



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Analyse von E-Learningelementen in Bezug auf die
Berufsmaturityprüfung Mathematik

Verfasser

Bernhard Kaintz

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2014

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 190 406 884

Studienrichtung lt. Studienblatt: Lehramtsstudium, UF Mathematik, UF Informatik und
Informatikmanagement

Betreuerin / Betreuer: Dr. Andreas Ulovec

Danksagungen

Im Laufe der letzten Jahre gab es eine große Anzahl an Personen die mich in meinen Vorhaben unterstützt haben. Im Alter von 21 Jahren startete ich meinen Unterricht in der Erwachsenenbildung an der Volkshochschule Burgenland in Form von Vorbereitungskursen zur Berufsreifeprüfung Mathematik. Mein erster Dank gilt daher meinem damaligen Kollegen Mag. Franz Tillhof, der mir, wenn Fragen auftauchten, stets beistand und mir einen guten Berufseinstieg ermöglichte. Die Zusammenarbeit mit ihm war äußerst lehrreich und beeinflusste meine Fortbildung der letzten Jahre enorm. Weiters möchte ich mich bei der Leiterin der Volkshochschule Burgenland - Regionalstelle Halbturn, Mag. Theresia Brettl, bedanken. Sie ermöglichte mir die Durchführung verschiedener experimenteller Unterrichtsformen, die Verwirklichung von universitären Projekten in Bezug auf meine Lehrtätigkeit und stand mir jederzeit mit Rat und Unterstützung zur Seite. Unterricht benötigt neben einer Vortragsperson auch Lernende. Daher möchte ich mich herzlich bei meinen KursteilnehmerInnen für die gute Zusammenarbeit, ihre Motivation und vor allem ihre Lernbereitschaft im Bezug auf meine Lernplattform bedanken.

Ein besonderer Dank gilt auch meiner Familie, meinen Eltern Gerald und Martina Kaintz und meinen Geschwistern Linda und Martin, die mir jederzeit mental beigestanden sind.

Ein weiterer Dank geht an Isa Ammerer. Durch ihre Hospitation in meinem Unterricht und anschließender Reflexion, bekam ich objektive Rückmeldung zu meinem Unterricht. Weiters stand sie mir in Zweifelsfällen als Diskussionspartnerin immer helfend zur Verfügung.

Auch bei meinen Freunden und Studienkollegen möchte ich mich für den Beistand bedanken.

Nicht zuletzt danke ich besonders meinem Betreuer, Dr. Andreas Ulovec, für seine sehr gute und vor allem geduldige Betreuung über die gesamte Dauer des Arbeitsverlaufs.

1. Vorwort	3
2. Die Berufsreifeprüfung	4
2.1. Was ist die Berufsreifeprüfung?	4
2.2. Wer ist für die Berufsreifeprüfung zugelassen?	5
2.3. Inhalt und Umfang der Berufsreifeprüfung	6
2.4. Lehre mit Matura	7
3. Lehrplananalyse	8
3.1. Berufsreifeprüfung Mathematik - Leitfaden für die kompetenzorientierte Reifeprüfung	8
3.1.1. Bedeutung der Kompetenzorientierung im Unterricht	8
3.1.2. Das Kompetenzmodell	9
3.1.3. Richtlinien für die schriftliche Klausur aus Mathematik	10
3.1.4. Handlungsbereiche und charakteristische Tätigkeiten	11
3.1.5. Inhaltsbereiche	14
3.1.6. Analyse	15
3.2. Lehrplan für Mathematik der AHS	16
3.2.1. Mathematische Kompetenzen	16
3.2.2. Aspekte der Mathematik	17
3.2.3. Lehrstoff	17
3.3. Lehrplan für Mathematik der HAK	18
3.3.1. Bildungs- und Lehraufgabe	18
3.3.2. Lehrstoff	19

4. Was ist Moodle?	20
4.1. Allgemeiner Aufbau	21
4.2. Besondere Kursmodule	22
5. Verwendung von LMS im Unterricht	24
5.1. Lernplattformen als organisatorische Hilfsmittel	24
5.2. Präsenzunterricht mit E-Learning-Elementen	26
5.2.1 Lerntheoretische Grundlagen für E-Learning	28
5.3. Konzeption von E-Learning	34
5.4. Lernplattformen zum virtuellen Lernen	36
5.5. Blended Learning	41
5.6. Anwendungsszenarien	42
6. Verwendung von Moodle in einem Vorbereitungskurs zur Berufsreifeprüfung Mathematik	46
6.1. Allgemeiner Aufbau des Kurses	46
6.2. Exemplarische Ausarbeitung eines Themas zum Blended Learning	51
6.2.1 Herleitung von Differenzenquotient und Differentialquotient	52
6.2.2. Der allgemeine Fall	53
6.2.3. Ableitungsregeln	53
6.2.4. Eigenschaften von Funktionen	54
6.2.5. Analyse und Reflexion	54
Abstract	58
Quellenverzeichnis	59

1. Vorwort

Diese Diplomarbeit entstand im Jahr 2014 im Rahmen meines Lehramtstudium an der Universität Wien. Durch meine Lehrtätigkeit an der Volkshochschule Burgenland bekam ich Einblicke in die Erwachsenenbildung und sammelte viele wertvolle Unterrichtserfahrungen. Meinen ersten Berufsreifeprüfungskurs im Fach Mathematik hielt ich von September 2011 bis Februar 2013. Im September 2013 startete mein zweiter Kurs zur Berufsreifeprüfung Mathematik. Obwohl die KursteilnehmerInnen alle erwachsen waren, und ich, als Vortragender, der Jüngste war, war von Selbstständigkeit, Gewissenhaftigkeit und Pflichtbewusstsein oftmals keine Spur. Die Fehlstundenanzahlen waren beruflich bedingt oft sehr hoch. Dadurch blieben einige auf der Strecke, weil sie sich selbst um nichts kümmerten und den durchgenommenen Stoff nicht nachlernten. Durch die im ersten Kurs gesammelten Erfahrungen erstellte ich für den im September 2013 beginnenden Kurs eine unterrichtsbegleitende Lernplattform. Aufgrund meines anderen Unterrichtsfaches (Informatik und Informatikmanagement) und den dadurch bereits erlernten Fähigkeiten, mit Moodle umzugehen, fiel die Wahl auf Moodle. Diese Idee entwickelte sich im Laufe der Sommerferien. Durch die intensivere Beschäftigung mit der Berufsreifeprüfung Mathematik und der didaktischen Aufbereitung des Unterrichts in Verbindung mit einer Lernplattform beschloss ich, meine Diplomarbeit zu diesem Thema zu verfassen.

2. Die Berufsreifeprüfung

Ein zentrales Anliegen des österreichischen Schulsystems ist es, den Zugang zu höheren Bildungsabschlüssen als lebenslange Chance zu gewährleisten.¹

Die Berufsreifeprüfung ist eine Möglichkeit für Erwachsene, zu jeder Zeit, diese lebenslange Chance in Anspruch zu nehmen und einen höheren Bildungsabschluss anzustreben.

2.1. Was ist die Berufsreifeprüfung?

Die Berufsreifeprüfung wurde im Jahre 1997 mit dem „Bundesgesetz über die Berufsreifeprüfung“ durch die Bundesregierung eingeführt. Im Jahr 2000 lockerte man die Zulassungsbedingungen für einige Berufsgruppen, denen der Zugang vorher verwehrt war. Weitere geringfügige Änderungen gab es mit dem Schulrechtspaket im Jahr 2005.

Die Berufsreifeprüfung bietet allen ohne absolvierter Reifeprüfung die Chance, sie auf zweitem Bildungsweg berufsbegleitend nachzuholen. Sie wird von vielen unterschiedlichen Institutionen wie der Volkshochschule, dem BFI, dem Wifi und anderen ähnlichen Bildungseinrichtungen angeboten. Mit der Ablegung der Berufsreifeprüfung erhält man die Berechtigung Kollegs, Fachhochschulen, Pädagogische Hochschulen, Universitäten oder Privatuniversitäten zu besuchen. In diesem Punkt unterscheidet sie sich nicht von einer gewöhnlichen Reifeprüfung einer AHS oder BHS. Im Grunde erwirbt man mit der Absolvierung der Berufsreifeprüfung die gleichen Berechtigungen wie mit einer Reifeprüfung einer höheren Schule.

Vertragsbedienstete der Republik Österreich erfüllen mit Absolvierung der Berufsreifeprüfung die Ernennungserfordernisse des gehobenen Dienstes (A2), der sogenannten B-Laufbahn. Somit ist sie eine sehr gute Möglichkeit, durch berufsbegleitende Fortbildung, eine höhere und besser bezahlte berufliche Laufbahn einzuschlagen.

¹ Bundesministerium für Bildung und Frauen; Berufsreifeprüfung; <http://www.bmukk.gv.at/schulen/bw/zb/berufsreifepruefung.xml> (3.5.2014)

2.2. Wer ist für die Berufsreifeprüfung zugelassen?

Wie eingangs bereits erwähnt sind nur Personen ohne Reifeprüfung im zweiten Bildungsweg für die Berufsreifeprüfung vorgesehen. Weiters sind nur jene Personen zugelassen, die eine der folgenden Prüfungen bzw. Ausbildungen erfolgreich abgelegt bzw. absolviert haben:

- Lehrabschlussprüfung
- Facharbeiterprüfung aus dem land- und forstwirtschaftlichen Bereich
- mindestens dreijährige mittlere Schule
- mindestens dreijährige Ausbildung nach dem Gesundheits- und Krankenpflegegesetz
- Meisterprüfung
- Befähigungsprüfung der Gewerbeordnung
- land- und forstwirtschaftliche Meisterprüfung
- Dienstprüfung gemäß des Beamten-Dienstrechtsgesetzes bzw. des Vertragsbedienstetengesetzes und ein mindestens dreijähriges tatsächliches Dienstverhältnis nach Vollendung des 18. Lebensjahres
- erfolgreicher Abschluss eines Hauptstudienganges an einem Konservatorium
- erfolgreicher Abschluss eines mindestens dreijährigen künstlerischen Studiums an der Universität oder Privatuniversität in Verbindung mit einer positiv beurteilten Zulassungsprüfung
- erfolgreicher Abschluss einer Ausbildung zum Heilmasseur
- erfolgreicher Abschluss einer Ausbildung in der medizinischen Fachassistenz

Durch diese Zulassungsbestimmungen wird die Berufsreifeprüfung dem bereits erwähnten zentralen Anliegen des österreichischen Schulsystems durchaus gerecht. Die Personengruppe, die nicht zulassungsberechtigt ist, ist meines Erachtens sehr klein.

2.3. Inhalt und Umfang der Berufsreifeprüfung

Die Berufsreifeprüfung umfasst 4 Teilprüfungen. Ähnlich zur Reifeprüfung einer höheren Schule sind Teilprüfungen in Deutsch, Mathematik und einer lebenden Fremdsprache Pflicht.

Die Teilprüfung aus Deutsch setzt sich aus einer fünfstündigen schriftlichen Klausurarbeit (mit den Anforderungen einer Reifeprüfung einer höheren Schule) und einer mündlichen Prüfung über die schriftliche Klausurarbeit zusammen.

Die Teilprüfung aus Mathematik bzw. Mathematik und angewandter Mathematik besteht nur aus einer vierstündigen schriftlichen Klausurarbeit (mit den Anforderungen einer Reifeprüfung einer höheren Schule).

Die Teilprüfung aus einer lebenden Fremdsprache besteht aus einer fünfstündigen schriftlichen Klausurarbeit oder einer mündlichen Prüfung (mit den Anforderungen einer Reifeprüfung einer höheren Schule). Die Wahl einer schriftlichen Klausurarbeit oder einer mündlichen Prüfung obliegt, laut Gesetz, den PrüfungskandidatInnen.

Der vierte Teilbereich ist eine Prüfung aus dem Fachbereich. Grundsätzlich umfasst diese Prüfung eine fünfstündige schriftliche Klausurarbeit und eine mündliche Prüfung „mit dem Ziel einer Auseinandersetzung auf höherem Niveau“. Der fünfstündige schriftliche Teil kann auch durch eine projektorientierte Arbeit in Verbindung mit einer Präsentation und Diskussion ersetzt werden.

Die Berufsreifeprüfung ist im Grunde eine Externistenprüfung und fällt somit unter das Schulunterrichtsgesetz. Falls sie in einer staatlich anerkannten Erwachsenenbildungsinstitution oder einer ähnlichen Institution absolviert wird, muss mindestens eine der vier Teilprüfungen extern an einer öffentlichen höheren Schule abgelegt werden. Bei privaten Anbietern oder bei einer Prüfungsvorbereitung im Selbststudium müssen alle Teilprüfungen vor einer schulischen Prüfungskommission abgelegt werden.

Die Anrechenbarkeit einer Teilprüfung für Personen, die bereits eine nach Inhalt, Prüfungsform, Prüfungsdauer und Niveau gleichwertige Prüfung erfolgreich abgelegt haben, ist im Einzelfall zu prüfen.

Damit die Berufsreifeprüfung nicht früher als andere Maturaformen absolviert werden kann, darf die Abschlussprüfung frühestens nach Vollendung des 19. Lebensjahres abgelegt werden. Teilprüfungen können jedoch schon ab einem Alter von 17 Jahren absolviert werden.

2.4. Lehre mit Matura

Seit Herbst 2008 gibt es in Österreich das Modell Lehre mit Matura. Dabei haben Lehrlinge die Möglichkeit, parallel zu ihrer praktischen Ausbildung die Berufsreifeprüfung zu absolvieren. Die Ausbildung wird vom Staat gefördert, jedoch nur bis zu einem Betrag von € 6.000,-. Als Grundlage dient wieder das Bundesgesetzblatt der Berufsreifeprüfung. Drei der vier Teilprüfungen können im Laufe der Berufsschule abgelegt werden, die 4. Teilprüfung erst nach Vollendung des 19. Lebensjahres. Die Ermöglichung dafür liegt einzig und allein beim Arbeitgeber. Das Bildungsangebot wird regional konzipiert und mit dem Bildungsministerium abgestimmt. Dieses Modell ist ein weiterer Schritt zu einer lebenslangen Bildungsgewährleistung und vor allem eine gute Möglichkeit zu einem kostenfreien Hochschulzugang mit Lehre.

3. Lehrplananalyse

Die KursteilnehmerInnen zur Berufsreifeprüfung kommen mit unterschiedlicher schulischer Vorbildung aus den verschiedensten Berufssparten. Abgesehen davon sind auch die Altersunterschiede der KursteilnehmerInnen beträchtlich. Einige nutzen das Modell Lehre mit Matura, andere wollen sich mit 30 Jahren Berufserfahrung weiterbilden. Dieser zweite Bildungsweg verlangt nach einem eigenen Lehrplan.

Gesetzliche Grundlage ist die Berufsreifeprüfungscurriculaverordnung. Auch die Berufsreifeprüfung ist auf dem Weg zu einer Standardisierung. Eine Gesetzesänderung ist immer mit einem längeren Diskussion- und Regierungsprozess (Nationalrat und Bundesrat) verbunden. Die Änderungen hin zu einer standardisierten kompetenzorientierten Berufsreifeprüfung ist seit einigen Jahren schon im Gange. Um eine schnellere Umsetzung zu gewährleisten, wurde ein Leitfaden als Anlehnungsdokument für Vortragende verfasst. Vor allem bei den Inhaltsbereichen gibt es deutliche Unterschiede. Deswegen wird in diesem Kapitel der Leitfaden für die Berufsreifeprüfung Mathematik und nicht die eigentliche gesetzliche Grundlage, die Berufsreifeprüfungscurriculaverordnung, behandelt.

Weiters werden Unterschiede des Leitfadens zu den Lehrplänen der AHS und HAK im Fach Mathematik erörtert.

3.1. Berufsreifeprüfung Mathematik - Leitfaden für die kompetenzorientierte Reifeprüfung

Das Vorwort der damaligen Bildungsministerin Dr. Claudia Schmied liefert einige Eckdaten zur Berufsreifeprüfung. Besonders hervorgehoben wird der kompetenzorientierte Lernansatz und die damit verbundene pädagogische Gleichstellung zu anderen Reifeprüfungsformen. Als Ausblick in die Zukunft wird ein Paradigmenwechsel hin zur Etablierung einer teilstandardisierten Reifeprüfung ab dem Jahr 2016 beschrieben. Besonders wichtig für Lehrende ist, dass bis dort hin dieser Leitfaden ein gemeinsames Referenzdokument für die Erwachsenenbildungseinrichtungen ist.

3.1.1. Bedeutung der Kompetenzorientierung im Unterricht

Im ersten Kapitel des Leitfadens „Bedeutung der Kompetenzorientierung im Unterricht“ findet sich ein grober inhaltlicher Aufbau und eine erneute Hervorhebung des kompetenzorientierten Unterrichts. Die Begriffe Kompetenzen und kompetenzorientierter Unterricht haben in den letzten Jahren immer mehr an

Bedeutung gewonnen und sind nicht mehr wegzudenken. Was bedeuten sie eigentlich?

Kompetenzen: *Unter Kompetenzen versteht man längerfristig verfügbare kognitive Fähigkeiten, die von Lernenden entwickelt werden können und sie befähigen, bestimmte Tätigkeiten in variablen Situationen auszuüben, sowie die Bereitschaft, diese Fähigkeiten und Fertigkeiten einzusetzen.*²

Kompetenzorientierter Unterricht: Fokus des Unterrichts sind nicht die Inhalte, sondern das Ergebnis, nämlich die Kompetenzen der SchülerInnen. Ziel des kompetenzorientierten Unterrichts ist es daher, dass erworbenes Wissen und Können für die Bearbeitung und Lösung neuartiger Aufgaben zur Verfügung steht. Ein Problem steht im Vordergrund und soll mit den erlernten mathematischen Kompetenzen gelöst werden.

Die Überprüfung von Kompetenzen stellt sich als schwierig heraus. Die Prüfungsaufgaben müssen daher möglichst punktgenau auf die nachzuweisenden Kompetenzen abzielen. Folglich werden Testaufgaben, die einzelne Kompetenzen prüfen, kurz und elementar gehalten (Grundkompetenz-Aufgaben). Bei mathematischen Kompetenzen, die unverzichtbar sind, spricht man von Grundkompetenzen.

3.1.2. Das Kompetenzmodell

Im zweiten Kapitel „Das Kompetenzmodell“ findet sich eine genauere Beschreibung über die Aufteilung und Strukturierung der Kompetenzen. Die Lehrinhalte sind dabei die Schnittpunkte des jeweiligen Handlungsbereichs mit dem Inhaltsbereich.

