

optes

Optimierung
der Selbststudiumsphase



HELMUT SCHMIDT
UNIVERSITÄT
Universität der Bundeswehr Hamburg

Erhebung mathematischer Fähigkeiten im Kontext von ePortfolio-Arbeit in optes

Theoretisch-didaktische Konzeption und technisch-methodische Umsetzung

Dipl.-Berufspäd. Oliver Samoila

Hochschule Ostwestfalen-Lippe

Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg

April 2016



„Erhebung mathematischer Fähigkeiten im Kontext von ePortfolio-Arbeit in optes“
von Oliver Samoila steht unter der Lizenz [Creative Commons 'Namensnennung - Weitergabe
unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland'](#).

Das Projekt optes wird im Rahmen des Qualitätspakts Lehre aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01PL12012 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.



Inhaltsverzeichnis

I. Rahmeninformationen	3
II. Theoretisch-didaktische Grundlagen des Konzeptes der Erhebung von mathematischen Fähigkeiten	5
1. Von Kompetenzen zu mathematischen Fähigkeiten	5
2. Allgemeine Kompetenzbereiche - Deutscher Qualifikationsrahmen und Kompetenzstrukturmodell nach Frey	6
3. Kompetenzen im Bereich der Mathematik.....	8
4. Theoretischer Unterbau - Modell vom Novizen zum Experten (Dreyfus/Dreyfus).....	11
4.1. Wahl eines viablen Kompetenzmodells.....	11
4.2. Kompetenzentwicklungsmodell nach Dreyfus/Dreyfus.....	11
5. Kontextspezifische Modellierung der theoretischen Grundlagen	16
III. Technisch-methodische Umsetzung des Konzeptes der Erhebung von mathematischen Fähigkeiten	21
6. Überblick der Anforderungen aus dem theoretisch-didaktischen Konzept und weitere Kriterien.....	21
7. Stand der Möglichkeiten zur Kompetenzerhebung im Lernmanagementsystem ILIAS in Version 4.4	22
8. Realisierung der Erweiterungen der technisch-methodischen Erhebung von Kompetenzen in ILIAS	23
9. Nutzungsszenario der ILIAS-Komponenten zur Erhebung mathematischer Fähigkeiten unter ILIAS 5.1.....	26
IV. Integration der Erhebungsdaten mathematischer Fähigkeiten in die ePortfolio-Arbeit – Fähigkeitsmatrix Mathematik	30
10. Visualisierung von individuellen mathematischen Fähigkeiten.....	30
11. Integration der Erhebungsergebnisse mathematischer Fähigkeiten in das ePortfolio von Studienanwärtern	33
V. Ausblick/Desiderata	34

Literaturverzeichnis

Anhang

I. Rahmeninformationen

Zielsetzung und Aufbau des Dokumentes:

Die vorliegende Dokumentation dient der projektinternen und externen Kommunikation der Konzepte zur Fähigkeitserhebungen und der Einbettung, der daraus hervorgehenden Ergebnisse in den Kontext der ePortfolio-Arbeit, welche in optes die Basis der Lernprozessbegleitung im begleiteten Selbststudium künftiger MINT-Studierender ist. Dafür wird sowohl die theoretisch-didaktische Konzeption, als auch die technisch-methodische Umsetzung der Erhebung und ihrer Weiterverarbeitung betrachtet. Für eine gezielte Einordnung der Sachverhalte werden diesen die allgemeinen Projektziele und die teilprojektspezifischen Anliegen vorangestellt. Eine Evaluation der Konzepte steht zum aktuellen Zeitpunkt noch aus und kann daher noch nicht mit einfließen.

Grundlegende Zielsetzung des Projektes optes

Das übergeordnete Ziel des Verbundprojektes optes ist es, die Studierfähigkeit der Studienanfänger der MINT-Fächern zu erhöhen und ihre mathematischen Kenntnisse auf Studieneingangsniveau zu erweitern, um somit den hohen Abbruchquoten in diesen Studiengängen gezielt entgegen wirken zu können. optes fokussiert das begleitete Selbststudium in der Studieneingangsphase, d.h. die Zeit vor Studienbeginn, in der sich zukünftige Studierende in Vorkursen auf das Studium vorbereiten, und das erste Studienjahr des regulären Studiums, in dem verschiedene Maßnahmen parallel zu Mathematik-Grundlagenveranstaltungen angeboten werden. Dazu entwickeln die Verbundpartner Duale Hochschule Baden-Württemberg, Hochschule Ostwestfalen-Lippe sowie ILIAS open source e-Learning e.V. in Zusammenarbeit mit der Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg und der Zeppelin Universität geeignete Methoden, Konzepte und Werkzeuge. Die Arbeitsschwerpunkte und Teilprojekte des Verbundprojektes sind Propädeutika, ePortfolio, Formatives eAssessment, Summatives eAssessment und eTutoring & eMentoring.

Künftige Studierende erhalten die Möglichkeit sich die, für ihr Studium notwendigen, mathematische Grundlage in einem Online-Vorkurs zu erarbeiten. Ausgehend von individuellen Ergebnissen der Einstufungstests bekommt jeder Studierende passende Arbeits- und Übungsmaterialien in der ILIAS-Plattform von optes angeboten. Dabei werden ePortfolios begleitend zum Mathematik-Vorkursen eingesetzt, damit Lernende ihr Lernen reflektieren und ihren Kompetenzzuwachs dokumentieren können. Beim Lernen mittels Online-Lernmaterialien, der Auswertung der Testergebnisse und der Arbeit mit dem ePortfolio werden die künftigen Studierenden von eMentoren – Studierenden höherer Semester – unterstützt. (optes.de 2015; Samoila et. al. 2013)

Differenzierte Zielsetzung des Teilprojektes ePortfolio unter Einsatz von eMentoren

Das Teilprojekte ePortfolio fokussiert, unter Einbezug von (eigens ausgebildeten) eMentoren, weniger die eigentliche Vermittlung der mathematischer Inhalte, sondern vielmehr die Lernprozessbegleitung und Unterstützung der künftigen Studierenden bei der Entwicklung überfachlicher Fähigkeiten wie Selbstreflexion, Lernmanagement und -planung, Motivation und

damit die Studierfähigkeit. Diese Ziele werden aber nicht als von der Inhaltsebene des angestrebten Fachstudiums separiert betrachtet, sondern stehen stark mit der Studienvorbereitung im Bereich Mathematik in Verbindung - der Kontext Mathematik bildet den Rahmen. In besonderem Maße gilt diese Vernetzung für die Erhebungen mathematischer Fähigkeiten, welche schließlich dem künftigen Studierenden in seinem ePortfolio dargeboten werden und auf welchen auch die Lernprozessbegleitung aufsetzt.

Neben den Zielsetzungen, Reflexionsprozesse zu initiieren und zu begleiten, Lernenden bei einer eigenständigen Verortung ihres Lernstandes zu helfen und ihnen ihre Entwicklungspotenzialen aufzuzeigen, wurde bei der Auswahl von Methoden, Werkzeugen und Analysen stets darauf geachtet, die Lernendenperspektive zu betrachten. Daher wurden die dem Lernenden entgegengebrachten Methoden, Werkzeugen und Analysen möglichst motivierend und persönlich ansprechend angelegt, sollen eine möglichst einfache Nutzung zulassen, ein schnelles Verständnis für Sinn und Zweck ermöglichen und sollen eher potenzial- und weniger defizitorientiert sein. Ferner wurde darauf geachtet, dass Methoden, Werkzeugen und Analysen für eine Unterstützung durch die Lernprozessbegleiter, die eMentoren, geeignet sind.

Neben den dafür notwendigen didaktischen Konzepten hat das Teilprojekt ePortfolio zu diesem Zweck die ePortfolio-Komponente, den Bereich Test & Assessment und das Kompetenzmanagement der Lernplattform ILIAS weiterentwickelt.

Beteiligt an der Konzeption und Umsetzung waren die beiden an der Helmut-Schmidt-Universität/ Universität der Bundeswehr Hamburg befindlichen optes-Teilprojekte:

Teilprojekt ePortfolio

Prof.'in Dr. Karin Büchter,
Marion Hartung,
Karola Koch und
Oliver Samoila

Teilprojekt Propädeutik

Prof. Dr. Markus Bause,
Anja Bird und
Lada Mazurenko

II. Theoretisch-didaktische Grundlagen des Konzeptes der Erhebung von mathematischen Fähigkeiten

Globales Ziel ist es, Studienanwärtern und Studieneinsteigern einen Anhalt geben zu können, welche persönlichen Entwicklungen sie in einem bestimmten Kompetenzbereich, der für sie alltägliche oder aber arbeitsweltliche Relevanz hat, vollzogen haben und gleichzeitig Potenziale für ihre weitere Entwicklung zu identifizieren.

Der Kontext dieser Ziele, das Propädeutikum Mathematik, machte es erforderlich, dass nicht nur didaktisch oder nur fachliche (mathematische) Belange bei der Konstruktion eines viablen Modells zur Erfassung von Kompetenzen berücksichtigt werden durften - kein „entweder oder“ zwischen Didaktik und Mathematik, sondern ein „sowohl als auch“. Zur Grundlage der Modellkonstruktion wurden daher verschiedene Modelle und Rahmen einbezogen, die hinreichend offen für eine Erhebung von mathematischen Fähigkeiten waren. Dazu gehörten nach umfassenden Recherchen und projektinternen Abtimmungen

1. die Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife (Kultusministerkonferenz, 2012),
2. der Deutsche Qualifikationsrahmen (2011) (als Grundlage des optes-spezifischen Kompetenzstrukturmodells (nach Frey, 2004)) und
3. das Kompetenzentwicklungsmodell „vom Novizen zum Experten“ (gemäß Dreyfus/Dreyfus, 1987) und seinen Erweiterung (gemäß Rauner, 2002).

Für die Darlegung des in optes konstruierten Kompetenzmodells werden nachfolgend die herangezogenen Ansätze beschrieben, um daraus das eigens modellierte und in optes in Anwendung befindliche Kompetenzmodell zu beschreiben.

1. Von Kompetenzen zu mathematischen Fähigkeiten

Die Diskussion um Kompetenzen ist eine, die aktuell einen hohen Stellenwert im Bildungsbereich und anderen davon tangierten Bereichen einnimmt. Dabei werden sowohl berufsspezifische, als auch allgemeinere Kompetenzen hinsichtlich ihrer Definition und ihrer Erfassbarkeit diskutiert. Ein vollständig geteiltes Verständnis des Begriffs und der damit verbundenen einzelnen Kompetenzen für bestimmte Kontexte existiert nicht. Dies macht es möglich, aber auch nötig, dass wir für unseren Kontext und dessen Zielsetzung, ein eigenes Kompetenzverständnis entwickelten und Kompetenzbereiche definierten.

Ein Individuum besitzt eine oder mehrere Kompetenzen, wenn sich die Erfordernisse seiner Situation mit den ihm zur Verfügung stehenden Fähigkeiten und Verhaltensweisen decken und dies die Bewältigung von Aufgaben oder Problemen ermöglicht. Das in Erscheinung Treten dieser Kompetenz(en) ist maßgeblich von Motivation und Volition abhängig. (in Anlehnung an Frey 2004, S. 904 und Weinert 2001, S. 27) Innerhalb verschiedener Kompetenzbereiche können weitere Faktoren relevant sein und eine unterschiedliche Wichtung aufweisen.

Dieses Verständnis von Kompetenzen findet sich entsprechend in der Auswahl und Adaption bestehender Ansätze und dem modellierten Konstrukt wieder.

Im Projekt optes wurden vielerlei konstruktive Diskussionen über die Begrifflichkeiten und damit einhergehenden Verständnissen von Kompetenzen, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Wissen geführt. Ein projektinterner Beschluss lässt uns in optes grundsätzlich zwischen Fähigkeiten und Fertigkeiten trennen. Fähigkeiten werden als „Gesichertes Können und Tun“ im Sinne einer Handlungsbefähigung verstanden. "Fähigkeiten werden über einen längeren Zeitraum erlangt. Fähigkeiten sind prozessbezogen und der Prozess des Erwerbs ist längerfristig/perspektivisch angelegt. Fertigkeiten hingegen, sind inhaltsorientiert beziehungsweise inhaltsgebunden und unterliegen stärker als (nachhaltig erworbene) Fähigkeiten einer relativ kurzen Halbwertszeit. Sie sind punktuell ausgerichtet und bilden Momentaufnahme ab. Mathematische Fertigkeiten sind in einzelnen Leistungsmomenten in mathematischen Sachgebieten erkennbar.

In optes-Kontext bildet die Summe der mathematischen Fähigkeiten gemeinsam mit dem Fachwissen die Fachkompetenz im Bereich Mathematik.

2. Allgemeine Kompetenzbereiche - Deutscher Qualifikationsrahmen und Kompetenzstrukturmodell nach Frey

Um ein für optes plausibles und beständiges Kompetenzmodell zu gestalten, waren verschiedene Faktoren in unterschiedlicher Gewichtung von Relevanz. Das zu konstruierende und zu etablierende Kompetenzmodell sollte a) anschlussfähig an bildungspolitische Entwicklungen sein, b) für den Kontext der Mathematik ohne Einschränkung anwendbar sein, c) einen späteren Transfer auf andere Themenfelder zulassen, d) von Lernenden und Lehrenden verstanden werden können und e) für eine Weiterentwicklung und/oder Ausdifferenzierung offen sein. Für diese Zielsetzungen zeigten sich die im deutschen Qualifikationsrahmen definierten Begrifflichkeiten als geeignet. Als Einordnungsgerüst entschieden wir uns, insbesondere unter Praktikabilitäts Gesichtspunkten, für das Kompetenzstrukturmodell nach Frey

Der deutsche Qualifikationsrahmen wurde entwickelt, um Transparenz im deutschen Bildungssystem zu schaffen.¹ In ihm werden die unterschiedliche Qualifikation verschiedener Bildungsbereiche acht Niveaus zugeordnet, womit eine Vergleichbarkeit erreicht bzw. erleichtert wird. Er trägt Gültigkeit in allen Qualifikationsbereichen des deutschen Bildungssystems.

An dieser Stelle soll der DQR nicht umfänglich dargelegt und diskutiert werden. Vielmehr sollen die Begrifflichkeiten aufgezeigt werden, welche in der weiteren Konstruktion unseres Kompetenzmodells Anwendung gefunden haben.

Zu diesen gehören: Fachkompetenz, Personale Kompetenz, Sozialkompetenz und Methodenkompetenz. Gemäß Glossar des DQR werden diese wie folgt beschrieben:

„**Fachkompetenz** umfasst Wissen und Fertigkeiten. Sie ist die Fähigkeit und Bereitschaft, Aufgaben- und Problemstellungen eigenständig, fachlich angemessen, methodengeleitet zu bearbeiten und das Ergebnis zu beurteilen.“ (www.dqr.de, 29.10.2015)

¹ Der DQR als nationaler Qualifikationsrahmen ist an den Europäischen Qualifikationsrahmen gekoppelt. Neben Durchlässigkeit innerhalb des nationalen Bildungssystems soll eine gesteigerte Mobilität und Flexibilität im europäischen Wirtschaftsraum ermöglicht werden. Näheres in Arbeitskreis Deutscher Qualifikationsrahmen (2011): Deutscher Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen.

„**Personale Kompetenz** – auch Personale/Humankompetenz – umfasst Sozialkompetenz und Selbstständigkeit. Sie bezeichnet die Fähigkeit und Bereitschaft, sich weiterzuentwickeln und das eigene Leben eigenständig und verantwortlich im jeweiligen sozialen, kulturellen bzw. beruflichen Kontext zu gestalten.“ (ebd.)

„**Sozialkompetenz** bezeichnet die Fähigkeit und Bereitschaft, zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten, ihre Interessen und sozialen Situationen zu erfassen, sich mit ihnen rational und verantwortungsbewusst auseinanderzusetzen und zu verständigen sowie die Arbeits- und Lebenswelt mitzugestalten.“ (ebd.)

„**Methodenkompetenz** bezeichnet die Fähigkeit, an Regeln orientiert zu handeln. Dazu gehört auch die reflektierte Auswahl und Entwicklung von Methoden. Fachkompetenz und personale Kompetenz schließen Methodenkompetenz jeweils mit ein.“ (ebd.)

