungsweise Faserschichten wird ignoriert.

















## ABKÜHLPROZESSE VON METALLEN

Daniel Tameling

D 0 1

**RWP GmbH** 



Wenn ein heißer und ein kalter Körper miteinander in Kontakt kommen, so gleicht sich durch Wärmeaustausch die Temperatur immer mehr an. Misst man nun währenddessen die Temperatur in der Mitte des heißen Körpers, so sieht man normalerweise, dass die Temperatur zunächst langsam dann schnell und dann wieder langsamer fällt und sich schließlich einem Endwert nähert (Abbildung 1 links).

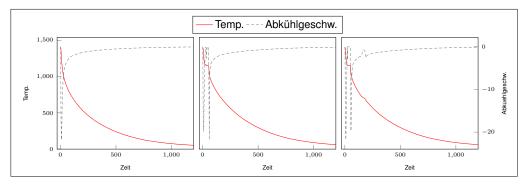


Abbildung 1: Verschiedene Abkühlkurven. Links: ohne Erstarrung. Mitte: mit Erstarrung. Rechts: mit Erstarrung und Gitterumwandlung.

Es gibt aber auch Fälle in denen ein anderes Abkühlverhalten beobachtet wird. Sobald ein Stoff von einem flüssigen Aggregatzustand in einen festen übergeht, wird dabei Energie in Form von Wärme frei. Das bedeutet, dass die Temperatur während dieses Aggregatzustandwechsels nicht so schnell sinkt wie erwartet. Besonders deutlich erkennt man dies in der Ableitung des Temperaturverlaufs (Abbildung 1 Mitte)

Weiterhin gibt es Metalle, die im Laufe der weiteren Abkühlung, obwohl schon fest, eine Umwandlung des Kristallgitters erfahren. Auch diese Umwandlung setzt wieder Energie frei. Wiederum ist dies leichter als in der eigentlichen Temperaturkurve im Verlauf der Abkühlgeschwindigkeit zu erkennen. Für das Gießen von Metallen ist es dabei wichtig die Temperaturen und die Zeiten zu kennen bei denen sich die Kristallstruktur ändert.





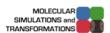












Abbildung 2: Jominy Abschreckprobe.

Wenn man ferner neben der realen Abkühlkurve eine weitere ohne Phasenumwandlungen, also ohne Knicke, einzeichet, so ergibt sich eine Fläche zwischen den beiden. Diese Fläche hat die Einheit [°C s] bzw. [K s]. Wird der Flächeninhalt mit den Materialeigenschaften Dichte [kg/cm³] und spezifische Wärmekapazität [J/kg K] multipliziert, so erhält man eine Energiedichte, die ein Maß ist für die bei dieser Umwandlung freigeworde Energiemenge ist. Diese Energiemenge ist neben den oben genannten Werten von besonderem Interesse für die thermische Berechnung von solchen Umwandlungsprozessen.

In der Praxis werden für die Bestimmung der Gefügeumwandlungen u.a. Jominy Abschreckproben benutzt (Abbildung 2). Diese bestehen aus einem einfachen Zylinder, der auf ca. 900 °C aufgeheizt und dann stirnseitig mit einem definierten Wasserstrahl abgeschreckt wird. In verschiedenen Abständen zur Stirnfläche sind Bohrungen angebracht, in denen Temperaturfühler die entsprechenden Temperatur-Zeit Kurven aufzeichnen (Abbildung 3). Aus solchen Abkühlkurven sollen die Temperaturen und die Zeiten der Gefügeumwandlungen und die oben beschriebene Fläche bestimmt werden.

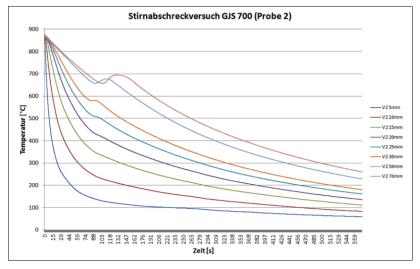
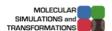


Abbildung 3: Beispiel für die Messergebnisse einer Jominy Abschreckprobe.















## Energieintegration in der Energie- und Verfahrenstechnik

Niklas Mevenkamp



Energieeinsparung ist jedermanns Verantwortung.

In der Chemieindustrie wird die bei Reaktionen entstehende Abwärme durch Wärmetauscher abgeführt. Je nach Prozess müssen hierzu Mengenströme abgekühlt, aufgeheizt, verdampft oder kondensiert werden. Dazu kann man Kühlwasser bzw. Heizdampf verwenden. Die Bereitstellung und umweltgerechte Entsorgung von Kühlwasser und Heizdampf verursacht allerdings Kosten und verbraucht Energie.

In vielen Prozessen kommen sowohl kalte Ströme, die aufgeheizt werden sollen und warme Ströme, die abgekühlt werden sollen, vor. Statt hierzu Heizdampf bzw. Kühlwasser zu verwenden, könnte man auch einfach beide Ströme mit einem Wärmetauscher kombinieren. Durch diese sogenannte Energieintegration ließe sich der Energieverbrauch in einer Anlage deutlich reduzieren.

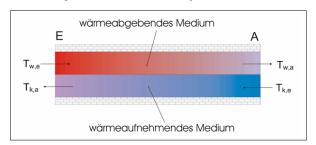


Abbildung 1: Gegenstromwärmetauscher

**Problem:** Ein Prozess besteht aus verschiedenen Mengenströmen mit bestimmten Temperaturen und Wärmeleitungseigenschaften. Zu jedem Strom ist eine Solltemperatur vorgegeben, die nach Verlassen der Anlage erreicht sein soll. Manche Ströme sollen stattdessen den Aggregatzustand ändern, d.h. verdampft oder kondensiert werden. Eure Aufgabe ist es, diese Vorgaben unter Einsatz von möglichst wenig Kühlmittel bzw. Heizdampf umzusetzen, d.h. die Mengenströme so gut wie möglich mit Wärmetauschern untereinander zu kombinieren.

Dabei müsst ihr berücksichtigen, dass die Stoffe unterschiedlich gut Wärme aufnehmen bzw. abgeben und, dass der Wärmeaustausch nur oberhalb einer gewissen Temperaturdifferenz zwischen den Mengenströmen funktioniert.

















### Konstruktion von Beckenkammschablonen

Kerstin Küpper

&



Die Optimierung computergestützter Rekonstruktionen des Unterkiefers (Mandibularekonstruktionen) mittels Beckenkammtransplantaten ist in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ein aktuelles Forschungsthema.

Defekte der Mandibula, die eine Rekonstruktion nötig machen, treten oft als eine Folge von Tumoren im Mundraum, schweren Knochenentzündungen, Unfällen oder Schussverletzungen auf. Für die Rekonstruktion kommen verschiedene Typen von Transplantaten in Frage, welche sich in der biologischen Herkunft und des Verpflanzungsmodus unterscheiden. Wir beschäftigen uns mit autogenen, mikrovaskulären, freien Transplantaten, d.h. das Transplantat besteht aus körpereigenem Gewebe des gleichem Individuums, es wird vollständig aus dem Gewebeverbund entfernt und mit einem ernährendem Blutgefäßsystem verpflanzt. Dies ermöglicht unter anderem eine sofortige Durchblutung des Transplantats. Für Mandibularekonstruktionen werden Transplantate aus dem Wadenbein (Fibula) und dem Becken (Pelvis) verwendet.

Für eine erfolgreiche Rekonstruktion der Mandibula ist die Form des Transplantats maßgeblich. Für die Entnahme des Transplantats aus der Pelvis, wird wärend der Planungsphase eine Schablone entworfen. Bei der Operation wird die Schablone am Knochen fest geschraubt und dann wird das entsprechende Stück des Knochens entnommen. Die Schablone soll dabei möglichst gut auf dem Becken aufliegen, damit eine möglichst hohe Genauigkeit erreicht werden kann und das Transplantat anschließend der gewünschten Form entspricht. Eine individuelle Anpassung und Anfertigung einer Schablone ist jedoch mit einem hohen Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Deswegen soll nun eine Reihe von Schablonen konstruiert werden, so dass idealerweise die individuelle Anfertigung entfällt und für jeden Patienten sofort eine passende Schablone für die Operation zur Verfügung steht.

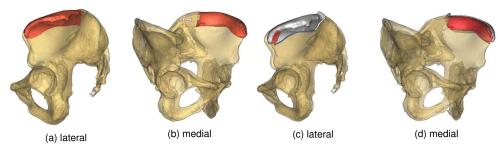
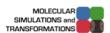


Abbildung 1: Operationsplanung: Beckenkammtransplantat (a), (b) mit zugehöriger Schablone (c), (d).







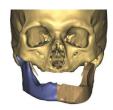


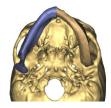


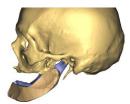


## CAMMP week 2014 Computergestütztes Mathematisches Modellierungsprogramm









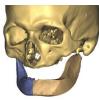


Abbildung 2: Operationsplanung: Mandibularekonstruktion

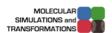
Eine Mandibularekonstruktion mit einem Beckenkammtransplantat ist beispielhaft in Abbildung 1 and 2 dargestellt: In Abbildung 1a and 1b ist in rot die Region des Beckens markiert, die in diesem Fall transplantiert werden soll (in anderen Fällen kann diese Region auch kleiner oder größer sein); Abbildung 1c and 1d zeigt die zugehörige Schablone am Becken angebracht; Abbildung 2 zeigt die Rekonstruktion der Mandibula mit einem Beckenkammtransplantat.

Probleme: Das Problem der Anfertigung von einheitlichen Schablonen ist, dass die Form der Pelvis individuell sehr verschieden ist. Die Frage ist nun, ob und wie die Unterschiede in der Form klassifiziert werden können. Da die Pelvis von Männern und Frauen unterschiedlich geformt ist und sich die Form im Laufe des Lebens ändert, ist eine Einteilung der Patienten nach Alter und Geschlecht zum Beispiel denkbar und auch leicht zu realisieren. Darüber hinaus ist die Frage, wie für eine Patientengruppe eine optimale Form bestimmt werden kann, welche sich zur Anfertigung einer Schablone eignet. Dazu stehen Computertomographie(CT)-Scans von einer Reihe von Testpersonen zur Verfügung. Die Testpersonen sind in Gruppen eingeteilt und die CT-Scans sind bereits segmentiert, so dass nun ausschließlich der relevante Teil (die Oberfläche des Beckens) in den Daten enthalten ist (die Lage der Becken im Raum variiert jedoch mit den Testpersonen).

**Ziele:** Wir wollen für jede Patientengruppe eine optimale Form zur Anfertigung einer Beckenkammschablone bestimmen. Außerdem wollen wir wissen, ob die Klassifizierung nach Alter und Geschlecht sinnvoll ist und/oder wie die Klassifizierung verbessert werden kann.