Handlungsbereiche:

- Modellieren und Transferieren
- Operieren
- Interpretieren und Dokumentieren
- Argumentieren und Kommunizieren

Eine nähere Behandlung der Handlungsbereiche folgt unter 3.1.4. Der Technologieeinsatz ist in allen vier Handlungsbereichen vorgeschrieben.

² Institut für Didaktik der Mathematik; Standards für die mathematischen Fähigkeiten österreichischer SchülerInnen am Ende der 8. Schulstufe; Version 4/07; S.9

Inhaltsbereiche:

- Zahlen und Maße
- Algebra und Geometrie
- Funktionale Zusammenhänge
- Analysis
- Stochastik

Dadurch ergibt sich folgender Raster. Die Schnittflächen werden Deskriptoren genannt und beschreiben, was einE KandidatIn zur Problemlösung der gestellten Aufgabe können muss.

		INHALTSBEREICHE				
		Zahlen & Masse	Algebra & Geometrie	funktionale Zusammenhänge	Analysis	Stochastik
		1	2	3	4	5
HANDLUNGSBEREICHE	ARGUMENTIEREN & KOMMUNIZIEREN	D				
	INTERPRETIEREN UND DOKUMENTIEREN	C				
	OPERIEREN	B				
	MODELLIEREN & TRANSFERIEREN	A				

Kompetenzmodell laut Leitfaden³

3.1.3. Richtlinien für die schriftliche Klausur aus Mathematik

Im dritten Kapitel des Leitfadens „Richtlinien für die schriftliche Klausur aus Mathematik“ geht es um allgemeine Richtlinien zur Erstellung und zur Durchführung von Klausuren. Grundlegende Richtlinien wurden schon im ersten Kapitel behandelt, daher möchte ich hier auf die Aufgabenstellung näher eingehen. Es ergeben sich zwei Arten von Aufgabenstellungen, nämlich GK-Aufgabenstellungen (Aufgaben zu Grundkompetenzen) und E-Aufgabenstellungen (Aufgaben mit Eigenständigkeitsanteil). Wie schon erwähnt, sind Aufgaben zu Grundkompetenzen sehr kurz formuliert und prüfen nur das Wesentliche. Hervorgehoben wird, dass kontextbezogene Aufgabenformulierungen oft den Schwierigkeitsgrad erhöhen können. Bei Aufgabenstellungen mit Eigenständigkeitsanteil handelt es sich im Wesentlichen

³ Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur; Berufsreifeprüfung Mathematik - Leitfaden für die kompetenzorientierte Reifeprüfung; S.9

um komplexere und aufwändigere Aufgaben, die die Vernetzung und eigenständige Anwendung der Grundkompetenzen anzielen.

Die Verteilung der 4-6 zu stellenden Aufgaben unterliegt dem Prüfer. Dabei ist aber zu beachten, dass mindestens die Hälfte der Aufgabenstellungen Grundkompetenzaufgaben sein sollen. Für die Noten „gut“ und „sehr gut“ ist laut LBVO der Nachweis zur Fähigkeit der Eigenständigkeit zu erbringen. Daher muss mindestens eine Aufgabe mit Eigenständigkeitsanteil gegeben werden.

Als Hilfsmittel dürfen eine Formelsammlung und ein zumindest grafikfähiger Taschenrechner verwendet werden. Taschenrechnerfunktionen wie das Darstellen von Funktionsgraphen, Möglichkeit des numerischen Lösens von Gleichungen und Gleichungssystemen, grundlegende Funktionen der Matrizenrechnung und Funktionen für statistische Kenngrößen, lineare Regression und Korrelation, Binomial- und Normalverteilung werden als Mindestanforderungen angeführt.

Die Beurteilungskriterien sind an die LBVO angelehnt. Für die Note „genügend“ müssen die wesentlichen Bereiche, die Grundkompetenzaufgaben, überwiegend richtig gelöst werden. Für die Note „befriedigend“ müssen alle wesentlichen Bereiche, die Grundkompetenzaufgaben, richtig gelöst sein. Eventuelle Mängel können durch Aufgaben mit Eigenständigkeitsanteil kompensiert werden. Für die Noten „gut“ und „sehr gut“ ist selbstständiges Arbeiten verlangt. Daher müssen die Aufgaben mit Eigenständigkeitsanteil darauf abgestimmt sein.

3.1.4. Handlungsbereiche und charakteristische Tätigkeiten

Im vierten Kapitel des Leitfadens „Handlungsbereiche und charakteristische Tätigkeiten“ werden die vorhin erwähnten Handlungsbereiche genauer erläutert und mit charakteristischen Tätigkeiten konkretisiert.

Modellieren und Transferieren

Reale Situationen sind meist sehr komplex und nur sehr schwer in die Mathematik zu übertragen. Beim Modellieren werden Realsituationen unter Reduktion auf geeignete Parameter in reale Modelle transferiert. Die wichtigsten Einflussgrößen müssen jedoch erhalten bleiben. Es gibt, je nach Aufgabe, verschiedene Arten von mathematischen Modellen wie zum Beispiel Terme, Gleichungen, Skizzen, Funktionen oder Tabellen. Die mathematisch ermittelte Lösung soll auf Tauglichkeit überprüft, gegebenenfalls modifiziert und für eine Lösung des realen Problems richtig verwendet werden.

Operieren

Operieren heißt einerseits das Sachproblem in ein mathematisches Problem zu übertragen. Der Unterschied zum Modellieren liegt darin, dass ein Modell des Sachproblems bereits existiert und in ein mathematisches Problem übergeführt wird. Operieren bedeutet aber auch, dieses Problem algebraisch oder numerisch zu lösen und den Weg zum Ziel klar zu beschreiben. Der Handlungsbereich Operieren steht nicht im Mittelpunkt der geforderten Kompetenzen. Lediglich einfache Berechnungen sind ohne technische Hilfsmittel durchzuführen, für komplexere Berechnungen muss ein Taschenrechner oder dementsprechende Computersoftware zur Verfügung stehen. Damit werden lange Rechenoperationen mit wenig Erkenntnisgewinn vermieden.

Interpretieren und Dokumentieren

Unter Interpretieren versteht man einerseits den Übergang vom Modell zur Wirklichkeit. Dabei werden mathematische Ergebnisse auf das reale Ausgangsproblem übertragen. Interpretieren beinhaltet auch die Umdeutung von Resultaten in andere mathematische Sichtweisen. Als Beispiel wird die Ermittlung des Flächeninhaltes eines Trapezes über die Zusammensetzung von Dreiecken genannt. Eine Dokumentation ist für die weitere Verwendung von Informationen für grafische Darstellungen und ähnliches unentbehrlich.

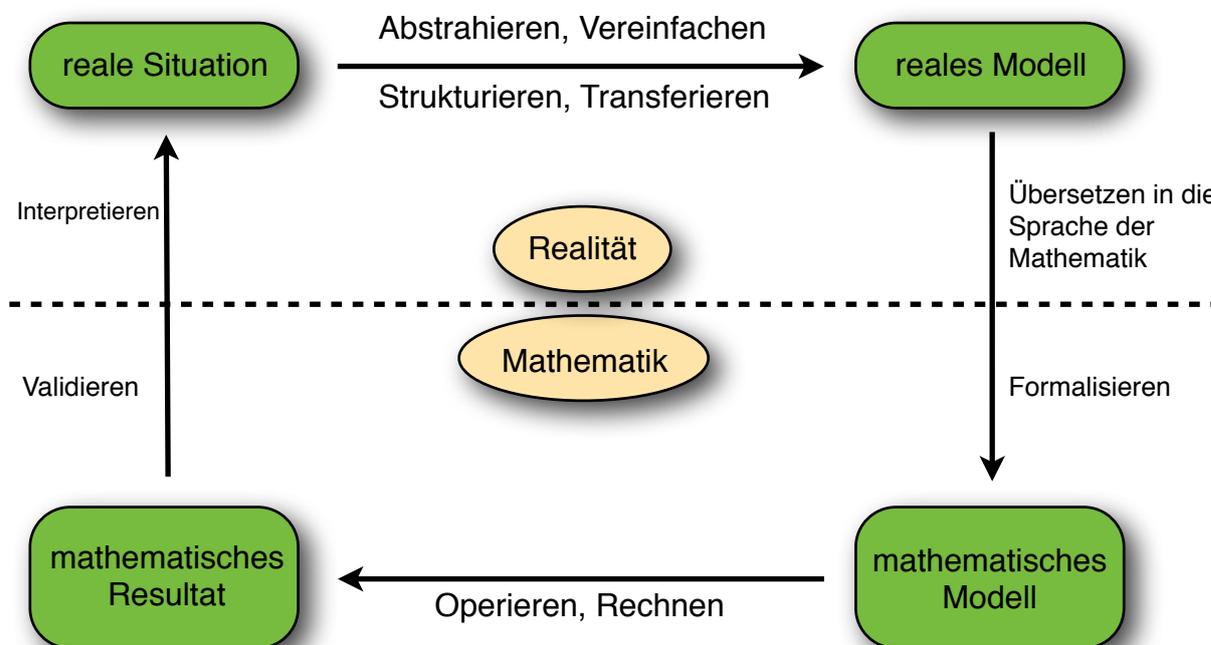
Argumentieren und Kommunizieren

Beim Argumentieren geht es darum, mathematische Aspekte für oder gegen eine bestimmte Sichtweise in adäquater Fachsprache formulieren zu können. Begründen meint das Bilden einer Argumentationskette, die zu bestimmten Schlussfolgerungen führen soll. Mathematische Schreibweisen und Darstellungsformen sollen dabei zum Kommunizieren eingesetzt werden.

Die Handlungsdimensionen „Interpretieren und Dokumentieren“ und „Argumentieren und Kommunizieren“ verschwimmen ineinander. Die Abgrenzung zu verschiedenen Aufgaben ist oft nicht eindeutig, was zu einer Erschwernis der Zuordnung bei der Aufgabenfindung durch die Lehrperson führt. Für Prüfungszwecke wäre es eindeutig sinnvoller, diese beiden Handlungsdimensionen zu einer einzigen zusammenzufassen. Ein Überbegriff wie „Reflektieren“ könnte eine passende Gruppierung für beide bilden.

Die Handlungsdimensionen beschreiben die Übertragung einer Realsituation in die Mathematik, die Lösung des Problems und die anschließende Bewertung der

Ergebnisse in Bezug auf die Realsituation. Dieser Kreislauf erinnert an den Modellierungskreislauf nach Blum und Leiß (vereinfacht)⁴:



Im Vordergrund steht ein Sachproblem aus der realen Welt. Durch Reduktion, Strukturierung und Vereinfachung wird dieses Problem zunächst in ein reales Modell überführt. Dieser Schritt fällt unter die Handlungsdimension „Modellieren und Transferieren“. Dieses reale Modell kann dann zu einem mathematischen Modell umgewandelt werden. Diese Überführung und die anschließende Lösung des mathematischen Problems beschreibt die Handlungsdimension „Operieren“. Durch die Überführung eines realen Modells in ein mathematisches Modell verlässt man sozusagen auch die Realität und begibt sich in die Welt der Mathematik. „Interpretieren und Dokumentieren“ meint zunächst die Interpretation des mathematischen Resultats und die Umdeutung auf ein reales Ergebnis. Dabei erfolgt auch der Schritt von der Welt der Mathematik retour in die reale Welt. Der letzte Schritt, vom realen Ergebnis zurück zur realen Situation, bildet die Handlungs-

⁴ Blum & Leiß; Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“-Aufgabe, In: Mathematik lehren; Heft 128; 2005; S.18-21

dimension „Argumentieren und Kommunizieren“. Dabei geht es um letzte Schlussfolgerungen und eine sinnvolle Argumentationskette.

Man sieht auch hier, dass der Übergang vom mathematischen Resultat hin zur realen Situation mit dem Begriff „Reflexion“ beschrieben werden kann.

3.1.5. Inhaltsbereiche

Der Lehrstoff der Berufsreifepfung Mathematik gliedert sich nach dem Leitfaden in fünf Inhaltsbereiche: Zahlen und Maße, Algebra und Geometrie, funktionale Zusammenhänge, Analysis und Stochastik. Ein direkter Vergleich mit den Lehrplänen aus AHS und HAK ist auf Grund der anders aufgebauten Gliederung schwierig.

Der Inhaltsbereich **Zahlen und Maße** enthält die wichtigsten Kompetenzen zu diesem Stoffgebiet. Einzig die Menge der komplexen Zahlen wird nicht angeführt. Auf eventuelle Vertiefungen, wie beispielsweise andere Zahlensysteme oder Arbeiten mit Primzahlen und Teilbarkeitsfragen, wird verzichtet.

Der zweite Inhaltsbereich, **Algebra und Geometrie**, umfasst ein breites Stoffspektrum. Lineare Gleichungssysteme mit zwei Variablen sollen aufgestellt und gelöst werden können, lineare Gleichungssysteme mit mehreren Variablen sollen mit Technologieinsatz gelöst werden. Gleichungen höheren Grades und der Fundamentalsatz der Algebra werden nicht erwähnt. Die analytische Geometrie wird auf das Interpretieren von Zahlentupel, die geometrische Deutung als Punkt und Pfeil und auf einfache Rechenoperationen mit Vektoren reduziert. Die nichtlineare Analytische Geometrie wird ebenfalls nicht erwähnt. Allgemein gesehen beschränken sich die Kompetenzen wirklich nur auf Grundkompetenzen und einen damit verbundenen groben Überblick.

Auch der dritte Inhaltsbereich, **funktionale Zusammenhänge**, beschränkt sich nur auf das Wesentliche. Lineare Funktionen und die damit verbundene Modellierung aus Problemstellungen spielen eine große Rolle. Potenz- und Polynomfunktionen sollen bis zum Grad 4 grafisch dargestellt und interpretiert werden können. Auch bei den Exponentialfunktionen ist der Bezug zu Verdopplungs- und Halbwertszeit angeführt. Modelle wie beschränktes oder logistisches Wachstum sind nicht mehr angeführt. In diesem Inhaltsbereich sind auch die Winkelfunktionen, ausgehend vom Einheitskreis mit den dazugehörigen Einheiten (Grad- und Bogenmaß), angeführt.

Im vierten Inhaltsbereich, **Analysis**, liegen die Schwerpunkte eher auf Interpretation als auf Rechenfertigkeiten. Es sollen lediglich elementare Grundfunktionen mit Ableitungsregeln differenziert werden können. Die Ableitungsregeln beschränken sich dabei auf die Summenregel, die Faktorregel und die Kettenregel. Somit sind die

Produktregel und die Quotientenregel nicht mehr relevant. Exponentialfunktionen oder gebrochen rationale Funktionen beispielsweise finden keine Anwendung mehr. Auch bei der Integralrechnung beschränkt man sich auf die Integration von Potenz- und Polynomfunktionen. Konkret erwähnt wird nur die Flächenberechnung, die Volumsberechnung jedoch nicht mehr. Auch andere Integrationsmethoden, wie die Substitutionsregel, die partielle Integration oder die Partialbruchzerlegung, sind im Leitfaden nicht enthalten.

Im fünften Inhaltsbereich, **Stochastik**, geht es um einen groben Überblick in der Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung. Die Inhaltsgebiete der Statistik werden mit Häufigkeitsverteilungen und statistischen Kennzahlen gut abgedeckt. Der Fokus liegt hier aber wieder auf Interpretation und Argumentation. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung ist hingegen nur sehr überblicksmäßig vorhanden. Es sind lediglich die Additions- und Multiplikationsregel, bedingte Wahrscheinlichkeit und die Binomialverteilung angeführt. Andere Verteilungen oder das Testen von Hypothesen sind nicht vorgesehen.

3.1.6. Analyse

Die letzten Jahre waren von Bildungsreformen und Gesetzesänderungen geprägt. Dieser Weg zu einer standardisierten zentralen Reifeprüfung zeigt auch bei der Berufsreifeprüfung seine Auswirkungen. Die gültige Rechtsgrundlage, die Berufsreifeprüfungscurriculaverordnung, ist teilweise nicht mehr an die heutigen Anforderungen angepasst, wodurch der Leitfaden an Bedeutung gewinnt. Die Unterschiede zwischen Leitfaden und Verordnung sind vor allem in den Inhaltsbereichen enorm. Diese waren in der Vergangenheit wesentlich mehr auf Rechenfertigkeiten fokussiert. Kenntnisse zu Stetigkeit, Grenzwert, Matrizen oder zu diversen Lösungsverfahren werden in der Verordnung klar verlangt, im Leitfaden jedoch nicht mehr erwähnt. Andererseits rückt das Argumentieren und Begründen im Leitfaden mehr in den Vordergrund. Mit den Handlungsbereichen und den damit verbundenen Deskriptoren wurde aber schon im Jahr 2008 der Grundstein für das heutige Kompetenzmodell gelegt. Der Handlungsbereich „Argumentieren und Begründen“ gewann mehr an Bedeutung, hingegen wurden aber bei den Inhaltsbereichen enorme Abstriche gemacht. In Lehrerkreisen stößt dies oft auf Kritik, weil ein runder Übergang von Berufsreifeprüfung zu mathematiklastigen Studienrichtungen nicht mehr gegeben sein könnte.

3.2. Lehrplan für Mathematik der AHS

In der Einleitung „Bildungs- und Lehraufgaben“ des Lehrplans wird Mathematik als Gegenstand vieler Lebensbereiche beschrieben. Gerade deswegen ist die Erziehung zu analytischem und folgerichtigem Denken von grundlegender Bedeutung. Als zentrale Anliegen werden die Beschreibung von Prozessen und Strukturen der umgebenden Welt und das Lösen von Problemen durch mathematische Verfahren und Techniken angeführt. Der Lehrplan wird eher formlos in folgende Kapitel gegliedert:

- Bildungs- und Lehraufgaben
- Mathematische Kompetenzen
- Aspekte der Mathematik
- Beitrag zu den Aufgabenbereichen der Schule
- Beiträge zu den Bildungsbereichen
- Didaktische Grundsätze
- Lehrstoff

3.2.1. Mathematische Kompetenzen

Bei mathematischen Kompetenzen wird zwischen drei verschiedenen Arten von Kompetenzen unterschieden. Mit „Kompetenzen, die sich auf Kenntnisse beziehen“ sind nur Kenntnisse über die Inhaltsbereiche Zahlen, Algebra, Analysis, Geometrie und Stochastik gemeint.