Die im DQR verwendete Struktur, in der die Kompetenzkategorien Fachkompetenz, gegliedert in Wissen und Fertigkeiten, und Personale Kompetenz, gegliedert in Sozialkompetenz und Selbstständigkeit, leitend sind (vgl. ebd.), wurde nicht übernommen. Die konkrete Modellierung und der Grad der Adaption wird in Kapitel 5 dargelegt.

Als übergeordnetes Gerüst unseres Kompetenzmodells wurde, wie oben benannt, auf das Kompetenzstrukturmodell² von Frey zurückgegriffen.

Auch Frey (2004) verwendet verschiedene Kompetenzkategorien, die denen des DQR sehr ähnlich sind: Fach-, Methoden-, Sozial- und Personalkompetenz. Diese fasst Frey (2004) wie folgt:

Fachkompetenz: umfasst Fähigkeitsdimensionen, welche an der jeweiligen Fachdisziplin orientiert sind. Sie sind für die Spezialisierung einer Person erforderlich und gewährleisten die Erfüllung der jeweiligen beruflichen Tätigkeit. Durch ihre disziplinäre Verortung und Fortschritt innerhalb der Disziplin können sie sich wandeln.

Methodenkompetenz: fasst Fähigkeiten, welche Individuen innerhalb eines bestimmten Sachbereichs denk- und handlungsfähig erscheinen lassen.

Sozialkompetenz: beinhaltet Fähigkeiten, welche Individuen zum situations- und aufgabengerechten Handeln befähigen, um vorrangig in Kooperationsituationen gemeinsam verfolgte Ziele verantwortungsvoll angehen und lösen zu können.

Personalkompetenz: umfasst Fähigkeitsbereiche, Einstellungen und Eigenschaften, die für eigenverantwortliches sowie motiviertes Handeln notwendig sind.

(vgl. Frey 2004, S. 904ff)

Für die Kompetenzkategorien nach Frey gilt, wie auch im DQR, dass diese nicht völlig disjunkt voneinander anzutreffen sind. Gemeinsam und als untereinander verknüpft betrachtet, entsteht das Konstrukt allgemeiner oder auch beruflicher Handlungskompetenz.

Frey bezeichnet diese Dimensionen innerhalb seines Modells fortwährend als Kompetenzklassen. Diese Kompetenzklassen werden durch unterschiedliche Fähigkeitsdimensionen bestimmt. Unter einer Fähigkeitsdimension versteht er ein theoretisches Konstrukt, welches die Gesamtheit der psychischen und physischen Fertigkeiten einer Fähigkeitsdimension vereint. Unter einer Fertigkeit ist

² Im Mittelpunkt von Kompetenzstrukturmodellen stehen die Zusammenhänge von Kompetenzdimensionen (vgl. Hartig & Klieme, 2007, S.11).

gemäß Frey ein konkretes und inhaltlich bestimmbares Können zu verstehen, welches mittels Übung soweit automatisiert wurde, dass dieses auch unbewusst vollzogen werden kann. Man kann dabei von Internalisierung sprechen. Somit kann davon gesprochen werden, dass sich Handlungskompetenz in Fertigkeiten, im inhaltlich bestimmbareren Können, zeigt. (vgl. ebd.)

Dieser Logik folgend ergibt sich folgende Struktur:

- E.IV Handlungskompetenz
- E.III Kompetenzklassen
- E.II Fähigkeitsdimensionen
- E.I Fertigkeiten

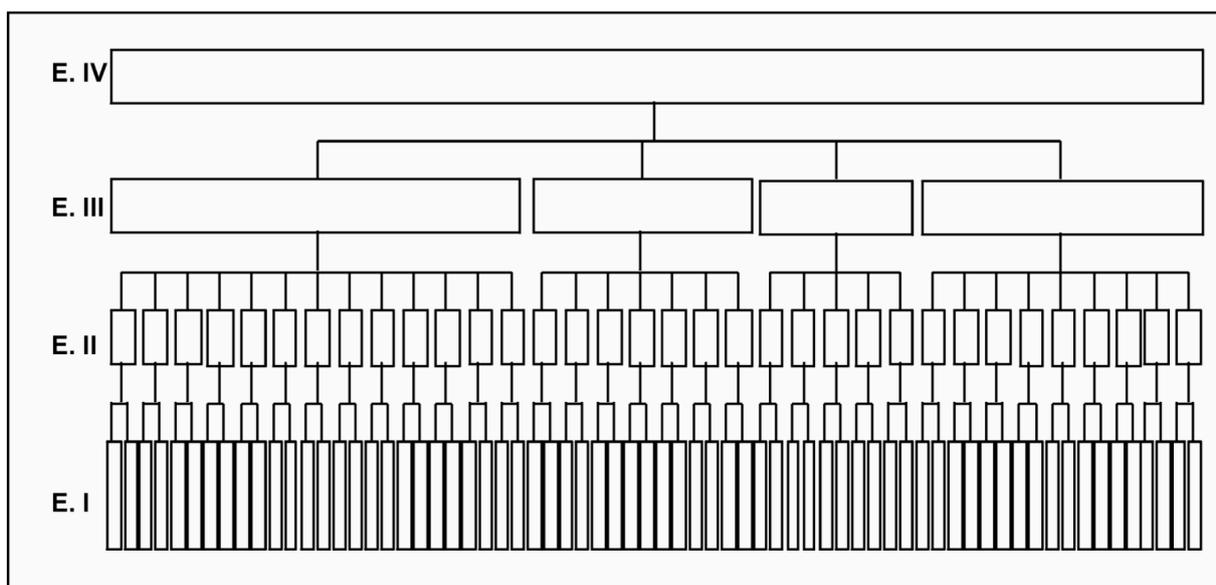


Abbildung 1: Hierarchisches Strukturmodell von Handlungskompetenz (Frey 2004, S.907)³

Für die optes-eigene Kompetenzmodellkonstruktion werden der DQR und das grob skizzierte Kompetenzstrukturmodell nach Frey in Kapitel 5 aufgegriffen.

3. Kompetenzen im Bereich der Mathematik

Als zentraler Ansatz, für die Formulierungen der mathematischen Fähigkeiten, wurden die „Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife“ der Kultusministerkonferenz von 2012 herangezogen. Ziel der Einführung dieser Bildungsstandards ist es, „[...] für Transparenz schulischer Anforderungen zu sorgen, die Entwicklung eines kompetenzorientierten Unterrichts zu fördern und eine Grundlage für die Überprüfung der erreichten Ergebnisse zu schaffen.“ (KMK, 2012 S. 2) „[...] Bildungsstandards [legen] fest, welche fachbezogenen Kompetenzen Schülerinnen und Schüler bis zu einem bestimmten Abschnitt in der Schullaufbahn

³ Die Ebenen Fähigkeitsdimensionen (E.II) und Fertigkeiten (E.I) können, wie Sie im Modell dargestellt sind, bzgl. der Quantität nicht eins zu eins auf eine andere Domäne übertragen werden. Im Modell folgt die quantitative Darstellung einer Ausdifferenzierung für Studierende des Lehrerberufs.

entwickelt haben sollen.“ (ebd.) „Unter einer Kompetenz wird dabei die Fähigkeit verstanden, Wissen und Können in den jeweiligen Fächern zur Lösung von Problemen anzuwenden.“ (ebd.)

Da diese Bildungsstandards Kompetenzen für die Schulausgangsphase definieren, erschienen sie als geeignet und plausibel, um sie für den Übergang zwischen Schule und Hochschule und für die Studieneingangsphase aufzugreifen.⁴ Ferner sollte die Tatsache, dass es sich um einen KMK-Beschluss und nicht um eine Empfehlung handelt, Anschlussfähigkeit im Anwendungs- und auch im Forschungskontext ermöglichen.

In den Bildungsstandards für das Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife werden sowohl „Allgemeine mathematische Kompetenzen“, als auch sogenannte „Leitideen“ formuliert. Die sechs allgemeinen mathematischen Kompetenzen sind:

- „Mathematisch argumentieren [K1]
- Probleme mathematisch lösen [K2]
- Mathematisch modellieren [K3]
- Mathematische Darstellungen verwenden [K4]
- Mit symbolischen, formalen und technischen Elementen der Mathematik umgehen [K5]
- Mathematisch kommunizieren [K6]“ (ebd. S. 10).

Dazu werden fünf Leitideen benannt:

1. „Algorithmus und Zahl [L1]
2. Messen [L2]
3. Raum und Form [L3]
4. Funktionaler Zusammenhang [L4]
5. Daten und Zufall [L5]“ (ebd.).

„Die Allgemeinen mathematischen Kompetenzen werden [gemäß KMK], von den Lernenden nur in der aktiven Auseinandersetzung mit Fachinhalten erworben.“ (KMK, 2012 S. 10) Sie finden sich in allen mathematischen Inhalten (vgl. Leitideen) wieder und lassen sich nicht von diesen trennen. Ein hinreichender Erwerb allgemeiner mathematischer Kompetenzen kann (gemäß Bildungsstandards) nur dann erreicht sein, wenn diese an unterschiedlichen Leitideen in allen Anforderungsbereichen erfolgreich eingesetzt werden können. Anforderungsbereiche beschreiben unterschiedliche kognitive Ansprüche von kompetenzbezogenen mathematischen Aktivitäten. (vgl. ebd., S.10f)

⁴ Mit der Definition von Anforderungskatalogen, hier einem Mindestanforderungskatalog, befasst sich beispielsweise die „[...] seit über zehn Jahren bestehende Arbeitsgruppe COSH ([Cooperation Schule Hochschule](#)), die sich dem Übergang Schule-Hochschule vor allem an der Schnittstelle beruflicher Gymnasien bzw. Berufskollegs und Fachhochschulen in Baden-Württemberg widmet [...]. [Der] Mindestanforderungskatalog [von COSH] benennt einerseits Inhalte und Kompetenzen, welche die Abiturienten bzw. Fachabiturienten der verschiedenen Schultypen in Baden-Württemberg gemäß gültigem Lehrplan behandeln, als auch diejenigen, die von den Hochschulen als wünschenswert erachtet werden. Diese Diskrepanz wird in dem Katalog deutlich aufgezeigt. Der Katalog ist in Zusammenarbeit von Schul- und Hochschulvertretern entstanden und stellt somit eine gemeinsame Zustandsbeschreibung dar.“

Aus den drei konzeptionellen Größen, den allgemeinen mathematischen Kompetenzen, den dazu querliegenden Leitideen und den jeweils dazugehörigen Anforderungsbereichen, konstituiert die Kultusministerkonferenz das Kompetenzmodell der Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife.

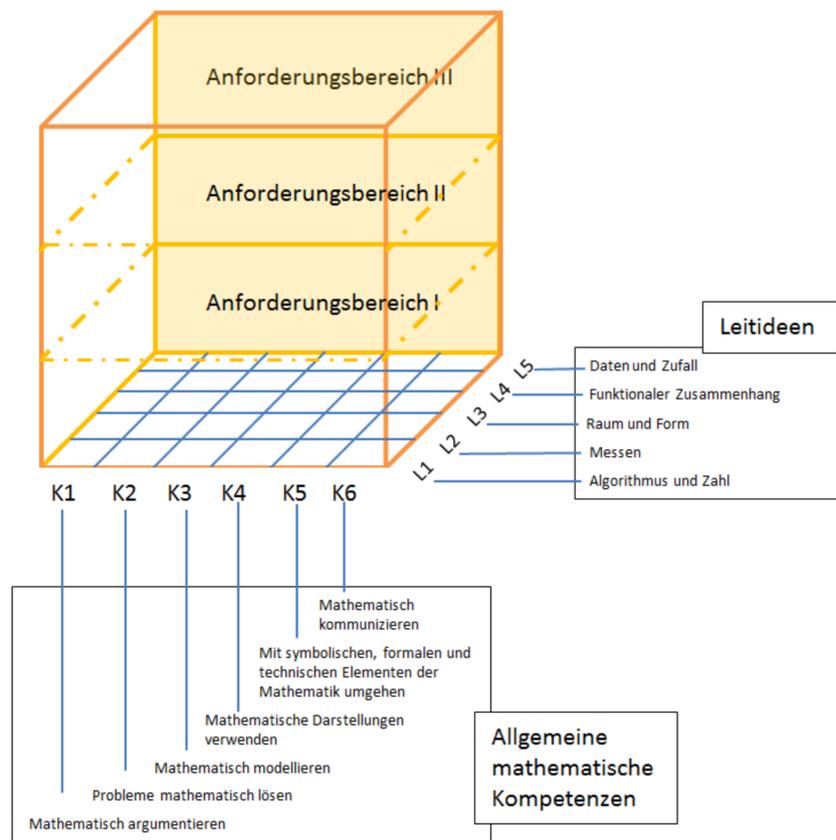


Abbildung 2: Kompetenzmodell der Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife

Für weitere Informationen zu den Rahmenbedingungen unter denen dieses Kompetenzmodell Anwendung findet, sowie eine Reihe von Beispielaufgaben, die in dieses Kompetenzmodell eingeordnet wurden, finden sich in: Kultusministerkonferenz (2012): *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der KMK vom 18.10.2012)*.

4. Theoretischer Unterbau - Modell vom Novizen zum Experten (Dreyfus/Dreyfus)

4.1. Wahl eines viablen Kompetenzmodells

Im Zuge langjähriger und noch immer aktueller Kompetenzdebatten, ist in Hinblick auf Erhebungsmethoden und Konzepte sowie Begriffsfassungen und -verwendungen eine Vielzahl an Kompetenzmodellen⁵ entstanden. Im optes-Teilprojekt ePortfolio, aus welchem die vorliegende Darstellung hervorgeht, wird im Sinne von ePortfolio-Arbeit in optes, stets eher die Abbildung von Entwicklungen des Einzelnen als die Abbildung von Momentaufnahmen fokussiert – Die Prozessorientierung wiegt schwerer als die Ergebnisorientierung. Daher sollte sich dies auch in der Wahl des Kompetenzmodells niederschlagen. Hinzu kommt, dass das Kompetenzmodell keine disziplinäre Eingrenzung vorsehen sollte, welche eine Adaption auf das Feld Mathematik einschränken oder verhindern würde. Außerdem musste die Zielgruppe, die der Studienanwärter im MINT-Bereich, welcher wir eine Unterstützung bieten wollten, bedacht werden. Somit musste das theoretische Modell welches wir zu Grunde legen würden, für diesen Personenkreis verständlich und greifbar sein. Das Modell durfte keine langwierige Auseinandersetzung auf Seiten von Studienanwärttern verlangen, welche sich, so die Annahme, vornehmlich auf eine Studienvorbereitung durch auffrischen von mathematischen Inhalte und Methoden sowie deren einüben konzentrieren würden.

Durch die zuletzt genannten Maßgaben fiel die Entscheidung zu Gunsten des Kompetenzentwicklungsmodells „Vom Novizen zum Experten“ von Dreyfus/Dreyfus, welches im Folgenden näher beschrieben wird.⁶

4.2. Kompetenzentwicklungsmodell nach Dreyfus/Dreyfus

Das fünfstufige Kompetenz(entwicklungs)modell von Hubert L. Dreyfus und Stuart E. Dreyfus wurde gewählt, da es entwicklungslogische Zusammenhänge abzubilden vermag. Dreyfus/Dreyfus entwickelten dieses Modell in der Auseinandersetzung mit Thema künstlicher Intelligenz (KI) und deren Grenzen, insbesondere aber der Nicht-Übertragbarkeit menschlichen Denkens in eine rein mechanisierbare Form. Unabhängig vom Entstehungskontext bietet das Modell aber mehr als eine Kritik an Konzepten der KI, wobei ohnehin der Erscheinungszeitpunkt ihres Werkes – 1986 – Berücksichtigung bei der Beurteilung der Aussagen zur KI erfahren sollte. Für unsere Darlegung ist der Themenrahmen KI allerdings weniger relevant. Das vorliegende Modell soll näher betrachtet werden, weil es für denkbar viele Kontexte offen ist.

Dreyfus/Dreyfus differenzieren in ihrem fünfstufigen (Kompetenz-)Entwicklungsmodell klar zwischen Kenntnissen und Können beziehungsweise zwischen „know-that“ und „know-how“.