### Fadenablage

Melanie Hörr und Dr. Scott Stapleton



Bei der Produktion von Automobilen, Flugzeugen oder auch Windrädern setzten die Hersteller seit einiger Zeit vermehrt auf den Einsatz sogenannter Faserverbundwerkstoffe. Bauteile, die daraus hergestellt werden, sind leicht wie Kunststoff, aber durch eine zusätzliche textile Basis so stabil wie Metallbauteile. Weiterhin ermöglichen diese Art der Fertigung die Realisierung sehr komplexer Bauteilgeometrien. Dafür wird ein vorgeformtes Textil mit einem Harz imprägniert, das dann aushärtet.

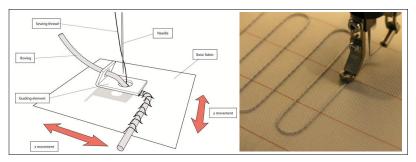


Abbildung 1: Ein Faden wird zielgenau abgelegt und bei Bedarf auf einem Trägertextil vernäht.

Eine Möglichkeit, ein solches Textil vorzuformen, ist das sogenannte "tailored fibre placement". Dabei wird mit einem einzelnen Faden eine gegeben Geometrie ausgefüllt. Die Geometrie hat in der Regel mehrere Löcher, an denen später eine gewisse Kraft ansetzt (weil das Bauteil dort zum Beispiel aufgesteckt wird). Diese Löcher sind in der Regel rund. Darüber hinaus kann es weitere Aussparungen beliebiger Form geben, um Material und somit Gewicht zu sparen. Die Fadenführung sollte nun so sein, dass die Löcher, an denen eine Kraft ansetzt, geradlinig verbunden werden, damit die Kräfte optimal aufgenommen werden können. In diesem Bereich sollte es möglichst nicht zu Überschneidungen von Fäden kommen. Die Fadenführung im restlichen Bereich des Bauteils kann mehr oder weniger beliebig sein. Allerdings sollte der Faden in maximal zwei Lagen abgelegt werden und häufige Überschneidungen auch hier vermieden werden. Die Geometrie sollte überall möglichst dicht und gleichmäßig bedeckt werden und der Faden möglichst häufig in Kraftrichtung liegen.

Die Aufgabe lautet nun, erstens eine Strategie für die Fadenablage zu entwickeln, die möglichst für jede vorgegebene Geometrie die obengenannten Bedingungen erfüllt. Dafür sind viele theoretische Fragen













## CAMMP week 2014 Computergestütztes Mathematisches Modellierungsprogramm



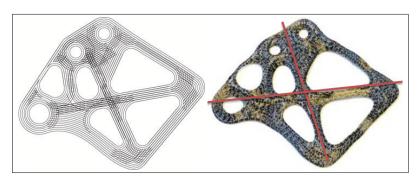


Abbildung 2: Ein Beispiel für eine sehr komplexe Geometrie die mit eine Faden ausgelegt wurde. Die roten Linien Kennzeichnen die Richtungen, in denen externe Kräfte wirken.

zu klären, wie zum Beispiel: Wie bewertet man, ob eine bestimmte Ablage gut oder schlecht ist? Wie lassen sich Überschneidungen in gewissen Bereichen vermeiden? Wie kann kann man garantieren, dass die gesamte Geometrie dicht abgedeckt wird, aber mit maximal zwei Lagen des Fadens? Wo fängt man mit der Ablage des Fadens am Besten an? Und wo hört man optimalerweise auf? Nachdem eine passende Lösungsstrategie gefunden ist, sollte diese mit Hilfe eines Computerprogramms umgesetzt werden. Dazu stellen sich die üblichen Fragen der computergestützten Modellierung: wie sollen die Daten eingelesen werden, wie soll das Algorithmus implementiert werden und wie sollen die Ergebnisse visualisiert werden?

















### Zusätzliche Anmerkungen (für die Betreuer)

- 1) Die Geometrie sollte so dicht wie nur möglich ausgefüllt werden.
- 2) Eine typische Fadendicke ist 2-3mm. Die Fäden können beliebig stark gekrümmt werden.
- 3) Es ist von großer Bedeutung, dass wirklich nur ein Faden kontinuierlich abgelegt wird, ohne Unterbrechung und Abschneiden o.Ä.
- 4) Bisher wird die Fadenführung manuell geplant. Dabei werden zuerst die tragenden Löcher miteinander verbunden, dann wird der Rest der Geometrie ausgefüllt.
- 5) Der Startpunkt der Ablage ist beliebig wählbar.
- 6) Die Richtung, in denen die Kräfte später wirken, bestimmt die Position der tragenden Löcher in der Geometrie.
- 7) Die Befestigung des Fadens auf einem Trägertextil oder einem anderen Untergrund spielt für die Aufgabenstellung keine Rolle.

















### Gerechte Verteilung von Transportaufträgen

Philipp Otte &

INFORM

Für wahre Autoenthusiasten gibt es nichts schöneres als ihr neues Fahrzeug direkt vom Werk abzuholen. Die meisten Autokäufer nehmen ihren Neuwagen allerdings direkt vom Verkäufer mit oder lassen sich ihr konfiguriertes Modell zum Händler schicken. In beiden Fällen ist also ein Transport vom Werk zum Händler notwendig. Die Logistikabteilung des Autoproduzenten muss nun diese Auslieferung möglichst effizient planen.

INFORM GmbH



Die Logistikabteilung hat das Problem, die Neuwagen zu LKW-Ladungen zusammen zu fassen, bereits gelöst. Nun muss sie den Transport dieser LKW-Ladungen organisieren. Der Autohersteller unterhält allerdings keine eigene LKW-Flotte, sondern arbeitet mit mehreren Speditionen zusammen. Für die Planung einer gerechten Verteilung der LKW-Ladungen auf mehrere Speditionen möchte die Firma INFORM eine Software anbieten, die diesen Vorgang unterstützt.

In Verträgen mit den Speditionen ist geregelt, welchen Anteil an den Fahrten und den dabei zurückgelegten Kilometern den jeweiligen Speditionen zusteht. So könnten z.B. Verträge mit drei Speditionen bestehen, wobei Spedition 1 Anspruch auf 35%, Spedition 2 Anspruch auf 25% und Spedition 3 Anspruch auf 40% der Fahrten und der dabei zurückgelegten Kilometer hat.

Nun soll eine Software entwickelt werden, die die Verteilung der Transportaufträge auf die einzelnen Speditionen so optimiert, dass jede Spedition möglichst genau ihren Anteil an den Transportaufträgen und den dabei zurückgelegten Kilometern zugeteilt bekommt. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die LKW-Ladungen verschiedene Größen haben, die auf verschiedene LKW-Klassen verteilt werden müssen. Außerdem verfügt jede Spedition über eine bestimmte LKW-Flotte, in der sich unterschiedliche Anzahlen LKW verschiedener Klassen finden.













## B Betreuerfragebogen

Kompetenzfragebogen zur Entwicklung eines kompetenzorientierten Anforderungprofils für die Teilnahme an der CAMMP-week auszufüllen von ehemaligen Betreuern

#### Anleitung:

Der Fragebogen ist in zwei Themen aufgeteilt. Zum einen möchte ich etwas über die prozessbezogenen (dazu Tabellenblatt "prozessbezogene") und zum anderen über die inhaltlichen (dazu Tabellenblatt "Inhalte") Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler erfahren. Dabei ist es für mich besonders wichtig herauszufinden, welche Kompetenzen die Schüler am besten schon mitbringen sollten (Zeile "Voraussetzung") und welche Kompetenzen sie während der CAMMP-week erlernen(Zeile "wird erlernen"). Zusätzlich möchte ich heraussfinden, in welchem Umfang und in welchem Kontext sie zum Einsatz kommen bzw. erlernt werden. Dazu dient die Spalte "Begründung / Beispiel / Anmerkung". Ein Beispiel dazu: In den Inhalten wird folgender Punkt abgefragt: "Grundverständnis des Ableitungsbegriffs". Unter Anmerkung tragt ihr ein: "Die Ableitungen vom Sinus und Cosinus wurden erlernt, um die Krümmung einer Halbkugel, die durch Polarkoordinaten beschrieben wurde, zu bestimmen.

Beim Ausfüllen geht ihr von dem zuletzt von euch betreuten Projekt auf der CAMMP-week aus. Um ein Feld anzukreuzen, setzt ihr bitte eine 1 in das entsprechende Feld.

Hinweis: Beim Beantworten der Frage "Voraussetzung" könnt ihr euch vorstellen, was wäre, wenn die Schüler dies gar nicht könnten. Außerdem bitte kenntlich machen, wenn bestimmte Aussagen nicht auf alle Gruppenmitglieder zutreffen (müssen).

#### Prozessbezogene Kompetenzen

Sie repräsentieren die Grunddimensionen des fachlichen Handelns und werden unterteilt in die fünf Bereiche Modellieren, Problemlösen, Argumentieren, Kommunizieren und Nutzen von Werkzeugen. Sie spiegeln damit die für das Fach Mathematik charakteristischen Prozesse wider. Die Kompetenzen werden differenziert in sogenannte Kompetenzerwartungen, die spezifisch/grundlegend für die einzelnen Bereiche sind.