Die zweite Art „Kompetenzen, die sich auf Begriffe beziehen“ meint die Fähigkeit, Strukturen, Muster oder logische Beziehungen mit Hilfe der Mathematik als spezifische Sprache beschreiben zu können.

Die dritte Art sind „Kompetenzen, die sich auf mathematische Fertigkeiten und Fähigkeiten beziehen“. Diese Kompetenzen äußern sich in der Ausführung folgender mathematischer Aktivitäten:

- ***Darstellend-interpretierendes Arbeiten*** umfasst alle Aktivitäten, die mit der Übersetzung von Situationen, Zuständen und Prozessen aus der Alltagssprache in die Sprache der Mathematik und zurück zu tun haben;
- ***Formal-operatives Arbeiten*** umfasst alle Aktivitäten, die auf Kalkülen, bzw. Algorithmen beruhen, also das Anwenden von Verfahren, Rechenmethoden oder Techniken;

- **Experimentell-heuristisches Arbeiten** umfasst alle Aktivitäten, die etwa mit zielgerichtetem Suchen nach Gesetzmäßigkeiten, mit Variation von Parametern oder dem Aufstellen von induktiv gewonnenen Vermutungen zu tun haben;
- **Kritisch-argumentatives Arbeiten** umfasst alle Aktivitäten, die mit Argumentieren, Hinterfragen, Ausloten von Grenzen und Begründen zu tun haben;⁵

3.2.2. Aspekte der Mathematik

Es gibt verschiedene Aspekte der Mathematik, die SchülerInnen in ihrer Bildung beeinflussen sollen. Ein Ziel des Mathematikunterrichts soll die Schulung des Denkens in Bezug auf Arbeitstechniken, Strategien und Kreativität sein (**schöpferisch-kreativer Aspekt**). Auch die Fähigkeiten zum Argumentieren und Kritisieren sollen in einer exakten sprachlichen Ausdrucksfähigkeit erfolgen (**sprachlicher Aspekt**). Ein weiterer Aspekt ist eine spezielle Erfassung unserer Erfahrungswelt und die damit verbundene Fähigkeit die Erscheinung der Welt durch Abstraktion besser zu verstehen (**erkenntnistheoretischer Aspekt**). Für die berufliche Zukunft der Schülerinnen, Studium oder Arbeitswelt, ist die Mathematik ein nützliches Werkzeug oder sogar Voraussetzung (**Pragmatisch-anwendungsorientierter Aspekt**). Mathematik selbst hilft dem eigenen Denken mehr zu vertrauen, Thesen und vor allem Theorien fremder Meinungsmacher zu hinterfragen (**autonomer Aspekt**). Mathematische Erkenntnisse und Leistungen beeinflussen seit langem die Entwicklung des Kultur- und Geisteslebens und sind somit ein unverzichtbarer Teil der Allgemeinbildung (**kulturell-historischer Aspekt**).

3.2.3. Lehrstoff

Der Lehrstoff wird zunächst durch die verschiedenen Schulstufen geteilt. Innerhalb einer Schulstufe erfolgt eine klare Gliederung nach mathematischen Kapiteln mit Beschreibungen der mathematischen Anforderungen an die SchülerInnen. Der Lehrstoff ist im Allgemeinen wesentlich vertiefender und genauer. Folgende Stoffgebiete sind in der AHS vorgesehen, bei der Berufsreifeprüfung jedoch nicht:

- Darstellen von Zahlen in einem nichtdekadischen Zahlensystem,
- Arbeiten mit Primzahlen und Teilern, Untersuchen von Teilbarkeitsfragen,
- Kennenlernen von Polarkoordinaten,

⁵ Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur; Lehrplan Mathematik AHS; S.1

- Vektoren und analytische Geometrie der Ebene,
- Folgen und Reihen,
- Logarithmusfunktionen,
- Verkettungen von Funktionen,
- Analytische Geometrie des Raumes,
- Algebraische Gleichungen und komplexe Zahlen,
- Nichtlineare analytische Geometrie,
- Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung,
- Dynamische Prozesse,
- Kennen der Begriffe „stetige Zufallsvariable“ und „stetige Verteilungen“,
- Arbeiten mit der Normalverteilung in anwendungsorientierten Bereichen,
- Kennen und Interpretieren von statistischen Hypothesentests und Konfidenzintervallen;

3.3. Lehrplan für Mathematik der HAK

Der Lehrplan der Handelsakademie umfasst unter anderem die Studententafel, allgemeine Bildungsziele, allgemeine didaktische Grundsätze und konkrete Lehrpläne für alle vorgesehenen Unterrichtsfächer. Ähnlich zum Leitfaden der Berufsreifeprüfung heißt das Unterrichtsfach „Mathematik und angewandte Mathematik“. Die allgemeinen Grundsätze und Bildungsziele werden hier nicht mehr erläutert, sondern nur der konkrete Teil zu „Mathematik und angewandte Mathematik“. Dieser Abschnitt gliedert sich in „Bildungs- und Lehraufgabe“ und „Lehrstoff“.

3.3.1. Bildungs- und Lehraufgabe

Ähnlich zum Lehrplan der AHS werden Ziele und Erwartungen definiert, die SchülerInnen erreichen bzw. erfüllen sollen. Der Anwendungsbezug ist in Handelsakademien wesentlich wichtiger als in Allgemeinbildenden Höheren Schulen. SchülerInnen sollen eigenständig und im Team arbeiten können, eine aktive Lernposition einnehmen und sich mit wirtschaftlichen Problemen auseinandersetzen. Der Bezug zur Praxis und zum beruflichen Umfeld wird wesentlich deutlicher. Der Technologieeinsatz durch Computer Algebra Systeme oder beispielsweise grafikfähige Taschenrechner ist, wie in der AHS, Pflicht.

3.3.2. Lehrstoff

Schon die Fachbezeichnung „Mathematik und angewandte Mathematik“ deutet auf die Anwendungsorientierung hin. Wirtschaftliche Themengebiete wie die Zinsrechnung, die Schuldentilgung oder die Investitionsrechnung sind in jedem Jahrgang vorhanden. Das Unterrichtsfach Mathematik und angewandte Mathematik startet erst mit dem zweiten Jahrgang. Die Stoffgebiete werden ähnlich zum Lehrplan der AHS in die verschiedenen Jahrgänge aufgeteilt. Innerhalb eines Jahrgangs wird zwischen Basislehrstoff und Erweiterungslehrstoff unterschieden. Der Computereinsatz oder der Einsatz von zumindest grafikfähigen Taschenrechnern ist in jedem Jahrgang unter IT-Bezug angeführt. Im 3. und 4. Jahrgang wird für spezielle Kapitel auch ein Übungsfirmen-Konnex erwähnt. Die Stoffgebiete werden im Gegensatz zum Leitfaden der Berufsreifeprüfung und zum Lehrplan der AHS nur angeführt und nicht genauer beschrieben. Inhaltlich gesehen stimmen mathematische Basisgebiete überein. Folgende Stoffgebiete sind in einer Handelsakademie vorgesehen, bei der Berufsreifeprüfung jedoch nicht:

- Matrizen;
- Zinseszinsrechnung, Rentenrechnung, Schuldentilgung;
- Kurs- und Rentabilitätsrechnung, Investitionsrechnung;
- Regressionsrechnung, Korrelation, Kontingenz;

Der Erweiterungslehrstoff umfasst beispielsweise noch Stoffgebiete wie Vektoren, Ungleichungssysteme, Aussagenlogik und Boolesche Algebra, Kryptografie, Aktienanalyse oder lineare Optimierung.

Der Lehrstoff der Handelsakademie ist wesentlich umfangreicher wie der Lehrstoff der Berufsreifeprüfung. Aufgrund der sehr oberflächlichen Beschreibung der Stoffgebiete fällt ein detaillierter Vergleich schwer. Im Lehrplan der Handelsakademie liegen die Schwerpunkte auf den Stoffgebieten der Wirtschaftsmathematik, welche bei der Berufsreifeprüfung nur oberflächlich behandelt werden. Vektoren zählen bei der Berufsreifeprüfung zu den Grundkompetenzen, in der Handelsakademie zum Erweiterungsstoff.

4. Was ist Moodle?

Moodle zählt zu der Gruppe der LMS (Learning Management Systeme) auf Open-Source-Basis. Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen LMS, das Angebot wuchs in den letzten Jahren beträchtlich. LMS bildet eine Untergruppe der CMS (Content Management Systeme) wodurch sich die beiden Systeme sehr ähneln. Der Grundgedanke dieser Softwareart ist der, das System online dynamisch verwalten zu können. Man braucht für die inhaltliche Bearbeitung grundsätzlich nur einen gängigen Webbrowser. Die Inhalte sind dynamisch integriert. Im fixen Layout sind einzelne Contentfelder für Text oder Bilder integriert. Dies führt dazu, dass bei Änderungen nicht immer die ganze Website direkt bearbeitet werden muss, sondern lediglich der Inhalt verändert wird und danach automatisch in die Website eingefügt wird. Für die Aktualisierung der Inhalte benötigt man keinerlei HTML Kenntnisse, da alle Änderungen über eine integrierte Benutzeroberfläche vorgenommen werden können.

Die große Auswahl an CMS beziehungsweise LMS erfordert eine Konkretisierung der Funktionen. Daher stellt sich die Frage, welche Kriterien ein LMS auszeichnen. Rolf Schulmeister definiert ein LMS folgendermaßen:

Als Lernplattform oder Learning Management System (LMS) werden - im Unterscheid zu bloßen Kollektionen von Lehrskripten oder Hypertext-Sammlungen auf Web-Servern - Software-Systeme bezeichnet, die über folgende Funktionen verfügen:

- *Eine Benutzerverwaltung (Anmeldung mit Verschlüsselung)*
- *Eine Kursverwaltung (Kurse, Verwaltung der Inhalte, Dateiverwaltung)*
- *Eine Rollen- und Rechtevergabe mit differenzierten Rechten*
- *Kommunikationsmethoden (Chat, Foren) und Werkzeuge für das Lernen (Whiteboard, Notizbuch, Annotationen, Kalender, etc.)*
- *Die Darstellung der Kursinhalte, Lernobjekte und Medien in einem netzwerkfähigen Browser.⁶*

Martin Dougiamas begann im Jahr 1999 mit der Entwicklung einer Plattform, aus der im Laufe der Jahre Moodle wurde, eines der führenden LMS im Bildungssektor. Viele

⁶ Rolf Schulmeister; Lernplattformen für das virtuelle Lernen; Oldenbourg Verlag München Wien; 2003; S.10

Universitäten, Schulen und private Bildungsträger verwenden mittlerweile die freie Lernplattform. Ein großer Vorteil dieser Lernplattform ist nicht nur eine benutzerfreundliche und schnelle Installation, sondern auch der Kostenpunkt - Moodle ist grundsätzlich kostenlos. Zur Einrichtung einer Moodleplattform braucht man nur einen einfachen Server der PHP unterstützt und eine Datenbank. Die Installation ist nach einer Stunde erledigt und sollte für einen User mit durchschnittlichen Computerkenntnissen mit Hilfe einer der unzähligen Anleitungen kein Problem darstellen. Die Aktualisierung der Inhalte erfolgt wie bereits erwähnt über eine graphische Benutzeroberfläche.

4.1. Allgemeiner Aufbau

Moodle basiert auf einem Kurssystem. Den individuellen Einstellungen der Kurse sind fast keine Grenzen gesetzt. Der Zugriff auf jeden Kurs kann individuell konfiguriert werden, dass nur angemeldete TeilnehmerInnen diesen besuchen können, Gäste zugelassen sind oder zur Teilnahme ein Passwort erforderlich ist. Personen mit spezieller Berechtigung können virtuelle Kursräume erstellen, in denen Arbeitsmaterialien und Lernaktivitäten bereitgestellt werden können. Die interne Gliederung eines Kurses kann je nach Belieben zum Beispiel themenweise, wochenweise oder monatsweise erfolgen. Moodle verfügt über die wichtigsten Dienste wie Kalender, Chat und Mail. Jeder Kurs besteht aus Arbeitsmaterialien und Aktivitäten. Beispiele dafür sind Dateien, Links, Foren, Lernpakete, interaktive Tests, Wikis, Abstimmungen, Aufgaben, Bereiche für Abgaben oder externe Tools. Berechtigung und Sichtbarkeit einzelner Dokumente oder Aktivitäten können dabei frei gewählt und auf eigene Benutzerrollen abgestimmt werden. Die Benutzerstruktur ist hierarchisch aufgebaut. AdministratorInnen haben keine Einschränkungen und sind für die Verwaltung vorgesehen. Darunter stehen Rollen wie Manager, Course Creator, Teacher oder Student. Je weiter unten in der Hierarchie, desto weniger Rechte besitzen die User. Die verschiedenen Rollen können natürlich auch individuell gestaltet werden. Die Zugriffssteuerung erfolgt ermächtigungsbasiert, jede Benutzerrolle sollte nur notwendige Berechtigungen haben.

Moodle entspricht somit den Grundsätzen einer Lernplattform nach Schulmeister, verfügt aber über wesentlich mehr Funktionen, die für den Gebrauch im Unterricht von Vorteil sind.

4.2. Besondere Kursmodule

Wiki

„Wiki Wiki“ kommt aus dem Hawaiianischen und heißt übersetzt „schnell“. Wiki ist die Kurzform für „WikiWikiWeb“. Wikis sind Systeme von stark verlinkten Textseiten, die online von allen Benutzern editiert werden können. Die Erstellung und Verwaltung ist in Moodle sehr einfach. Für die Erstellung von Seiten sind keinerlei HTML-Kenntnisse notwendig. Neue Textseiten werden durch neue Verlinkungen sofort generiert und Links zu anderen Wiki-Seiten entstehen ebenso automatisch.

Durch Aktivierung der TeX-Notation können mathematische Formeln mit Hilfe von LaTeX problemlos integriert werden. Diese Eigenschaft macht Moodle zu einem kompakten System und für den Gebrauch im Mathematikunterricht besonders attraktiv. So können beispielsweise Theorieteile übersichtlich und gut strukturiert dargestellt werden. Lernende können die Inhalte optional editieren. Andererseits können Protokolle oder ähnliche Arbeiten von Gruppen gemeinsam erstellt und bearbeitet werden. Durch die integrierte Chat Funktion können Gruppenarbeiten auch ohne Face to Face Sitzungen erledigt werden.

Test

Das Modul für Tests ist für Lehrende als Lernkontrolle besonders mächtig. Es gibt zahlreiche bereits definierte Fragetypen wie beispielsweise Multiple-Choice, Lückentext, Zuordnungen oder einfach Freitext. Optional können Fragen einzelnen Pools zugeordnet werden und per Zufall aus einem Pool ausgewählt werden. Die Fragen liegen in einer zentralen Datenbank und können auch für andere Tests verwendet werden. Die Darstellung von mathematischen Ausdrücken funktioniert problemlos mit der TeX-Notation. Für jede einzelne Frage gibt es eine erreichbare Punktzahl, wodurch die Beurteilung und Benotung im Grunde automatisiert wird. Feedback und die richtige Lösung können entweder automatisch oder durch eine manuelle Rückmeldung erfolgen. Durch diese Gegebenheiten können dynamische Tests erstellt werden, die von Lernenden mehrmals wiederholt werden können, ohne dass aufgrund von Wiedererkennung die Fragen blind beantwortet werden können. Weiters erspart man sich für schriftliche Lernkontrollen im Unterricht, die zur Leistungsbeurteilung herangezogen werden, die Erstellung mehrerer Gruppen.

Java-Applets

Moodle unterstützt auch die Integration von Java-Applets. Mit Hilfe einer freien

Software wie beispielsweise GeoGebra oder Hot Potatoes können interaktive Worksheets auf HTML-Basis erstellt werden und leicht in einen Moodlekurs eingebunden werden. Unter interaktive Worksheets fallen Darstellungen mathematischer Sachverhalte wie etwa einfache geometrische Konstruktionen aber auch auf algebraischen Gleichungen basierende Funktionsgraphen. Mit dem integrierten Computeralgebrasystem (CAS) und einer eigenen Tabellenkalkulation verfügt man über die wichtigsten Methoden des schulischen Gebrauchs.

Oftmals wird GeoGebra in den Unterricht direkt mit einbezogen. Lernende können dann ihre erstellten Worksheets selbst in die Moodle Plattform laden. Dadurch fällt eine mögliche Beurteilung durch die Lehrperson leichter und Lernende können die Lösungswege ihrer MitschülerInnen analysieren.

5. Verwendung von LMS im Unterricht

Mit der Idee, Materialien wie Kalk und Gips als Schreibgeräte zu verwenden, legte man den Grundstein für den Unterricht mit Tafel und Kreide. Beim Vergleich von Aufnahmen einiger Klassenzimmer aus dem Jahr 1900 und heute hat sich im Wesentlichen - abgesehen von Sanitäreinrichtungen oder modernerer Möbel - nicht viel verändert. Heute noch läuft ein großer Anteil des Unterrichts im konventionellen Stil mit Tafel und Kreide ab. Vor allem im Mathematikunterricht bedeutet der Fortschritt der letzten Jahrzehnte leider oft nur die Verwendung eines Taschenrechners an Stelle eines Rechenschiebers. Die rasanten Entwicklungen der letzten drei Jahrzehnte haben die Welt technisch stark verändert. Erfindungen wie Internet, Handy, Tablets oder ähnliches sind aus unserem täglichen Leben fast nicht mehr wegzudenken. Es gibt kaum noch Bereiche, wo auf technische Hilfsmittel verzichtet wird. Die Integration der Technik in den Schulalltag und Unterricht geht aber leider nur sehr schleppend voran. Handys oder Tablets werden von den meisten Lehrenden als störend empfunden und abgelehnt, obwohl sie durchaus sinnvoll in den Unterricht eingebaut werden könnten. Die Verwendung von Taschenrechnern und vergleichbarer Technologie ist im österreichischen Schulsystem grundsätzlich nur eine Empfehlung. Genaue Standards oder Mindestanforderungen gibt es per Gesetz oder Lehrplan nicht. Erst durch die standardisierte schriftliche Reifeprüfung erfolgt auch der verpflichtende Einsatz von Technologie:

Für die Typ-2-Aufgaben hingegen wird der verbindliche Einsatz höherwertiger Technologie (DGS, CAS, Tabellenkalkulation) ab dem Haupttermin im Schuljahr 2017/18 in der RPVO festgelegt.⁷

Mit der Einbindung technischer Hilfsmittel in den Unterricht kann die Lehrperson ihre Methodenvielfalt erweitern und somit den Unterricht durchaus bereichern. Im weiteren Verlauf wird die Einbindung einer Lernplattform in den Unterrichtsalltag beschrieben.