⁵ unter anderem dazu: Leutner, Klieme et.al. (Hrsg.)(2013): *Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen* und Schott & Azizi Ghanbari (2008): *Kompetenzdiagnostik, Kompetenzmodelle, kompetenzorientierter Unterricht: Zur Theorie und Praxis überprüfbarer Bildungsstandards*

⁶ In welchem Rahmen dennoch das Kompetenzstrukturmodell von Frey (2004) relevant wurde, wird in Kapitel II.5 dargelegt.

know-that	vs.	know-how
Wissen, welches durch Logik ausgezeichnet und durch Fakten und Regeln gekennzeichnet ist.		Wissen, welches Intuitionen folgt und durch Erfahrung aufgebautes wurde.

Der Fertigkeitenerwerb, wie es auch von Dreyfus/Dreyfus bezeichnet wird, ist als Übergang von know-that ausgehend hin zu know-how zu betrachten.

Die entwicklungslogische Struktur ist dabei in fünf Stufen gegliedert (vgl. Dreyfus/Dreyfus 1986, S.41-80):⁷

1. Novize
2. fortgeschrittener Anfänger
3. kompetent Handelnder
4. gewandt Handelnder
5. Experte

Weitere Bedingungen des Dreyfus/Dreyfus-Modells sind:

- Verhaltensweisen der jeweils untergeordneten Stufen sind nicht zwingend Bestandteil der übergeordneten Stufe. Zum Erreichen einer nächsthöheren Stufe kann ein Ablegen oder Verwerfen von Verhaltensweisen erforderlich sein. (vgl. ebd. S. 41ff).
- Die Einordnung auf einer Stufe darf nicht generalisierend betrachtet/vorgenommen werden. Sie ist im jeweils spezifischen Kontext zu sehen. (vgl. ebd. S. 42).
- (Denk-)Prozesse höherer Stufen können vom Lernenden imitiert werden, obwohl er dieser Stufe nicht zuzuordnen ist. In diesem Fall ist später von Leistungseinbrüchen durch mangelnde Routiniertheit auszugehen bedingt durch fehlende Übung und Erfahrung⁸ (vgl. ebd. S.60).

Um eine Adaption auf das optes-Szenario nachvollziehen und vom Grundmodell unterscheiden zu können, werden die fünf Entwicklungsstufen nachfolgend kurz beschrieben (vgl. ebd. S.41-62):

1. Novizen
erlernen neue Fertigkeiten auf Basis von Instruktionen. Er erlernt Wege auf denen unterschiedliche Fakten und relevante Muster erkannt werden können. Für den Novizen ist seine Gesamtsituation nicht entscheidend. Relevante Teilaspekte sind eindeutig und objektiviert dargeboten, weshalb der Bezug zum großen Ganzen nicht benötigt wird.

⁷ In der Originalübersetzung werden die Stufen wie folgt bezeichnet:

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 1. Neuling | (Novice) |
| 2. fortgeschrittener Anfänger | (Advanced Beginner) |
| 3. Kompetenz | (Competence) |
| 4. Gewandtheit | (Proficiency) |
| 5. Expertentum | (Expertise) |

Um zum einen der möglichen Missverständlichkeit mit der von Dreyfus/Dreyfus verwendeten Begrifflichkeit „Kompetenz“, für die dritte Stufe, entgegen der sonstigen Begriffsverwendung vorzubeugen und zum anderen um Personifizierung und aktive Handlungskomponente einzubeziehen werden die Stufenbezeichnungen wie oben angegeben verwendet.

⁸ Als Beispiel führen Dreyfus/Dreyfus den Anfänger an, welcher Ziele aufstellen könnte – wie ein kompetent Handelnder – dies aber aus Erfahrungsmangel nicht hinreichend gut leiste können wird (vgl. ebd.).

2. Fortgeschrittene Anfänger
bewältigen unter Beachtung komplizierterer Regeln, bei einer Vielzahl kontextfreier Fakten, eine Situation. Sie sammeln somit in konkreten Situationen praktische Erfahrungen. Regeln, Fakten und Muster werden zunehmend dekontextualisiert. Die Relevanz von Erfahrungen übersteigt die von Instruktionen ganz deutlich.
3. Kompetent Handelnde
besitzen ein immenses Repertoire kontextfreier, wie auch situationaler Elemente. Sie nutzen zur Fokussetzungen hierarchisch angelegte und abgestimmte Entscheidungsprozesse. Situationselementen werden von ihnen geplant und geordnet. Sie differenzieren relevantere von weniger relevanten Faktoren . Durch Reduktion der Komplexität absolvieren sie Aufgaben. Es folgt eine Leistungsverbesserung unter Effizienzgesichtspunkten. Sie trennen einzelne Faktoren und Situation der Gesamtgemengelage. Sie ziehen Schlüsse, treffen Entscheidungen und überprüfen ihre Erwartungen.
4. Gewandt Handelnde
(und auch Experten) weisen ein rasches, flüssiges und teilnehmendes Verhalten auf, welches sich von einem langsamen und distanzierten Problemlösen deutlich unterscheidet. Die Betrachtung der Aufgabe erfolgt bei gewandt Handelnden unter aktuell vorherrschenden situationsspezifischen Gesichtspunkten. Sie können Situation als besonders wichtig oder als zu vernachlässigend einstufen und ihr handeln darauf anpassen – dies führt zum Modifizieren von Plänen und damit Erwartungen. Muster werden intuitiv gebraucht – ganzheitliches Erkennen von Ähnlichkeiten anstatt Zerlegen in Komponenten.
5. Experten
werden durch ihr erfahrendes und geübtes Verständnis geleitet. Sie analysieren und überlegen nicht lang, sondern handeln engagiert. Sie erkennen und lösen Probleme nicht distanziert, entwerfen keine Pläne, über welche die Konsequenzen strukturiert werden. Das Können ist ein Teil des Experten, welches einfach abgerufen wird. Sie machen das, was üblicherweise funktioniert, ohne Probleme gesondert zu lösen oder explizit Entscheidungen zu treffen. Es kommt nicht zum klassischen Problemlösen, sondern zu einer kritisch reflektierenden Betrachtung der eigenen Intuition beziehungsweise des eigenen know-hows. Experten besitzen ein immenses Repertoire an Korrelationen zwischen einnehmbaren Perspektiven, erreichbaren und erreichenswerten Zielen, möglichen Entscheidungen, Aktionen und Taktiken.

Im Zuge der Adaption anderer Wissenschaftler und unter Anwendung des Modells innerhalb der beruflichen Bildung, hat Anfang der 2000er Jahre eine Modellierung und Weiterentwicklung des Dreyfus/Dreyfus-Modells stattgefunden. Rauner (2002) beschrieb die Prozesse, die erforderlich sind, um von einer Stufe zur nächsten zu gelangen in differenzierterer Form, und schuf damit eine Systematisierung, die es ermöglicht Lernaufgaben entlang des fünf-Stufen-Modells zu entwickeln.

Rauner (2002) identifizierte charakteristischen Merkmale der (Handlungs-)Situationen, die einen Stufenübergang ermöglichen. Die vier Stufenübergänge (auch als Niveaus bezeichnet) definierte er wie folgt:

- „Orientierungs- und Überblickswissen
- Zusammenhangswissen
- Detail- und Funktionswissen,
- Erfahrungsbasiertes fachsystematisches Vertiefungswissen“ (ebd., S. 6)⁹

Der Aufstieg von Stufe zu Stufe wird auch bei Rauner nicht als linear betrachtet, da die unterschiedlichen Übergänge unterschiedliche Prozesse und (Verhaltens-)Änderungen bedingen. Lernende können diese Entwicklung jedoch nur dann vollziehen, wenn die ihnen abverlangten (Arbeits-/Lern-)prozesse diese Entwicklung auch zulassen oder fördern (vgl. ebd.). Mit diesem Kriterium gehen adäquate Aufgaben, denen sich Lernende gegenüber sehen, einher.

Die verschiedenen Lernbereiche / Niveaus, in denen das Subjekt zum Erreichen der Stufen aktiv werden muss, werden hier aufgegriffen, da mathematische Aufgaben zum einen ein zentrales Arbeitsmittel für die Studienvorbereitung des optes-Klientel sind und zum anderen die Grundlage für die Erhebung von mathematischen Fähigkeiten bilden werden.¹⁰

- Orientierungs- und Überblickswissen:
Mittels orientierender (Arbeits-)Aufgaben wird Novizen ein erster Überblick der Disziplin gegeben. Die Aufgaben verlangen vorrangig systematisches Arbeiten unter Einbezug von Regeln, Mustern und Standards.
- Zusammenhangswissen:
Fortgeschrittenen Anfänger werden zum Erwerb von Zusammenhangswissen systemischen (Arbeits-)Aufgaben gestellt. Systemische Aufgabenbewältigung inkludiert die Berücksichtigung disziplinspezifischer Faktoren und Kontexte.
- Detail- und Funktionswissen:
Aufbauend auf Orientierungs-, Überblicks- und Zusammenhangswissens und der Fähigkeit systematisch Aufgaben zu bearbeiten, sind kompetent Handelnde in der Lage, sich mit problembehafteten (Arbeits-)Aufgaben zu befassen. Aufgaben enthalten etwas Unbekanntes, Neues, bei dem bekannte Lösungs- und Bearbeitungsstrategien nicht zielführend sind. Eine Erweiterung der definierten Regeln und (Lösungs-)Schemata wird erforderlich. Hinzu kommen Prozesse der Aufgabenanalyse, der Identifikation des Problemgehalts dieser und die Planung des weiteren Vorgehens. Zur Aufgabenbearbeitung bedarf es fundiertes theoretisches Wissen (Detail- und Spezialkenntnisse der Disziplin).
- Erfahrungsbasiertes fachsystematisches Vertiefungswissen:
Nach wachsender Professionalisierung des Problembewusstseins für Aufgaben der Disziplin, werden Erfahrungen im Kontext nicht alltäglicher Situationen und Probleme gewonnen. Diese können nicht einfach systematisch bearbeitet werden, da durch ihre Komplexität eine vollständige Analyse nicht möglich ist. Es wird eine Transferleistung erlebter Situationen auf die anstehenden notwendig. Es handelt sich um situatives Lösen von Problemen, bei dem hochwertiges fachtheoretisches Wissen und praktisches Können sowie Intuition verlangt werden.

(vgl. Rauner 2002, S. 9ff)

⁹ Rauner (2002) weist darauf hin, dass die Niveaubeschreibungen als „-wissen“ als didaktisch-curricularer Bezeichner für den Kompetenzentwicklungsverlauf gewählt wurden. (vgl. ebd. S. 6)

¹⁰ Bei der Beschreibung der Niveaus wird vom Kontext der beruflichen Bildung, aus dem Rauners Modellierung stammt, auf allgemeinere didaktische Aspekte abstrahiert.

Die Erweiterung des Dreyfus/Dreyfus-Modells durch Rauner schafft Transparenz, da definiert wird, welche Anforderungen an Lernende hinsichtlich ihres Könnens gestellt werden und welche Anforderungen an Lehrende hinsichtlich der Aufgabenkonstruktion bestehen.

Als Zusammenschau des Dreyfus/Dreyfus-Modells und seiner Erweiterung durch Rauner ergibt sich die nachfolgende Visualisierung.

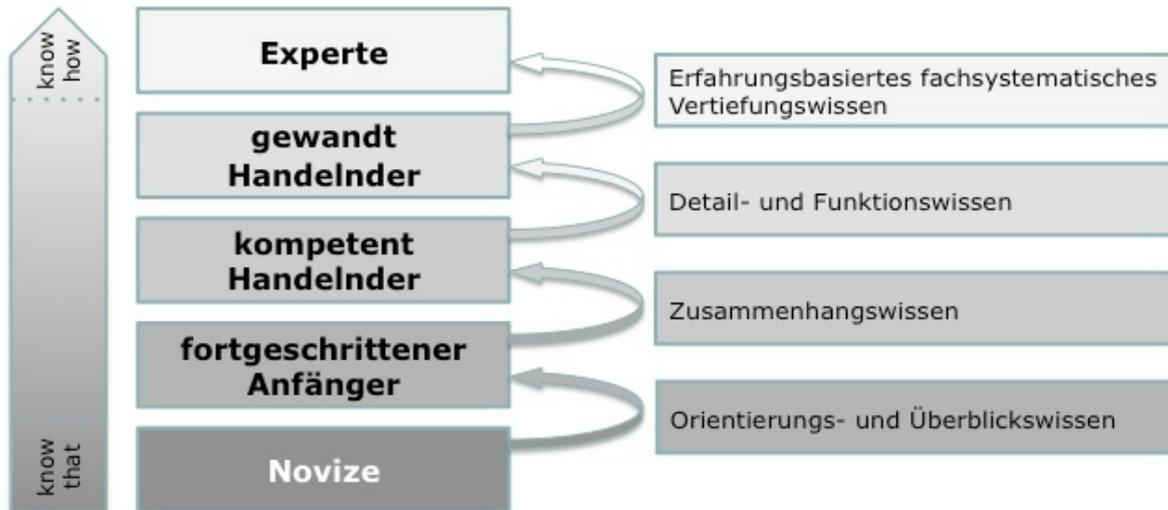


Abbildung 3: Wissensdimensionen/Niveaus auf dem Weg vom Novizen zum Experten

Sowohl für die Konstruktion von Aufgaben, als auch für die Gestaltung komplexerer didaktischer Settings, die auf die Entwicklung von Kompetenzen abzielen, sollten die von Rauner formulierten Niveaus Berücksichtigung finden.

Basierend auf allen vorangestellten Modellrahmen, wird im nachfolgenden Kapitel die Adaption auf optes-spezifischen Belange vorgestellt.

5. Kontextspezifische Modellierung der theoretischen Grundlagen

Wie beschrieben, sollte für optes ein plausibles und beständiges Kompetenzmodell gestaltet werden. Dieses sollte a) anschlussfähig an bildungspolitische Entwicklungen sein, b) für den Kontext der Mathematik ohne Einschränkung anwendbar sein, c) einen späteren Transfer auf andere Themenfelder zulassen, d) von Lernenden und Lehrenden verstanden werden können und e) für eine Weiterentwicklung und/oder Ausdifferenzierung offen sein.

Bevor dieses Kompetenzmodell als »Produkt« vorgestellt werden kann, sollen im Folgenden die Adaptionen theoretischer Grundlagen und damit die Modellierung dargelegt werden. Dazu werden folgende Adaptionsschritte beschrieben:

1. Adaption des Kompetenzstrukturmodells von Frey unter Bezugnahme auf die Begrifflichkeiten des Deutschen Qualifikationsrahmens und dessen begriffliche Erweiterung.
2. Adaption des Kompetenzentwicklungsmodells nach Dreyfus/Dreyfus und dessen Erweiterung durch Rauner.
3. Vereinigung beider Modelle, um sowohl Strukturen als auch eine Entwicklungslogik von Kompetenzen abbilden zu können.
4. Kontextbindung an das Propädeutikum Mathematik durch die Modellierung der in den Bildungsstandards Mathematik definierten mathematischen Kompetenzen auf die optes-spezifische Klientel.

Adaptionsschritt 1: Adaption des Kompetenzstrukturmodells von Frey unter Bezugnahme auf die Begrifflichkeiten des Deutschen Qualifikationsrahmens und dessen begriffliche Erweiterung

Im Modell Freys ist der obersten Ebene die Handlungskompetenz zugeschrieben. Wir differenzieren diese begrifflich als »Allgemeine und berufliche Handlungskompetenz« aus. Untergeordnet finden sich in begrifflicher Anlehnung an den DQR und Frey, sowie in struktureller Anlehnung an Frey die Kompetenzkategorien »Fachkompetenz«, »Sozialkompetenz«, »Personalkompetenz« und »Methodenkompetenz«, wobei im optes-Kontext von »Methoden- und Medienkompetenz«¹¹ gesprochen wird. Somit ergibt sich folgende Hierarchie/Kompetenzstruktur:



Abbildung 4: Adaptionsschritt 1 - Dimensionen von Handlungskompetenz

Mit dem Modell Freys übereinstimmend, sind in den Bereichen der Personal- Sozial- und Methoden- und Medienkompetenz, kleinere Teileinheiten für diese Kompetenzkategorien definiert wurden. Da der Fokus im vorliegenden Dokument auf der Erhebung mathematischer Kompetenzen und dem dafür zugrundeliegenden Kompetenzmodell liegen, werden diese genannten Kompetenzkategorien nur schematisch aufgelöst.