#### 1. Modellierer

Das Modellieren ist der Prozess der Strukturierung von Sachsituationen, der Beschreibung außermathematischer Realität durch mathematische Begriffe und Zusammenhänge, sowie der Nutzung mathematischer Zusammenhänge zur Lösung realer Probleme, der anschließenden Interpretation des Ergebnisses und der Validierung des Modells.

		trifft voll zu 5	4	3	2	1	triff nich zu	
Strukturieren (umfasst das Erfassen und Strukturieren komplexer Situationen sowie das Treffen	Voraus- setzung wird er-							
von Annahmen und begründeter Vereinfachungen)	lernt							
Mathematisieren (umfasst das Übersetzen komplexerer Situationen in mathematische Modelle so-	Voraus- setzung							
wie das Erarbeiten einer Lösung des Modells mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten)	wird er- lernt							
<b>/alidieren</b> umfasst die Reflexion der erarbeiteten Lösung in Bezug auf die Sachsituation so-								
wie die Verbesserung und Erweiterung des Modells mit Blick auf die Fragestellung)	wird er- lernt							

#### 2. Problemlöser

Das Problemlösen ist der Prozess der mathematischen Bearbeitung außer- oder innermathematischer Kontexte, die (zunächst) nicht schematisch oder in direkter Anlehnung an bekannte Muster und Verfahren bearbeitet werden können, durch Erkunden. Lösen und Reflektieren

Anlehnung an bekannte Muster und Verfahren bearbeitet werden können,	durch Erl	kunde	n, Lo	osen	und	Refle	ektiere	en.
		trifft voll zu					triff nich zu	
		5	4	3	2	1	C	
unden flasst das Recherchieren von Informationen, das Erkennen, Formulieren, Ana- eren und Strukturieren mathematischer Probleme und Problemfragestellungen								
hysieren und Sutwalteren mattentatischer Probleme ind Probleme agestellunger sowie das Erkennen von Mustern und Beziehungen und das Auswählen von Hilfsmitteln)	wird er- lernt							
Lösen (umfasst die Entwicklung von Ideen für mögliche Lösungswege, das Nutzen von Strategien, Prinzipien, Zusammenhängen und Verfahren, das Auswählen von	Voraus- setzung							
Strategien, Prinzipient, zusammenhangen und vertamen, uas Auswamen von Hilfswerkzeugen, die Berücksichtigung einschränkender Bedingungen und das zielgerichtete Ausführen des Lösungsplans)	wird er- lernt							
D. M. L. C.						П		
Reflektieren (umfasst das Überprüfen der Plausibilität und der Interpretation der Ergebnisse, das Vergleichen von Lösungswegen, das Beurteilen und Optimieren (auf Richtig-								
keit und Effizienz) von Lösungswegen, das Analysieren und Reflektieren von Feh- lerursachen sowie die Variation der Fragestellung vor dem Hintergrund einer Lö- sung)	wird er-							

		ierer

3. Argumentieren Das Argumentieren umfasst das Begründen und Beweisen vermuteter mathematischer Zusammenhänge durch Rückgriff auf Bekanntes und die Regeln des mathematischen Schlussfolgerns, sowie das Beurteilen von Argumentationsketten.

		trifft voll zu					trifft nicht zu	Begründung / Beispiel / Anmerkung
		5	4	3	2	1	0	
Vermuten (umfasst das Aufstellen und Präzisieren von Vermutungen)	Voraus- setzung							
vermuten (umassi das Adistellen und Plazisieren von Vermutungen)	wird er- lernt							
Begründen (umfasst das Herstellen von Zusammenhängen sowie das Nutzen,								
Verknüpfen und Berücksichtigen mathematischer Regeln und Argumente)	wird er- lernt							
Beurteilen (umfasst das Erkennen lückenhafter und fehlerhafter Argumentations- ketten und deren Korrektur, das Überprüfen und Veralligemeinern von Ergebnis-	Voraus- setzung							
sen, Begriffen und Regeln sowie das Beurteilen von Argumenten bzgl. ihrer Reichweite und Übertragbarkeit)	wird er- lernt							

4. Kommunizieren

Das Kommunizieren umfasst im sozialen Austausch die verbale und nicht-verbale (= ikonische und symbolische) Darstellung von mathematischen Begriffen und Zusammenhängen, sowie die Dokumentationen fachlicher Bearbeitungen und die Diskussion darüber.

		trifft voll zu					triff nich zu	
Rezipieren (umfasst das Erfassen, Strukturieren und Formalisieren von Informationen, das	Voraus- setzung	5	4	3	2	1	C	
(Umlasset das Errässen), situkunieren und Formalisieren Volt hindritationen, das Beschreiben von Beobachtungen, Lösungswegen und Verfahren sowie das Erfäutern mathematischer Begriffe)	wird er- lernt							
roduzieren umfasst das Formulieren eigener Überlegungen und Lösungswege, die Verwen-								
dung von Fachsprache und Fachnotation, die Auswahl geeigneter Darstellungs- formen, die Dokumentation von Arbeitsschritten, das Erstellen und Präsentieren von Ausarbeitungen)	wird er- lernt							
skutieren mfasst das konstruktive Aufgreifen und Weiterentwickeln von Beiträgen, Aussa- n und Darstellungen, Vergleichen und Beurteilen von Lösungen bzgl. deren Ver-								
gen und Darstellungen, vergieichen und Beurteilen von Lösungen bzgi. der en ver- ständlichkeit und Qualität, Treffen von Entscheidungen auf der Grundlage einer Diskussion)	wird er- lernt							

5. Werkzeuge nutzen

Bei der mathematischen Bearbeitung komplexer Fragestellungen treten immer wieder Routinen auf, die an geeignete digitale und nicht-digitale Werkzeuge delegiert werden können. Dadurch kann die Bearbeitung auf den eigentlichen mathematischen Kern konzentriert werden. Die Werkzeuge ermöglichen die Verarbeitung größerer Datenmengen und ermöglichen die Bearbeitung von komplexen Problemen numerisch, graphisch und algebraisch. Die ersten vier Fragen zielen auf das Programm ab, welches benutzt wurde, die nächsten drei Fragen darauf, wozu es benutzt wurde.

		trifft voll zu 5	4	3	2	1	trifft nicht zu 0	Begründung / Beispiel / Anmerkung
Nutzen von Formelsammlungen	Voraus- setzung							
	wird er- lernt							
Nutzen von Geodreiecken, Zirkeln	Voraus- setzung							
	wird er- lernt							
Nutzen von Taschenrechnern	Voraus- setzung							
NAZEN VOIT RESILEMENT	wird er- lernt							
Nutzen von Tabellenkalkulationen, Funktionenplottern, Dynamische-Geometrische-	Voraus- setzung							
Software, Computer-Algebra-Systeme	wird er- lernt							
Verwenden der digitalen Werkzeuge zum Lösen von Gleichungen und Glei-	Voraus- setzung							
chungssystemen, Berechnen und Ermittlen von Lösungen	wird er- lernt							
Verwenden der digitalen Werkzeuge zum zielgerichteten Variieren von Parametern	Voraus- setzung							
verwenden der digitalen vverkzeuge zum zielgentriteten vanleren von Faranietem	wird er- lernt							
Verwenden der digitalen Werkzeuge zum (graphischen) Darstellen von Funktionen	Voraus- setzung							
und (räumlichen) Öbjekten, Erstellen von Tabellen und Histogrammen	wird er- lernt							
	Voraus- setzung							
tiert	wird er- lernt							

ACHTUNG: Bitte auch das zweite Tabellenblatt ausfüllen! :-) Danke!

#### Inhaltliche Kompetenzen

Die inhaltlichen Kompetenzen sind in drei verschiedene Gebiete der Mathematik unterteilt: Funktionen und Analysis, Analytische Geometrie und lineare Algebra und Stochastik. Weiterhin wird das Niveau der inhaltlichen Kompetenzen durch eine Einteilung in die verschiedenen Oberstufenjahrgangsstufen (EF=Einführungsphase, Q-Gk=Qualifikationsphase Grundkurs, Q-Lk=Qualifikationsphase Leistungskurs) gegliedert. Aufgelistet sind die durch den Kernlehrplan gegebenen inhaltlichen Schwerpunkte, die in der jeweiligen Jahrgangsstufe zu erlernen sind. Sollten mathematische Inhalte für die Bearbeitung der CAMMPweek-Projekte nötig sein oder während der Woche gelernt werden, so sind diese bitte am Schluss zu ergänzen.

#### 1. Funktionen und Analysis (EF)

Umfasst das Beschreiben/Begründen von Eigenschaften von Funktionen, Anwenden von einfachen Transformationen auf Funktionen, Berechnen/Beschreiben/Interpretieren durchschnittlicher bzw. lokaler Änderungsraten, Lösen von (einfachen) Polynomialgleichungen, Bestimmung von Extrempunkten.

		trifft voll zu					trifft nicht zu	
		5	4	3	2	1	0	
Grundlegende Eigenschaften von Potenz-, Exponential- und Sinus-	Voraussetzung							
funktionen	wird erlernt							
Grundverständnis des Ableitungsbegriffs	Voraussetzung							
Grundverstandnis des Abiettungsbegrins	wird erlernt							
Differentialrechnung ganzrationaler Funktionen	Voraussetzung							
Differential echiloring ganzhationaler Funktioneri	wird erlernt							

### 2. Analytische Geometrie und Lineare Algebra (EF)

Umfasst das Darstellen geometrischer Objekte in einem räumlichen kartesischen Koordinatensystem, welches geeignet gewählt wurde, Deuten von Vektoren als Verschiebungen/gerichtete Größen, Berechnen die Länge von Vektoren, Abstände zwischen Punkten (-- Pythagoras), Nachweisen von Eigenschaften besonderer Drei-/Vierecke mithilfe von Vektoren.

		trifft voll zu				trifft nicht zu	
		5	3	2	1	0	
Koordinatisierungen des Raumes	Voraussetzung						
Roordinatisierungen des Raumes	wird erlernt						
	L						
Vektoren und Vektoroperationen	Voraussetzung						
vektoren und vektoroperationen	wird erlernt						

#### 3. Stochastik (EF)

Umfasst das Deuten , Simulieren, Beschreiben von Zufallsexperimenten, Aufstellen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Modellierung von Sachverhalten mithilfe von Baumdiagrammen, Bestimmung von bedingten Wahrscheinlichkeiten, Überprüfen auf stochastische Unabhängigkeit.

		trifft voll zu					triff nich zı	
		5	4	3	2	2 1	(	
Mehrstufige Zufallsexperimente	Voraussetzung							
Menstunge zulansexpenmente	wird erlernt							
		_	_		_		_	
edingte Wahrscheinlichkeiten Voraussetzung								
Dealingte Wathschemitchkeiten	wird erlernt							

Im Folgenden wird weiterhin zwischen Grundkurs und Leistungskurs unterschieden (Leistungskursinhalte treten zusätzlich zu den Grundkursinhalten auf und sind in Klammern dazu geschrieben). Bitte durch ein Lk und Gk bei der Bewertung kenntlich machen, falls sich bei inhaltlichen Schwerpunkten Unterschiede ergeben.