5.1. Lernplattformen als organisatorische Hilfsmittel

Es gibt verschiedene Methoden eine Lernplattform in den Unterricht einzubinden. Hierbei unterscheidet man auch, ob eine Lernplattform lediglich ein digitales

⁷ Bundesinstitut Bifie; Die standardisierte schriftliche Reifeprüfung in Mathematik; https://www.bifie.at/system/files/dl/srdp_ma_konzept_2013-03-11.pdf (03.05.2014); S.24

Hilfsmittel, oder echter Teil des Unterrichts ist. Viele Lehrende verwenden Lernplattformen lediglich als einfache Möglichkeit zur Verteilung von Lernmaterialien. Schulmeister benutzt für diese Art der Verwendung den Begriff „Plattform als Fundgrube“. Dabei werden in die Lernplattform lediglich Zusatzmaterialien gestellt, die das Wissen der Lernenden vertiefen sollen oder ihnen helfen sollen, die Lerninhalte besser zu verstehen. Weiters können ausgeteilte Materialien digital zur Verfügung gestellt werden. Problematisch für Lernende kann sein, dass die Verbindungen zwischen den Lernmaterialien auf der Plattform und dem Stoff der Präsenzveranstaltung selbst hergestellt werden müssen. Daher ist eine gute Strukturierung von Vorteil, wenn nicht sogar notwendig. Dies ist in den meisten Lernplattformen mit der Erstellung von einzelnen Themen oder Ordnern schnell umsetzbar. Aber auch die kurze Erwähnung im Präsenzseminar, damit Lernende nicht völlig allein gelassen werden, trägt zu einem Mehrwert bei. Die Lernplattform reduziert sich dabei auf die Funktion eines Lehrbuches oder einer Bibliothek. Diese Ansammlung von Information auf der Lernplattform kann eine Bereicherung sein, ist aber nicht essentiell. Ein weiterer großer Vorteil dabei ist, dass die Materialien ortsunabhängig und ständig abrufbar sind. Lernende sind immer wieder schlecht organisiert und chaotisch, ausgeteilte Blätter gehen oft verloren und fehlen den Lernenden. Mit einer Lernplattform wirkt man diesem Aspekt gut entgegen. Positiv zu erwähnen wäre noch, dass Lernende auch Zugriff auf Arbeitsmaterialien haben, obwohl sie den Unterricht versäumt haben.

Eine Erweiterung des Modells „Plattform als Fundgrube“ ist das Modell „Plattform als Informationsbörse“. Dabei kommt zum Dateiaustausch noch der Informationsaustausch hinzu. Diese Informationen können organisatorische oder auch fachliche Details beinhalten, weiters auch Tipps zu einzelnen Aufgaben, Prüfungstermine oder sonstige Verlautbarungen. Auch eine Dokumentation zu durchgenommenen Lerninhalten fällt unter diesen Informationsaustausch. Im Fall einer Abwesenheit können sich Lernende selbst Informationen einholen und bei Fragen mit anderen Lernenden oder der Lehrperson kommunizieren. Klassische Werkzeuge für den Informationsaustausch dieser Art sind Foren, die E-Mail Funktion aber auch einzelne Textseiten. Für diese beiden Modelle hält sich der Arbeitsaufwand für Lehrende gering, die ausgeschöpften Möglichkeiten jedoch auch. Didaktische Vorteile und Bereicherungen von Lernplattformen kommen bei diesen Modellen noch nicht vor. Sie dienen Unterrichtsformen respektive Schulformen, die sich nur auf Präsenzanteile konzentrieren und den Austausch von Informationen vereinfachen sollen.

5.2. Präsenzunterricht mit E-Learning-Elementen

Ein nächster Schritt hin zum reinen virtuellen Lernen wäre die Erweiterung des Modells „Plattform als Informationsbörse“ um einen Übungsbereich. Im optimalsten Fall beinhaltet dieser Übungsbereich eine automatische und qualifizierte Rückmeldung an den Lernenden. Mit dem Testmodul einer Moodleplattform lässt sich dies verwirklichen, ist jedoch mit einem intensiveren Zeitaufwand in der Erstellung verbunden. Die Zeit ist aber nicht verloren, weil Korrekturen automatisch stattfinden. Weiters ist der Test dynamisch. Einzelne Fragen können einfach geändert oder ausgeblendet werden. Die erstellten Tests können damit für verschiedene Zwecke wiederverwendet werden, wodurch sich dieser Zeitaufwand auf lange Sicht rentiert. Es ist aber auch eine hervorragende Möglichkeit, den Wissensstand der Lernenden in einem Präsenzseminar mit großen Gruppen zu überblicken. Der Lehrende erhält eine gute Statistik über das Antwortverhalten der Lernenden und dementsprechend gutes und objektives Feedback. In Schulen, wo die Leistungsbeurteilung nicht nur auf einer einzelnen Prüfung beruht, kann dieser Übungsbereich auch zur Leistungsbeurteilung herangezogen werden. Konkret handelt es sich dann um einen reinen Präsenzunterricht mit einem begleitenden Online-Übungsteil auf der Lernplattform.

Dieses Modell stellt bereits eine Möglichkeit zum E-Learning dar. Aber wie definiert man E-Learning eigentlich? Verschiedene Wissenschaftler definieren E-Learning ähnlich, eine standardisierte wissenschaftliche Definition von E-Learning gibt es jedoch nicht. Stattdessen definieren verschiedene Wissenschaftler E-Learning mit kleinen Abweichungen. Kerres und de Witt definieren den Begriff E-Learning folgendermaßen:

Mit dem Begriff eLearning sind alle Varianten von Lehr- und Lernaktivitäten gemeint, die das Internet für Information oder Kommunikation nutzen.⁸

Nach dieser Definition lässt E-Learning einen breiten Spielraum zu. Der Kernpunkt in dieser Definition ist die Verwendung des Internets. Exakte Grenzen existieren aber nicht. So könnte man die Modelle „Plattform als Fundgrube“ und „Plattform als Informationsbörse“ schon unter E-Learning einordnen. Meist liegt der Schwerpunkt von E-Learning aber auf multimedialen Lernobjekten, wie es auch in dieser Arbeit der Fall ist.

Mit dem Fortschritt der Technik ist die Erstellung von multimedialen E-Learning Elementen relativ einfach geworden. Multimedia meint die Kombination

⁸ Mayer, Treichel; Handlungsorientiertes Lernen und eLearning; Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH; 2004; S.78

verschiedener Medien, wie beispielsweise die Kombination von Bild und Text oder die Kombination von Text, Bild und Ton. Gerade durch diese Kombinationen werden Lerntypen wie der auditive Lerntyp, der visuelle Lerntyp oder beispielsweise der medienorientierte Lerntyp angesprochen. Hier erfolgt bereits eine Individualisierung der Lernobjekte für verschiedene Lernende, obwohl es sich um ein und das selbe Lernobjekt handelt. Um die Definition von Kerres und de Witt etwas zu präzisieren, kann also E-Learning als ein multimedialer Lernprozess, unterstützt von Informations- und Kommunikationstechnologie, verstanden werden. E-Learning benötigt die Komponenten Informationen, Aktivitäten, Abläufe, Technik und Mensch. Ein LMS ist dabei nicht zwingend Voraussetzung. Es handelt sich bereits um E-Learning, wenn Lernende selbst zu mathematischen Problemstellungen im Internet recherchieren um einen passenden Lösungsweg zu finden.

E-Learning kann also auch ohne LMS erfolgen, jedoch sind Lernplattformen mit den integrierten Modulen beim Erstellungsprozess von großem Vorteil. Mathematische Schreibweisen variieren oft, daher können Lernunterlagen aus dem Internet, die nicht von der Lehrperson erstellt wurden, den Lernprozess erschweren. Auch verschiedene Zugänge können für Lernende manchmal mehr verwirrend als helfend wirken. Ein LMS bietet dabei eine gute Möglichkeit für ein kompaktes System, wodurch man bei guter Erstellung und Strukturierung wenig andere Quellen braucht. Die technischen Entwicklungen und die gesellschaftlichen Folgen der letzten Jahre zeigen ihre Spuren nicht nur bei E-Learning, sondern auch mit E-Learning verbundenen, verschiedenen Unterrichtsformen. Der Drang zum konstruktiven und entdeckenden Lernen oder allgemein zum handlungsorientierten Lernen wird immer größer. Diese Theorien werden auch aus den Bereichen der Neurobiologie unterstützt. Einerseits gibt es die abstrakt-analytisch denkende Gehirnhälfte und andererseits die konkret-synthetisierende Gehirnhälfte. Die Nutzung beider Gehirnhälften gleichzeitig führt zu einer deutlichen Steigerung der Lernfähigkeit. Genau dies wird mit E-Learning, oder besser gesagt mit multimedialen Lernobjekten, erreicht.

Ein mögliches Beispiel dafür wäre eine graphische Darstellung eines Sachverhalts mit Erläuterungen. Es gäbe die Möglichkeit, die Erläuterungen in Textform anzugeben, dann würden beide medialen Kommunikationen, die graphische Darstellung und die Erläuterung, in visueller Form auftreten. Durch eine auditive Erläuterung, in Form eines Videos oder einer rein akustischen Erklärung, wird der Lernende auditiv und visuell angesprochen. Dies führt zur Aktivierung beider Gehirnhälften und einer Steigerung des Lernertrages. Ein Problem dabei ist aber wiederum, dass bei Erläuterungen in Textform das Tempo des Lernenden selbst

bestimmt werden kann. Auditive Erläuterungen sind sehr flüchtige Informationsangebote, wo auf das Lerntempo des jeweiligen Lernenden nicht eingegangen wird, was aber durch eine gute Integration und mehrfacher Möglichkeit zum Abspielen wieder ausgeglichen werden kann.

Bilder werden im Gegensatz zu Texten von Lernenden oft als leichter verständlich empfunden. Bei Bildern besteht daher die Gefahr, dass der tiefere Sinn vom Lernenden unterschätzt wird. Beim Verstehen von Texten wiederum strengt sich der Lernende im Allgemeinen mehr an. Deswegen ist die richtige graphische Darstellung, aber auch die richtige Kombination von Bild und Text, von hoher Wichtigkeit. Bilder können natürlich auch in beweglicher Form eingebunden werden. Untersuchungen zeigen jedoch, dass bewegliche graphische Darstellungen im Gegensatz zu statischen Darstellungen nicht immer zu einem Mehrwert führen. Um diesen trotzdem zu erreichen, ist der richtige Einsatz und vor allem eine gute didaktische Aufbereitung notwendig.

Die Verwendung von auditiven, akustischen und visuellen Informationsquellen scheint also von Vorteil zu sein. Im Allgemeinen besteht bei vielfältigen multimedialen Lernobjekten jedoch die Gefahr der Überlastung. Der Reiz mehrerer Sinne gleichzeitig kann sehr schnell zur Überforderung und folglich zur Demotivation führen. Um dem entgegen zu wirken ist es wichtig, das Lerntempo in allen Eigenschaften des Lernobjekts vom Lernenden selbst bestimmen zu lassen. Bei E-Learningelementen, die nicht im Präsenzunterricht behandelt werden, fehlt die Lehrperson und somit auch die ständige Anpassung an die Lernenden. Die Schwierigkeit im E-Learning liegt darin, diese Einstellung auf die aktuelle Situation anzubieten. Die beste Lösung dafür ist vermutlich eine mögliche Variation des Lerntempos durch den Lernenden selbst. Eine weitere Möglichkeit, dies zu gewährleisten, ist eine gute Strukturierung oder eine Suchfunktion. So ist der Lernende in der Lage, selbst Querverbindungen herzustellen und damit die Wissensbildung zu fördern. Dies ist mit modernen Lernplattformen wie etwa Moodle und einer guten didaktischen Aufbereitung des Kursraumes leicht möglich. Um die Erstellung von E-Learning Elementen didaktisch begründet verwirklichen zu können, müssen jedoch die verschiedenen theoretischen Lernmodelle berücksichtigt werden.

5.2.1 Lerntheoretische Grundlagen für E-Learning

Für E-Learning sind im Wesentlichen drei grundlegende lerntheoretische Positionen von großer Bedeutung, nämlich die behavioristische, die kognitive und die konstruktivistische Theorie. Diese drei Grundpositionen beeinflussen die Gestaltung

von Lernprogrammen unterschiedlich. Je nachdem, um welchen Wissensstand, Stoffgebiet und Lerntyp es sich handelt, ist meist eine Theorie oder ein Mischung aus den Theorien besser geeignet.

Der behavioristische Ansatz

Das behavioristische Lernmodell geht unter anderem auf den amerikanischen Psychologen B. F. Skinner zurück. Lernen nach dem behavioristischen Ansatz erfolgt durch eine Reiz-Reaktions-Kette. Erwünschte positive Reaktionen sollen durch Belohnung gestärkt werden um sie bei zukünftigen ähnlichen Ereignissen erneut hervorzurufen. Lernende sollen auf eine gewisse Art konditioniert werden. Negative Reaktionen sollen durch das Ausbleiben von Belohnung dezimiert werden. Belohnung und Bestrafung (in Form von keiner Belohnung) sind also zentrale Aspekte des Lernerfolges. Belohnungen verstärken verschiedene Handlungen, und Bestrafungen schwächen Handlungen wiederum ab. Die Erreichung eines vorgegeben Lernzieles erfolgt mit Hilfe hervorgerufener Hinweisreize durch bestimmte Information und darauffolgender Belohnung. Die inneren Prozesse von Lernenden werden nicht geleugnet, sondern mit Absicht außer Acht gelassen, weil sie nicht messbar sind. Das Innere des Lernenden wird demzufolge als „Black Box“ gesehen.

Diese Methode unterstützt das klassische „Einpauken“ von Informationen. Bei längeren und komplexeren Lernzielen wird der Lernstoff in kleine Lernschritte zerlegt. Mit diesen grundlegenden Gedanken formulierte Skinner die sieben Prinzipien zum programmierten Lernen:

- 1. Auf jede Antwort muss eine Rückmeldung erfolgen.*
- 2. Der Lerner sollte in seinem persönlichen Lerntempo den Stoff bewältigen.*
- 3. Die Lernziele müssen für den Lerner klar definiert werden.*
- 4. Aufgaben sollten mit hoher Wahrscheinlichkeit (über 90 Prozent) gelöst werden können.*
- 5. Der Lernstoff sollte in Abfolge von Frage-Antwort-Kombination gegliedert werden.*
- 6. Die Aufgaben sollten so gestellt sein, dass sie vom Lerner möglichst aktiv bearbeitet werden können.*
- 7. Engagiertes Arbeiten sollte durch Belohnung bekräftigt werden.⁹*

⁹ Mayer, Treichel; Handlungsorientiertes Lernen und eLearning; Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH; 2004; S.64

Durch diese Prinzipien wird dem Lernenden eine genaue Struktur und im Besonderen ein genauer Weg für seine Denkopoperationen vorgegeben, den dieser selbständig zu durchlaufen hat. Die einzelnen Lernschritte sollen nur so groß sein, dass der Lernende sie auf einmal verarbeiten kann. Wichtig ist die Möglichkeit zur aktiven Bearbeitung des Lernstoffes und einer Möglichkeit zur Erfolgskontrolle. Die sofortige Rückmeldung auf die richtigen Lernschritte belohnt den Lernenden prompt und dient dadurch als Verstärker. Durch mehrmaliges Wiederholen soll der Lernende richtig konditioniert werden. Fehlerhafte Antworten sollten vermieden werden, da sie das Gegenteil bewirken. Gerade um dies zu vermeiden, sollten die Aufgaben mit über 90 prozentiger Wahrscheinlichkeit gelöst werden können. Die Gliederung jedes Lernschrittes beim programmierten Lernen erfolgt durch drei wesentliche Schritte. Am Beginn steht eine sorgfältig ausgewählte Information, gefolgt von einer Aufgabe zur aktiven Verarbeitung. Am Ende soll eine Erfolgskontrolle die Überprüfung des Lernerfolgs anzielen.

Vor allem der Beginn des E-Learning war durch den Behaviorismus geprägt. Trotz der Kritik, dass innere Prozesse nicht außer Acht gelassen werden können, findet die behavioristische Lerntheorie nach wie vor große Verwendung bei Übungsprogrammen oder Tutorials. Die Zerlegung komplexerer Lernziele in kleine Lernschritte führt oft zu zusammenhanglosem Wissen, welches zwar vorhanden, aber in relevanten Problemstellungen nicht abrufbar ist. Lernende bekommen so gut wie keine Kompetenzen realistische Probleme zu lösen. Weiters fehlt die Strategie, sich Problemlösen oder eigenverantwortliches Lernen selbst anzueignen. Das Prinzip, die Fehlerquote gering zu halten, kann so auch nicht verallgemeinert werden. Fehler können besonders im Fach Mathematik eine wichtige Informationsquelle sein und folglich die Wissensbildung positiv beeinflussen. Ein weiterer Kritikpunkt am Behaviorismus ist, dass Lernende durch leichte Aufgaben schnell an Motivation verlieren. Untersuchungen zeigen, dass zumindest erfolgsorientierte Lernende bei Aufgaben mit einer Erfolgswahrscheinlichkeit um 50 Prozent einen höheren Anreiz empfinden.

Trotz der vielen Kritik gibt es viele sinnvolle Einsatzmöglichkeiten, wie beispielsweise das sture Auswendiglernen von Vokabeln. Für komplexere Problemstellungen, die zusammenhängendes Denken erfordern, können kognitive Konzepte jedoch nicht außer Acht gelassen werden.

Der kognitivistische Ansatz

Die kognitivistische Lernmethode orientiert sich an geistigen Prozessen wie Denken, Planen, Erwarten oder Aufmerksamkeit. Kognition bezieht sich auf alle Vorgänge, die

über Reize und die damit verbundene Wahrnehmung zur Wissensbildung führen. Im Zentrum stehen die Denk- und Verarbeitungsprozesse der Lernenden, die durch individuelle Informationsverarbeitung ausgelöst werden. Wesentlich dabei ist, dass der Lernende selbst aktiv an allen Prozessen beteiligt ist. Das Ergebnis sind keine reinen Verbindungen zwischen Reizen und Reaktionen, sondern zusammenhängende Strukturen. Die Wissensbildung beim kognitivistischen Ansatz erfolgt durch Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und anschließender Informationsspeicherung. Der Fokus liegt auf dem Prozess der Verarbeitung und die daran gebundenen fördernden Methoden und Problemstellungen. Dadurch erhält die Informationsaufbereitung und die damit verbundene Methode wiederum eine entscheidende Rolle.