¹¹ Die Entscheidung hin zu einer Erweiterung bzw. einer Präzisierung des Begriffs Methodenkompetenz um Medienkompetenz, rührt im Wesentlichen auf der Betonung von Kompetenzentwicklung in der Verwendung und Erstellung von Medien, wie auch auf der gemeinsamen Nutzung eines Kompetenzkanons für Mentoren (Lernprozessbegleitern) und Mentees (Lernenden in den optes-Angeboten, die von Mentoren unterstützt werden).

Allgemeine und berufliche Handlungskompetenz															
Fachkompetenz	Personalkompetenz					Sozialkompetenz					Methoden- und Medienkompetenz				
<i>(Details im Folgenden)</i>	A	B	C	D	E	1	2	3	4	5	I	II	III	IV	V

Abbildung 5: Adaptionsschritt 1 - Dimensionen von Handlungskompetenz in Clustern

Aus der Kategorie der Fachkompetenz wird der Bereich Mathematik, als Domäne in der die Fachkompetenzen Anwendung finden können, herausgegriffen. Davon unberührt bleibt, dass Fachkompetenzen je Disziplin unterschiedlich sind und entsprechend erfasst werden können. Im Fokus steht aber der Bereich mathematischer Kompetenzen (hier Fähigkeiten?) – auch als gemeinsamer Teil aller ingenieurwissenschaftlichen Studienfächer. An dieser Stelle kann auch von einer kontextbezogenen Subkategorie gesprochen werden. Diese unterteilt sich - um Adaptionsschritt 4: *Kontextbindung an das Propädeutikum Mathematik durch die Modellierung der in den Bildungsstandards Mathematik definierten mathematischen Kompetenzen auf die optes-spezifische Klientel vorwegzugreifen* – in verschiedene mathematische Fähigkeiten.

Adaptionsschritt 2: Adaption des Kompetenzentwicklungsmodells nach Dreyfus/Dreyfus und dessen Erweiterung durch Rauner

Das entwicklungslogisch gestaltete Kompetenzmodell nach Dreyfus/Dreyfus sieht fünf Entwicklungsstufen (vom Novizen zum Experten) vor. Die fünf Stufen, die ein auf unterschiedliche Weisen handelndes Individuum beschreiben, besitzen vier Zwischenschritte auf denen jeweils die nächsthöhere Stufe erreicht werden kann (siehe Kapitel 4.2). Rauner (2002) beschreibt dazu verschiedene Arten von Wissen, die eingebracht bzw. erbracht werden müssen, um zur nächsten Stufe gelangen zu können.¹²

Für unser Kompetenzmodell arbeiten wir nicht explizit mit den Stufen des Dreyfus/Dreyfus-Modells – im Sinne einer Auszeichnung von erreichten Kompetenzstufen. Wohl aber mit der zugrundeliegenden Systematik und angepassten Begrifflichkeiten der Raunerschen Erweiterung des Modells.

Für unser Kompetenzmodell gelten, nach Dreyfus-Dreyfus-Systematik, vier Stufen. Dieser Entscheidung beruht zum einen darauf, die Komplexität zu verringern und damit einen Schritt in Richtung Verständlichkeit bei Lernenden und Lehrenden zu gehen, und zum anderen darauf, dass projektintern Einigkeit bestand, einen Studienanwärter (hier als Klientelbezug) im Laufe seiner Studienvorbereitung nicht als »Experte« im Bereich der Mathematik auszuzeichnen. Dieser Schritt ist durchaus von Pragmatismus geprägt, aber im Sinne einer Transferierbarkeit auf andere Kontexte ohne weiteres reversibel. Es ergeben sich zwischen den vier (nicht im Modell explizieren) Stufen drei Zwischenschritte. Wie Rauner, haben wir diese Zwischenschritte mit verschiedenen Wissensarten überschrieben:

¹² Diese Wissensarten sind sowohl für den Lernenden relevant, als auch für Lehrende, die Lernangebote gestalten und damit Potenziale zum Stufenaufstieg ermöglichen.

1. Regel-/Basiswissen
2. Zusammenhangswissen
3. Problemorientiertes Wissen.

Zur leichteren Übersicht sind die beiden Konstrukte – optes-spezifische Modellierung und Referenzmodell nach Rauner – nochmals gegenübergestellt.

Anforderungsniveaus im Kompetenzmodell in optes	Zum Vergleich das Referenzmodell nach Rauner (2002, S.6)
Regel-/Basiswissen	Orientierungs- und Überblickswissen
Zusammenhangswissen	Zusammenhangswissen
Problemorientiertes Wissen	Detail- und Funktionswissen
	Erfahrungsbasiertes fachsystematisches Vertiefungswissen

Abbildung 6: Adaptionsschritt 2 – Anforderungsniveaus in optes und Wissensdimensionen/ Niveaus nach Rauner (in aufsteigender Komplexität)

Eine detaillierte übergreifende Beschreibung der drei Wissensarten ist nicht vorgenommen wurden, um in der Bezugnahme auf die mathematischen Fähigkeiten keine zu engen Grenzen zu setzen und keine Kontextspezifika einzuführen, die einen Transfer hinderlich gestalten. Um dennoch Konkretisierungen zu erhalten, wurde für jede der drei Wissensarten eine konkrete Beschreibung je mathematischer Fähigkeit durch die Fachvertreter der Mathematik erarbeitet.¹³ Diese ist im Anhang des vorliegenden Dokuments enthalten. Lernenden wurde eine Orientierung geboten, in dem die Anforderungsniveaus wie folgt kurz beschrieben wurden:

- Regel-/Basiswissen (Aufgaben, bei denen Sie eine gewisse Mechanik kennen und anwenden können müssen.)
- Zusammenhangswissen (Aufgaben, die das Verarbeiten von mehreren mathematischen Teilgebieten verlangen.)
- Problemorientiertes Wissen (Aufgaben, die eine gewisse Komplexität und ggf. eine praktische Anwendbarkeit abbilden.)¹⁴

Adaptionsschritt 3 und 4: Vereinigung beider Modelle, um sowohl Strukturen als auch eine Entwicklungslogik von Kompetenzen abbilden zu können, und Kontextbindung an das Propädeutikum Mathematik, durch die Modellierung der in den Bildungsstandards Mathematik definierten mathematischen Kompetenzen auf die optes-spezifische Klientel.

Um ein sowohl wissenschaftlich begründetes und für die Praxis taugliches Modell zu erhalten, wurden beide Modelle vereinigt – es wurden sozusagen Punkte identifiziert, an denen beide Modelle aneinander anschließen können, ohne in Korrelation strittig zu werden.

¹³ Im Anhang ist dazu das Konzept zur Kodierung von Aufgaben mit mathematischen Fähigkeiten von Prof. Dr. Markus Bause zu finden.

¹⁴ In künftigen Zyklen, in denen das Propädeutikum Mathematik angeboten wird, sollen die detaillierteren Aussagen aus dem Anhangsdokument (Bause, 2015) den Lernenden übersichtlich bereitgestellt werden.

An das Kompetenzstrukturmodell wurde das Kompetenzentwicklungsmodell auf der Ebene der Fachkompetenz – präziser: im Bereich der Mathematik – angeschlossen.

Allgemeine und berufliche Handlungskompetenz															
Fachkompetenz	Personalkompetenz					Sozialkompetenz					Methoden- und Medienkompetenz				
<i>Details in folgender Abbildung</i>	A	B	C	D	E	1	2	3	4	5	I	II	III	IV	V

Abbildung 7: Dimensionen von Handlungskompetenz (gemäß Adaptionsschritt 1)

Der Bereich der Fachkompetenzen, welcher für vorliegende Betrachtungen von Relevanz ist, ist der Bereich der Mathematik. Obgleich ein weiteres Ausdifferenzieren für andere Bereiche durchaus möglich wäre.

Fachkompetenz	
Bereich Mathematik	Andere Bereiche in denen Fachkompetenzen zum Tragen kommen
<i>Mathematische Fähigkeiten (Details in folgender Abbildung)</i>	

Abbildung 8: Dimensionen von Fachkompetenz

Im Bereich Mathematik wurden der Kompetenzkategorie Fachkompetenz sechs mathematische Fähigkeiten zugeordnet. Die Definitionen mathematischer Fähigkeiten orientieren sich an den Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife (KMK, 2012; siehe oben). Für die Formulierung wurden spezifische inhaltliche Anforderungen eines Propädeutikums Mathematik berücksichtigt und auf eine leichte Verständlichkeit geachtet. (vgl. Bause 2015, S.1; siehe Anhang).

Mathematische Fähigkeiten					
Rechnen	Symbolisches Rechnen	Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben	Bekannte Algorithmen ausführen und Ergebnisse kontrollieren	Mathematische Sprache anwenden	Modellieren

Abbildung 9: Dimensionen von Fachkompetenz im Bereich Mathematik

Wie im Abschnitt zur Adaption des Dreyfus/Dreyfus-Modells beschrieben, sollen die verschiedenen mathematischen Fähigkeiten (als Teilmenge der Fachkompetenz im Bereich der Mathematik, welche Teilmenge der Fachkompetenzen insgesamt sind, welche wiederum ein Teil allgemeiner und beruflicher Handlungskompetenz bilden) entwicklungslogisch betrachtet werden. Daher sollen die mathematischen Fähigkeiten unter Berücksichtigung des Vollziehens bestimmter Anforderungen (denen der Anforderungsniveaus) untersucht werden.

Mathematische Fähigkeiten und Anforderungsniveaus			
	Regel-/Basiswissen	Zusammenhangswissen	Problemorientiertes Wissen
Rechnen			
Symbolisches Rechnen			
Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben			
Bekannte Algorithmen ausführen und Ergebnisse kontrollieren			
Mathematische Sprache anwenden			
Modellieren			

Abbildung 10: Mathematische Fähigkeiten und Anforderungsniveaus in optes

In der Kreuzung aus mathematischer Fähigkeit mit einem Anforderungsniveau können spezifische und subjektive Fähigkeitsausprägung¹⁵ eines Lernenden abgebildet werden. In der Lesart bedeutet dies, dass eine bestimmte mehr oder weniger vorliegende Fähigkeitsausprägung eines Lernenden im Bezug auf ein Anforderungsniveau einer mathematischen Fähigkeit ersichtlich ist.¹⁶

Zur besseren Übersicht befindet sich im Anhang das entwickelte Kompetenzstrukturmodell (in Anlehnung an Frey) unter Bezugnahme auf das Kompetenzentwicklungsmodell (in Anlehnung an Dreyfus/Dreyfus und seiner Weiterentwicklung durch Rauner). Das Schaubild „Synthese des Kompetenzbegriffs in optes“ (Samoila, 2016) bietet eine Gesamtdarstellung im realen Kontext des Propädeutikums Mathematik.

Ausgehend von den dargelegten theoretisch-didaktischen Konzeptionen, werden im nächsten Abschnitt (Abschnitt III) die Anforderungen, die einer technisch-methodischen Umsetzung zu Grunde liegen, zusammengetragen. Weiter werden die für die Umsetzung nötigen technischen Anforderungen definiert und deren inzwischen vorliegender Ist-Zustand beschrieben.

¹⁵ Softwarespezifisch wird im Lernmanagementsystem ILIAS von Kompetenzausprägungen gesprochen.

¹⁶ Die Darlegung der Realabbildung des Modells als Instrument in ILIAS folgt in Kapitel 10

III. Technisch-methodische Umsetzung des Konzeptes der Erhebung von mathematischen Fähigkeiten

Abschnitt III ist gegenüber Abschnitt II (theoretisch-didaktische Grundlagen) stark durch technisch-methodische Darlegungen gekennzeichnet. Um das optes-spezifische Kompetenzmodell auch in der Praxis des Online-Propädeutikums leben zu können, waren verschiedene Änderungen an dem und Neuerungen in dem Lernmanagementsystem ILIAS erforderlich.

Ziel ist weiterhin die Darlegung des Konzepts der Fähigkeitserhebung – präziser: der Erhebung mathematischer Fähigkeiten. Es soll daher auch verständlich werden, warum bestimmte Entscheidungen im Hinblick auf den Erhebungsmechanismus, welcher in Software in ILIAS umgesetzt wurde, getroffen wurden.

Vorab werden aber nochmals die entscheidenden Anforderungen zusammengetragen.

6. Überblick der Anforderungen aus dem theoretisch-didaktischen Konzept und weitere Kriterien

Aus dem in Abschnitt II dargelegten (optes-spezifisch modellierten) Kompetenzmodell entstehen verschiedene Anforderungen. Diese sind:

- Abbildung von drei Kompetenzkriterien: 1) mathematische Fähigkeiten, 2) Anforderungsniveau und 3) Fähigkeitsausprägung
- Erkennbarkeit von Fähigkeitsausprägungen auf unterschiedlichen Anforderungsniveaus. Das bedeutet, dass keine summarischen Ergebnisse geliefert werden, sondern möglichst ausdifferenzierte Kennwerte, die eine Verständigung über die Erhebung zulassen.
- Mit dem vorgenannten Punkt geht auch eine möglichst kleinteilige Erhebung einher. In (formativen) Assessments sollen die Beantwortungen ganzer Aufgaben oder von Teilaufgaben die Erhebungsbasis bilden.

Als weitere Kriterien ergaben sich:

- Die Erhebung sollte möglichst transparent für Lernende und Lehrende sein.
- Die Daten müssen spezifisch für jeden Lernenden generiert und ersichtlich sein.
- Die Erhebung soll Informationen über die Kompetenz-/Fähigkeitsentwicklung gewährleisten, so dass aus dieser Entwicklung auf der Seite des Lernenden und der von Lehrenden Schlüsse gezogen werden können.
- Die Erhebung soll durch Nutzungsverhalten von Lernenden im Lernmanagement keine Verzerrungen enthalten. Der Anspruch ist das Generieren möglichst valider Daten.
- Aus Usability-Gesichtspunkten sollte ein möglichst leicht bedienbares User-Interface im Lernmanagement entstehen.

7. Stand der Möglichkeiten zur Kompetenzerhebung im Lernmanagementsystem ILIAS in Version 4.4

Den Ausgangspunkt unserer Erweiterungen stellt ILIAS 4.4 (als Standard-Release) dar. In diesem fanden wir die nachfolgend grob skizzierte Umgebung zur Erhebung von Kompetenzen vor.

- Kompetenzmanagement
 - Möglichkeit zum Definieren von Kompetenzen und Kompetenzausprägungen. (Letztere lassen sich mit Beschreibungen als Metainformationen versehen.)
 - Möglichkeit mittels Kompetenzkategorien hierarchische Strukturen anzulegen.
 - Möglichkeit Kompetenz- (und Kompetenzausprägungs-)vorlagen zu definieren und zu verwenden.
 - Definition von Kompetenz-Soll-Profilen um einen Abgleich zwischen Ist- und Soll-zustand zu darzulegen (Gap-Analyse)
- 360°-Feedback (alias 360°-Umfrage)
 - Verwendung der ILIAS-Umfrage, um Fragen zum Zwecke einer (gegenseitigen) Beurteilung oder einer Selbsteinschätzung zu verwenden.
 - Die Zuweisung von Ergebnissen der Umfrage zu Kompetenzen wird im sogenannten Kompetenz-Service vollzogen.
- Kompetenz-Service
 - User-Interface zur Definition der Zugehörigkeiten von Kompetenzen, Kompetenzausprägungen und (durchschnittlichen) Beantwortungsergebnissen einzelner Fragen der 360°-Umfrage / des 360°-Feedbacks.
 - Die Vergabe der jeweiligen Kompetenzausprägung einer Kompetenz wird über sogenannte Kompetenzschwellwerte geregelt. Ein Kompetenzschwellwert ist der Wert, der überschritten werden muss, damit die nächsthöhere Ausprägung als erreicht gilt.
 - Einer Frage (im 360°Feedback) kann entweder keine oder eine Kompetenz zugeordnet werden.
 - Mehreren Fragen kann die gleiche Kompetenz zugeordnet werden.