1. Funktionen und Analysis (Q)
Umfasst das Zurückführen von Extremalproblemen auf Funktionen einer Variable und Lösen dieser, Bestimmung von Extrem- und Wendepunkten, Beschreibung des Krümmungsverhaltens einer Funktion, Bilden von Ableitungen von weiteren Funktionen, funktionales Untersuchen von Wachstums- und Zerfallsprozessen, Erläutern geometrisch-anschaulich den Zusammenhang zwischen Änderungsrate und Integralfunktion, Bilden der Stammfunktion ganzrationaler Funktionen. Ergänzend für den Leistungskurs taucht die Logarithmusfunktion auf, ihre Ableitung/Integration, der Stetigkeitsbegriff und die Bestimmung von Volumina von Körpern.

		trifft voll zu				trifft nicht zu	Begründung / Beispiel / Anmerkung
		5		2	1	0	
Funktionen als mathematische Modelle	Voraussetzung						
Funktionen als mathematische wodelle	wird erlernt						
Fortführung der Differentialrechnung	Voraussetzung						
Portunitung der Differentialrechnung	wird erlernt						
Grundverständnis des Integralbegriffs	Voraussetzung						
Grandverstandins des integrabegrins	wird erlernt						
Voraussetzung							
Integralrechnung	wird erlernt						

#### 2. Analytische Geometrie und Lineare Algebra (Q)

Umfasst lineare Gleichungssysteme in Matrix-Vektorschreibweise, Gaußalgorithmus, Geradendarstellung in Parameterform, Ebenendarstellung in Koordinatenund Parameterform, Lagebeziehungen und Schnittpunkte zw. Geraden und Ebenen, Skalarprodukt. Ergänzend für den Lk: Ebenendarstellung in Normalenform, Abstandsbestimmung zw. Punkten, Geraden und Ebenen.

		trifft voll zu					trifft icht zu	Begründung / Beispiel / Anmerkung
		5	4	- 2	2	1	0	
lineara Claichungasuctama	Voraussetzung							
lineare Gleichungssysteme	wird erlernt					Т		
					_	_		
Darstellungen und Untersuchung geometrischer Objekte	Voraussetzung					$\perp$		
Darstendingeri und Ontersachung geometrischer Objekte	wird erlernt							
						$\equiv$		
Lagebeziehungen (und Abstände)	Voraussetzung							
Lagebezienungen (und Abstande)	wird erlernt					$\top$		
				_	_	_	_	
Skalarprodukt	Voraussetzung							
Skalai produkt	wird erlernt							

### 3. Stochastik (Q)

Umfasst Lage- und Streumaße von Stichproben, Zufallsgrößen, Erwartungswert und Standardabweichung von Zufallsgrößen, Bernoulliketten, Binomialverteilung, stochastische Übergangsmatrizen, Matrizenmultiplikation. Ergänzend für den Lk: Hypothesentests, Fehler 1. und 2. Art, Verteilungsfunktion, Dichtefunktion.

			trifft voll zu					Begründung / Beispiel / Anmerkung
		5	4	3	2	1	0	
Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen	Voraussetzung							
Refingioisen von vvanscheniichkersvertenungen	wird erlernt							
tinomialverteilung (und Normalverteilung)								
Billottiaiverteliarig (and Normalverteliarig)	wird erlernt							
	Voraussetzung	П						
Stochastische Prozesse	wird erlernt							
Testen von Hypothesen) Voraussetzung								
(Testeri von Hypothesen)	wird erlernt							

#### Ergänzungen:

Gibt es weitere Kompetenzen oder Inhalte, die die Schülerinnen und Schüler zu der CAMMP-week mitbringen sollten? (z.B. Softskills) Beschreibe auch diese möglichst genau.

Gibt es weitere Kompetenzen oder Inhalte, die die Schülerinnen und Schüler auf der CAMMP-week erlernen? (z.B. Softskills) Beschreibe auch diese möglichst genau.

## C Lehrerfragebogen

#### Lehrerbefragung zu den Vorkenntnissen der Schülerinnen und Schüler für die Teilnahme an der CAMMP v

#### Anleitung:

Bewertungssystem: Schätzen Sie ihre SuS auf einer Skala von 0 bis 5 ein. Dabei bedeutet 0 "sie haben keine Vorkenntnisse" und 5 "sie haben volle Vorkenntnisse". Unter Mindestanforderung -Punkte geben Sie bitte an, wo Sie auf der Skala die Mindestanforderung einschätzen würden.

Eine reale Einschätzung der SuS ist für uns wichtig, auch wenn die Bewertung unter der Bewertung der Mindestanforderung liegt, damit wir ein möglichst gutes Anforderungsprofil erstellen oder unsere Erwartungen an die SuS anpassen können.

Einstlanden ist die Eintellung in Anlehrung an den Kernlehrplan (ab August 2014 wirksam für die Sek. II, NRW). Die ehemaligen wissenschaftlichen Betreuer haben einen ähnlichen Fragebogen, wie dieser hier, bekommen und sollten bewerten, wie hoch sie die jeweiligen Kompetenzerwartungen und Inhalte als Voraussetzung für eine erfolgreiche Teilnahme an der CAMMP week einstuffen. Zusätzlich gab es die Möglichkeit Anmerkungen zu machen, woraus die Mindestanforderungen entstanden sind.

#### Prozessbezogene Kompetenzen

Sie repräsentieren die Grunddimensionen des fachlichen Handeins und werden in die fünf Bereiche Modellieren, Problemlösen, Argumentieren, Kommunizieren und Nutzen von Werkzeugen unterfellt. Sie spiegeln damit die für das Fach Mathematik charakteristischen Prozesse wider. Die Kompetenzen werden differenziert in sogenannte Kompetenzenwartungen, die spezifischigrundlegend für die einzienen Bereiche sind.

1. Kompetenzbereich 'Modellieren'

Das Modellieren ist der Prozess der Strukturierung von Sachsituationen, der Beschreibung außermathematischer Realität durch mathematische Begriffe und Zusammenhänge, sowie der Nutzung mathematischer Zusammenhänge zur Lösung realer Probleme, der anschließenden Interpretation des Ergebnisses und der Validierung des Modells.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	Mindestanforderung	. 1				S	Schüle	r			$\Box$
kuize zusammeniassende beschiebung aus dem kemiempian	Beschreibung	Punkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Strukturieren (umfasst das Erfassen und Strukturieren komplexer Situationen und das Treffen von Annahmen und begründeter Vereinfachungen)	Fähigkeit, technische Prozesse und Probleme zu erfassen und zu abstrahieren										
Mathematisieren (umfasst das Übersetzen komplexerer Situationen in mathematische Modelle und das Erarbeiten einer Lösung des Modells mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten)	Fähigkeit, Mitschülern in ihren dynamischen Denkprozessen folgen und aktiv darin einbinden zu können; Fähigkeit, mehrschrittige Textaufgaben lösen zu können										
Validieren (umfasst die Reflexion der erarbeiteten Lösung in Bezug auf die Sachsituation und die Verbesserung und Erweiterung des Modells mit Blick auf die Fragestellung)	Verständnis, dass es einen Unterschied zwischen Realität und Modell gibt										

2. KompetenZeverior in Footeninosen:
Das Problemiösen ist der Prozess der mathematischen Bearbeitung außer- oder innermathematischer Kontexte, die (zunächst) nicht schematisch oder in direkter Anlehnung an bekannte
Muster und Verfahren bearbeitet werden können, durch Erkunden, Lösen und Reflektieren.

luma anno anti-consideration and the second and the	Mindestanforderung						Schüle	ır			$\neg$
kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	Beschreibung	Punkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Erkunden (umfasst das Recherchieren von Informationen, Erkennen und Formulieren, Analysieren und Strukturieren mathematischer Probleme bzw. Problemfragestellungen, das Erkennen von Mustern und Beziehungen und Auswählen von Hilfsmitteln)	Fähigkeit, Muster zu erkennen; Entdeckerfreude (kann auch aus anderen Fächern mitgebracht werden)										
Lösen (umfasst die Entwicklung von Ideen für mögliche Lösungswege, Nutzen von Strategien, Prinzipien, Zusammenhängen und Verfahren, das Auswählen von Hillfswerkzeugen, die Berücksichtligung einschränkender Bedingungen und das zielgerichtete Ausführen des Lösungsplan	unbedingt Grundvoraussetzung										
Reflektieren (umfasst das Überprüfen der Plausibilität und der Interpretation der Ergebnisse, das Vergleichen von Lösungswegen, das Beurteilen und Optimieren (auf Richtigkeit und Effizienz) von Lösungswegen, das Analysieren und Reflektieren von Fehlerursachen und die Variation der Fragestellung vor dem Hintergrund einer Lösung)	Fähigkeit, komplexe Textaufgaben lösen zu können										

#### 3. Kompetenzbereich 'Argumentieren'

Das Argumentieren umfasst das Begründen und Beweisen vermuteter mathematischer Zusammenhänge durch Rückgriff auf Bekanntes und die Regeln des mathematischen Schlussfolgems, sowie das Beurteilen von Argumentationsketten.

<u> </u>											
kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	Mindestanforderung						Schüle	er			
kuize zusammemassende beschreibung aus dem Kermempian	Beschreibung	Punkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vermuten (umfasst das Aufstellen und Präzisieren von Vermutungen)	Fähigkeit, Thesen selbstständig formulieren zu können										
Begründen (umfasst das Herstellen von Zusammenhängen, das Nutzen, Verknüpfen und Berücksichtigung mathematischer Regeln und Argumente)	Fähigkeit, sich anderen verständlich mitzuteilen										
Beurteilen (umfasst das Erkennen lückenhafter und fehlerhafter Argumentationsketten und deren Korrektur, das Überprüfen und Veralligemeinenn von Ergebnissen, Begriffen und Regeln und das Beurteilen von Ärgumenten bzg. ihrer Reichweite und Übertragbarkeit)	unbedingt Grundvoraussetzung										

4. Kompetenzbereich 'Kommunizieren'
Das Kommunizieren umfasst im sozialen Austausch die verbale und nicht verbale (= ikonische und symbolische) Darstellung von mathematischen Begriffen und Zusammenhängen, sowie die Dokumentalionen fachlicher Bearbeitungen und die Diskussion darüber.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	Mindestanforderung						Schüle	ır		
kurze zusammeniassende Beschreibung aus dem Kernienrpian	Beschreibung	Punkte	1	2	3	4	5	6	7	8
Rezipieren (umfasst das Erfassen, Strukturieren und Formalisieren von Informationen, das Beschreiben von Beobachtungen, Lösungswegen und Verfahren und das Erfautern mathematischer Begriffe)	Vorkenntnisse im Umgang mit mathematischen Begriffen und Objekten									
Produzieren (umfasst das Formulieren eigener Überlegungen und Lösungswege, die Verwendung von Fachsprache und Fachnotation, die Auswahl geeigneter Darstellungsformen, die Dokumentation von Arbeitsschritten und das Erstellen und Präsentieren von Ausarbeitungen)	Grundlagen in der Dokumentation von Arbeitsschritten, Erstellen einer Präsentation, Benutzen von Fachsprache									
Diskutieren (umfasst das konstruktive Aufgreifen und Weiterentwickeln von Beiträgen, Aussagen und Darstellungen, das Vergleichen und Beurteilen von Lösungen bzgl. deren Verständlichkeit und Qualität und das Treffen von Entscheidungen auf der Grundlage einer Diskussion)	Beherrschen der Regeln fairer Gruppenarbeit und Diskussion (kann auch aus anderen Fächern mitgebracht werden)									