Im Allgemeinen kann man bei der kognitivistischen Lerntheorie zwischen mechanischem und sinnvollem Lernen unterscheiden. Mit mechanischem Lernen ist das klassische „Auswendiglernen“ gemeint. Information wird wortwörtlich abgespeichert und nicht mit Vorwissen verknüpft. Diese Art beherrscht oft den Alltag, beispielsweise beim kurzzeitigen Merken von Adressen oder Telefonnummern. Sinnvolles Lernen bedeutet die Verbindung mit bereits vorhandenen Strukturen. Diese beiden Lernformen kann man wieder in rezeptives und entdeckendes Lernen teilen. Damit ergeben sich folgende Kombinationen:

	mechanisches Lernen	sinnvolles Lernen
rezeptiv	Die dargebotenen Informationen werden wortwörtlich gelernt und nicht mit dem Vorwissen assimiliert.	Die dargebotenen Informationen werden inhaltlich gelernt und mit dem Vorwissen assimiliert.
entdeckend	Ein vom Lerner entdeckter Sachverhalt wird wortwörtlich gelernt und nicht mit dem Vorwissen assimiliert.	Ein vom Lerner entdeckter Sachverhalt wird inhaltlich gelernt und mit dem Vorwissen assimiliert.

Die vier Grundformen des Lernens nach Ausubel¹⁰

¹⁰ Edelman, W.; Lernpsychologie; Weinheim; 1993; S.239

Im Fach Mathematik findet das mechanische Lernen leider zu oft Anwendung. Hierbei fehlen aber die logischen Querverbindungen und die korrekte Wiedergabe des Wissens im Anwendungskontext. Beim sinnvollen Lernen wiederum ist der Lernende in der Lage das Wissen mit seinen eigenen Worten wiederzugeben und im Anwendungskontext richtig abzurufen. Diese Fähigkeit ist besonders wichtig, um den mathematischen Anforderungen der heutigen Zeit in Bezug auf Argumentieren und Begründen gerecht zu werden. Ein weiterer Vorteil des sinnvollen Lernens ist die Berücksichtigung und Anbindung an bereits angeeignetes Wissen. Um diese Strukturbildung bestmöglich zu gewährleisten, ist die Ausgangslage des Lernenden von großer Bedeutung. Obwohl die Lernelemente dem Lernenden meist in fertiger Form präsentiert werden, ist sinnvolles Lernen ein individueller aktiver Vorgang, da die Herstellung von Verbindungen und die Bildung von Wissen vom Lernenden selbst erfolgen. Die Wahl zwischen rezeptivem oder entdeckendem Zugang richtet sich in erster Linie nach dem Lerninhalt selbst. Ein weiteres Kriterium für die Wahl ist das Alter. Kinder lernen besser entdeckend, weil rezeptives Lernen in der kognitiven Entwicklung erst später auftritt. Entdeckendes Lernen unterscheidet sich vom rezeptiven Lernen einzig dadurch, dass die Information nicht direkt dargeboten wird, sondern vom Lernenden „entdeckt“ wird. Beim rezeptiven Lernen hingegen werden Lerninhalte dem Lernenden in fertiger Form präsentiert. Die Steuerung des Lernvorgangs erfolgt beim entdeckenden Lernen durch den Lernenden selbst und nicht durch das Lernobjekt. Entdeckendes Lernen führt zur Entwicklung und Aneignung von Techniken zur Problemlösung. Im Speziellen ist damit die Erfassung und Analyse einer Problemstellung, das Formulieren daraus resultierender Hypothesen und die Prüfung dieser gemeint. Die Informationen sind nicht fertig strukturiert und müssen erst durch den Lernenden aufgefunden, priorisiert und neu geordnet werden.

Im Mathematikunterricht ist die Wichtigkeit der Kompetenz des Problemlösens in den letzten Jahren im Ansteigen. Der Kreislauf nach Blum und Leiß, wo die mathematische Modellierung eines realen Problems erfolgt, wird als Grundlage zur Modellierung eines Sachverhaltes herangezogen. Gerade hier benötigt man diese Fähigkeiten dringend.

Häufig führt entdeckendes Lernen aufgrund dieses selbstständigen Problemlösens zu mehr Motivation und Lernbereitschaft bei Lernenden. Bezüglich E-Learning kann man folgern, dass ein reines Frage-Antwort-Schema zu wenig Spielraum bietet. Lernende müssen die Möglichkeit haben, ihr bereits vorhandenes Wissen zu aktivieren, um eine Anknüpfung zu ermöglichen. Aufgaben mit Freiraum zur Simulation, zum Probieren oder einfach nur zum Suchen sind hierfür besser

geeignet. Wichtig ist die Freiheit des Lernenden, Wege und Strategien selbst zu wählen und die Steuerung des Lernprozesses in eigener Hand zu haben.

Der Kognitivismus wird oft von Vertretern des konstruktivistischen Ansatzes kritisiert, weil der Lernweg mit dem damit verbundenen Ergebnis bereits vorliegt. Der Lernende kann zwar zu richtigen Ergebnissen kommen, was falsch oder richtig ist wurde aber bereits zuvor definiert.

Der konstruktivistische Ansatz

Im Gegensatz zum behavioristischen und kognitiven Ansatz konzentriert sich die Theorie des Konstruktivismus auf die individuelle Wahrnehmung und Interpretation. Eine externe Welt existiert zwar, kann aber nicht auf objektive Weise wahrgenommen werden. Im Mittelpunkt steht der Mensch selbst, der durch Sinneswahrnehmungen keine objektiven Abbilder einer Wirklichkeit bildet, sondern seine individuellen Konstruktionen der Wirklichkeit. Der Konstruktivismus besagt also, dass die Wissensbildung immer durch eine individuelle Konstruktion von Konzepten und Ideen und immer in Bezug auf das bereits vorhandene Wissen erfolgt. Eine allgemeingültige Wirklichkeit mit allgemeingültigem Wissen existiert nicht, sondern unendlich viele verschiedene Auffassungen, die ein wirkliches Phänomen widerspiegeln. Im Gegensatz zum Kognitivismus, der besagt, dass Wissen durch einen Informationsverarbeitungsprozess entsteht, geht es beim Konstruktivismus um einen aktiven Lernenden, der durch individuelle Konstruktionen in einem sozialen Umfeld sein Wissen erweitert. Der Lernprozess selbst ist sehr offen und individuell. Nach dieser Theorie gibt es kein richtiges oder falsches Wissen, sondern lediglich aus persönlichen Erfahrungen jedes Einzelnen entstandene, verschiedene Sichtweisen. Eine Kontrolle oder eine Vorausplanung des Lernprozesses ist daher nicht möglich. Ziel ist es, dass Lernende in der Lage sind, mit einer Situation umzugehen und Lösungen zu entwickeln. Lernende stehen klar im Zentrum, und die Lehrperson übernimmt nur die Rolle eines Coachs, um sie bei der Konstruktion von Wissen zu begleiten. Aus wenigen Informationen heraus sollen Lernende selbst Probleme definieren und lösen können. Diese Anregungen und Hilfestellungen können natürlich auch medial, wie beispielsweise durch eine Lernplattform, erfolgen und damit lernfördernd wirken. Medien dienen als Werkzeuge zur Realisierung von Lernumgebungen für ein aktives sinnvolles Lernen. E-Learning Elemente dieser Art sollen dem Anwender helfen Fragen zu finden, diese zu verstehen und somit die Problematik zu durchschauen. Bei der Erstellung solcher Lernumgebungen gibt es wesentliche Gestaltungsprinzipien. Lernobjekte sollen auf authentischen Aufgaben oder auf komplexen Anwendungskontexten beruhen. Weiters sollen sie die

Anwendung des Wissens in multiplen Kontexten und unter multiplen Perspektiven ermöglichen. Ein weiteres Gestaltungsprinzip ist die Förderung von kooperativem Lernen in sozialen Kontexten.

Ein Kritikpunkt am Konstruktivismus ist die Ablehnung von instruktionalen Komponenten im Lernprozess. In vielen Fällen ist dieser Verzicht nicht empfehlenswert. Vor allem bei komplexen Lernobjekten und Anfängern ist die konstruktivistische Theorie oftmals nicht geeignet.

Durch den Einsatz von E-Learning Elementen geht der Unterricht in eine handlungsorientiertere Richtung. Diese Handlungsorientierung fördert eine aktive und umfassendere Auseinandersetzung mit dem Lernobjekt und führt zu einer leichteren und effektiveren Aneignung des Wissens. Um eine bestmögliche Unterstützung durch E-Learning zu erhalten, müssen die eben erwähnten Lernmodelle berücksichtigt und richtig eingesetzt werden. Der Konstruktivismus und Formen des Kognitivismus, wie das entdeckende Lernen, gehen mehr auf individuelle Unterschiede ein und unterstützen die Handlungsorientierung deutlich besser. Fähigkeiten wie komplexes Problemlösen, kritisches und vernetztes Denken sowie Selbstständigkeit werden ebenfalls gut gefördert.

Es gibt eine Vielzahl von Ansätzen und Kombinationen dieser drei Lerntheorien. Moderne Modelle beinhalten noch eine instruktionalistische Komponente, um Lernende mit dem Stoff nicht alleine zu lassen. Besonders im Fach Mathematik ist rein entdeckendes Lernen eher schwierig. Mit Hilfe einiger Instruktionen wird die Wissenskonstruktion deutlich erleichtert.

Der behavioristische Ansatz dient wiederum der schnellen Aneignung eines gewissen Basiswissens. Auch wenn Lernende in relativ kurzer Zeit über ein Überblickswissen eines für sie völlig neuen Stoffgebiets informiert werden sollen, eignet sich eine behavioristische Lernmethode. Im Allgemeinen kann behauptet werden, dass jedes Lernmodell seine Vorteile mit sich bringt. Je nach Lerntyp, Fachgebiet und Lernobjekt sollte ein eigens gewähltes Modell oder eine Kombination zum Einsatz kommen.

5.3. Konzeption von E-Learning

Das Internet ermöglicht eine neue Dimension von Lernen. Die Lernorganisation bezüglich Zeit und Ort wird flexibler, Recherchen und Aufbereitung von Daten vereinfacht, aber auch die Kooperation und Kommunikation zwischen Lernenden und Lehrenden wird erleichtert. E-Learning bedeutet meist aber auch eine höhere Aktualität von Lernobjekten.

E-Learning stellt jedoch hohe Anforderungen an die Lehrenden oder Ersteller der Lerninhalte. Erst eine gut durchdachte Konzeption aus neuen Medien und didaktischen Aspekten bildet gute Rahmenbedingungen für die Lernenden.

Ein E-Learning Element besteht nach Kerres und de Witt aus den drei Komponenten Content, Communication und Construction. Die Content-Komponente beinhaltet Materialien, die den Lernprozess beim Lernenden anregen. Mit der Construction-Komponente ist gemeint, dass individuelle und kooperative Lernaktivitäten zu einem Output führen. Die Kommunikations-Komponente beinhaltet alle Formen des Informationsaustausches zwischen Lernenden und Lehrenden. Die Ausprägung jeder Komponente bleibt offen, sie muss nicht in jedem E-Learning Element gleich sein. Es gibt keine allgemein richtige Konzeption, da die Anforderungen von Lernobjekt zu Lernobjekt variieren. Die drei Komponenten stehen relativ zueinander, die Ausprägung jeder Komponente entscheidet die individuelle Situation. Für einen optimalen Lernerfolg gilt es die richtige Mischung der drei Komponenten zu finden.

Der behavioristische Ansatz legt seinen Schwerpunkt auf die Content-Komponente. Durch das Zerlegen des Lernstoffes in kleine Lerneinheiten ist der Lernfortschritt jederzeit abprüfbar. Voraussetzung ist ein aktiver Lernender. Der Lernfortschritt ist stark mit dem Verhalten des Lernenden verbunden, nur durch die aktive Bearbeitung der Aufgaben und die Abarbeitung der einzelnen Schritte wird ein Lernerfolg erkennbar. Vor allem bei komplexen Stoffgebieten und Anfängern gilt der Behaviorismus jedoch als ungeeignet. Eine Vermischung mit dem kognitivistischen Ansatz und dem konstruktivistischen Ansatz ist für den Lernertrag empfehlenswert. Erst durch die Berücksichtigung der Denkprozesse und Wahrnehmungen erfolgt eine Individualisierung und ein besserer Lernerfolg. Die Rolle der personalen Kommunikation rückt beim Behaviorismus eher in den Hintergrund. Kommunikation in Form von Rückmeldung, meist durch Computersysteme automatisiert, ist für den Lernprozess jedoch erforderlich. Durch die Möglichkeit zur Wiederholung der Aufgaben und der damit verbundenen Rückmeldungen, ist beim behavioristischen Modell ein Lernen ohne personale Kommunikation möglich.

Bei der Zuordnung der Content-Komponente mit dem konstruktivistischen Ansatz ergibt sich eine wesentlich größere Bandbreite. Eine Möglichkeit zur Verwirklichung wäre die Präsentation der Lerninhalte durch verschiedene Sichtweisen. Dies fördert den flexiblen Einsatz des Wissens bei unterschiedlichen Anwendungssituationen und Aufgabenkontexten. Eine zweite Möglichkeit wäre, den Lernenden durch ein zusammenhängendes komplexes Problem zu einer intensiveren Auseinandersetzung zu motivieren. Dies soll zur Anwendung des Wissens in anderen authentischen Problemsituationen führen. Kommunikation wird bei diesen Möglichkeiten im Grunde

nicht konkret definiert, trotzdem kann Kommunikation jeder Art nie von Nachteil sein. Allgemein gesehen charakterisieren konstruktivistische Ansätze die Bearbeitung möglichst authentischer Probleme, Fälle oder Projekte in individueller Form oder in Gruppenarbeiten.

Der größte Unterschied zwischen behavioristischen und konstruktivistischen Ansätzen liegt darin, dass der Lernstoff beim Behaviorismus in kleine Schritte zerlegt wird. Der Konstruktivismus hingegen, bezieht sich auf größere Lerneinheiten, Strukturen und Zusammenhänge, wodurch erst ein grundlegendes Verständnis für Zusammenhänge entwickelt werden kann. Folglich wird somit durch den Konstruktivismus sinnvolles Lernen ermöglicht.

5.4. Lernplattformen zum virtuellen Lernen

E-Learning, wie vorhin beschrieben, geht bereits in die Richtung des virtuellen Lernens, was sich grundlegend von der klassischen Präsenzlehre unterscheidet:

Im Präsenzstudium befinden sich die Studierenden von vornherein in einer sozialen Umgebung, während sie in der virtuellen Umgebung zunächst nur dem Lerngegenstand begegnen und eine soziale Präsenz erst mühsam hergestellt werden muß. Für die Studierenden im virtuellen Studium ist das Lernobjekt deshalb bedeutsamer als im Präsenzstudium, weil sie mit ihm streckenweise allein gelassen sind.¹¹

In Präsenzseminaren stehen Aspekte wie Kommunikation unter Teilnehmern, der Austausch von Studienstrategien oder die Erweiterung des intellektuellen Horizonts über das Seminarthema hinaus oftmals im Vordergrund. Dabei hat der Lerngegenstand nicht immer oberste Priorität. Beim virtuellen Lernen steht das Lernobjekt klar im Vordergrund. Kommunikation wird entweder nicht angeboten oder stellt eine begleitende Unterstützung dar. Lernobjekte beim virtuellen Lernen werden vom Lehrenden erstellt und bestehen aus Websites, Tests, Übungsaufgaben oder ähnlichem. Durch diese Dominanz des Lernobjekts unterscheidet sich der Lernprozess auch in den lernpsychologischen Faktoren Kognition, Kommunikation und Kollaboration. Schulmeister definiert die lernpsychologischen Faktoren Kognition, Kommunikation und Kollaboration im Bezug auf virtuelles Lernen folgendermaßen:

¹¹ Rolf Schulmeister; Lernplattformen für das virtuelle Lernen; Oldenbourg Verlag München Wien; 2003; S.155

Kognition: *Unter Kognition fasse ich die Denkprozesse, mit denen sich die Lernenden mit dem Lernobjekt auseinandersetzen. Ziel der kognitiven Prozesse ist die Konstruktion von Wissen durch den Lernenden.*

Kommunikation: *Die Kommunikation des Lernenden mit anderen Lernern und mit den Lehrenden muß deshalb ein notwendiger Bestandteil des eLearning sein, weil durch sie die für die Verständigung und die Wissenschaft wichtige Konventionalisierung des Wissens erreicht wird.*

Kollaboration: *Die Kollaboration von Individuen mit gemeinsamen Lernobjekten konstituiert Prozesse der Ko-Konstruktion von Wissen, die eine Verständigung über Konzepte und die Konventionalisierung des Wissens einschließen. Die Konstruktion und die Konventionalisierung von Wissen werden um so eher erreicht, wenn die Lernenden direkt miteinander an Lernobjekten kooperieren können.*¹²

Kognitive Denkprozesse zur Wissensbildung finden sowohl im Präsenzunterricht als auch beim virtuellen Lernen statt, jedoch unterscheiden sie sich. Präsenzunterricht lebt von Kommunikation, virtuelles Lernen verwendet Kommunikation hingegen nur als Werkzeug.