Dieser Kanon an verknüpften Funktionalitäten in ILIAS war für eine Erhebung mathematischer Fähigkeiten nicht hinreichend, stellte aber eine gute Basis dar, auf der aufgesetzt werden konnte.

8. Realisierung der Erweiterungen der technisch-methodischen Erhebung von Kompetenzen in ILIAS

Für eine umfassende Erhebung mathematischer Fähigkeiten waren das Kompetenzmanagement, die Umfrage (in Gestalt des 360°-Feedbacks) und der beide Bereiche vernetzende Kompetenz-Service nicht ausreichend. Daher wurden verschiedene Erweiterungen konzipiert und umgesetzt, sowie einige Neuerungen implementiert. Eine komplette Übersicht über das technische Konzept findet sich auf der Website des ILIAS open source E-Learning e.V. (www.ilias.de) im Entwicklungsbereich (FeatureWiki)¹⁷. Hier werden nachfolgend die wichtigsten Änderungen/Neuerungen beschrieben, welche Einfluss auf die Erhebungslogik und sich ergebende Aussagen haben und/oder aus Usability-Gesichtspunkten für Lernende und Autoren besonders relevant sind. Das Gesamtpaket aus verschiedenen Funktionalitäten wird der Allgemeinheit mit dem ILIAS-5.1-Standard-Release¹⁸ (voraussichtlichen ab Ende 2015) zur Verfügung stehen.¹⁹ Die Informationen sind sequentiell dem Dokument »Spezifikation Kompetenzen in ILIAS« (Koch & Samoila 2015) entnommen.

Neuerung I: Kompetenzen (hier: mathematische Fähigkeiten) sollen in Tests erhoben werden können. Dazu wird der (überarbeitete) Kompetenz-Service im ILIAS-Modul Test & Assessment (bestehend aus Test und Fragenpool) zur Verfügung gestellt. Die persönlichen Kompetenzdaten werden im Test (nur testspezifische Informationen) und unter „Meine Kompetenzen“ (Gesamtkompetenzinformationen des Nutzers) zugänglich gemacht.

Zielsetzung I: Erhebung von Kompetenzen und Kompetenzausprägungen bei einzelnen Testfragen und in Summe über einen gesamten Test. Kompetenzerhebungen sind durch Nutzung des Kompetenz-Services im Fragenpool auch für Zufallstests (Randomtests) und „Endlostests“ (Continuous Test Mode) zur Verfügung. Kompetenzerhebungen funktionieren auch bei Sonderformaten von Test, wie es sie in sogenannten Lernzielorientierten Kursen gibt.

Ergänzungen I: Der gleiche Funktionsumfang ist für den sogenannten FormATest in ILIAS vorgesehen. Dabei handelt es sich um umfangreiche Aufgabenkonstellationen zur (kleinschrittigen) Durchführung von formativen Assessments. Derzeit handelt es sich beim FormATest um ein Plugin für ILIAS.

Neuerung II: Die Kompetenzausprägungen werden möglichst häufig zwischenberechnet und -gespeichert. Von einem Übertrag der Kompetenzerhebungen zum Testende wurde Abstand genommen.

Zielsetzung II: Ein konsequentes Ausgeben der Zwischenerhebungen löst das Problem, dass bei Abbruch oder Unterbrechen eines Tests keine Kompetenzdaten generiert werden könnten.

¹⁷ Koch, K. & Samoila, O. (2015): *Spezifikation Kompetenzen in ILIAS*.

¹⁸ Die Funktionalitäten stehen alle unter der mit ILIAS einhergehenden General Public Licence (GPL).

¹⁹ In einem ersten Schritt wurden verschiedene Funktionalitäten bereits mit ILIAS 5.0 veröffentlicht. Vollumfängliche Möglichkeiten sind mit ILIAS 5.1 verfügbar.

Neuerung III: Die Vergabe von Kompetenzschwellwerten im Kompetenz-Service erfolgt prozentual. Kompetenzausprägungen werden möglichst häufig zwischenberechnet und -gespeichert. Von einem Übertrag der Kompetenzerhebungen zum Testende wurde Abstand genommen.

Zielsetzung III: Eine dynamische Anpassung der Kompetenzschwellwerte verhindert eine mögliche Verzerrung von Kompetenzausprägungen bei Änderungen von Kompetenzpunkten.

Ergänzungen III: Ferner entfällt durch die prozentuale Definition die Berechnung von absoluten Schwellwerten.

Neuerung IV: Eine oder mehrere Kompetenzen können a) sowohl von einer ganzen Aufgabe adressiert werden, als auch b) von einzelnen Lücken²⁰ einer Aufgabe. Die Adressierung von Kompetenzen durch eine ganze Aufgabe erfolgt ähnlich der Zuweisung von Kompetenzen bei 360°-Surveys.²¹ Einer Aufgabe werden n-Kompetenzen zugewiesen und dann die jeweils zu erreichenden Kompetenzpunkte je Kompetenz definiert.^{22 23} Die Vergabe von Kompetenzpunkten an Einzellücken ermöglicht zwei Szenarien: 1) Vergabe von Kompetenzpunkten für die korrekte Eingabe in die Einzellücke / Auswahl der Antwortmöglichkeit (bei MC-Fragen) oder 2) Vergabe von Kompetenzpunkten aufgrund der Eingaben bei verschiedenen Lücken / Auswahl von mehreren Antwortmöglichkeiten. Bei 2) liegt die Besonderheit der Kompetenzpunktvergabe in der Definition aussagenlogischer Verknüpfung von bestimmten Antworten in den Lücken oder bestimmten ausgewählten Antwortmöglichkeiten.

Zielsetzung IV: Die Zielsetzung ist hierbei zweistufig zu betrachten. Bezugnehmend auf a) sollen Kompetenzen grundsätzlich von Aufgaben adressierbar sein. Damit wird das sogenannte Second-Level-Assessment – die Kompetenzerhebung – ermöglicht. Bezugnehmend auf b) wird eine erhöhte Trennschärfe der Kompetenzerhebung beabsichtigt. Ferner kann einem komplexeren Erhebungsszenario Rechnung getragen werden.

Ergänzungen IV: In ILIAS sind die Verfahren der Kompetenzpunktvergabe wie folgt benannt:
a) Vergabe von Kompetenzpunkte bei Adressierung durch die ganze Frage: *Evaluierung über Answertergebnis*
b) Vergabe von Kompetenzpunkten bei Adressierung durch (ggf. aussagenlogisch verknüpfte) Einzellücken: *Evaluierung über Lösungsvergleich*

Neuerung V: Es finden verschiedene Historisierungsprozesse statt. Zum einen werden, wie oben beschrieben, Zwischenberechnungen der Kompetenzausprägungen je Kompetenz vollzogen. Somit können die Kompetenzausprägungen bei unterbrochenen und wieder aufgenommenen Tests aktualisiert werden. Zum anderen werden die Durchläufe von Tests

²⁰ Lücken können sowohl Numerische Lücken, Textlücken, Auswahllücken u.a. sein. Der gleiche Anwendungsfall gilt aber auch für verschiedene Antwortmöglichkeiten von Multiple-Choice-Fragen.

²¹ Als Usability-Verbesserung wurde eine direkte Mehrfachzuweisung über die Kompetenzstruktur des Kompetenzmanagements ermöglicht. Eine aufwändige Einzelzuweisung entfällt somit.

²² Die Gewichtung von unterschiedlichen Kompetenzen innerhalb einer Aufgabe ist möglich, findet aber in optes vor 2016 keine Anwendung.

²³ Ein Berechnungsbeispiel, für die Kompetenzpunktvergabe bei richtiger, teilweise richtiger und falscher Beantwortung der Testfrage, findet sich in Kapitel III.9

berücksichtigt – das heißt, dass jeder Testdurchlauf einen separaten Kompetenzeintrag unter „Meine Kompetenzen“ erhält und damit ersichtlich wird. (Die Interimslösung unter ILIAS 5.0, dass neue Testdurchläufe die älteren überschrieben haben, ist somit konzeptionell neu ausdifferenziert wurden.)

Zielsetzung V: Wie unter II.4.2 und II.5 beschrieben, soll unser Kompetenzmodell Entwicklungen der Lernenden berücksichtigen und lehnt sich daher an der Dreyfus/Dreyfus-Konzeption an. Um die Entwicklungslogik auch in Software und damit in der Lernumgebung abbilden zu können, war die Entwicklung von historisierten Kompetenzerhebungen über Testdurchläufe und innerhalb eines Testdurchlaufs besonders relevant.

Neuerung VI: Die Einträge von Kompetenzerhebungen unter „Meine Kompetenzen“²⁴ erhalten eine Verlinkung zum eintragenden Magazinobjekt – hier: zu dem Test, der die Aufgaben enthielt, anhand derer Kompetenzen erhoben wurden.²⁵

Zielsetzung VI: Sowohl für Lernende, als auch für Betreuende (eMentoren oder Lehrende), wird eine Einsicht in die Erhebungsgrundlage erleichtert.

Ergänzungen VI: Der Link ist nur dann verfügbar, wenn der lesende Benutzer auch ein Recht zur Einsicht des Magazinobjektes hat.

Neuerung VII: Es wurde ein sogenanntes Quorum für Kompetenzeinträge auf Administrationsebene von ILIAS Test & Assessment eingerichtet.

Zielsetzung VII: Mit dem Quorum wird definiert, wie viele Kompetenzerhebungen (auf Basis der Evaluationen von Answerergebnissen oder Lösungsvergleichen) je Kompetenz innerhalb eines Tests vorliegen müssen, damit diese Kompetenz ihren Eingang in die jeweils persönlichen „Meine Kompetenzen“ findet.

Ergänzungen VII: Ohne ein Quorum könnten Verzerrungen bei der Berechnung und Ausgabe von Kompetenzerhebungen entstehen.²⁶

²⁴ Die Ansicht von „Meine Kompetenzen“ entspricht weitestgehend der Ansicht von Kompetenzerhebungen, die Lernende in ihrem persönlichen ePortfolio wiederfinden können.

²⁵ Gleiches gilt auch für 360°-Surveys in ILIAS

²⁶ Beispiel: Ein Lernender absolviert nur eine Frage eines Tests mit n Aufgaben. Wenn diese Frage eine bestimmte Kompetenz adressiert, kann er beispielsweise 0% oder 100% der für ihn bis dahin erreichbaren Kompetenzpunkte erhalten. Würde er den Test nach der ersten Frage direkt abbrechen/unterbrechen, so würde eine Kompetenzerhebung in „Meine Kompetenzen“ eingehen, welche die ganze Erhebungsserie zu dieser Kompetenz verzerrt. Genauso könnte ein Testautor (ohne Existenz eines Quorums) unabsichtlich bestimmte Kompetenzen in einem sehr geringen Maß adressieren und damit eine Verzerrung etablieren.

9. Nutzungsszenario der ILIAS-Komponenten zur Erhebung mathematischer Fähigkeiten unter ILIAS 5.1

Das gesamte Repertoire an Erweiterungen und Neuerungen wurde unter zwei Maßgaben entwickelt: zum einen sollten die Entwicklungen den Anforderungen des optes-Teilprojektes ePortfolio genügen, zum anderen sollten alle Entwicklungen im ILIAS-5.1-Standardrelease enthalten sein, um a) der ILIAS-Community zur Verfügung zu stehen und um b) der Verpflichtung, Projektergebnisse öffentlich zur Verfügung zu stellen, nachzukommen.

In Kapitel 9 werden dazu exemplarisch zwei Erhebungsszenarien beschrieben, die auch in anderen Kontexten – mit anderen theoretischen und praktischen Rahmensetzungen – denkbar sind. Dabei wird auch dargelegt, in welcher Weise die Berechnung von Kompetenzpunkten, welche die Grundlage für die Ausgabe von Kompetenzausprägungen einzelner Kompetenzen sind, erfolgt.

Wie zu den Neuerungen II und V unter Kapitel 8 beschrieben sollen erzielte und erreichbare Kompetenzpunkte möglichst häufig zwischenberechnet werden und historisiert abgerufen werden können. Die Berechnungen erfolgen daher nach jeder Beantwortung einer Frage innerhalb eines Tests. Dieser Prozess und seine Rahmenbedingungen werden im Folgenden beschrieben.

Nach der Beantwortung einer Frage wird das Kompetenzergebnis nicht sofort ins Kompetenzmanagement (und damit in die jeweils persönlichen „Meine Kompetenzen“ übertragen, sondern in einer systeminternen Tabelle²⁷ verarbeitet. Dabei werden erreichte und erreichbare Kompetenzpunkte mit den bereits bestehenden Kompetenzergebnissen des aktuellen Durchlaufs eines Tests verrechnet. In der Tabelle werden folgende Informationen verarbeitet: Testtitel, Referenz-ID des Tests, Testdurchlauf (Sub-ID des Tests²⁸), Fragen-ID der Testfrage, zugeordnete Kompetenz(en), erreichte Kompetenzpunkte, maximal zu erreichende Kompetenzpunkte und Zeitstempel des Eintrages. An das Kompetenzmanagement werden anschließend Testtitel, Referenz-ID des Tests, Testdurchlauf, Kompetenz und (errechnete) Kompetenzausprägung²⁹ ausgegeben. Für Lernende ergibt sich unter „Meine Kompetenzen“ folgende Darstellungsform:

²⁷ Die Tabelle ist im System nicht einsehbar und wird nach jeder Frage auf Basis bestehender Informationen neu generiert. Die fiktive Tabelle soll ein Verständnis bezüglich der Berechnungs- und Eintragungsprozesse erleichtern. Die Tabelle kann sich als eine Art „Kompetenzpunktekonto“ vorgestellt werden. Nachfolgend wird diese auch versinnbildlicht.

²⁸ Um Kompetenzerhebungen über Testdurchläufe historisieren zu können, erhalten Tests sogenannte Sub-IDs. ILIAS erkennt anhand der Sub-IDs die Testzugehörigkeit, differenziert aber die Testdurchläufe. Das führt dazu, dass beim Absolvieren eines Tests die jeweilige Zeile, die einen Durchlauf eines Tests unter „Meine Kompetenzen“ darstellt, überschrieben wird. Der Mechanismus der Historisierung innerhalb eines Testdurchlaufs wird übergangen. Die Historisierung wirkt aber weiterhin für die Menge aller Durchläufe und Tests. Überschreibungen von Kompetenzeinträgen werden somit nur innerhalb eines Durchlaufs in einem Test ermöglicht. (Diese Verfahrensweise ermöglicht es, dass sich mehrere (differente) Testdurchläufe eines Random-Tests nicht gegenseitig überschreiben. Ferner können somit auch Endlostests (Continuous Test Mode) Kompetenzen adressieren.)

²⁹ Die Ausgabe der erreichten Kompetenzausprägung berücksichtigt – dank Vergabe von Kompetenzschwellwerten als Prozentwerte – den jeweils aktuellen absoluten Kompetenzschwellwert für jede Ausprägung. Notwendig ist dies, da die Summe der maximal erreichbaren Kompetenzpunkte je Kompetenz dynamisch mit der weiteren Bearbeitung von Fragen wächst. Die Gesamtheit der erreichbaren Kompetenzpunkte (100%) richtet sich nach der Menge, der bis zu diesem Moment bearbeiteten Aufgaben des Tests. Die Menge aller theoretisch zur Bearbeitung zur Verfügung stehenden Aufgaben spielt keine Rolle.

[Kompetenz]

	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Level 9	Level 10	Anmerkung
[Testtitel] [n. Zeitstempel]								x			Entspricht dem n-ten Testdurchlauf
[Testtitel] [2. Zeitstempel]					x						Entspricht zweitem Testdurchlauf
[Testtitel] [1. Zeitstempel]							x				Entspricht erstem Testdurchlauf

Abbildung 11: Kompetenzergebnisausgabe

Für diese exemplarische Ergebnisausgabe wurde der nachfolgende Prozess innerhalb eines Testdurchlaufs vollzogen:

Beispiel: Acht Fragen, denen jeweils Kompetenzen und Kompetenzpunkte im Fragenpool zugeordnet wurden. Im Beispiel wird von acht einzelnen Zuordnungen zu jeweils der gleichen Kompetenz ausgegangen. Es wurden für jede Aufgabe zwei maximal erreichbare Kompetenzpunkte vergeben.