5. Kompetenzbereich 'Werkzeuge nutzen'
Bei der mathematischen Bearbeitung komplexer Fragestellungen treten immer wieder Routinen auf, die an geeignete digitale und nicht-digitale Werkzeuge delegiert werden können. Dadurch kann die Bearbeitung auf den eigentlichen mathematischen Kem konzentriert werden. Die Werkzeuge ermöglichen die Verarbeitung größerer Datenmengen und ermöglichen die Bearbeitung von komplexen Problemen numerisch, graphisch und algebraisch. Die ersten vier Fragen zielen auf das Programm ab, welches benutzt wurde, die nächsten drei Fragen darauf, wozu es benutzt wurde.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	Mindestanforderung					5	Schüle	ır			
kuize zusammeniassende Beschleibung aus dem Kerniempian	Beschreibung	Punkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nutzen von Formelsammlungen	I	1									
Nutzen von Geodreiecken, Zirkeln	I I	1								$\neg$	П
Nutzen von Taschenrechnern	I	1							П	$\neg$	П
Nutzen von Tabellenkalkulationen, Funktionenplottern, Dynamische-Geometrische- Software, Computer-Algebra-Systeme	keine Angst vor dem Umgang mit dem PC haben										
Verwenden der digitalen Werkzeuge zum Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen, Berechnen und Ermittlen von Lösungen	I	1									
Verwenden der digitalen Werkzeuge zum zielgerichteten Variieren von Parametern	I I	1								$\neg$	П
Verwenden der digitalen Werkzeuge zum (graphischen) Darstellen von Funktionen und (räumlichen) Objekten, Erstellen von Tabellen und Histogrammen	I	1									
Die Auswahl der Hilfsmittel ist situationsangemessen und gezielt und wird reflektiert	1	1									

Ergänzungen (prozessbezogene Kompetenzen, die nicht erwähnt wurden):

### Lehrerbefragung zu den Vorkenntnissen der Schülerinnen und Schüler für die Teilnahme an der CAMMP week

Inhaltliche Kompetenzen

Die inhaltlichen Kompetenzen sind in drei verschiedene Gebiete der Mathematik unterteilt: Funktionen und Analysis, Analytische Geometrie und lineare Algebra und Stochastik. Weiterhin wird das Niveau der inhaltlichen Kompetenzen durch eine Einteilung nie verschiedenen Oberstufenjahrgangsstufen (EF-Einführungsphase, Q-

Gk=Qualifikationsphase Grundkurs, Q-Lk=Qualifikationsphase Leistungskurs) gegliedert. Aufgelistet sind die durch den Kernlehrplan ile in der jeweiligen Jahrgangsstufe zu eriernen sind. Sollten darüber hinaus mathematische Inhalte für die Bearbeitung der CAMMP- fer Woche gelernt werden, so sind diese bitte am Schluss zu ergänzen.	geg -wee	eben ek-Pr	en in ojekt	haltli e nöti	chen ig sei	Sch n od	werpi er wa	unkte	i, id
I. Inhaltsfeld 'Funktionen und Analysis (EF)									
Umfasst das Beschreiben und Begründen von Eigenschaften von Funktionen, Anwenden von einfachen Transformationen auf Fu nterpretieren durchschnittlicher bzw. lokaler Änderungsraten, Lösen von (einfachen) Polynomialgleichungen, Bestimmung von Extre				echne	n, B	esch	eibe	n un	t
kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	1	2	3	4	Schüle 5	r 6	7	8	9
Grundlegende Eigenschaften von Potenz-, Exponential- und Sinusfunktionen									
Grundverständnis des Ableitungsbegriffs									
Differentialrechnung ganzrationaler Funktionen									
2. Inhaltsfeld 'Analytische Geometrie und Lineare Algebra (EF)' Umfasst das Darstellen geometrischer Objekte in einem räumlichen kartesischen Koordinatensystem, welches geeignet gewählt v /erschiebungen bzw. gerichtete Größen, Berechnen die Länge von Vektoren, Abstände zwischen Punkten (→ Pythagoras), Nachwei und Vierecke mithilfe von Vektoren.	wurd sen	le, De	euter Eigen	n von ischa	Vekt ften l	oren	als ndere	er Dr	ei-
kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	1	2	3	4	Schüle 5		7	8	9
Koordinatisierungen des Raumes									
/ektoren und Vektoroperationen									
s. <mark>inhaltsfeld 'Stochastik (EF)'</mark> Umfasst das Deuten, Simulieren und Beschreiben von Zufallsexperimenten, Aufstellen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Modellie Baumdiagrammen, Bestimmung von bedingten Wahrscheinlichkeiten, Überprüfen auf stochastische Unabhängigkeit.	erung	ı von	Sac	hverh	alter	mith	nilfe v	on.	
kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	1	2	3	4	Schüle 5	r 6	7	8	9
Mehrstufige Zufallsexperimente									
Bedingte Wahrscheinlichkeiten									
I. Inhaltsfeld Funktionen und Analysis (Q)' Imfasst das Zurückführen von Extremalproblemen auf Funktionen einer Variable und Lösen dieser, Bestimmung von Extrem- und Wirdimmungsverhaltens einer Funktion, Bilden von Ableitungen von weiteren Funktionen, funktionales Untersuchen von Wachstums- unschauliches Erläutern des Zusammenhangs zwischen Anderungsrate und Integraffunktion, Bilden der Stammfunktion ganzrational e.eistungskurs taucht die Logarithmusfunktion auf, ihre Ableitung/Integration, der Stetigkeitsbegriff und die Bestimmung von Volumina	ınd Z er Fı	erfal Inktio	Ispro	Besc zess Erga	hreib en, g inzer	ung eom nd fü	des etrisc den	:h-	
kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	1	2	3	4	Schüle 5	r 6	7	8	9
Funktionen als mathematische Modelle									
ortführung der Differentialrechnung									
Grundverständnis des Integralbegriffs									
ntegralrechnung									
2. Inhaltsfeld 'Analytische Geometrie und Lineare Algebra (Q)'									
Infrast lineare Gleichungssysteme in Matrix-Vektorschreibweise, Gaußalgorithmus, Geradendarstellung in Parameterform, Ebenend Parameterform, Lagebeziehungen und Schnittpunkte zw. Geraden und Ebenen, Skalarprodukt. Ergänzend für den Lk: Ebenendarstel Abstandsbestimmung zw. Punkten, Geraden und Ebenen.				lenfo	rm,		nd		
kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	1	2	3	4	Schüle 5	r 6	7	8	9
ineare Gleichungssysteme	-	-		-					$\vdash$
Darstellungen und Untersuchung geometrischer Objekte									
.agebeziehungen (und Abstände)									$\vdash$
ßkalarprodukt  5. Inhaltsfeld 'Stochastik (Q)'									
"Infrasst Lage- und Streumaße von Stichproben, Zufallsgrößen, Erwartungswert und Standardabweichung von Zufallsgrößen, Bernou stochastische Übergangsmatrizen, Matrizenmultiplikation. Ergänzend für den Lk: Hypothesentests, Fehler 1. und 2. Art, Verteilungsfu	ullike	tten,	Bino	mialv funkti	ertei	lung,			
kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan		ام	اء	1 4	Schüle 5	r	7		
Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen	<b>-</b>		1	+	٦	U	-	ů	1
Sinomialverteilung (und Normalverteilung)									
Stochastische Prozesse									
Testen von Hypothesen)									
Ergänzungen:									

#### Lehrerbefragung zum Erlernen von prozessbezogenen Kompetenzen durch die Teilnahme an der CAMMP week

Ametung:

Bewertungssystem: Schätzen Sie ihre SuS auf einer Skala von 0 bis 5 ein. Dabei bedeutet 0 "sie erlernen nichts" und 5 "sie erlernen die Kompetenz sehr gut". Unter Mindestanforderung - Punkte geben Sie bitte an, wo Sie auf der Skala die Mindestanforderung einschätzen würden.

Eine rede Einschätzung der Süs ist für um swichtig, auch wenn die Bewertung unter der Bewertung der Mindestanforderung liegt, damit wir ein möglichst gutes Anforderungsprofil erstellen oder unsere Erwartungen an die Süs anpassen können.

Einstanden ist die Eintellung in Anlehnung an den Kernlehrplan (ab August 2014 wirksam für die Sek. II, NRW). Die ehemaligen wissenschaftlichen Betreuer haben einen ähnlichen Fragebogen, wie dieser hier, bekommen und sollten bewerten, wie hoch sie die jeweiligen Kompetenzervartungen und inhalte als Voraussetzung für eine erfolgreicher Teinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Teinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Teinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Teinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Teinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Brinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Brinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Brinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Brinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Brinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Brinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Brinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Brinahme an der CAMMP week und wie hoch sie deren Einermen bei einer erfolgreicher Brinahme an der CAMMP week und wie hoch sie der einer Brinahme an der CAMMP week und wie hoch sie dere Ein

#### Prozessbezogene Kompetenzen

EndessaveZuguint Koningtenizum.
Sie repräsentieren die Grunddimensionen des fachlichen Handelns und werden in die fünf Bereiche Modellieren, Problemlösen, Argumentieren, Kommunizieren und Nutzen von Werkzeugen unterteilt. Sie spiegeln damit die für das Fach Mathematik charakteristischen Prozesse wider. Die Kompetenzen werden differenziert in sogenannte Kompetenzerwartungen, die spezifisch/grundlegend für die einzelnen Bereiche sind.