Im Präsenzunterricht, besonders im Fach Mathematik, ist oft der Instruktorialismus vorherrschend. Den Lernenden wird Wissen vermittelt, indem sie instruiert werden, etwas zu tun. Ein darauffolgender Übungsteil soll zur Vertiefung und Festigung der Lerninhalte beitragen. Instruktorialismus ist oft mit einer Vier-Stufen-Methode verbunden. Die erste Stufe bildet das Vorbereiten und Erklären des Unterrichtsstoffes. Hierbei geht es um die Vorstellung der angestrebten Lernziele und das Erwecken von Interesse. In der zweiten Stufe steht das Erklären und Vormachen im Vordergrund. Dabei zeigt der Lehrende die zu erlernende Tätigkeit anhand von Beispielen, erklärt und begründet dabei die einzelnen Schritte. Durch Wiederholen dieser zu erlernenden Tätigkeiten soll eine Überleitung zur nächsten Stufe erfolgen. In der dritten Stufe sollen Lernende die Tätigkeiten selbst durchführen und dem Lehrenden erklären können. Dabei ist es wichtig, dass Fehler sofort korrigiert werden. Die vierte und letzte Stufe bildet das Vertiefen und Festigen durch Üben. Wichtig dabei ist wieder die sofortige Korrektur von Fehlern. Diese Methode folgt der

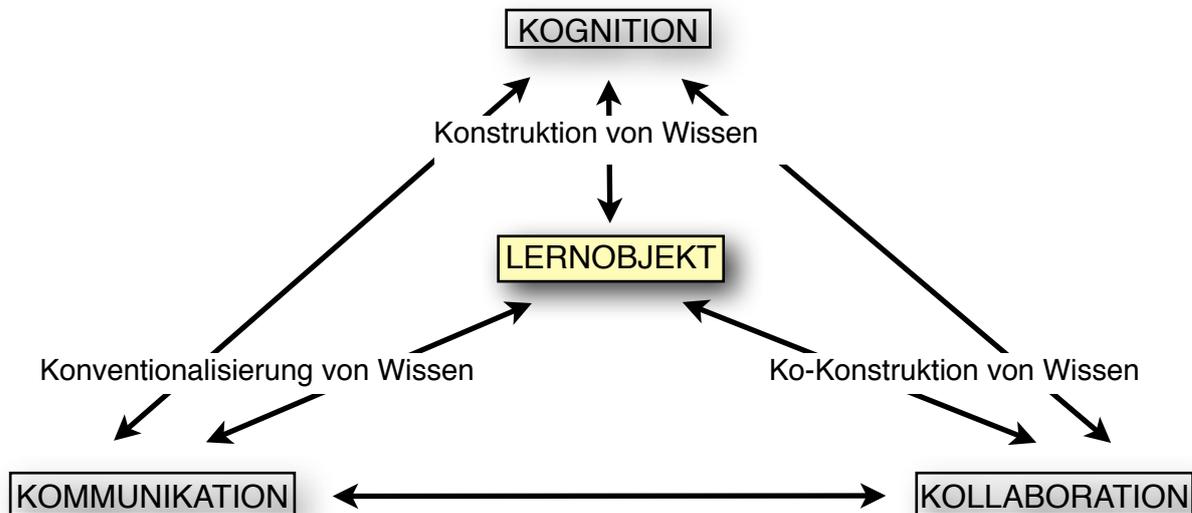
¹² Rolf Schulmeister; Lernplattformen für das virtuelle Lernen; Oldenbourg Verlag München Wien; 2003; S.155/156

behavioristischen Lerntheorie und konditioniert Lernende.

Ein unentbehrliches Werkzeug des Instrukionalismus ist die Kommunikation. Ohne direkter Kommunikation ist es nicht möglich, Lernende effizient zu instruieren. Präsenzunterricht lebt von Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden, aber auch zwischen Lernenden selbst. Lernende arbeiten dadurch untereinander oder mit dem Lehrenden auf eine gewisse Art zusammen. Die Wissensbildung erfolgt somit kollaborativ. Die größten Vorteile des Instrukionalismus liegen darin, dass der Lernprozess einfach und relativ schnell passiert, die Lernenden im Grunde keine Eigenverantwortung brauchen, und der Lernerfolg der vordefinierten Lernziele ständig kontrollierbar ist. Das Individuum selbst und die damit verbundenen individuellen, lerntechnischen Anforderungen rücken eher in den Hintergrund, was vielen Lehrenden die Arbeit erleichtert. Das Wissen ist jedoch nur temporär und wird meist nach kurzer Zeit wieder vergessen. Selbstverständlich gibt es weitere Methoden und auch Mischungen verschiedener Lehr- und Lernmethoden, die im Mathematikunterricht auch Anwendung finden können. Trotzdem ist der Instrukionalismus oft die vorherrschende Form.

Beim virtuellen Lernen ist die Ausgangssituation gänzlich verschieden. Es gibt keine Präsenzphasen, daher ist der Lernende mit dem Lernobjekt grundsätzlich allein. Die Konstruktion von Wissen erfordert eine andere Methode wie beispielsweise das entdeckende Lernen oder sonstige kognitive oder konstruktivistische Ansätze, die sich grundlegend vom Instrukionalismus unterscheiden. Im Vordergrund steht der Lernende und ein eigenaktives Lernen seinerseits. Die lehrerzentrierte Form aus dem Präsenzunterricht wird zu einer schülerzentrierten und mehr handlungsorientierten Form. Äußere Faktoren wie Ort und Zeit sind vom Lernenden selbst zu bestimmen. Für viele Lerntypen sind fixe Rahmenbedingungen für Zeit und Ort im Lernprozess hinderlich. Unselbständig Lernende, die wenig Eigeninitiative haben, erlangen durch Lerntheorien wie entdeckendes Lernen jedoch nicht die optimalste Förderung. Äußerst wichtig bei dieser Lernform ist die richtige didaktische Aufbereitung der Materialien. Interaktivität zwischen Lernenden und virtuellen Lernumgebungen ist dabei ein zentraler Punkt. Der klare Vorteil von virtuellem Lernen liegt darin, thematische Aspekte besser darstellen zu können. Beim virtuellen Lernen ist die Kommunikation lediglich ein Hilfsmittel. Sie kann in Chats oder Foren erfolgen. Anfangs ist es oft schwer, einen Kontakt über Chats oder Foren aufzubauen, meist sind Lernende scheu oder schämen sich für Unwissenheit. Große Bedeutung beim virtuellen Lernen hat auch die Kollaboration, die Verständigung über Konzepte der Lernenden. Dies kann ebenfalls durch Chats oder Foren erfolgen. Gerade dabei spielt die Kommunikation zwischen Lernenden eine bedeutende Rolle.

Die richtige Kombination von Kognition, Kommunikation und Kollaboration bildet einen wichtigen Grundstein für virtuelles Lernen. Diese Kombination stellt Schulmeister in einem didaktischen Dreieck virtuellen Lernens dar¹³:



Klar ersichtlich ist, dass das Lernobjekt im Mittelpunkt steht. Die Eckpunkte des Dreiecks bilden Kognition, Kommunikation und Kollaboration. Kognition beschreibt die Denkprozesse in Verbindung mit dem Lernobjekt, die für die Konstruktion von Wissen verantwortlich sind. Besonders hier ist die didaktische Aufbereitung und das Design von enormer Bedeutung. Der Vorrang sollte dem Übungsteil und nicht dem Theorieteil gewidmet werden. Schulmeister beschreibt diese Bevorzugung des Übungsteils als „von den Füßen auf den Kopf stellen“. Dies führt zu einer höheren Attraktivität des Lernens in virtuellen Räumen und zu einer höheren Motivation bei Lernenden. Wissenschaftliche Texte und direkte Wissensvermittlung rücken eher in den Hintergrund. Die Lernmethode ist konstruktivistisch, im Gegensatz zum Präsenzunterricht. Durch die Verwendung von Software werden dem Lehrenden, aber auch den Lernenden, einzigartige Möglichkeiten, mit Lernobjekten umzugehen, geboten, die mit einer Tafel nicht oder nur schwer realisierbar sind. Gut aufbereitete Lernobjekte in einer virtuellen Umgebung besitzen einen Mehrwert, was auch Lernende merken. Interaktivität zwischen dem Lernobjekt und dem Lernenden ist ein zentraler Punkt für diesen Mehrwert. Interaktivität mit dem Lernobjekt meint die Modifizierung und Manipulation des Lernobjekts, um aus den Rückmeldungen

¹³ Rolf Schulmeister; Lernplattformen für das virtuelle Lernen; Oldenbourg Verlag München Wien; 2003; S.156

Wissen zu bilden.

Ein gutes Beispiel aus der Mathematik ist die Darstellung von Polynomfunktionen. Durch eine dynamische graphische Darstellung einer Polynomfunktion, bei der die Exponenten verändert werden können, führt die Veränderung des Graphen beim Lernenden zur Wissensbildung und zu mehr Verständnis über das Verhalten von Nullstellen und Extremwerten. Durch Veränderung der Koeffizienten und die damit verbundenen Abweichungen des Graphen entwickeln Lernende Wissen über Verschiebungen, Stauchungen und Streckungen von Graphen der Polynomfunktionen. Derartige interaktive Übungen und Darstellungen fördern nicht nur die Motivation, sondern ermöglichen auch exploratives und konstruktives Lernen.

Einer der größten Fehler beim virtuellen Lernen wäre es, die Lernenden mit den Lernobjekten im Stich zu lassen. Durch die Auseinandersetzung mit den Lernobjekten konstruieren Lernende kognitive Konzepte und spezifische Ideen. Um das neue Wissen zu konventionalisieren, ist eine Kommunikation mit Lehrenden und anderen Lernenden essentiell. Im universitären Bereich gibt es dafür TutorInnen oder eigens ausgebildete ModeratorInnen. Im schulischen Bereich übernimmt dies immer die Lehrperson. Dieses Konzept erhöht den Zeitaufwand für Lehrende (ohne Hilfe von TutorInnen oder ModeratorInnen) beträchtlich, daher unterbleiben diese Anstrengungen leider sehr oft. Für diese Kommunikation können wieder die Standardmodule der Lernplattformen wie Chat, Forum oder E-Mail benutzt werden. Es gäbe natürlich die Möglichkeit, externe Software für Audio- oder Video-Konferenzen heranzuziehen, um eine bessere Kommunikation zu ermöglichen.

Ein vermutlich auftretendes Problem im Fach Mathematik ist die Darstellung von mathematischen Ausdrücken. LaTeX wird von Moodle und vielen anderen Lernplattformen unterstützt und wäre selbstverständlich die optimalste Lösung. Dies ist bei Lernenden meist schwer zu realisieren, weil selten jemand über Programmierfähigkeiten verfügt. Auch die Motivation, sich diese anzueignen, hält sich oft in Grenzen. Somit ist es schwer, sich über mathematische Aspekte in Form von Chat, Forum oder E-Mail auszutauschen. Die vermutlich beste Lösung ist die Rückkehr zu handschriftlichen Darstellungen, die schnell gescannt oder abfotografiert werden können. Im Zeitalter von Smartphones und der damit verbundenen Kompatibilität mit LMS ist dies ohne Schwierigkeiten realisierbar. Eine andere Möglichkeit wäre noch die Verwendung von Software zur Erstellung von Freihandskizzen.

Ein weiterer Schritt zur Wissensbildung ist die Kollaboration. Damit ist synchrones Arbeiten mehrerer Lernender am gleichen Lernobjekt mit shared applications gemeint. Dies führt zur Ko-Konstruktion von Wissen. Erfolgen kann dies

beispielsweise durch gemeinsame Bearbeitung oder Erstellung von Texten, graphischen Objekten oder sonstigen Daten. Anforderungen dieser Art sind mit Lernplattformen nach wie vor leider nur schwer realisierbar. Es gibt wenige kollaborative Werkzeuge. Möglichkeiten dafür bieten beispielsweise Wikis oder Whiteboards. Wikis wären gut geeignet, jedoch tritt hier wieder das bereits erwähnte Problem der Darstellung mit LaTeX auf. Whiteboards basieren meist noch auf Pixelgrafik, wodurch die Korrektur eines graphischen Objekts erschwert wird. Um kollaboratives Lernen zu ermöglichen, wäre ein Whiteboard mit Chatfunktion von Vorteil, jedoch ist dies direkt in LMS (noch) nicht möglich. Damit stößt man an die Grenzen des momentan Möglichen.

5.5. Blended Learning

Besonders bei mathematischen Themen ist es nur schwer möglich, den Lernstoff ohne Präsenzunterricht zu erlernen. Natürlich gibt es auch Ausnahmen sich mit gut aufbereiteten Lernmaterialien und ohne Präsenzunterricht die mathematischen Stoffgebiete anzueignen. In der Realität trifft man als Lehrperson (in Bezug auf Pflichtschulen, AHS, BHS und Erwachsenenbildungsinstitutionen) aber mehrheitlich auf Anfänger und eher unselbständige und demotivierte Lerner. Durch diese Gegebenheiten wird ein rein virtueller Unterricht für die Mehrheit der Lerner unmöglich. Um die Vorteile des E-Learning trotzdem nutzen zu können, ist eine Kombination von Präsenzunterricht und virtuellem Lernen eine optimale Lösung. Ergänzung und Unterstützung von Präsenzlernphasen durch E-Learningphasen nach didaktischen Gesichtspunkten zählen zu Blended Learning. E-Learning wird somit eine zusätzliche Unterrichtsmethode im konventionellen Präsenzunterricht. Unter Blended Learning versteht man also die Vermischung von mehreren Lehr- und Lernformen. E-Learning könnte beispielsweise der Nachbereitung und Vertiefung von Präsenzphasen dienen. Umgekehrt wiederum können Präsenzphasen zur Nachbereitung von virtuellem Lernen dienen.

Eine wichtige Voraussetzung bei Blended Learning ist die gute Vernetzung. Präsenzunterricht und E-Learning müssen effizient aufeinander abgestimmt sein und dürfen sich keinesfalls widersprechen. Durch E-Learning ausgelöste Lernprozesse sollten unbedingt in Präsenzphasen reflektiert werden. Um die besten Voraussetzungen zu schaffen, erfordert dies einen großen Zeitaufwand in Form von Beobachtung der virtuellen Lernprozesse der Lernenden und deren Reflexion in den Präsenzphasen. Lernende müssen Rückmeldungen zu ihren Lernfortschritten erhalten, nicht nur computergenerierte, sondern auch persönliche. Diese Rückmeldungen sollten nicht

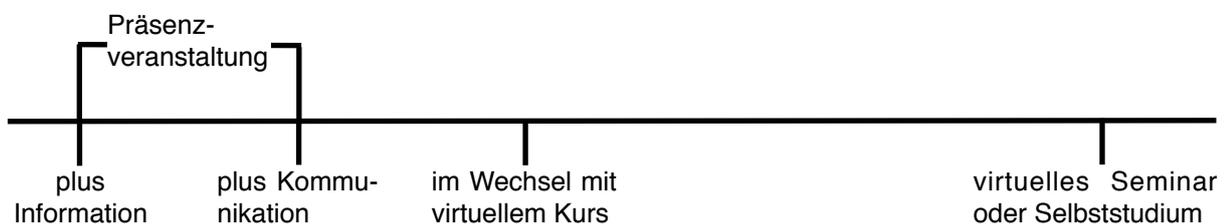
nur die fachlichen Aspekte betreffen, sondern auch Feedback zu methodologischen Problemen oder Lernmethoden beinhalten. Blended Learning erfordert möglichst viele Bindeglieder zwischen Präsenzunterricht und E-Learning.

5.6. Anwendungsszenarien

Es gibt unzählige Organisationsformen von Verbindungen zwischen Präsenzphasen und Onlinephasen bis hin zu reinem virtuellem Lernen. Im weiteren Verlauf werden nur Mischformen und rein virtuelle Lernformen beschrieben, keine Formen von reinen Präsenzlehrveranstaltungen.

Lernplattformen als organisatorische Hilfsmittel

Das erste unter 5.1. beschriebene Modell „Plattform als Fundgrube“ beschreibt eine Präsenzlehrveranstaltung mit einer begleitenden Lernplattform. Durch die Erweiterung um einen Informationsteil zur „Plattform als Informationsbörse“, erhalten wir ziemlich ähnliche Modelle, die beide jedoch weit entfernt von Blended Learning sind. Dieser Sachverhalt lässt sich nach folgender Skala nach Schulmeister darstellen¹⁴:



Mit Informationen sind beispielsweise Referenzen auf andere Webseiten, Dateien zum Herunterladen oder Information durch Dateiaustausch zwischen Lehrenden und Lernenden gemeint. Die Kommunikation erfolgt entweder asynchron via E-Mail oder Whiteboards oder synchron via Chat oder Videokonferenz.

Ein mögliches Anwendungsszenario konkretisiert auf den Mathematikunterricht wäre folgendes:

Der Unterricht in jeder Form findet ausschließlich in Präsenzphasen statt. Unterrichtsbegleitend gibt es eine Lernplattform, deren Besuch für den Unterricht

¹⁴ Rolf Schulmeister; Lernplattformen für das virtuelle Lernen; Oldenbourg Verlag München Wien; 2003; S.175

jedoch nicht zwingend notwendig ist. Auf der Lernplattform finden sich beispielsweise ein zusätzliches Übungsangebot oder sonstige Zusatzinformationen. Weiters kann für Fehlende eine Übersicht über die behandelten Lerninhalte, eine Unterrichtszusammenfassung oder eine Mitschrift zur Verfügung gestellt werden. Um den bei berufsbegleitenden Seminaren oft sehr hohen Fehlstunden entgegenzuwirken, ist eine Dokumentation über die Kursinhalte und das Angebot von Mitschriften von enormem Mehrwert. Generell können in einer Lernplattform Informationen wie Hausübungsaufgaben, sei es in Form von Buchaufgaben oder in Form von Aufgabenblättern, Stoffübersichten zu Wissensüberprüfungen oder sonstige unterrichtsbezogene Anmerkungen, verbreitet werden. Durch die integrierte E-Mail Benachrichtigung ist ein ständiges Einloggen nicht nötig, es reicht, seine E-Mails abzufragen. Fachliche Fragen von Lernenden können in einem Forum gestellt werden und durch andere Lernende oder die Lehrperson beantwortet werden. Mathematische Schreibweisen werden mit geringen LaTeX Grundkenntnissen leserlich dargestellt. Im optimalen Fall erfolgt durch die Beantwortung von Fragen der Lernenden durch Lernende selbst eine Ko-Konstruktion von Wissen, basierend auf gegenseitiger Hilfe.

Hausübungen oder sonstige schriftliche Ausarbeitungen können leicht auf eine Lernplattform upgeloaded werden. Auf diesem Wege könnten Hausübungsverbesserungen erfolgen, indem Lernende andere Hausübungen sehen und dadurch aus den Fehlern oder richtigen Lösungswegen der anderen lernen. Bei komplexen Problemstellungen können auf diesem Weg verschiedene Herangehensweisen und Lösungsmöglichkeiten verglichen werden. Diese Ansätze zielen einen Übergang von Kommunikation hin zu Kooperation an. Natürlich besteht hier eine große Gefahr des „Schummelns“, der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt jedoch auf der Erwachsenenbildung, wo dieser Aspekt eher seltener zum Tragen kommt.