[KPV] ... Prozess der Kompetenzpunktevergabe

[+] ... richtig beantwortet (Erhalt von Kompetenzpunkten (KP))

[(+)] ... teilweise richtig beantwortet (Erhalt eines teils der KP)

[-] ... falsch beantwortet (keine KP)

Beantwortung der ersten Frage:

Frage 1	Frage 2	Frage 3	Frage 4	Frage 5	Frage 6	Frage 7	Frage 8
KPV 1							
(+)							

- Übergabe eines³⁰ von zwei Kompetenzpunkten der adressierten Kompetenz
- Übertrag in die interne Verarbeitungstabelle

Fragen-ID	Kompetenzpunkte	Zeitstempel
[frage_1]	1 / 2	[Zeitstempel 1]

- Kompetenzausprägung wird auf Basis des erreichten Kompetenzpunktestandes errechnet und wird übertragen, sofern das Quorum (Neuerung VII) erreicht ist. Im Beispiel ergibt sich, dass 50% aller erreichbaren Kompetenzpunkte dieser Kompetenz erreicht sind. Dies würde Level 5 entsprechen.

Beantwortung der zweiten Frage:

Frage 1	Frage 2	Frage 3	Frage 4	Frage 5	Frage 6	Frage 7	Frage 8
KPV 1	KPV 2						
(+)	+						

- Übergabe von zwei Kompetenzpunkten einer Kompetenz

³⁰ Die Vergabe eines Teils von Kompetenzpunkten bei teilweise korrekten Antworten stützt sich auf die Punktevergabe der Testfrage. Der Prozentwert erreichter Punkte entspricht dann dem Prozentwert der maximal erreichbaren Kompetenzpunkte. Im Beispiel wurde zur Verständlichkeit von der Vergabe eines von zwei Punkten ausgegangen.

- Übertrag in die interne Verarbeitungstabelle

Fragen-ID	Kompetenzpunkte	Zeitstempel
[frage_1]	1 / 2	[Zeitstempel 1]
[frage_2]	2 / 2	[Zeitstempel 2]

- Es folgt eine erneute Berechnung der Kompetenzausprägung. Im Beispiel wurden 75% aller erreichbaren Kompetenzpunkte dieser Kompetenz erreicht. Dies würde Level 8 entsprechen. Dieser Eintrag ist unter „Meine Kompetenzen“ nur ersichtlich, wenn das Quorum erreicht wurde. Die Kompetenzausprägung Level 5 (siehe oben) wurde überschrieben.

Das Übertragsprozedere wird vollzogen bis a) der Test regulär endet, b) der Test zwischenzeitlich manuell durch den Nutzer beendet wird, c) der Test unterbrochen wird. Das Unterbrechen des Tests lässt eine Wiederaufnahme zu, womit auch diese Zeile im Kompetenzmanagement bis zum Beenden des Tests Aktualisierungen erfahren kann. Neben einem linearen Vorgehen im Test ³¹, besteht auch die Möglichkeit innerhalb der Testbearbeitung (sprich innerhalb eines Testdurchlaufs) zu einer Frage zurückzugehen. Damit würde der erste Eintrag, den die Frage in die interne Tabelle gemacht hat, überschrieben und mit neuem Zeitstempel versehen.

Zweite Beantwortung der ersten Frage:

Frage 1	Frage 2	Frage 3	Frage 4	Frage 5	Frage 6	Frage 7	Frage 8
KPV 1	KPV 2						
(+)	+						
KPV 3							
+							

- Überschreiben des ersten Kompetenzergebnisses für die erste Frage mit dem Wert 2 / 2 Kompetenzpunkten

Fragen-ID	Kompetenzpunkte	Zeitstempel
[frage_1]	2 / 2	[Zeitstempel 3]
[frage_2]	2 / 2	[Zeitstempel 2]

- Es folgt eine erneute Berechnung der Kompetenzausprägung. Im Beispiel wurden 100% aller erreichbaren Kompetenzpunkte dieser Kompetenz erreicht. Dies würde Level 10 entsprechen. Die aktuelle Kompetenzausprägung unter „Meine Kompetenzen“ wäre somit auf Level 10 überschrieben und würde den letzten Zeitstempel berücksichtigen.

Situation nach Beantwortung aller acht Fragen:

Frage 1	Frage 2	Frage 3	Frage 4	Frage 5	Frage 6	Frage 7	Frage 8
KPV 1	KPV 2	KPV 4	KPV 5	KPV 6	KPV 8	KPV 9	KPV 10
(+)	+	-	-	+	(+)	-	+
KPV 3			KPV7				
+			(+)				

- Übergabe der Kompetenzpunkte, teilweise unter Berücksichtigung des Überschreibens vorangegangener Kompetenzergebnisses für bestimmte Fragen
- stetiger Übertrag der Kompetenzergebnisse nach Beantwortung der Fragen in die interne Verarbeitungstabelle

³¹ Frage 1 ... Frage 2 ... Frage 3 ... Frage n ... Testende/Testunterbrechung

Fragen-ID	Kompetenzpunkte	Zeitstempel
[frage_1]	2 / 2	[Zeitstempel 3]
[frage_2]	2 / 2	[Zeitstempel 2]
[frage_3]	0 / 2	[Zeitstempel 4]
[frage_4]	1 / 2	[Zeitstempel 7]
[frage_5]	2 / 2	[Zeitstempel 6]
[frage_6]	1 / 2	[Zeitstempel 8]
[frage_7]	0 / 2	[Zeitstempel 9]
[frage_8]	2 / 2	[Zeitstempel 10]

- Die erneute Berechnung der Kompetenzausprägung ergibt im Beispiel, dass 62,5% aller erreichbaren Kompetenzpunkte dieser Kompetenz erreicht wurden. Dies würde Level 7 entsprechen.
- Nach dem endgültigen Abschließen des Tests ist dieser Eintrag im Kompetenzmanagement fixiert.³²

Unter „Meine Kompetenzen“ ergibt sich damit die nachfolgende Darstellung:

[Kompetenz]											Anmerkung
	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Level 9	Level 10	
[Testtitel] [Zeitstempel des letzten Übertrages für den n-ten Testdurchlauf]								x			Entspricht dem n-ten Testdurchlauf
[Testtitel] [Zeitstempel des letzten Übertrages für den zweiten Testdurchlauf]					x						Entspricht dem zweiten Testdurchlauf
[Beispieltest] [Zeitstempel des letzten Übertrages für diesen Testdurchlauf]							x				Entspricht dem erstem Testdurchlauf

Abbildung 12: Kompetenzergbnisausgabe bezogen auf mehrere Testdurchläufe

Nebenbemerkungen:

Wie beschrieben, wird bei erneuter Beantwortung einer Fragen innerhalb eines Testdurchlaufs, das ursprüngliche Kompetenzergebnis überschrieben. Das führt dazu, dass sich bei einer Korrektur hin zu einem Fehler, auch Verschlechterungen innerhalb des Testdurchlaufs ergeben könnten. Es gilt das Prinzip „letzte Antwort“ vor „beste Antwort“. Insgesamt wurde der Erhebungsmechanismus unter der Maßgabe konzipiert, Kompetenzentwicklungen abzubilden und aus ihnen Ableitungen ziehen zu können. Daher wird auch ausschließlich innerhalb des geschlossenen Testdurchlaufs ein Kompetenzergebnis überschrieben und an allen anderen Stellen eine Historisierung durchgeführt.

³² Dies gilt nicht für den Continuous Test Mode, da dieser kein Ende kennt.

IV. Integration der Erhebungsdaten mathematischer Fähigkeiten in die ePortfolio-Arbeit – *Fähigkeitsmatrix Mathematik*

Nachdem in Abschnitt III stark auf die softwareseitige Umsetzung des Erhebungsinstrumentes abgehoben wurde, widmet sich Abschnitt IV deutlich stärker dem, was die Lernenden in der Benutzung des Instrumentes zur Verfügung gestellt bekommen. Daran schließt eine skizzenhafte Beschreibung der Einbindung in den Prozess der ePortfolio-Arbeit an, für den das Instrument entwickelt wurde.³³

10. Visualisierung von individuellen mathematischen Fähigkeiten

Wie beschrieben handelt es sich bei dem entwickelten Kompetenzmodell um eine dreidimensionale Struktur – bestehend aus Kompetenzen (hier mathematischen Fähigkeiten), Anforderungsniveaus und Kompetenzausprägungen.

Um diese dreidimensionale Struktur im Lernmanagementsystem ILIAS, welches üblicherweise nur mit den Dimensionen Kompetenzen und Kompetenzausprägungen arbeitet, abzubilden wurde ein Plugin für ILIAS entwickelt.³⁴

Das Plugin mit dem Namen „optesSkillUI“ trägt zwei Funktionen: 1) die Visualisierung von dreidimensionalen Kompetenzstrukturen und 2) die (mehrstufige) Aggregation von personenspezifischen Kompetenzdaten.³⁵

Rekurrierend auf oben stehende Darlegungen ergeben sich folgende Inhalte/Kriterien in den Dimensionen:

- 1. Dimension: Kompetenzen:
 - Rechnen
 - symbolisches Rechnen
 - Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben
 - bekannte Algorithmen ausführen und Ergebnisse kontrollieren
 - Mathematische Sprache anwenden
 - Modellieren

³³ Eine umfangreichere Darlegung des ePortfolio-Einsatzes im Rahmen des Propädeutikums Mathematik findet sich in einer gesonderten Dokumentation des optes-Teilprojektes ePortfolio.

³⁴ Plugins sind kein Bestandteil des ILIAS-Standard-Releases. Unter ilias.de steht eine eigene Datenbank für diese Softwareerweiterungen bereit.

³⁵ Unter dem Begriff „persönlicher Kompetenzdaten“ werden alle Kompetenzausprägungen auf verschiedenen Anforderungsniveaus verschiedener Kompetenzen, die aus n Tests mit m Testdurchläufen in verschiedenen Kursen gewonnen wurden, subsummiert.

- 2. Dimension: Anforderungsniveaus:
 - Regel-/Basiswissen
 - Zusammenhangswissen
 - Problemorientiertes Wissen

- 3. Dimension: Kompetenzausprägung:
 - Level 1, Level 2, Level 3, ... , Level 10

Eine Aggregation der Daten erscheint aus zweierlei Gründen notwendig: 1) bietet der ILIAS-Standard keine eigenständige Ausgabe dreidimensionale Kompetenzstrukturen und 2) ist von einer großen Menge Einzelerhebungen auszugehen.³⁶ Die Menge der Einzelerhebungen kann aus der Sicht des Teilprojektes ePortfolio nicht ohne weiteres von jedem/r Lernenden überblickt und zusammengefasst werden.

Als Lösung wurde eine Matrixdarstellung identifiziert – die sogenannte Fähigkeitsmatrix. In dieser werden die sechs Kompetenzen und ihre Anforderungsniveaus gekreuzt. Im Schnittpunkt findet sich die Kompetenzausprägung. Die Kompetenzausprägung wird dabei durch einen Punkt visualisiert, welcher bei niedrigerer Ausprägung entsprechend kleiner und bei höherer Ausprägung entsprechend größer ausfällt – sogenannte expandierende Punkte. Zusätzlich wird dies durch die Angabe des Prozentwertes der erreichten Kompetenzausprägung unterstützt.

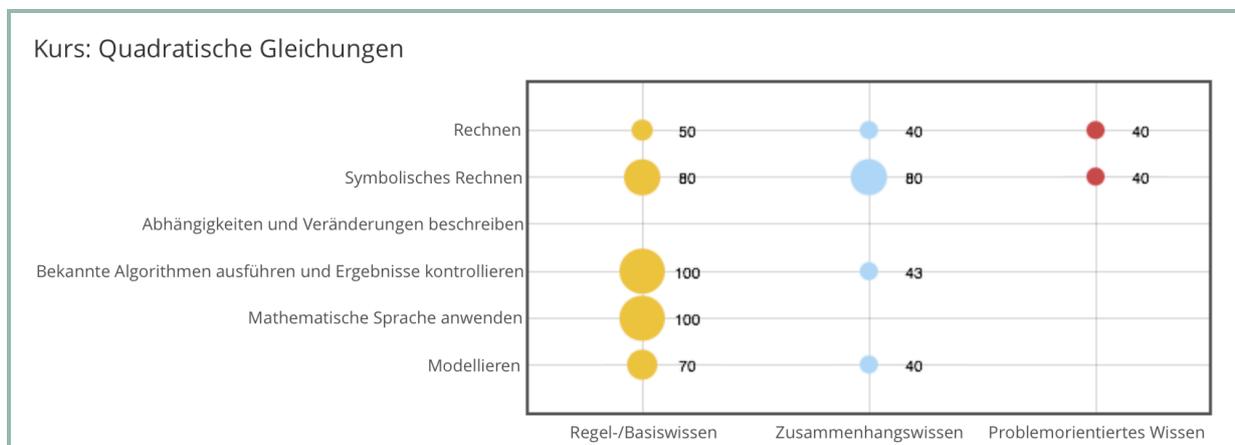


Abbildung 13: Fähigkeitsmatrix Mathematik

Im Rahmen der Aggregation der persönlichen Kompetenzdaten entstehen auf Lernendenseite 1+n Fähigkeitsmatrizen. Eine Matrix zeigt einen Gesamtüberblick über alle erhobenen mathematischen Fähigkeiten. Je eine weitere Matrix wird je (Lernzielorientiertem) Kurs angezeigt, in dem sich die Tests befinden, die zur Erhebung der Daten verwendet wurden. Dies ist darin begründet, dass die Kurse die inhaltlichen Klammern für bestimmte mathematische Themengebiete bilden. Somit können die Erhebungen je mathematischem Themengebiet leichter überblickt und interpretiert werden. Die

³⁶ Im optes-Kontext ergeben sich durch die sechs Kompetenzen (als mathematische Fähigkeiten bezeichnet), auf drei Anforderungsniveaus unter ILIAS-Standard-Bedingungen 18 Kompetenzen. Unter jeder dieser Kompetenzen kann mit der Darstellung von 5 bis 40 Eintragungen (ein Eintrag je Testdurchlauf je Test) kalkuliert werden.

detaillierten Kompetenzergebnisse, welche die Basis für die aggregierten Ansichten bilden, stehen dennoch zur Verfügung – allerdings wird der Lernende mit diesen nicht prominent konfrontiert.

Der Gesamtaufbau gestaltet sich somit wie in Abbildung 14 zu sehen:

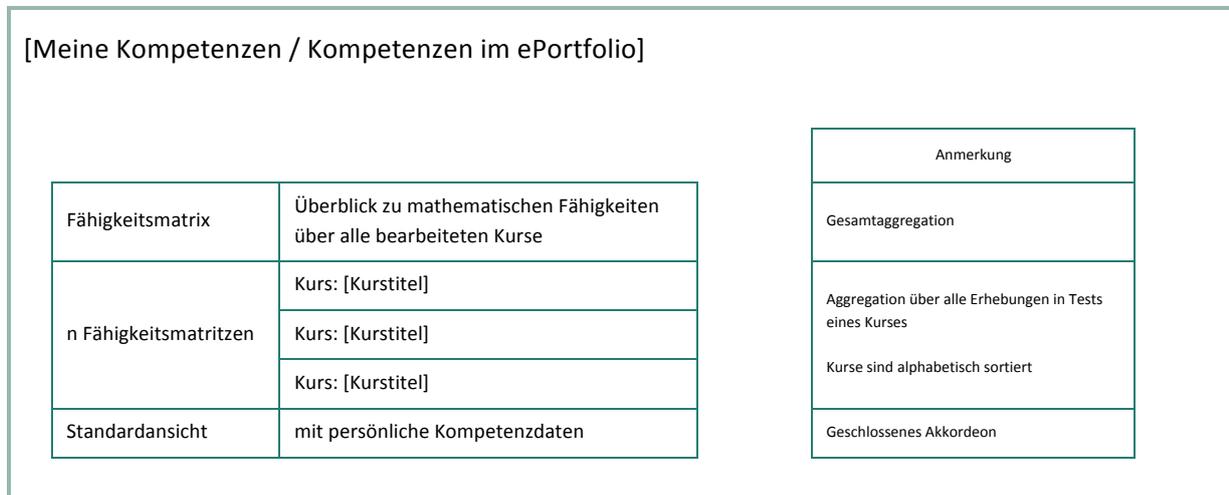


Abbildung 14: Seitenaufbau von „Meine Kompetenzen“ und Kompetenzen im ePortfolio (erreicht durch das ILIAS-Plugin „optesSkillUI“)

Die einzelnen expandierenden Punkte, welche die Kompetenzausprägung einer Kompetenz auf einem Anforderungsniveau visualisieren, werden auf der Basis von Mittelwertbildungen der Einzelerhebungen je Testdurchlauf berechnet.