1. Kompetenzbereich "Modellieren"

Das Modellieren ist der Prozess der Strukturierung von Sachsituationen, der Beschreibung außermathematischer Realität durch mathematische Begriffe und Zusammenhänge, sowie der Nutzung mathematischer Zusammenhänge zur Lobung realer Probleme, der anschließenden Interpretation des Ergebnisses und der Valldierung des Modells.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrolan	Mindestanforderung					Schü	ler / G	Sruppe			
kurze zusammenrassende Beschreibung aus dem Kernienrpian	Beschreibung	Punkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Strukturieren (umfasst das Erfassen und Strukturieren komplexer Situationen und das Treffen von Annahmen und begründeter Vereinfachungen)	Fähigkeit, technische Prozesse und Probleme zu erfassen und zu abstrahieren										
Mathematisieren (umfasst das Übersetzen komplexerer Situationen in mathematische Modelle und das Erarbeiten einer Lösung des Modells mithilfe mathematischer Kenntnisse und Fertigkeiten)	Fähigkeit, Mitschülern in ihren dynamischen Denkprozessen folgen und aktiv darin einbinden zu können; Fähigkeit, mehrschrittige Textaufgaben lösen zu können										
Validieren (umfasst die Reflexion der erarbeiteten Lösung in Bezug auf die Sachsituation und die Verbesserung und Erweiterung des Modells mit Blick auf die Fragestellung)	Verständnis, dass es einen Unterschied zwischen Realität und Modell gibt								П		

#### 2. Kompetenzbereich 'Problemlösen'

Das Problemlösen ist der Prozess der mathematischen Bearbeitung außer- oder innermathematischer Kontexte, die (zunächst) nicht schematisch oder in direkter Anlehnung an bekannte Muster und Verfahren bearbeitet werden können, durch Erkunden, Lösen und Reflektieren.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	Mindestanforderung					Schül	er/G	ruppe		
Kuize zusammeniassende beschiebung aus dem Kennemplan	Beschreibung	Punkte	1	2	3	4	5	6	7	8
Erkunden (umfasst das Recherchieren von Informationen, Erkennen und Formulieren, Analysieren und Strukturieren mathematischer Probleme bzw. Problemfragestellungen, das Erkennen von Mustern und Beziehungen und Auswählen von Hilfsmittlen)	Fähigkeit, Muster zu erkennen; Entdeckerfreude (kann auch aus anderen Fächern mitgebracht werden)									
Lösen (umfasst die Entwicklung von Ideen für mögliche Lösungswege, Nutzen von Strategien, Prinzipien, Zusammenhängen und Verfahren, das Auswählen von Hilfswerkzeugen, die Berücksichtigung einschränkende Bedingungen und das zellegerichte Ausführen des Lösungsplan	unbedingt Grundvoraussetzung									
Reflektieren (umfasst das Überprüfen der Plausibilität und der Interpretation der Ergebnisse, das Vergleichen von Lösungswegn, das Beutreiben und Optimieren (auf Richtigkeit und Effizierier) von Lösungswegn, das Beutreiben und Optimieren durf Richtigkeit und Effizierier) von Lösungswegn, das Anahysieren und Reflektieren von Fehlerursachen und die Variation der Fragestellung vor dem Hintergrund einer Lösung)	Fähigkeit, komplexe Textaufgaben lösen zu können									

#### 3. Kompetenzbereich 'Argumentieren'

Das Argumentieren umfasst das Begründen und Beweisen vermuteter mathematischer Zusammenhänge durch Rückgriff auf Bekanntes und die Regeln des mathematischen Schlussfolgerns, sowie das Beurteilen von Argumentationsketten.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrolan	Mindestanforderung					Schü	ler / C	Gruppe			
taliza zadalimaniadocina a accomidading ado deli recinicin pari	Beschreibung	Punkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vermuten (umfasst das Aufstellen und Präzisieren von Vermutungen)	Fähigkeit, Thesen selbstständig formulieren zu können										
Begründen (umfasst das Herstellen von Zusammenhängen, das Nutzen, Verknüpfen und Berücksichtigung mathematischer Regeln und Argumente)	Fähigkeit, sich anderen verständlich mitzuteilen										
Beurteilen (umfasst das Erkennen lückenhafter und fehlerhafter Argumentationsketten und deren Korrektur, das Überprüfen und Veraligemeinem von Ergebnissen, Begriffen und Regeln und das Beurteilen von Argumenten bzg. hiere Reichweite und Überträgbarkeit)	unbedingt Grundvoraussetzung										

#### etenzhereich 'Kom

Das Kommunizieren umfasst im sozialen Austausch die verbale und nicht-verbale (= ikonische und symbolische) Darstellung von mathematischen Begriffen und Zusammenhängen, sowie die Dokumentationen fachlicher Bearbeitungen und die Diskussion darüber.

Land of the state	Mindestanforderung					Schül	er/G	ruppe			_
kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	Beschreibung	Punkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rezipieren (umfasst das Erfassen, Strukturieren und Formalisieren von Informationen, das Beschreiben von Beobachtungen, Lösungswegen und Verfahren und das Erläutern mathematischer Begriffe)	Vorkenntnisse im Umgang mit mathematischen Begriffen und Objekten										
Produzieren (umfasst das Formulieren eigener Überlegungen und Lösungswege, die Verwendung von Fachsprache und Fachnotation, die Auswahl geeigneter Darstellungsformen, die Dokumentation von Arbeitsschriften und das Erstellen und Prässenteren von Aussarbeitungen)	Grundlagen in der Dokumentation von Arbeitsschritten, Erstellen einer Präsentation, Benutzen von Fachsprache										
Diskutieren (umfasst das konstruktive Aufgreifen und Weiterentwickeln von Beiträgen, Aussagen und Danstellungen, das Vergleichen und Bezuhelen von Lösungen bzgl. deren Verständlichkeit und Qualität und das Treffen von Ernscheldungen auf der Grundlage einer Biskussion.	Beherrschen der Regeln fairer Gruppenarbeit und Diskussion (kann auch aus anderen Fächern mitgebracht werden)										

#### 5. Kompetenzbereich 'Werkzeuge nutzen'

5. Komptentzorreich werkzeuge inuzen
Bei der mathematischen Bearbeitung komplexer Fragestellungen treten immer wieder Routinen auf, die an geeignete digitale und nicht-digitale Werkzeuge delegiert werden können. Dadurch kann die Bearbeitung auf
den eigentlichen mathematischen Kern konzentriert werden. Die Werkzeuge ermöglichen die Verarbeitung von der zeit und ermöglichen die Bearbeitung von komplexen Problemen numerisch, graphisch und
algebraisch. Die enten wer Fragen zielen auf das Programm ab, welches benutzt wurde, die nächsten der Fragen darauf, wozu es benutzt wurde.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan	Mindestanforderung					Schül	er/G	ruppe			
kulze zusammenlassende beschleibung aus dem kemienipian	Beschreibung	Punkte	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nutzen von Formelsammlungen	I	- 1									
Nutzen von Geodreiecken, Zirkeln	I	- 1									
Nutzen von Taschenrechnern	I	- 1									
Nutzen von Tabellenkalkulationen, Funktionenplottern, Dynamische-Geometrische-Software, Computer- Algebra-Systeme	keine Angst vor dem Umgang mit dem PC haben										
Verwenden der digitalen Werkzeuge zum Lösen von Gleichungen und Gleichungssystemen, Berechnen und Ermittlen von Lösungen	ı	1									
Verwenden der digitalen Werkzeuge zum zielgerichteten Variieren von Parametern	1	- 1									
Verwenden der digitalen Werkzeuge zum (graphischen) Darstellen von Funktionen und (räumlichen) Objekten, Erstellen von Tabellen und Histogrammen	ı	1									
Die Auswahl der Hilfsmittel ist situationsangemessen und gezielt und wird reflektiert	I	1									

Ergänzungen (prozessbezogene Kompetenzen, die nicht erwähnt wurden):

#### Lehrerbefragung zum Erlernen von Inhalten durch die Teilnahme an der CAMMP week

#### Inhaltliche Kompetenzen

Die inhaltlichen Kompetenzen sind in drei verschiedene Gebiete der Mathematik unterteilt: Funktionen und Analysis, Analytische Geometrie und lineare Algebra und Stochastik. Weiterhin wird das Niveau der inhaltlichen Kompetenzen durch eine Einteilung in die verschiedenen Oberstufenjahrgangsstufen (EF=Einführungsphase, Q-Gk=Qualifikationsphase Grundkurs, Q-Lk=Qualifikationsphase Leistungskurs) gegliedert. Aufgelistet sind die durch den Kernlehrplan gegebenen inhaltlichen Schwerpunkte, die in der jeweiligen Jahrgangsstufez zu erlemen sind. Sollten darenüber hinaus mathematische Inhalte für die Bearbeitung der CAMMP-week-Projekte nötig sein oder während der Woche gelemt werden, so sind diese bitte am Schluss zu ergänzen.

<ol> <li>Inhaltsfeld</li> </ol>		

... Umfasst das Beschreiben und Begründen von Eigenschaften von Funktionen, Anwenden von einfachen Transformationen auf Funktionen, Berechnen, Beschreiben und Interpretieren durchschnittlicher bzw. lokaler Änderungsraten, Lösen von (einfachen) Polynomialgleichungen, Bestimmung von Extrempunkten.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan		Schüler											
······································					5	6	7	8	9	9			
Grundlegende Eigenschaften von Potenz-, Exponential- und Sinusfunktionen													
Grundverständnis des Ableitungsbegriffs													
Differentialrechnung ganzrationaler Funktionen													

#### 2. Inhaltsfeld 'Analytische Geometrie und Lineare Algebra (EF)'

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan		Schüler											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9			
Koordinatisierungen des Raumes													
Vektoren und Vektoroperationen													

#### 3. Inhaltsfeld 'Stochastik (EF)'

Umfasst das Deuten, Simulieren und Beschreiben von Zufallsexperimenten, Aufstellien von Wahrscheinlichkeitsverteilungen, Modellierung von Sachverhalten mithilfe von Baumdiagrammen, Bestimmung von bedingten Wahrscheinlichkeiten, Überprüfen auf stochastische Unabhängigkeit.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan		Schüler									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	
Mehrstufige Zufallsexperimente											
Bedingte Wahrscheinlichkeiten											

#### 1. Inhaltsfeld 'Funktionen und Analysis (Q)'

Umfasst das Zurückführen von Extremalproblemen auf Funktionen einer Variable und Lösen dieser, Bestimmung von Extrem- und Wendepunkten, Beschreibung des Krümmungsverhaltens einer Funktion, Bilden von Ableitungen von weiteren Funktionen, funktionales Untersuchen von Wachstums- und Zerfallsprozessen, geometrisch-anschauliches Erfaltuern des Zusammenhangs zwischen Anderungsrate und Integraffunktion, Bilder der Stammfunktion ganzrationaler Funktionen. Ergänzend für den Leistungskurs taucht die Logarithmusfunktion auf, ihre Ableitung/Integration, der Stetigkeitsbegriff und die Bestimmung von Volumina von Körpern.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan		Schüler											
······································				4	5	6	7	8	9	9			
Funktionen als mathematische Modelle													
Fortführung der Differentialrechnung													
Grundverständnis des Integralbegriffs													
Integralrechnung													

### 2. Inhaltsfeld 'Analytische Geometrie und Lineare Algebra (Q)'

Umfasst lineare Gleichungssysteme in Matrix-Vektorschreibweise, Gaußalgorithmus, Geradendarstellung in Parameterform, Ebenendarstellung in Koordinaten- und Parameterform, Lagebeziehungen und Schnittpunkte zw. Geraden und Ebenen, Skalarprodukt. Ergänzend für den Lk: Ebenendarstellung in Normalenform, Abstandsbestimmung zw. Punkten, Geraden und Ebenen.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan		Schüler											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9			
lineare Gleichungssysteme													
Darstellungen und Untersuchung geometrischer Objekte													
Lagebeziehungen (und Abstände)													
Skalarprodukt													