Blended Learning

Durch die Erweiterung der eben erwähnten Modelle um E-Learning Elemente, befindet man sich teilweise schon beim Blended Learning. Dabei wird der Präsenzunterricht um die Komponente „im Wechsel mit virtuellem Kurs“ erweitert¹⁵:

¹⁵ Rolf Schulmeister; Lernplattformen für das virtuelle Lernen; Oldenbourg Verlag München Wien; 2003; S.175



Wie vorhin beschrieben erfolgt eine Erweiterung um einzelne E-Learning Elemente. Dies erfolgt beispielsweise durch dynamische Übungsteile zur Vertiefung und Festigung. Durch Verknüpfungen der virtuellen Kursteile mit den Präsenzveranstaltungen, schafft man die nötigen Voraussetzungen zum Blended Learning.

Ein mögliches Anwendungsszenario, auf Mathematikunterricht konkretisiert, wäre folgendes:

Moodle bietet ein hervorragendes Modul zum Erstellen von Tests und Übungen. In Kombination mit LaTeX erstellt man mit relativ geringem Zeitaufwand gute Tests. Im Fach Mathematik ist Übung zur Festigung des Stoffes besonders wichtig. Zu jedem Stoffgebiet können verschiedene Fragen wie Multiple Choice, Zuordnungen oder Richtig/Falsch erstellt werden. Der Lernende erhält sofort Feedback und die Lehrperson erspart sich unzählige Stunden für Verbesserungen. Ein weiterer positiver Aspekt ist die Dokumentation der Ergebnisse. Die Lehrperson erhält eine Statistik über das Antwortverhalten und kann daraus den Wissensstand der Lernenden interpretieren. So kann die Lehrperson wesentlich besser auf die individuellen Anforderungen eingehen.

Der Mathematikunterricht kommt nicht ohne graphische Darstellungen aus. Mit Tafel und Kreide sind die Methoden sehr eingeschränkt. Mit GeoGebra etwa funktioniert die Erstellung von dynamischen Graphen einfach und schnell. Graphen können somit von Lernenden individuell manipuliert werden. Dies ermöglicht eine Interaktion mit dem Lernobjekt und einen damit verbundenen hochwertigen Lernerfolg.

Ein klassisches Beispiel dafür sind Potenzfunktionen, die im konventionellen Unterricht meist mit viel Zeichenaufwand und Zeitaufwand verbunden sind. Trotz der exemplarischen Darstellung der verschiedenen Funktionstypen in Abhängigkeit der Exponenten fehlt Lernenden oft zusammenhängendes Wissen. Durch eine dynamische Darstellung mit Schiebereglern, durch die Lernende die Koeffizienten und Exponenten selbst verändern können, kommt man der Theorie des sinnvollen Lernens näher. Sie erkennen die Zusammenhänge, Unterschiede und die allgemeine Struktur von Potenzfunktionen wesentlich besser. Streckungen, Stauchungen und

Verschiebungen bezüglich der beiden Achsen werden besser verständlich dargestellt, als das auf einer Tafel jemals möglich wäre.

Auch die analytische Geometrie im Raum stößt bei vielen Lernenden an die Grenzen der Vorstellbarkeit. Natürlich ist es möglich, den mathematischen Sachverhalt in eine Ebene zu projizieren und damit auf der Tafel darzustellen. Bei der Darstellung von mehreren Ebenen im Raum in Verbindung mit Geraden sind auch hier wieder deutliche Grenzen gesetzt. Eine dynamische dreidimensionale Darstellung, die vom Lernenden aus verschiedenen Blickwinkeln dargestellt werden kann, fördert das räumliche Vorstellungsvermögen enorm. Dies ist mit der heutigen Technik und Moodle schnell umsetzbar.

Die Theorie von Stoffgebieten dieser Art kann im Präsenzunterricht erklärt und hergeleitet werden. Die graphische Darstellung und die damit verbundenen Erklärungen erfolgen in einer Onlinephase und darauf gefolgerte Erkenntnisse werden in der nächsten Präsenzphase reflektiert.

Gerade diese Zusammenhänge, die Kompetenz, Sachverhalte in Form von Funktionen graphisch darzustellen und die Kompetenz, Funktionsgraphen zu interpretieren, spielen bei der standardisierten Reifeprüfung, beziehungsweise standardisierten Berufsreifeprüfung, eine große Rolle.

6. Verwendung von Moodle in einem Vorbereitungskurs zur Berufsreifeprüfung Mathematik

Wie im Vorwort bereits erwähnt, leite ich seit September 2011 Vorbereitungskurse zur Berufsreifeprüfung im Fach Mathematik an der Volkshochschule Burgenland. Die KursteilnehmerInnen kommen aus den verschiedensten beruflichen Bereichen und Altersklassen. Zur Betreuung dieser heterogenen Gruppen verwende ich unterrichtsbegleitend seit September 2013 eine Moodleplattform.

6.1. Allgemeiner Aufbau des Kurses

Im Header des Kurses werden immer wichtige Nachrichten wie etwa Kursverschiebungen oder Kursausfälle verlautbart. Gleich darunter folgt ein Abschnitt mit einem Forum für Fragen und Ankündigungen und einem Wiki (Abbildung 1). Hier ist auch Platz für sonstige allgemeine Inhalte, wie bei mir etwa ein Diskussionsforum zum Lösen von mathematischen Rätseln. Gleich darunter findet sich der Themenpunkt „Mitschriften und Dokumentation“. Dieser beinhaltet einen Ordner mit den einzelnen Mitschriften der Präsenzlehrveranstaltungen, eine Kursdokumentation über den durchgenommenen Stoff und die Hausübungsaufgaben, einen Ordner mit verwendeten Unterrichtsmaterialien und schließlich eine Übersicht aus dem Leitfaden über die zu erlernenden Kompetenzen.

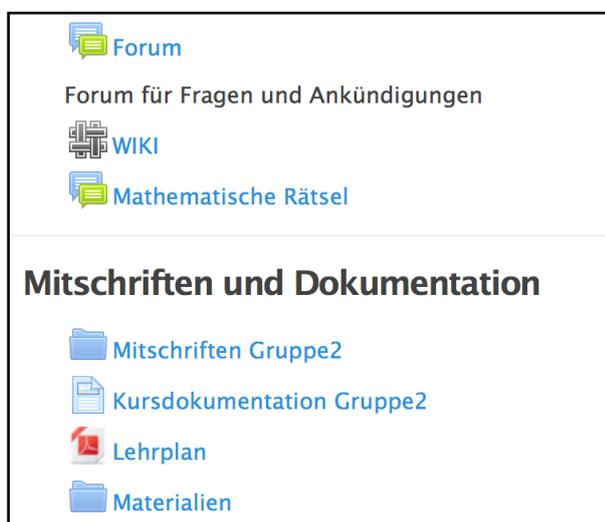
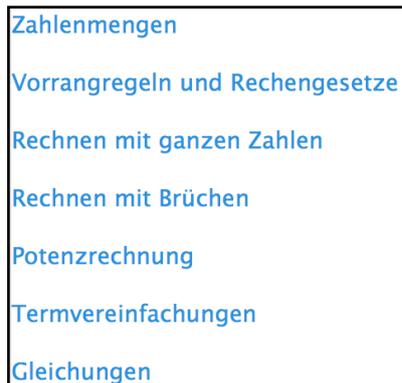


Abbildung 1 - Aufbau des allgemeinen Teils

Wiki

Die Idee zur Verwendung eines Wikis war eine Auflistung und Beschreibung der wichtigsten mathematischen Definitionen und der wichtigsten Grundregeln. Aufgrund der hohen Anzahl an Fehlstunden halte ich es für ausgesprochen wichtig eine gekürzte Form des durchgenommenen Unterrichtsstoffes zur Verfügung zu stellen. Die Gliederung erfolgt exakt nach dem durch-

genommenen Stoff um eine Suche nach bestimmten Stoffgebieten zu erleichtern (Abbildung 2). Die jeweiligen Themenpunkte gliedern sich wieder in die einzelnen Unterpunkte auf. Beim Themenpunkt Potenzrechnung wären diese Unterpunkte beispielsweise „Was ist eine Potenz?“, „Was ist eine Wurzel?“, „Rechnen mit Potenzen“, „Rechnen mit Wurzeln“, „Rechnen mit rationalen Exponenten“ und „Zehnerpotenzen“. Der Schwerpunkt des Kurses liegt eindeutig am Präsenzunterricht, daher sind die einzelnen Unterseiten mit den wichtigsten Definitionen und einem Beispiel sehr kurz gehalten. Abbildung 3 zeigt einen Auszug des Themengebietes „Rechnen mit Potenzen“.



- Zahlenmengen
- Vorrangregeln und Rechengesetze
- Rechnen mit ganzen Zahlen
- Rechnen mit Brüchen
- Potenzrechnung
- Termvereinfachungen
- Gleichungen

Abbildung 2 - Gliederung im Wiki

Rechnen mit Potenzen

INHALTSÜBERSICHT

- 1.1. Addieren und Subtrahieren von Potenzen
- 1.2. Multiplizieren von Potenzen
- 1.3. Dividieren von Potenzen
- 1.4. Potenzieren von Potenzen

Addieren und Subtrahieren von Potenzen

Potenzen können nur addiert oder subtrahiert werden, wenn sie gleich sind. **Potenzen** sind gleich, wenn **Basis und Exponent** gleich sind.

Beispiele:

$$3a^2 + 4a^2 = 7a^2$$

$$5b^3 - 7b^3 = -2b^3$$

Wichtig: Man kann nur gleiche Potenzen addieren oder subtrahieren!

Multiplizieren von Potenzen

Um **Potenzen** multiplizieren zu können, müssen sie die gleiche **Basis** haben. Dabei werden die **Exponenten** addiert.

Beispiele:

$$a^2 \cdot a^3 = a^5$$

$$b^3 \cdot b = b^4$$

Allgemeine Regel: $a^n \cdot a^m = a^{n+m}$

In Worten: Potenzen gleicher Basis werden multipliziert, indem die Exponenten addiert werden.

Abbildung 3 - Auszug aus „Rechnen mit Potenzen“

Die Bereitschaft zur Verwendung des Wikis hält sich jedoch in Grenzen. Einzelne Kursteilnehmer empfinden die parallele Verwendung von Formelheft, Mitschriften und Wiki als „zu viel“ oder „verwirrend“. Trotzdem wird es, im Besonderen von lernmotivierteren TeilnehmerInnen, vereinzelt zum Nachschlagen genutzt.

Die weitere Strukturierung des Kurses erfolgt themenweise. Zu jedem Thema gibt es ein Arbeitsblatt und einen kurzen Test zur Wissensüberprüfung (Abbildung 4). Zu ausgewählten Themenbereichen mit besonders wichtigen Definitionen und Rechenregeln wird auch noch ein Übersichtsblatt angeboten. Auch hier (ähnlich zum Wiki) halten sich die Zugriffe in Grenzen, weil die Rechenregeln ohnehin im Unterricht behandelt werden und im Formelheft zu finden sind. Die Aufgaben sind, um Urheberrechtsverletzungen zu vermeiden, alle selbst ausgedacht. Um eine sofortige Kontrolle der Übungsaufgaben zu ermöglichen, sind bei jedem Arbeitsblatt Lösungen angegeben. Die verschiedenen Lehrbücher ermöglichen meist keinen guten Einstieg, da fast immer mit dem Thema Mengenlehre begonnen wird. Ein Großteil der TeilnehmerInnen hat bereits Defizite bei einfachen Additionsaufgaben, daher sollte für einen guten Einstieg mit grundlegenden Themen begonnen werden.

<p>Rechnen mit ganzen Zahlen</p> <ul style="list-style-type: none">  Rechenregeln – Rechnen mit ganzen Zahlen  Arbeitsblatt – Rechnen mit ganzen Zahlen  Test – Rechnen mit ganzen Zahlen
<p>Rechnen mit Brüchen</p> <ul style="list-style-type: none">  Arbeitsblatt – Bruchrechnung  Test – Bruchrechnung
<p>Potenzrechnung</p> <ul style="list-style-type: none">  Arbeitsblatt – Potenzrechnung Basic  Arbeitsblatt – Potenzen Erweitert  Test – Potenzrechnung Basic
<p>Terme</p> <ul style="list-style-type: none">  Arbeitsblatt – Termvereinfachung  Test – Termvereinfachungen
<p>Lineare Gleichungen</p> <ul style="list-style-type: none">  Arbeitsblatt – Lineare Gleichungen  Test – Lineare Gleichungen

Abbildung 4 - Themenübersicht

Test

Die Testaufgaben sind sehr einfach gehaltene Verständnisaufgaben. Die Tests sollen innerhalb weniger Minuten und ohne Hilfsmittel wie Taschenrechner oder Formelheft gelöst werden können. Abbildung 5 zeigt einen Auszug aus dem Test zum Themengebiet Potenzrechnung.

<p>Frage 1</p> <p>Bisher nicht beantwortet</p> <p>Erreichbare Punkte: 20,00</p> <p>Frage markieren</p>	<p>Fülle die Lücken mit den richtigen Begriffen (Auf Groß- und Kleinschreibung achten)!</p> <p>Bei dem Ausdruck a^n handelt es sich um eine <input type="text"/>. Beim potenzieren wird ein Faktor wiederholt <input type="text"/>. <input type="text"/> bezeichnet man als Basis und <input type="text"/> als Exponent oder <input type="text"/>.</p> <p>Rechenregeln:</p> <p>Potenzen <input type="text"/> Basis werden multipliziert, indem die Exponenten <input type="text"/> werden.</p> <p>Potenzen können addiert und subtrahiert werden, wenn Basis und Hochzahl <input type="text"/> sind.</p> <p>Potenzen <input type="text"/> Basis werden dividiert, indem die Exponenten <input type="text"/> werden.</p> <p>Potenzen werden potenziert, indem die Exponenten <input type="text"/> werden.</p>
<p>Frage 2</p> <p>Bisher nicht beantwortet</p> <p>Erreichbare Punkte: 10,00</p> <p>Frage markieren</p>	<p>Wahr oder Falsch, kreuze an!</p> <p>$a^5 - a^3 = a^2$</p> <p>Eine auswählen:</p> <p><input type="radio"/> Wahr</p> <p><input type="radio"/> Falsch</p>
<p>Frage 3</p> <p>Bisher nicht beantwortet</p> <p>Erreichbare Punkte: 10,00</p> <p>Frage markieren</p>	<p>Wahr oder Falsch, kreuze an!</p> <p>$a^3 \cdot b^3 = a^6$</p> <p>Eine auswählen:</p> <p><input type="radio"/> Wahr</p> <p><input type="radio"/> Falsch</p>
<p>Frage 4</p> <p>Bisher nicht beantwortet</p> <p>Erreichbare Punkte: 10,00</p> <p>Frage markieren</p>	<p>Wahr oder Falsch, kreuze an!</p> <p>$b^4 \cdot b^5 = b^9$</p> <p>Eine auswählen:</p> <p><input type="radio"/> Wahr</p> <p><input type="radio"/> Falsch</p>

Abbildung 5 - Auszug aus dem Test zu Potenzrechnung

Die Korrektur und Beurteilung erfolgt sofort nach Abgabe des Tests. Rückmeldungen zu den einzelnen Fehlern werden kurz gehalten, um bei erneuten Versuchen nicht alles vorweg zu nehmen. Die Tests dienen als Wissensüberprüfung am Ende jedes Themengebietes und nicht als Übungsaufgaben. Um den richtigen Zeitpunkt zur Wissensüberprüfung zu gewährleisten, können Tests optional erst zu bestimmten Zeitpunkten freigeschaltet werden.

6.2. Exemplarische Ausarbeitung eines Themas zum Blended Learning

Für die Unterrichtsform Blended Learning bietet sich die Einführung in die Differentialrechnung besonders gut an. Die graphischen Darstellungen können mit Tafel und Kreide nur statisch und beschränkt verwirklicht werden. Eine Lernplattform bietet eine wesentlich größere Palette an Möglichkeiten.

Wie bereits erwähnt, ist der Leitfaden zur kompetenzorientierten Reifeprüfung die Grundlage für die Unterrichtsinhalte. Die wesentlichen Kompetenzen, das Thema Differentialrechnung betreffend, sind folgende¹⁶:

- » Den Differenzen- und Differentialquotienten in verschiedenen Kontexten deuten und entsprechende Sachverhalte durch den Differenzen- bzw. Differentialquotienten beschreiben können
- » Den Begriff der Ableitungsfunktion kennen
- » Elementare Grundfunktionen differenzieren und die Ableitung von aus diesen zusammengesetzten Funktionen mit Hilfe der Ableitungsregeln bestimmen können¹²
- » Eigenschaften von Funktionen wie Monotonie, lokale Extrema, Krümmungsverhalten, Wendepunkte am Graphen erkennen und mit Hilfe der Ableitung(sfunktion) beschreiben, berechnen und interpretieren können
- » Den Zusammenhang zwischen Funktion und Ableitungsfunktion in deren grafischer Darstellung erkennen und beschreiben können

Im Grunde stellt diese Liste an Kompetenzen bereits eine sinnvolle Struktur für die Erstellung dar. Der Lernpfad gliedert sich in die Themen „Herleitung von Differenzenquotient und Differentialquotient mit einem Beispiel“, „Der allgemeine Fall“, „Ableitungsregeln“ und „Eigenschaften von Funktionen“. Diese Themen stellen eine Ergänzung zum konventionellen Präsenzunterricht dar. Lernende sollen den Lernpfad in Form von Hausübungen bearbeiten und dokumentieren. In den Präsenzeinheiten erfolgt die Reflexion und Vertiefung des angeeigneten Wissens. Auch Vertiefung in Form von Übung erfolgt je nach Bedarf in den Präsenzsitzungen. Der Lernpfad ist sehr kompakt und einfach gehalten. Der größte Teil wird in Textform zur Verfügung gestellt. Interaktive Darstellungen wurden mit GeoGebra erstellt und mittels HTML5 in den Lernpfad eingebunden. Einzelne Videos sollen zum besseren

¹⁶ Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur; Berufsreifeprüfung Mathematik - Leitfaden für die kompetenzorientierte Reifeprüfung; S.21

Verständnis und der Vertiefung förderlich sein. Wichtig dabei ist auch, dass durch diesen Aufbau Lernende ihr Tempo selbst bestimmen können und bei Bedarf auf eigens ausgewählte externe Quellen zurückgreifen können. Das integrierte Forum bietet Lernenden bei Fragen oder Problemen mit den Lerninhalten eine Möglichkeit zur Kontaktaufnahme. Die Aufgaben in den Lehrbüchern werden den einzelnen Handlungsbereichen zugeordnet. Dies wird von der Lehrperson in Hinblick auf die Zusammenstellung der Reifeprüfungsangaben auch gefordert. Daher werden alle Aufgaben im Lernpfad auch zugeordnet:

- A...Modellieren und Transferieren
- B...Operieren
- C...Interpretieren und Dokumentieren
- D...Argumentieren und Kommunizieren

6.2.1 Herleitung von Differenzenquotient und Differentialquotient

In diversen Lehrbüchern findet man verschiedene Arten von Zugängen. In diesem Lernpfad erfolgt der Zugang über ein Problem aus der Praxis, welches die Lernenden durch Denkanstöße und speziell formulierte Aufgabenstellungen auf den richtigen Weg bringen soll. Die einzelnen Schritte des ersten Themas zielen auf die selbständige Herleitung des Differenzenquotienten ab. Mit dieser Aufgabenstellung befindet man sich bereits mitten im ersten Kompetenzbereich. Die Lernenden müssen den Differenzenquotient verwenden und im Kontext einer Geschwindigkeitsaufgabe deuten. Bei Problemen mit den Aufgabenstellungen soll ein angegebenes Video Hilfestellungen bieten. Im nächsten Schritt werden die Aufgabenstellungen im Grunde selbst aufgelöst. Dabei wird der Differenzenquotient mathematisch exakt definiert. Die graphische Darstellung des Sachverhalts mit dem Differenzenquotient löst die restlichen Aufgaben der Einleitung. Lernende können Punkte des Graphen selbst verschieben und so die verschiedenen Auswirkungen auf den Differenzenquotient und die Sekante verstehen. Auch der Zusammenfall der beiden Punkte soll für die Herleitung des Differentialquotienten interpretiert werden. Anschließend soll der Differentialquotient, durch Berechnung und nachfolgender Definition der Lernenden, selbst hergeleitet werden. Für diese Lernschritte wird wieder die Einleitungsaufgabe, jedoch im Kontext der Momentangeschwindigkeit, verwendet. Lernende sollen bei diesem Schritt, analog zum Differenzenquotient, eine Formel für die Berechnung des Differentialquotienten finden, welcher im nächsten Schritt wieder exakt definiert wird. Zusammenfassend soll ein Video die Inhalte wiederholen und mit einzelnen Berechnungen vertiefen.