Beispiel: mathematische Fähigkeit: Rechnen

Anforderungsniveau: Zusammenhangswissen

Erhebungsergebnisse:

- Kompetenzausprägung (1. Test): Level 4 (40%)
- Kompetenzausprägung (2. Test): Level 3 (30%)
- Kompetenzausprägung (2. Test - 2. Durchlauf): Level 6 (60%)
- Kompetenzausprägung (3. Test): Level 6 (60%)

Berechnung: $(40+30+60+60)\% / 4 = 47,5\%$

Aggregierte Ausgabe: expandierender Punkt mittlerer Größe mit der Kennzeichnung 48%

Nebenbemerkungen:

Der Einteilung der Kompetenzausprägungen auf einer zehnteiligen Skala liegt ein interner Vermittlungsprozess von zwei gegensätzlichen Ansprüchen zu Grunde. Auf der einen Seite sollte eine Skaleneinteilung gefunden werden, die in ihrer Breite gut zu erfassen ist (pragmatischer Anspruch). Auf der anderen Seite sollten Verzerrungen des Datenmaterials – durch Rundungen bei der Aggregation – möglichst klein gehalten werden (wissenschaftlicher Anspruch). Mit der zehnteiligen Skala wird versucht beiden Ansprüchen gerecht zu werden.

11. Integration der Erhebungsergebnisse mathematischer Fähigkeiten in das ePortfolio von Studienanwärtern

Die Visualisierung jeweils persönlicher mathematischer Fähigkeiten ist im optes-Kontext in das persönliche ePortfolio eines jeden Nutzers des Propädeutikums Mathematik eingebunden.³⁷

Wie Eingangs in Abschnitt I (Rahmeninformationen) beschrieben, stellt das persönliche ePortfolio und die Visualisierung der individuellen mathematischen Fähigkeiten eine Grundlage der Lernprozessbegleitung dar. Lernende und Lernprozessbegleiter – Mentoren – haben Einsicht in die Erhebungsergebnisse. Ferner besteht für beide die Möglichkeit die Testergebnisse der Tests, die auch zu den Kompetenzergebnissen führten, einzusehen. Die Lernprozessbegleiter sollen somit Lernempfehlungen aussprechen können.

Eine ausführliche Darlegung der gesamten Prozesse die mit der Nutzung des ePortfolios, also mit der intendierten ePortfolio-Arbeit einhergehen, wird in einer weiteren Teilprojektdokumentation folgen. Einen ersten Überblick liefern Samoila et. al. (2016 - i.V.): „Das ePortfolio und flankierende Maßnahmen des Verbundprojektes optes zur Unterstützung INT-Studierender in mathematischen Grundlagenveranstaltungen“.

³⁷ Zu den konkreten Abläufen, die gewährleisten, dass alle Lernenden in optes ein eigenes ePortfolio besitzen, welches durch Mentoren eingesehen werden kann, sei auf Samoila (2015): *Potenziale des ILIAS-Plugins «UserDefaults»* und Küstermann & Samoila (2015): *Drehbuch für die Nutzung von optes durch einen Studienanwärter* verwiesen.

V. Ausblick/Desiderata

Im Rahmen des Vorkurs-Angebots von optes wurden die oben beschriebenen, didaktisch begründeten neuen technischen Möglichkeiten 2015 erstmals eingesetzt. Eine vollgültige Evaluation steht bis dato noch aus, da qualitative Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind. Sobald die Untersuchungen abgeschlossen sind, werden diese mindestens über optes.de zur Verfügung stehen.

2016 wird erneut ein Vorkurs-Angebot bestehen, in welchem die Erhebungen mathematischer Fähigkeiten und deren Abbildung im ePortfolio des einzelnen Nutzers Anwendung finden werden. An der Art, wie die Daten erhoben und dargeboten werden, werden sich keine Änderungen ergeben.

Das optes-Teilprojekt ePortfolio sieht zum Zweck der Erweiterung didaktischer Möglichkeiten verschiedene technische Weiterentwicklungen der oben beschriebenen Konzeption beziehungsweise der Implementierung.

Das Erhebungsinstrument ist bis dato nicht in der Lage automatisiert Lernempfehlungen auf Basis der Kompetenzdaten zu liefern – quasi einen Rückweg. Erstrebenswert wäre aber genau dieser Rückweg, der Lernenden über die Verortung am eigenen Entwicklungsstand hinaus, konkrete Lernmaterialien und formative Assessments liefert, die ein (weiterführendes) Aneignen von mathematischen Lerninhalten und ein Üben ermöglicht. Vage und technisch gesprochen, könnten bestimmten Kompetenzausprägungen Materialien zugewiesen werden, die jeweils darauf ausgerichtet sind, dass damit eine höhere Kompetenzausprägung erzielt oder ein höheres Anforderungsniveau bearbeitet werden kann. Darüberhinaus könnte es sich als sinnvoll erweisen, Lernenden formative Assessments zu ganz bestimmten mathematischen Fähigkeiten zur Verfügung zu stellen, die ein Üben ermöglichen – in ILIAS wäre dies über Taxonomien denkbar.

Für die Perspektive der Lehrenden bestehen noch Erweiterungsbedarfe im Sinne einer statistischen Auswertung von Kompetenzergebnissen. Die bestehende Implementierung zu Kompetenzerhebungen in ILIAS fokussiert deutlich stärker den Lernenden und weniger den Autor von Assessments. Es wird als sinnvoll erachtet, dass Auswertungen über ganze Nutzergruppen möglich sind, die dann auch Rückschlüsse auf die bereitgestellten Lern- und Assessmentangebote zulassen und deren Optimierung fundieren.³⁸

Da optes sich einer Sharing-Kultur verschrieben hat, soll es mittelfristig möglich sein, die Kompetenzkonfigurationen einer ILIAS-Installation und der von einzelnen Testfragen zu ex- und importieren. Mit dem ILIAS-5.1-Release ist dies noch nicht möglich.

³⁸ Ein erstes Konzept für eine statistische Auswertung von Kompetenzdaten findet sich in Koch, K. & Samoila, O. (2015): Spezifikation Kompetenzen in ILIAS

Literaturverzeichnis

- Bause, M.** (2015): Zuordnung mathematischer Fähigkeiten und ihrer Niveaus in optes Tests (Stand: 22.10.2014) (Bestandteil des vorliegenden Dokumentes)
- DQR Glossar** [online] <http://www.dqr.de/content/2325.php> [29.10.2015]
- Dreyfus, Hubert L. & Dreyfus, Stuart E.** (1987): Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmaschine und dem Wert der Intuition. Reinbek b. Hamburg: Rowohlt.
- Frey, A.** (2004): Die Kompetenzstruktur von Studierenden des Lehrerberufs. In: Zeitschrift für Pädagogik, 6, S. 903-925.
- Hartig, J.; Klieme, E. (Hrsg.)** (2007): Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik. Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. BMBF, Bildungsforschung Band 20, Bonn.
- Küstermann, R. & Samoila, O. (Hrsg.)** (2015): Drehbuch für die Nutzung von optes durch einen Studienanwärter.
[online] http://www.optes.de/goto.php?target=file_4462&client_id=optes [01.12.2015]
- Koch, K. & Samoila, O.** (2015): Spezifikation Kompetenzen in ILIAS. Hamburg. [online] http://www.ilias.de/docu/ilias.php?ref_id=1357&page=Competence_Service_for_Question_Pool&wpg_id=2926&cmd=downloadFile&cmdClass=ilwikipagegui&cmdNode=pj:pe:p5&baseClass=ilwikihandlergui&file_id=il__file_42606 [06.11.2015]
- Kultusministerkonferenz** (2012): Bildungsstandards im Fach Mathematik Für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012). [online] http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_10_18-Bildungsstandards-Mathe-Abi.pdf [07.01.2013]
- Leutner, Klieme et.al. (Hrsg.)**(2013): Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Sonderheft der Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 18/2013. 16. Jahrgang. Wiesbaden: Springer VS.
- Rauner, F.** (2002): Berufliche Kompetenzentwicklung – vom Novizen zum Experten. Manuskript.
[online] http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/2002_Rauner_Novize_scan.pdf [23.08.2014]
- Samoila, O.** (2015): Potenziale des ILIAS-Plugins «UserDefaults»
[online] http://www.optes.de/goto.php?target=file_4463&client_id=optes [01.12.2015]
- Samoila, O.** (2016): Synthese des Kompetenzbegriffs in optes
[online] http://www.optes.de/goto.php?target=file_4003&client_id=optes [15.04.2016]
(als Schaubild der Zusammenhänge)
- Samoila, O. et. al.** (2013): Extended Abstact zum Vortrag: "Das ePortfolio und flankierende Maßnahmen des Verbundprojektes optes zur Unterstützung INT-Studierender in mathematischen Grundlageveranstaltungen", in: Mathematik im Übergang Schule/Hochschule und im ersten Studienjahr. Extended Abstracts zur 2. khdm-Arbeitstagung 20.02. -

23.02.2013, S. 142-143. [online] https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-2013081343293/3/khdm_report_13_01.pdf
[15.04.2016]

Samoila, O. et. al. (2016): Das ePortfolio und flankierende Maßnahmen des Verbundprojektes optes zur Unterstützung INT-Studierender in mathematischen Grundlageveranstaltungen. In: Hoppenbrock, A. et. al.: Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase. Herausforderungen und Lösungsansätze. Wiesbaden: Springer Fachmedien. S. 423-434.

Schott & Azizi Ghanbari (2008): „Kompetenzdiagnostik, Kompetenzmodelle, kompetenzorientierter Unterricht: Zur Theorie und Praxis überprüfbarer Bildungsstandards

Weinert, F. E. (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Weinert, F. E. (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim & Basel: Beltz Verlag. S. 17-31

Anhang

① Konzept zur Kodierung von Aufgaben mit mathematischen Fähigkeiten:

Bause, M. (2015): Zuordnung mathematischer Fähigkeiten und ihrer Niveaus in optes Tests
(Stand: 22.10.2014)

② In optes entwickeltes Kompetenzstrukturmodell (in Anlehnung an Frey) unter Bezugnahme auf das Kompetenzentwicklungsmodell von Dreyfus/Dreyfus und dessen Weiterentwicklung durch Rauner:

Samoila, O. (2016): Synthese des Kompetenzbegriffs in optes [online]
http://www.optes.de/goto.php?target=file_4003&client_id=optes [15.04.2016]

optes

Optimierung
der Selbststudiumsphase



HELMUT SCHMIDT
UNIVERSITÄT
Universität der Bundeswehr Hamburg

Zuordnung mathematischer Fähigkeiten und ihrer Niveaus in optes Tests

Stand: 22.10.2014

Prof. Dr. Markus Bause

Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg

Dezember 2015



„Zuordnung mathematischer Fähigkeiten und ihrer Niveaus in optes Tests“ von Markus Bause steht unter der Lizenz [Creative Commons 'Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland'](#).

Das Projekt optes wird im Rahmen des Qualitätspakts Lehre aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01PL12012 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.



① Vorbemerkung

Der optes Vorkurs Mathematik dient dem Aufbau, der Sicherung und Vertiefung der mathematischen Fähigkeiten, die für einen erfolgreichen Einstieg in ein Studium der Ingenieurwissenschaften oder von Studiengängen der quantitativen Wirtschafts- und Sozialwissenschaften unabdingbar sind. In der optes Lernumgebung werden Materialien zur Repetition und mathematische Übungseinheiten, die durch ILIAS Objekte unterschiedlicher Formate (Test, FormATest) abgebildet werden, zur Verfügung gestellt. Die Dokumentation des Wissensstands und -aufbau erfolgt durch das in die Lernumgebung integrierte ePortfolio. Darin wird der Wissensstand durch abstrakte mathematische Fähigkeiten charakterisiert. Diese mathematischen Fähigkeiten werden durch die folgenden Begriffe differenziert:

- Rechnen,
- Symbolisches Rechnen,
- Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben,
- Bekannte Algorithmen ausführen,
- Mathematische Sprache anwenden,
- Modellieren.

Weiterhin werden die mathematischen Fähigkeiten in ihrer Ausprägung durch unterschiedliche Niveaus mit den Bezeichnungen

- Regel-/Basiswissen,
- Zusammenhangswissen,
- Problemorientiertes Wissen

beschrieben. Den in den ILIAS Testobjekten zusammengefassten Übungsaufgaben sind im Rahmen ihrer Generierung jeweils die spezifischen mathematischen Fähigkeiten und ihre Niveaus zuzuordnen. Der Prozess der Zuordnung soll im Folgenden auf der Basis des aktuellen technischen Entwicklungsstands der optes Vorkursumgebung dokumentiert werden. Es ist nicht zu erwarten, dass die Zuordnung stets eindeutig realisierbar ist. Sie bietet Möglichkeiten einer Interpretation und kann von der persönlichen Einschätzung und Bewertung der Person, die die Aufgabe erstellt, abhängen. Daher stellt die nachfolgende Anleitung und Prozessdokumentation eine Handlungsempfehlung und keine strikte Handlungsanweisung dar.

Die Definition der mathematischen Fähigkeiten orientiert sich an den Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012). Sie berücksichtigt jedoch spezifische inhaltliche Anforderungen eines Propädeutikums in Mathematik als Vorbereitung für ein Hochschulstudium in den Ingenieurwissenschaften sowie das Potential zukünftiger Studierender zum Verständnis einer Bewertung und Dokumentation ihres mathematischen Fachwissens mit der Notwendigkeit einer leichtverständlichen Charakterisierung.

② Darstellung der mathematischen Fähigkeiten

1. Rechnen beinhaltet

- die Arithmetik, d.h. das Rechnen mit Zahlen,
- das Ausführen mathematischer Operationen mit ganzen, rationalen und irrationalen Zahlen,
- die Anwendung der Rechengesetze der reellen Zahlen (Kommutativ-, Assoziativ- und Distributivgesetz) auf Zahlen,
- die Anwendung der Gesetze der Bruchrechnung auf reelle Zahlen,
- die Berechnung von Potenzen, Wurzeln und Logarithmen reeller Zahlen
- die Anwendung der Rechengesetze für Potenzen und Logarithmen auf Zahlenwerte,
- das Runden von Zahlen,
- die Anwendung von Ordnungsrelationen auf Zahlen,
- Darstellung von Mengen reeller Zahlen und das Ausführen von Mengenoperationen,
- in der Regel einen Zahlenwert als Ergebnis.

Das Ausführen der mathematischen Operationen kann hierbei auch innerhalb eines komplexeren Algorithmus erfolgen.

2. Symbolisches Rechnen beinhaltet

- die Algebra, d.h. das Rechnen mit Buchstaben,
- das Umformen und die Manipulation von Termen, Formeln und Gleichungen mit Variablen,
- die Anwendung von Rechengesetzen der Bruch- oder Potenzrechnung und der Logarithmen auf Terme mit Variablen,
- in der Regel einen Term mit Variablen als Ergebnis, in den dann noch Zahlenwerte eingesetzt werden können.

3. Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben beinhaltet

- die (mengentheoretische) Definition einer Funktion zu beherrschen,
- die Kenntnis grundlegender spezieller Funktionen und ihrer Graphen (Polynome, trigonometrische Funktionen, Exponential- und Logarithmusfunktion)
- die Fähigkeit Transformationen und Verknüpfungen von Funktionen durchführen und graphisch interpretieren zu können,
- Grundeigenschaften (z.B. Monotonie, Injektivität, Surjektivität und Bijektivität) überprüfen zu können,
- den Funktionsbegriff zielgerichtet auf praktische Probleme anwenden und funktionale Abhängigkeiten mit Variablen beschreiben zu können.