#### 3. Inhaltsfeld 'Stochastik (Q)'

Umfasst Lage- und Streumaße von Stichproben, Zufallsgrößen, Erwartungswert und Standardabweichung von Zufallsgrößen, Bernoulliketten, Binomialverteilung, stochastische Übergangsmatrizen, Matrizenmultiplikation. Ergänzend für den Lk: Hypothesentests, Fehler 1. und 2. Art, Verteilungsfunktion, Dichtefunktion.

kurze zusammenfassende Beschreibung aus dem Kernlehrplan			3	4	Sch 5	üler 6	7	8	9	9
Kenngrößen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen										
Binomialverteilung (und Normalverteilung)										$\Box$
Stochastische Prozesse										
(Testen von Hypothesen)										

#### Ergänzungen:

## D Schülerfragebogen vor der CAMMP week



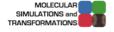


## Fragebogen für Schülerinnen und Schüler

Name: □ weiblich □ männlich	Schule:  Jahrgangsstufe:   EF/10   Q1/11   Q2/12  Leistungskurse:
bereits an einer CAMMP week teilgenommen:  □ ja □ nein Projekt:	bereits an einem CAMMP day teilgenommen:  □ ja □ nein Projekt:
Welche Arbeitssprachen sind möglich? □ Deutsch □ Englisch □ Französisch	Sind Programmierkenntnisse vorhanden?  □ ja □ nein
E-Mail-Adresse:	
Nenne drei Gründe, warum du gerne an der C	
(a) (b)	
(b)	
(c)	
2. Du hast bereits 15 Minuten über eine (Mathe keine Lösung. Was tust du?	matik-)Aufgabe gegrübelt, siehst aber immer noch
<ul> <li>Ich gucke im Buch bzw. im Heft nach, google die Aufgabe bzw. Stichpunkte aus</li> </ul>	wie wir ähnliche Aufgaben gelöst haben oder ich s der Aufgabe.
□ Ich mache erst einmal eine Pause, viellei	cht fällt mir später noch die Lösung ein.
<ul> <li>Ich rufe eine Freundin oder einen Freund</li> </ul>	an - die/der weiß immer eine Lösung.
□ lch höre auf.	
□ Ich mache solange weiter, bis ich eine Lö	sung habe.
Was ist die längste Zeit, die du dich mit einer matikaufgabe,) auseinander gesetzt hast?	n Problem (z.B. in der Facharbeit, Aufsatz, Mathe-Warum?
4. Welche Aufgabe bzw. Rolle übernimmst du in	Gruppenarbeit?
□ Ich übernehme die Diskussionsleitung.	
□ Ich bereite die Präsentation vor.	
□ Ich halte mich zurück und denke über un:	ser Thema nach - bringe meine Ideen aber mit ein.
□ Ich achte darauf, dass wir die Zeit einhalt	en, um am Ende ein Ergebnis zu haben.
□ Ich überlasse anderen die Diskussion.	
<ul> <li>Ich halte mich sehr zurück und sage nur es richtig ist.</li> </ul>	dann etwas, wenn ich mir absolut sicher bin, dass
5. Kennst du ein Beispiel, in dem Mathematik zu	r Lösung eines realen Problems genutzt wird?













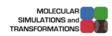
# CAMMP week 2014 Computergestütztes Mathematisches Modellierungsprogramm



Ь.	Bearbeitest du $\S$ $5 \stackrel{\frown}{=} Aufgaben, k$	•	•	`	•	ich nicht.)	en.
	□ 1	□ 2	□ 3	□ 4	□ 5		
7.		•	,	•		el sehr gerne an hera uss, mag ich nicht.)	us-
	<b>1</b>	□ 2	□ 3	□ 4	□ 5		
8.	Erklärst du gern Lösung vorstelle			<b>O</b> (		er einer der ersten, die il r ungern mit.)	hre
	<b>1</b>	□ 2	□ 3	□ 4	□ 5		
9.	Findest du Herle Herleitungen un	•				$(1 \stackrel{\frown}{=} lch f "uhre sehr ge" ht.)$	rne
	□ 1	□ 2	□ 3	□ 4	□ 5		
10.	Arbeitest du ger zu arbeiten. 5 $\widehat{=}$					nöglich mit dem Compu r zu arbeiten.)	ıter
	<b>□ 1</b>	□ 2	□ 3	<b>□</b> 4	□ 5		













## E Schülerfragebogen am Ende der CAMMP week

CAMMP week 2014 - Evaluation

Computergestütztes Mathematisches Modellierungsprogramm

ahrgangsstufe: □ EF/10 □ Q1/11 □ Q2/	10					
/elches Projekt hattest du auf dieser CAN		ek:				
oranie i rojem namech au au arcee. er m		<u> </u>				
Bewertung der CAMMP week:	stimme				stimme nicht zu	Kommentar:
er Vortrag über Modellierung war hilfreich.	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	
er Einsatz von LaTeX war sinnvoll.	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	
er Einsatz von Matlab war sinnvoll.	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	
e Aufgabe war zu schwierig.	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	
er Praxisbezug war klar erkennbar.	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	
e Betreuung war angemessen und hilfreich.	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	
rganisation, Unterkunft und die sozialen Akritäten waren gut.	0	0	0	0	$\circ$	
h würde die CAMMP week weiterempfehlen.	0	$\circ$	$\circ$	$\circ$	$\circ$	
	eilnahme	e an de	r CAMN	ЛР wee	k gelernt?	
3s hast du für dich persönlich durch die Te						7
						?
s hast du für dich persönlich durch die Te lagen für dich Schwierigkeiten im Model	lierungs	s- und/o	der Pro	blemlö	seprozess	
s hast du für dich persönlich durch die Te lagen für dich Schwierigkeiten im Model	lierungs	s- und/o	der Pro	blemlö	seprozess	
s hast du für dich persönlich durch die Te lagen für dich Schwierigkeiten im Model	lierungs	s- und/o	der Pro	blemlö	seprozess	
s hast du für dich persönlich durch die Te lagen für dich Schwierigkeiten im Model e gut konntest du dich in der Gruppenarb h hinaus gewachsen?	lierungs eit einb	ringen?	der Pro	blemlö	seprozess'	
s hast du für dich persönlich durch die Te	lierungs eit einb	ringen?	der Pro	blemlö	seprozess'	

RWTHAACHEN UNIVERSITY



MOLECULAR SIMULATIONS and TRANSFORMATIONS

## Evaluation



	ikkomp	etenze	en:			
	stimme zu				stimme nicht zu	
Hat es dir Spaß gemacht eine knifflige Mathematikaufgaben zu bearbeiten?	0	0	0	0	0	
Hast du gerne mit deinen Gruppenmitgliedern diskutiert?	0	$\circ$	0	$\circ$	0	
Was hast du für dich in Bezug auf das Lösen v	on kom	plexen	Proble	men ge	elernt?	
☐ Ich habe gelernt unter Druck zu arbeiten.						
☐ Ich habe gelernt durchzuhalten und mit Frust	rationen	umzuge	ehen.			
☐ Ich habe gelernt bei der Lösung kreativ zu we	erden.					
☐ Ich habe gelernt im Team zu arbeiten.						
Welche Aufgabe bzw. Rolle hast du in der Gru	ıppenarl	oeit aut	der CA	MMP	week übe	ernommen?
☐ Ich habe die Diskussionen geleitet.	.рропал	Jon da				
☐ Ich habe die Präsentation vorbereitet.						
☐ Ich habe mich zurückgehalten und über unse	r Thoma	nacha	odoobt	moino	doon abor	r mit eingebracht
· ·						•
☐ Ich habe darauf geachtet, dass wir die Zeit ei				•		
☐ Ich habe mich sehr zurückgehalten und nur d		as gesa	gı, weni	I ICII IIII	absolut s	icher war, dass es nichtig is
☐ Ich habe unsere Ideen implementiert/progran	nmiert.					
☐ Ich habe den Bericht geschrieben.						
☐ Ich habe mich an den Diskussionen nicht bet	eiligt, we	il ich ni	cht verst	anden	nabe, woru	um es geht.
4. Auswirkungen auf die Studienwahl:	stimme zu				stimme nicht zu	Kommentar:
Die CAMMP week hat mein Interesse für MINT-	0	0	0	0	0	
Fächer gestärkt.						
Fächer gestärkt. Ich ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.	0	0	0	$\circ$	0	
Ich ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.	0		Ü		Ü	penötiat?
lch ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu	0		Ü		Ü	penötigt?
lch ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.	0		Ü		Ü	penötigt?
lch ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.	0		Ü		Ü	penötigt?
lch ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren. Was glaubst du, welche Fähigkeiten und Eiger	nschafte	en man	für ein	MINT-	Studium k	
lch ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.  Was glaubst du, welche Fähigkeiten und Eiger  Inwiefern hat dir die CAMMP week Aufschlus:	nschafte	en man	für ein	MINT-	Studium k	
lch ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.	nschafte	en man	für ein	MINT-	Studium k	
Ich ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.  Was glaubst du, welche Fähigkeiten und Eiger  Inwiefern hat dir die CAMMP week Aufschlus:	nschafte	en man	für ein	MINT-	Studium k	
Ich ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.  Was glaubst du, welche Fähigkeiten und Eiger  Inwiefern hat dir die CAMMP week Aufschlussschaften gegeben?	nschafte s über d	en man	für ein	MINT-	Studium k	
Ich ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.  Was glaubst du, welche Fähigkeiten und Eiger  Inwiefern hat dir die CAMMP week Aufschlus:	nschafte s über d	en man	für ein	MINT-	Studium k	
Ich ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.  Was glaubst du, welche Fähigkeiten und Eiger  Inwiefern hat dir die CAMMP week Aufschlussschaften gegeben?	nschafte s über d	en man	für ein	MINT-	Studium k	
Ich ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.  Was glaubst du, welche Fähigkeiten und Eiger  Inwiefern hat dir die CAMMP week Aufschlussschaften gegeben?	nschafte s über d	en man	für ein	MINT-	Studium k	
Ich ziehe in Erwägung, ein MINT-Fach zu studieren.  Was glaubst du, welche Fähigkeiten und Eiger  Inwiefern hat dir die CAMMP week Aufschlussschaften gegeben?	nschafte s über d	en man	für ein	MINT-	Studium k	













## Versicherung

Ich versichere, dass ich die schrift	tliche Hausarbeit - einschließlich beigefügter Zeich-
nungen, Kartenskizzen und Darst	ellungen - selbstständig verfasst und keine anderen
als die angegebenen Quellen und	l Hilfsmittel benutzt habe. Alle Darstellungen der
Arbeit, die dem Wortlaut oder d	lem Sinne nach anderen Werken entnommen sind,
habe ich in jedem Fall unter An	gabe der Quelle deutlich als Entlehnung kenntlich
gemacht.	
	TT
Datum	Unterschrift