6.2.2. Der allgemeine Fall

Im zweiten Thema des Lernpfades „Der allgemeine Fall“ soll die Herleitung des Differenzen- und Differentialquotienten vom Spezialfall der Zeit-Weg-Funktion auf allgemeine Funktionen erweitert werden. Um eine verständliche Einführung zu gewährleisten, müssen zuerst die Begriffe Sekante und Tangente definiert werden. Dies erfolgt wieder durch dynamische GeoGebra Applets und spezielle Aufgabenstellungen. Beim Tangentenbegriff erfolgt auch eine Abtrennung zwischen Tangenten an Kreisen und Tangenten an Funktionen. Für die exakte Definition von Tangenten an Funktionen gibt es wieder eine Hilfestellung in Form eines Links zum passenden Wikipediaeintrag. Danach wird Schritt für Schritt das Tangentenproblem erörtert. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der Bildung des Grenzübergangs. Das Verschwinden der Sekante beim Zusammenfall der Punkte soll zum besseren Verständnis bezüglich Differenzen- und Differentialquotient beitragen. Alle Gedankengänge sollen mit interaktiven Darstellungen und einzelnen Aufgaben vom Lernenden selbst entdeckt werden. Zusammenfassend gibt es dann noch eine eigene Übersicht der wichtigsten Definitionen und Begriffe und ein Video zur Vertiefung und Festigung der Lerninhalte.

6.2.3. Ableitungsregeln

Die Herleitung der Ableitungsregeln wird mit dem Einleitungsbeispiel $f(x)=x^2$ begonnen. Für Lernende ist es meistens besser von einem Spezialfall beziehungsweise einem konkreten Beispiel auf den allgemeinen Fall zu schließen. Analog zu diesem Beispiel sollen Lernende selbst die Ableitungsfunktion der Funktion $f(x) = -2x^2 + 1$ bestimmen. Im darauffolgenden Schritt wird exemplarisch die allgemeine Potenzregel hergeleitet. Die Herleitung aller Ableitungsregeln liegt nicht im verlangten Kompetenzbereich, daher werden die Herleitungen der restlichen Ableitungsfunktionen nicht behandelt. Lernende sollen danach wieder selbst die soeben erlernte Potenzregel anwenden. In den restlichen Schritten dieses Themas werden die verschiedenen Ableitungsregeln und die Grunddifferentiale mit diversen Beispielen eingeführt. Die sture Bildung der Ableitungsfunktion, speziell von Funktionen wie Winkelfunktionen oder Logarithmusfunktionen, rückt mit der kompetenzorientierten Berufsreifeprüfung eher in den Hintergrund. Im Grunde werden nur Ableitungskennnisse über „elementare“ Funktionen wie Polynomfunktionen oder Exponentialfunktionen gefordert. Um auf die Bedürfnisse der Lernenden optimalst eingehen zu können und eventuelle Anwendungen von Grunddifferentialen und Ableitungsregeln, die nicht vorgesehen sind, trotzdem

erwähnen zu können, erfolgt die Vertiefung und Übung der Grunddifferentiale ausschließlich im Präsenzunterricht.

6.2.4. Eigenschaften von Funktionen

In der Einleitung dieses Themas sollen die Lernenden selbst den Zusammenhang zwischen speziellen Punkten der Funktion und den damit verbundenen Werten der Ableitung erkennen. Auch der Zusammenhang zwischen doppelter Nullstelle der Ableitung und Sattelpunkt der Funktion soll mit dieser dynamischen Darstellung hergestellt werden. In der letzten Aufgabe der Einleitung sollen Lernende die Bestimmung der Monotonieintervalle mit der Ableitungsfunktion erlernen. Im nächsten Schritt dieses Themas geht es um die exakte Definition von lokalen Extremstellen. Dies wird leider zu oft vernachlässigt, sodass eine richtige Argumentation von Lernenden nahezu unmöglich wird. Auch im Hinblick auf die kompetenzorientierte Reifeprüfung ist eine exakte Definition und das Aufstellen damit verbundener Begründungen enorm wichtig. Um Lernende nicht mit Informationen zu überfluten, werden in diesem Schritt lediglich lokale Minima und Maxima behandelt. Die letzten beiden Aufgaben sollen jedoch zu den Definitionen von Sattelpunkten und Wendepunkten überleiten. Anschließend gibt es wieder ein kurzes Video über lokale Extremstellen, welches die eben erlernten Inhalte näher erklären beziehungsweise festigen soll. Im letzten Schritt werden Sattelpunkt und Wendepunkt anhand einer interaktiven Darstellung definiert. Hervorgehoben wird dabei der direkte Zusammenhang zwischen Sattelpunkt, Wendepunkt und Punkten mit waagrechter Tangente. Die Reflexion und die Behandlung der dazugehörigen Übungsaufgaben erfolgt wieder im Präsenzunterricht.

6.2.5. Analyse und Reflexion

Bei der Aufbereitung des Lernpfades zur Einführung der Differentialrechnung stellte ich mir die Frage nach dem richtigen lerntheoretischen Ansatz. Aufgrund der Lernbereitschaft der KursteilnehmerInnen entschied ich mich dabei für eine Mischung aus Behaviorismus und Kognitivismus. Die einzelnen Lernschritte sind sehr klein gehalten, dadurch zerlegt sich der Lernstoff in vier große Themen und anschließend in viele kleine Unterthemen. Bei schwierigeren Lernthemen, die über den Stoff hinausgehen, und die die Lernenden keinesfalls selbständig herleiten können, wählte ich die behavioristische Methode. Besonders bei der Herleitung der Potenzregel für Ableitungen macht sich dies bemerkbar. Mit dem vorhandenen Wissensstand ist es nahezu unmöglich diese Regel ohne fremde Hilfe herzuleiten.

Bei anderen Themen, wie etwa die Einführung des Differenzenquotienten, fiel die Wahl auf eine Form des entdeckenden Lernens. Lernende können durch geschickt gestellte Arbeitsanweisungen und speziell aufbereitete interaktive Grafiken die Lerninhalte selbst entdecken und damit auch erlernen. Dies war auch mein Grundgedanke. Der Lernertrag ist bei intensiver Beschäftigung enorm, was auch die Ergebnisse zeigen. In diesem Lernpfad werden besondere Schwerpunkte auf exakte Formulierungen und Definitionen gelegt. Lernende sollen immer zuerst Begriffe wie Sekante, Tangente, Differenzenquotient oder Differentialquotient selbst definieren, bevor im nachfolgenden Schritt die Auflösung erfolgt.

Die KursteilnehmerInnen des Berufsreifeprüfungskurses für Mathematik hatten die Aufgabe, vorerst nur die ersten zwei Themen („Herleitung von Differenzenquotient und Differentialquotient mit einem Beispiel“ und „Der allgemeine Fall“) als Hausübung durchzuarbeiten. Dabei wurde eine genaue Dokumentation über die einzelnen Schritte und die Durchführung der Arbeitsaufgaben verlangt. Die Lernenden wurden in der Einheit davor speziell auf diese Hausübung vorbereitet. Wichtige mathematische Kompetenzen, wie die Bestimmung eines Grenzwertes, Aufstellen einer linearen Funktion durch zwei Punkte mit Hilfe des Differenzenquotienten (die Lernenden kannten zu diesem Zeitpunkt den Begriff Differenzenquotient nicht, konnten aber damit rechnen) oder Weg-Zeit-Aufgaben aus vorherigen Einheiten, wurden nochmals besprochen.

Exemplarisch werden nun einige interessante Auszüge aus den abgegebenen Dokumentationen analysiert:

Einführung des Differentialquotienten

Max möchte die momentane Geschwindigkeit des Steins bei einer Sekunde wissen. Er geht von der mittleren Geschwindigkeit im Zeitintervall $[1; 2]$ aus und versucht die Lösung durch Verkleinerung des Intervalls anzunähern. Dabei kommt er auf eine Momentangeschwindigkeit von $10m/s$.

- h) Finden Sie eine passende Formel zur Berechnung der mittleren Geschwindigkeit im Intervall $[1; z]$. (A)
- i) Überprüfen Sie, ob seine Lösung stimmen kann. (B)
- j) Interpretieren Sie mit Hilfe der [graphischen Darstellung](#) die Annäherung geometrisch. (C)
- k) Finden Sie eine passende Formel zur Berechnung der Momentangeschwindigkeit zu einem beliebigen Zeitpunkt t_1 . (A)

Die Aufgabe h) bereitete so gut wie keine Probleme. In allen Dokumentationen findet sich annähernd der gleiche Lösungsweg:

h) Formel mittl. Geschw. im Intervall $[1; z]$

$$\frac{s(z) - s(1)}{z - 1}$$

$$s(t) = 5t^2$$

$$\frac{5z^2 - 5}{z - 1} = \frac{5(z^2 - 1)}{z - 1} = \frac{5 \cdot (z+1) \cdot (z-1)}{z-1} = \underline{\underline{5z+5}}$$

Die Aufgabe i) wurde -bis auf vereinzelte Rechenfehler- fast gänzlich richtig gelöst. Die Annäherung war frei wählbar, daher starteten die meisten bereits mit einem verkleinerten Intervall:

$$i) [1; 1,3] = 5 \cdot 1,3 + 5 = 11,5 \text{ m/s}$$

$$[1; 1,2] = 5 \cdot 1,2 + 5 = 11 \text{ m/s}$$

$$[1; 1,1] = 5 \cdot 1,1 + 5 = 10,5 \text{ m/s}$$

$$[1; 1,05] = 5 \cdot 1,05 + 5 = 10,25 \text{ m/s}$$

Bei der Aufgabe j) schlich sich ein grundlegender Verständnisfehler ein:

j) Die Steigung geht annähernd gegen 0, Sekante wird zur Tangente

Dieser Fehler findet sich leider öfters. Durch die Reflexion in der darauffolgenden Einheit wurde diese Lösung besprochen und eine sinnvollere Begründung gefunden. Im Grunde geht es ja nur um den Satz „Die Steigung geht annähernd gegen 0“. Es wurde geklärt, dass das Intervall immer kleiner wird, somit der Abstand der Punkte gegen Null geht und folglich die Sekante zur Tangente wird.

Die Aufgabe i) wurde wieder ausnahmslos richtig gelöst. Mit den entsprechenden Umformungen aus der Aufgabe h) lag die Schwierigkeit eher darin, dass der

Grenzwert des Differenzenquotienten zur Momentangeschwindigkeit führt. Probleme traten fallweise bei den Notationen auf. Aufgabe war es, eine Formel zur Berechnung der Momentangeschwindigkeit zu einem beliebigen Zeitpunkt t_1 zu finden. Im folgenden Beispiel wurde zwar ein richtiges Intervall angenommen, jedoch eine falsche Annäherung:

$$\begin{aligned}
 \text{k) } [t_1, t] \quad s'(t) &= \lim_{t_1 \rightarrow t} \frac{s(t_1) - s(t)}{t_1 - t} = \lim_{t_1 \rightarrow t} \frac{5t_1^2 - 5t^2}{t_1 - t} = \\
 &= \lim_{t_1 \rightarrow t} \frac{5(t_1^2 - t^2)}{t_1 - t} = \lim_{t_1 \rightarrow t} \frac{5(t_1 + t)(t_1 - t)}{t_1 - t} = \\
 &= \lim_{t_1 \rightarrow t} 5(t_1 + t) = 5(t + t) = 5 \cdot 2t = 10t \\
 s'(t) &= \underline{\underline{10t}}
 \end{aligned}$$

Die Ergebnisse sind somit sehr gut und übertrafen meine Erwartungen. Die Reaktionen zu den einzelnen Videos überraschten mich jedoch. Alle KursteilnehmerInnen waren sich einig, dass die mit GeoGebra erstellten interaktiven Darstellungen weit lehrreicher waren als die Videos. Sie wurden zwar nicht als überflüssig empfunden, der Lernerfolg war den KursteilnehmerInnen zufolge, beim Großteil der Gruppe gering.

Bei einigen TeilnehmerInnen gab es auch technische Schwierigkeiten. Die interaktiven Darstellungen basieren auf der Websprache HTML5. Computer mit veralteten Browsern, die nur HTML4.1 Webseiten unterstützen, können mit LaTeX konfigurierte Formeln und mit GeoGebra erstellte Lernelemente nicht richtig darstellen. Eine Rücksichtnahme auf alle Browserversion der letzten Jahre ist leider nicht möglich. Der Hinweis auf die Lösung des Problems mittels Einspielung von Updates wurde anfangs gegeben.

Abstract

Am Anfang dieser Diplomarbeit wird die Berufsreifeprüfung, ihre Zulassungsbestimmungen und ihr Aufbau näher erläutert. Der Lehrplan der Berufsreifeprüfung Mathematik ist einzigartig und wird anschließend mit den Lehrplänen der AHS und HAK verglichen. Für die E-Learningelemente wurde die Lernplattform Moodle verwendet. Hauptbestandteil der Arbeit ist die Aufbereitung von E-Learning Elementen nach lernpsychologischen Gesichtspunkten. Weiters werden verschiedene Unterrichtsformen mit E-Learningelementen vorgestellt und in Bezug auf den Mathematikunterricht analysiert. Abschließend wird ein Moodlekurs zur Unterrichtsbegleitung vorgestellt und beschrieben. Ein exemplarisch ausgearbeiteter Moodlekurs für die Unterrichtsform Blended Learning zum Thema „Einführung in die Differentialrechnung“ liegt in Form einer CD bei.

Quellenverzeichnis

- Blum & Leiß; *Modellieren im Unterricht mit der "Tanken"-Aufgabe*;
In: Mathematik lehren; Heft 128; 2005
- Bundesinstitut Bifie; *Die standardisierte schriftliche Reifeprüfung in Mathematik*;
https://www.bifie.at/system/files/dl/srdp_ma_konzept_2013-03-11.pdf; 03.05.2014
- Bundeskanzleramt; *Berufsreifprüfungscurriculaverordnung*;
<http://www.ris.bka.gv.at>; 26.4.2014
- Bundeskanzleramt; *Berufsreifprüfungsgesetz*;
<http://www.ris.bka.gv.at>; 26.4.2014
- Bundesministerium für Bildung und Frauen; *Website des Bundesministerium für Bildung und Frauen*;
<http://www.bmukk.gv.at>; 26.4.2014
- Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur; *Berufsreifprüfung Mathematik - Leitfaden für die kompetenzorientierte Reifeprüfung*;
- Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur; *Lehrplan der Handelsakademie*; 2004
- Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur; *Lehrplan Mathematik AHS*;
2004
- Edelmann, W.; *Lernpsychologie*; Weinheim; 1993
- Institut für Didaktik der Mathematik; *Standards für die mathematischen Fähigkeiten österreichischer SchülerInnen am Ende der 8. Schulstufe*;
Version 4/07
- Mayer, Treichel; *Handlungsorientiertes Lernen und eLearning*; Oldenbourg
Wissenschaftsverlag GmbH; 2004

- Peter Baumgartner, Hartmut Häfele, Kornelia Maier-Häfele; *Content Management Systeme in e-Education*; 2004
- Rolf Schulmeister; *eLearning: Einsichten und Aussichten*; Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH München; 2006
- Rolf Schulmeister; *Lernplattformen für das virtuelle Lernen*; Oldenbourg Verlag München Wien; 2003

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Bernhard Kaintz
Geburtsdatum: 11.07.1990
Nationalität: Österreich
Kontakt: bernhard@kaintz.net

Schulischer Werdegang:

1996 - 2000 Volksschule in Wallern im Burgenland
2000 - 2008 BG und BRG Neusiedl am See
16.06.2008 Abschluss mit Matura

Präsenzdienst:

Nov. 2008 - Mai 2009 Kaserne Bruckneudorf

Universitäre Ausbildung:

2009 - 2014 Lehramtsstudium an der Universität Wien mit den
Unterrichtsfächern Mathematik und Informatik

Berufliche Laufbahn:

Mai 2008 - Aug. 2008 Zeitsoldat Kaserne Bruckneudorf
2008 - 2013 Lehrtätigkeit in Nachhilfeinstituten
2008 - 2012 Freier Mitarbeiter bei wenth.com Werbeagentur
2011 - dato Vortragender an der Volkshochschule Burgenland
2012 - 2014 Tutor an der Universität Wien