4. Bekannte Algorithmen ausführen beinhaltet

- einen definierten Lösungsweg für eine mathematische Aufgabe anwenden und ausführen zu können,
- Lösungsprozesse, die über die Fähigkeiten Rechnen und Symbolisches Rechnen hinausgehen, wobei diese als Teilprozesse enthalten sein können,
- komplexere und mehrschrittige Lösungswege durch die Kombination von Algorithmen zur Lösung von Teilproblemen konstruieren zu können,
- verschiedene Lösungswege hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit bewerten zu können,

- den Lösungsweg formulieren und korrekt dokumentieren zu können,
- das Ergebnis des Algorithmus bewerten und kontrollieren zu können,
- den ausgeführten Algorithmus hinsichtlich seiner Effizienz bewerten zu können.

5. **Mathematische Sprache anwenden** beinhaltet

- Routineargumentationen (z.B. Sätze, Verfahren, Herleitungen) wiedergeben und anwenden zu können,
- mathematische Probleme und Lösungsstrategien korrekt formulieren und beschreiben zu können,
- rechnerische Begründungen geben und logische Schlussfolgerungen ziehen zu können,
- Argumente nach Korrektheit, Anwendbarkeit und Reichweite bewerten zu können,
- Beweise und präzise Argumentation führen und nutzen zu können,
- schematische Abbildungen mathematischer Methoden verstehen und umsetzen zu können.

6. **Modellieren** beinhaltet

- bekannte Modelle anwenden zu können,
- einfache physikalisch-technische, geometrische oder sozialwissenschaftliche Probleme (Realsituationen) mathematisch durch Variablen, Mengen und funktionale Abhängigkeiten beschreiben zu können,
- mathematische Modelle im Kontext einer Realsituation verifizieren, vergleichen und bewerten zu können,
- mathematische Modelle an Prozesse adaptieren zu können,
- komplexere Prozesse durch die Kombination einfacher Modelle erfassen zu können.

③ **Zuordnung mathematischer Fähigkeiten**

- Das Lösen der Aufgaben in den ILIAS Tests der lernzielorientierten Kurse adressiert in der Regel mehrere mathematische Fähigkeiten. Eine strikte Trennung zwischen den Fähigkeiten, die zur präzisen Einschätzung der mathematischen Kenntnisse der Anwenderin/des Anwenders wünschenswert wäre, ist im aktuellen Stand der ILIAS Softwareentwicklung nicht uneingeschränkt realisierbar. Hierzu wäre es erforderlich, dass die Aufgabe eines ILIAS Tests in die den Lösungsprozess charakterisierenden Teilaufgaben und den darin abgebildeten mathematischen Fähigkeiten separiert und somit partiell mit mathematischen Fähigkeiten verknüpft werden kann. Diese Strategie kann gegenwärtig nur im FormATest abgebildet und umgesetzt werden. In Standard-Tests ist dieses bislang nicht realisierbar. In der folgenden Darstellung der Zuordnung mathematischer Fähigkeiten finden FormATest Aufgaben noch keine Berücksichtigung, da aktuell noch keine hinreichende Quantität an diesen Aufgaben und somit keine Erfahrung in ihrer Konzeption und der Zuordnung der Kompetenzen vorliegt.
- Bei Vorliegen einer ILIAS Test-Aufgabe gilt es zunächst die Zielstellung der Aufgabe in Richtung der einzuübenden Fähigkeiten zu fixieren. In den Erstellungsprozess einer neuen Aufgabe ist die Beurteilung der Zielstellung in natürlicher Weise eingebettet und kann vorab festgestellt werden. Mögliche Leitfragen zur Fixierung der adressierten mathematischen Fähigkeit(en) sind:

- a. Welche der dargestellten mathematischen Fähigkeiten und ihrer Charakterisierungen wird durch die Aufgabe vorrangig eingeübt bzw. überprüft?
- b. Worin bestand die Motivation in der Konzeption der Aufgabe? Worauf reduziert sich der Lösungsprozess wenn mathematisch untergeordnete Teilaspekte bzw. Teilalgorithmen ausgeblendet werden?
- c. Was ist das Ergebnis der Aufgabe?
 - i. Zahlenwert
 - ii. Term bzw. Formel
 - iii. Funktion oder deren graphische Darstellung
 - iv. Formale Beschreibung oder Bewertung eines Lösungsalgorithmus
 - v. Mathematische Argumentation
 - vi. Mathematisches Modell eines Realprozesses
- d. Welchem lernzielorientierten Kurs ist diese Aufgabe zugeordnet?
- e. Welche der mathematischen Fähigkeiten sind erforderlich um Teilprozesse zu lösen?

Die Leitfragen a) bis d), insbesondere die Leitfrage b), sollen dem Ersteller der Aufgabe zunächst die Identifikation der **primären mathematischen Fähigkeit** ermöglichen. Dieses soll durch die Reduzierung der mathematischen Fähigkeiten auf sechs Kernthemen und der daraus resultierenden natürlichen Abgrenzung der Fähigkeiten voneinander erreicht werden. Die thematische Zuordnung der Frage zu einem lernzielorientierten Kurs auf der Grundlage der im Kurs abgebildeten Lernmodule (Inhalte zur Repetition) kann hier ebenfalls hilfreich sein und ein Indiz liefern. Dieses betrifft insbesondere die mathematischen Fähigkeiten Rechnen, Symbolisches Rechnen, Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben und einen bekannten Algorithmus ausführen, die von den Inhalten (Lernmodule und Texte zur Repetition) und Aufgaben spezifischer lernzielorientierter Kursen in natürlicher Weise adressiert werden. In diesem Rahmen empfiehlt es sich, die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten, natürlichen primären mathematischen Fähigkeiten ausgewählter lernzielorientierter Kurse auf ihre Anwendbarkeit auf die für einen lernzielorientierten Kurs generierte Testaufgabe zu prüfen.

Lernzielorientierter Kurs	Natürliche primäre mathematische Fähigkeit
Algebraische Gleichungen höherer Ordnung	Bekanntes Algorithmus ausführen
Betragsgleichungen	Bekanntes Algorithmus ausführen
Bruchrechnen	Rechnen
Exponentiale und logarithmische Funktionen	Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben
Exponentialgleichungen	Bekanntes Algorithmus ausführen
Funktionen und deren Eigenschaften	Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben
Funktionsgraphen Lineare Funktionen	Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben
Logarithmen	(Symbolisches) Rechnen
Logarithmische Gleichungen	Bekanntes Algorithmus ausführen
Quadratische Funktionen	Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben
Termumformungen	Symbolisches Rechnen
Trigonometrische Funktionen	Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben
Trigonometrische Gleichungen	Bekanntes Algorithmus ausführen

Trigonometrische Terme	Symbolisches Rechnen
Quadratische Gleichungen	Bekanntes Algorithmus ausführen
Wurzelgleichungen	Bekanntes Algorithmus ausführen

- Mathematisch untergeordnete (Teil-)Aufgaben können weitere mathematische Fähigkeiten erfordern. Typischerweise sind die Fähigkeiten *Rechnen* und *Symbolisches Rechnen* in vielen Aufgaben, die andere Fähigkeiten vorrangig einüben, als integrale Bestandteile enthalten. Dieses betrifft beispielsweise das Lösen von Gleichungen (Bruch- und Exponentialgleichungen, logarithmische Gleichungen, Gleichungen höherer Ordnung). Die eingebetteten **sekundären mathematischen Fähigkeiten** sind in gleicherweise zu identifizieren. Leitfragen hierzu sind:
 - a. Welche Teilaufgaben treten beim Lösen des Problems auf und welche Anforderungen an mathematische Fähigkeiten stellen diese Teilprobleme?
 - b. Welche Zwischenresultate sind unabdingbar ?
 - c. Welche elementaren Rechenoperationen treten in Lösungsschritten auf?
 - d. Welche (Teil-)Ergebnisse werden in der Lösung abgefragt?
- Zur Fixierung und Identifikation der mathematischen Fähigkeiten kann bei komplexeren Aufgabenstellungen eine Abbildung des Lösungsprozesses durch ein Flussdiagramm hilfreich sein.
- Bei der Charakterisierung der Aufgaben oder von Teilprozessen durch die darin abgebildeten mathematischen Fähigkeiten ist zu beachten, dass nur die wesentlichen und der Aufgabe angemessenen mathematischen Operationen zu Grunde gelegt werden. Andernfalls besteht die Möglichkeit, dass nach der Bearbeitung der ILIAS-Tests durch Anwenderinnen und Anwender kein differenziertes Bild zu den spezifischen mathematischen Fähigkeiten einer Kandidatin/eines Kandidaten generiert wird. Vom Ersteller der Zuordnung ist die Angemessenheit der Berücksichtigung einer sekundären mathematischen Fähigkeit im Einzelfall sorgfältig zu bewerten.

④ Darstellung der Ausprägungen

Neben den mathematischen Fähigkeiten sind den Testaufgaben deren Ausprägungen bzw. Niveaus zuzuordnen. Die Ausprägungen der mathematischen Fähigkeiten charakterisieren die Tiefe der in der jeweiligen Aufgabe anzuwendenden mathematischen Fähigkeit. Die Ausprägungen dienen der Lernzielorientierung der Inhalte und Module des Online-Vorkurses. Im Folgenden werden Charakterisierungen der Ausprägungen der Fähigkeiten formuliert. Eine scharfe Trennung der Ausprägungen ist hier ebenfalls nicht realisierbar. Die Zuordnung der Ausprägungen kann im Ermessen und in der Bewertung des Betrachters liegen, sodass unterschiedliche Einteilungen nicht gänzlich auszuschließen sind.

1. Rechnen

- 1.1. **Regel-/Basiswissen:** Umgang mit Zahlen, Potenzen, Wurzeln und Logarithmen, zugehörige grundlegende Rechengesetze ohne deren Kombinationen anwenden, Inhalte aus

verschiedenen Lernmodulen (Texte zur Repetition) werden nicht miteinander verknüpft angewandt.

- 1.2. **Zusammenhangswissen:** Umgang mit gemischten Termen aus Zahlen, Potenzen, Wurzeln und Logarithmen, Kombinationen von grundlegenden Rechengesetzen hierzu anwenden, mehrstufige Umformungen sowie verschachtelte und verknüpfte Prozesse ausführen.
- 1.3. **Problemorientiertes Wissen:** Rechengesetze zu Zahlen, Potenzen, Wurzeln und Logarithmen und deren Kombinationen anwenden um ein gegebenes übergeordnetes Problem mit diesen Methoden vollständig zu lösen.

2. Symbolisches Rechnen

- 2.1. **Regel-/Basiswissen:** Umgang mit Termen allgemeiner Art (d.h. mit Variablen), zugehörige grundlegende Rechengesetze einschließlich Potenzen und Logarithmen ohne deren Kombinationen auf die Terme anwenden, Inhalte aus verschiedenen Lernmodulen (Texte zur Repetition) werden nicht miteinander verknüpft angewandt.
- 2.2. **Zusammenhangswissen:** Umgang mit Termen allgemeiner Art (d.h. mit Variablen) in komplexerer Form, Kombinationen von grundlegenden Rechengesetzen zur Umformung dieser Terme anwenden, mehrstufige oder verschachtelte Transformationen durchführen.
- 2.3. **Problemorientiertes Wissen:** Terme allgemeiner Art (d.h. mit Variablen) verwenden um ein gegebenes übergeordnetes Problem vollständig zu lösen, Kombinationen von Rechengesetzen im Lösungsprozess anwenden, mehrstufige Lösungswege umsetzen.

3. Abhängigkeiten und Veränderungen beschreiben

- 3.1. **Regel-/Basiswissen:** Standardfunktionen und deren Eigenschaften beherrschen, graphische Darstellungen der Funktionen erstellen und interpretieren.
- 3.2. **Zusammenhangswissen:** Transformationen von Funktionen beherrschen, Verknüpfungen von Funktionen umsetzen, graphische Darstellungen dieser Funktionen erstellen und interpretieren.
- 3.3. **Problemorientiertes Wissen:** Anwendungsprobleme mit funktionalen Abhängigkeiten lösen, Veränderungen von relevanten Zielgrößen und Abhängigkeiten von Variablen beschreiben und interpretieren, Transformationen von Funktionen im Kontext der Anwendung anwenden.

4. Bekannte Algorithmen ausführen

- 4.1. **Regel-/Basiswissen:** Direktes Anwenden von bekannten und grundlegenden Gesetzen und Algorithmen zur Lösung elementarer Gleichungen/Ungleichungen und von Standardproblemen in bekannten Funktionsklassen und Lösungsräumen, vorgegebene Lösungsschemata anwenden.
- 4.2. **Zusammenhangswissen:** Kombinationen mathematischer Techniken und Algorithmen zur Problemlösung anwenden, verschachtelte Algorithmen ausführen, Fallunterscheidungen in komplexeren Algorithmen durchführen.
- 4.3. **Problemorientiertes Wissen:** Mehrstufige Lösungsprozesse, in denen die Lösungsstrategien der Teilschritte nicht vorhersehbar und ergebnisabhängig sind, durchführen, komplexe Kombinationen von Lösungsalgorithmen auf allgemeine Gleichungen und Terme (mit

Variablen) anwenden, Inhalte mehrerer Lernmodule (Texte zur Repetition) zur Problemlösung kombinieren.

5. Mathematische Sprache anwenden

- 5.1. **Regel-/Basiswissen:** Mathematische Begriffe, Definitionen und Sätze wiedergeben, elementare logische Schlussfolgerungen ziehen, einfache Lösungsprozesse und Algorithmen beschreiben, einfache funktionale Abhängigkeiten formulieren.
- 5.2. **Zusammenhangswissen:** Komplexe Argumentationen und logische Folgerungen wiedergeben, mehrstufige Lösungsprozesse und Algorithmen beschreiben, komplexe funktionale Abhängigkeiten, Verknüpfungen und Transformationen darstellen.
- 5.3. **Problemorientiertes Wissen:** Mathematische Darstellungen und Beschreibungen im Kontext von Anwendungsproblemen und der Beschreibung von Realprozessen formulieren und interpretieren, anwendungsbezogene Interpretation mathematischer Terme beherrschen und mathematische Operationen und Transformationen im Anwendungsbezug verstehen.

6. Modellieren

- 6.1. **Regel-/Basiswissen:** Einfache physikalisch-technische, geometrische oder sozialwissenschaftliche Prozesse mathematisch beschreiben und abbilden, Prozesse die sich durch funktionale Abhängigkeit von einer Variablen oder einen symbolischen Term direkt abbilden lassen, darstellen, Prozesse mit einer abhängigen und unabhängigen Variablen beschreiben und bewerten.
- 6.2. **Zusammenhangswissen:** Komplexere physikalisch-technische, geometrische oder sozialwissenschaftliche Prozesse mathematisch beschreiben und abbilden, gekoppelte Modelle elementarer Prozesse erstellen und analysieren, nichtlineare Phänomene aus Physik, Technik und Sozial-/Lebenswissenschaften abbilden, Prozesse mit mehreren Eingangs- und einer Ausgangsgröße beschreiben und bewerten.
- 6.3. **Problemorientiertes Wissen:** Mathematische Modelle eines vollständigen Realprozesses erstellen, Modelle mit gekoppelten und/oder verschachtelten Prozessen aus Physik, Technik, Sozial- und Lebenswissenschaften mathematisch abbilden, Modelle mit mehreren Variablen bzw. Parametern erstellen und analysieren, Prozesse mit mehreren Eingangs- und Ausgangsgrößen beschreiben und bewerten.

In Abhängigkeit vom Grad des Zutreffens dieser Charakterisierungen der Ausprägungen sind den einer Aufgabe zugeordneten mathematischen Fähigkeiten anschließend jeweils eine der Ausprägungen Regel-/Basiswissen, Zusammenhangswissen und Problemorientiertes Wissen zuzuordnen. Hierbei ist ein gewisses Maß an Interpretationsspielraum unvermeidbar. Es empfiehlt sich, sich bereits im Rahmen der Generierung der Aufgabe auf eine der Ausprägungen zu fixieren und die charakterisierenden Merkmale dieser Ausprägung in die im Lösungsprozess abgebildeten mathematischen Fähigkeiten zu integrieren.