### Literaturverzeichnis

- [1] BAER, D.: Duden, Fremdwörterbuch: auf der Grundlage der neuen amtlichen Rechtschreibregeln. Bd. 5. Bibliographisches Institut, 2001
- [2] Blomhøj, M.; Jensen, T. H.: Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning. In: *Teaching mathematics and its applications* 22 (2003), Nr. 3, S. 123–139
- [3] Blum, W.: Anwendungsbezüge im Mathematikunterricht Trends und Perspektiven. In: Trends und Perspektiven: Beiträge zum 7. Internationalen Symposium zur Didaktik der Mathematik. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky, 1996, S. 15–38
- [4] Blum, W.: Mathematisches Modellieren. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2007 (2007)
- [5] Blum, W.; Leiss, D.: Modellieren im Unterricht mit der "Tanken"-Aufgabe. 2005
- [6] Blum, W.; Leiss, D.: "Filling Up "-the problem of independence-preserving teacher interventions in lessons with demanding modelling tasks. In: CERME 4-Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, 2007, S. 1623–1633
- [7] BRACKE, M.; GÖTTLICH, S.; GÖTZ, T.: Modellierungsproblem Dart spielen. In: *Mathematisches Modellieren für Schule und Hochschule*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, S. 147–162
- [8] EDELMANN, W.: Lernpsychologie. Beltz, 1994
- [9] ENGEL, J.: Anwendungsorientierte Mathematik: Von Daten zur Funktion. In: Anwendungsorientierte Mathematik: Von Daten zur Funktion.: Eine Einführung in die mathematische Modellbildung für Lehramtsstudierende, Mathematik für das Lehramt (2010)
- [10] FRANK, M.; KRYCKI, K.; RICHTER, P.; ROECKERATH, C.: Habe ich das Zeug zum MINT-Studium? Die CAMMP week als Orientierungshilfe für Schüler/innen. In: *Mathematik im Übergang Schule/Hochschule und im ersten Studienjahr* (2013), S. 51
- [11] FREJD, P.: Modelling Assessment of Mathematical Modelling—a Literature Review. In: Evaluation and Comparison of Mathematical Achievement: Dimensions and Perspectives: Proceedings of Madif 8 (2012), S. 24–25
- [12] Galbraith, P.; Haines, C.; Izard, J.: How do students' attitudes to mathematics influence the modelling activity. In: *Mathematical modelling. Teaching and assessment in a technology-rich world* (1998), S. 265–278
- [13] GÖTTLICH, S.: Mathematische Modellierung in der Mittelstufe. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2007 (2007)
- [14] Haines, C.; Crouch, R.; Davis, J.: Understanding students' modelling skills. In: Modelling and Mathematics Education: ICTMA9 Applications in Science and Technology. Chichester: Horwood (2001), S. 366–381

- [15] HATTEBUHR, M.; FRANK, M.; ROECKERATH, C.: Kompetenzzuwachs bei Schülerinnen und Schülern durch die Teilnahme an einer Modellierungswoche. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2014 (2014)
- [16] Henn, H.-W.: Mathematik und der Rest der Welt. In: ZDM (1998)
- [17] IQB (HRSG.): Kompetenzentwicklung im Mathematik-Unterricht: Modellieren. Handreichungen zu VERA 8 Mathematik 2009. "http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lernstand8/upload/download/mat\_mathematik/Kompetenzentwicklung\_Modellieren.pdf". Version: August 2009, letzter Aufruf: 16.08.2014
- [18] Kaiser, G.: Realitätsbezüge im Mathematikunterricht Ein Überblick über die aktuelle und historische Diskussion. In: *Materialien für einen realitätsbezogenen Mathematikunterricht* 2 (1996), S. 66–84
- [19] Kaiser, G.: Mathematical modelling in school Examples and experiences. In: Mathematikunterricht im Spannungsfeld von Evolution und Evaluation. Festband für Werner Blum (2005), S. 99–108
- [20] Kaiser, G.: Modelling and modelling competencies in school. In: *Mathematical modelling (ICTMA 12): Education, engineering and economics* (2007), S. 110–119
- [21] Kaiser, G.; Schwarz, B.: Authentic modelling problems in mathematics education examples and experiences. In: *Journal für Mathematik-Didaktik* 31 (2010), Nr. 1, S. 51–76
- [22] Maass, K.: Mathematisches Modellieren im Unterricht. In: Franzbecker, Hildesheim (2004)
- [23] Maass, K.: What are modelling competencies? In: *ZDM* 38 (2006), Nr. 2, S. 113–142
- [24] Maass, K.: Mathematisches Modellieren: Aufgaben für die Sekundarstufe I. Cornelsen Scriptor, 2007
- [25] MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN: Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen Naturwissenschaften. "http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/klp\_SI/GE/NW/GE\_NW\_Bio\_Che\_Phy\_Endfassung.pdf". Version: 2013, letzter Aufruf: 16.08.2014
- [26] MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN: Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium (G8) in Nordrhein-Westfalen Physik. "http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/lehrplaene\_download/gymnasium\_g8/gym8\_physik.pdf". Version: 2013, letzter Aufruf: 16.08.2014
- [27] Ministerium FÜR SCHULE WEITERBILDUNG UND DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN: Kernlehrplan für dieSekundarstufeGymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen "http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/ upload/klp\_SII/m/GOSt\_Mathematik\_Endfassung.pdf". Version: 2013, letzter Aufruf: 16.08.2014

- [28] MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN: Schulgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen, vom 15. Februar 2005, (GV. NRW. S. 102), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 17. Juni 2014. "http://www.schulministerium.nrw.de/docs/Recht/Schulgesetz/Schulgesetz.pdf". Version: 2014, letzter Aufruf: 16.08.2014
- [29] OECD: PISA 2012 Ergebnisse: Was Schülerinnen und Schüler wissen und können (Band I, Überarbeitete Ausgabe): Schülerleistungen in Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften. "http://www.oecd.org/berlin/presse/pisa-2012-deutschland.htm". Version: 2014, letzter Aufruf: 16.08.2014
- [30] ROECKERATH, C.: Mathematische Modellierung der Spiegel eines solarthermischen Kraftwerks im Rahmen einer Modellierungswoche und einer Projektwoche in der Sekundarstufe II. 2012. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Zweiten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen

### Abbildungsverzeichnis

1	Modellierungskreislauf nach Blum et al. (vgl. [5], 2005)	7
2	Bewertungsskala in der Betreuerumfrage	23
3	Auszug aus dem Betreuerfragebogen	24
4	Auszug aus dem Lehrerfragebogen	26

### **Tabellenverzeichnis**

1 Auflistung der bewerteten Projekte durch die wissenschaftlichen Betreuer 35

# Anlage CD zur Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung von M. Hattebuhr, 18. August 2014

Auf der beiliegenden CD sind die folgenden Dateien verfügbar. Dabei wurden die .xls-Dateien mit LibreOffice erstellt.

- 1 Beckenkammschablonen.pdf (Aufgabenstellung des Projekts Beckenkammschablonen)
- 2 Betreuerfragebogen.pdf (Vorlage des Betreuerfragebogens)
- 3 Betreuerumfrage\_Inhalte.xls (umfasst alle Betreuerumfrageergebnisse bzgl. der mathematischen Inhalte und der "sonstigen" Kompetenzen, sowie die Auswertung dieser)
- 4 Betreuerumfrage\_Prozess.xls (umfasst alle Betreuerumfrageergebnisse bzgl. der prozessbezogenen Kompetenzen, sowie die Auswertung dieser)
- 5 Energieintegration.pdf (Aufgabenstellung des Projekts Energieintegration)

- 6 Fadenablage.pdf (Aufgabenstellung des Projekts Fadenablage)
- 7 Faltenfreies\_Drapieren.pdf (Aufgabenstellung des Projekts Faltenfreies Drapieren)
- 8 Lehrerfragebogen.pdf (Vorlage des Lehrerfragebogens)
- 9 Lehrerhandreich\_Anf-profil.pdf (Vorlage der Lehrerhandreichung zum Anforderungsprofil)
- 10 Lehrerumf\_Prozess\_Erlernen.pdf (umfasst alle Lehrerumfrageergebnisse bzgl. des Erlernens der prozessbezogenen Kompetenzen, sowie die Auswertung dieser)
- 11 Lehrerumf\_ Prozess\_Vorkennt.pdf (umfasst alle Lehrerumfrageergebnisse bzgl. der nötigen Vorkenntnisse der prozessbezogenen Kompetenzen, sowie die Auswertung dieser)
- 12 Lehrerumfrage\_Ergebnisse.xls (umfasst alle Lehrerumfrageergebnisse, sowie die Auswertung dieser)
- 13 Maren\_Inhalte\_Erlernen.pdf (umfasst die Ergebnisse des von mir ausgefüllten Lehrerfragebogens bzgl. des Erlernens von Inhalten, sowie die Auswertung dieser im Rahmen der Lehrerumfrage)
- 14 Maren\_Inhalte\_Vorkennt.pdf (umfasst die Ergebnisse des von mir ausgefüllten Lehrerfragebogens bzgl. der Vorkenntnisse von Inhalten, sowie die Auswertung dieser im Rahmen der Lehrerumfrage)
- 15 Maren\_Prozess\_Erlernen.pdf (umfasst die Ergebnisse des von mir ausgefüllten Lehrerfragebogens bzgl. des Erlernens der prozessbezogenen Kompetenzen, sowie die Auswertung dieser im Rahmen der Lehrerumfrage)
- 16 Maren\_Prozess\_Vorkennt.pdf (umfasst die Ergebnisse des von mir ausgefüllten Lehrerfragebogens bzgl. der Vorkenntnisse in den prozessbezogenen Kompetenzen, sowie die Auswertung dieser im Rahmen der Lehrerumfrage)
- 17 Metallabku<br/>ehlungsprozess.pdf (Aufgabenstellung des Projekts  $Metallabk\ddot{u}hlungsprozess)$
- 18 Rufzuteilung.pdf (Aufgabenstellung des Projekts Rufzuteilung)
- 19 Schuelerbogen\_Rueckmeld.pdf (Vorlage des Schülerfragebogens am Ende der CAMMP week)
- 20 Schuelerbogen\_vorher.pdf (Vorlage des Schülerfragebogens vor Beginn der CAMMP week)
- 21 Schuelerumf\_Rueck\_Ergebnis.pdf (Zusammenstellung der Ergebnisse der Schülerumfrage am Ende der CAMMP week 2014)

- 22 Schulerumf\_vorher\_Ergebnis.pdf (Zusammenstellung der Ergebnisse der Schülerumfrage vor Beginn der CAMMP week 2014)
- 23 Transport.pdf (Aufgabenstellung des Projekts  $\mathit{Transportauftr\"{a}ge})$