
1 Das Projekt mascul: Realitätsbezüge aus der Arbeitswelt

Katja Maaß, Karen Reitz-Koncebovski, Anika Weihberger, Patrick Bronner
Pädagogische Hochschule, Freiburg

Der Aufsatz stellt das internationale Projekt mascul vor, dessen Ziel es ist, auf breiter Ebene Fortbildungen zum forschenden Lernen anzubieten und deren Effekte wissenschaftlich zu evaluieren. Ein besonderer Fokus liegt darauf, in den Fortbildungen Realitätsbezüge zur Arbeitswelt herzustellen, um Lehrkräfte zu befähigen, authentische Anwendungen der Mathematik und der Naturwissenschaften aus beruflichen Kontexten in den Unterricht einzubeziehen und dadurch den Lernenden die Sinnhaftigkeit dieser Fächer zu verdeutlichen. Der Aufsatz stellt zunächst das Projekt vor und geht dann auf seinen theoretischen Hintergrund zum Modellieren, zu forschendem Lernen und Lehrerprofessionalisierung ein. Anschließend wird das internationale Fortbildungskonzept von mascul dargestellt. Lehrende lernen anhand von exemplarischen authentischen Fragestellungen aus der Arbeitswelt sowie durch Kooperationen verschiedenster Art, wie sie Bezüge zur Arbeitswelt integrieren können. Zum Abschluss wird anhand von zwei Beispielen aufgezeigt, wie dieses internationale Konzept in Deutschland implementiert wurde. In einer Fortbildung kooperieren Lehrende aus allgemeinbildenden Schulen mit solchen aus beruflichen Schulen, eine weitere Fortbildung wird in einem Betrieb durchgeführt.

1.1 Einleitung

Die Forderung nach Realitätsbezügen im Mathematikunterricht ist nicht neu (Blum 1996). Was aber versteht man unter Bezügen zum Beruf? Und welche Notwendigkeit besteht für Bezüge zum Beruf im Schulunterricht? Genügt es nicht, wenn Schülerinnen und Schüler ein Berufspraktikum machen oder sich beim Arbeitsamt informieren? Solche Gedanken mögen einem durch den Kopf gehen, wenn man über Berufsbezüge nachdenkt. Im Folgenden geht es aber nicht um punktuelle praktische Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler im Beruf, vielmehr geht es darum, die Schülerinnen und Schüler immer wieder im alltäglichen Mathematikunterricht mit authentischen Fragestellungen aus beruflichen Kontexten zu konfrontieren. Dabei erfahren sie, wie Mathematik in verschiedenen Berufen angewandt wird.

Zunächst soll der Frage nachgegangen werden, weshalb ein solcher Bezug zur Arbeitswelt notwendig ist. Ein wesentlicher Grund dafür ist die Entwicklung des europäischen Arbeitsmarktes. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, hat die europäische Union im Jahr 2010 eine auf zehn Jahre angelegte Wachstumsstrategie unter dem Namen „Europa 2020 – Leitinitiativen für intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum“ erarbeitet. Wenn man an unsere hochtechnisierte Zukunft denkt, ist in diesem Zusammenhang die Ausbildung qualifizierter und hochqualifizierter Arbeitskräfte im Bereich der Naturwissenschaften und Technik besonders bedeutsam. Leider ist jedoch in der EU der Anteil derer, die im naturwissenschaftlichen und technischen Bereich einen Abschluss machen, stetig von 24,8 % im Jahr 2000 auf 22 % im Jahr 2009 gesunken. Entsprechendes gilt in der Mehrheit der einzelnen EU Länder (Eurydice 2011 a, b).

Will man diese Situation verändern, so muss man bedenken, dass die Schule für die meisten jungen Menschen der Ort ist, an dem sie zuallererst Einblick in Naturwissenschaften, Technik und Mathematik erhalten. Vermittelt man den Schülerinnen und Schülern die Lerninhalte von Mathematik, Naturwissenschaften und Technik nicht nur abstrakt, sondern an Hand von Realitätsbezügen, und hier auch ganz konkret mithilfe von Bezügen zur Arbeitswelt, dann erzielt man damit vielfältige Effekte: Die Schülerinnen und Schüler erkennen die Bedeutung der Fächer, sie lernen sie in der Realität anzuwenden (Blum 1996), sie entwickeln eine höhere Motivation und eine verbesserte Einstellung zum Lernen und erhalten – last but not least – darüber hinaus Einblick in verschiedene Berufe und können für sie begeistert werden.

Hier setzt das Projekt mascil an: Lehrkräfte sollen darin unterstützt werden, im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht Bezüge zur Arbeitswelt herzustellen. Im Folgenden wird zunächst ein Überblick über das Projekt gegeben, anschließend der theoretische Hintergrund skizziert und dann das mascil-Fortbildungskonzept als Kern des Projekts mit zwei exemplarischen Realisierungen ausführlich dargestellt.

1.2 Das Projekt mascil

mascil – mathematics and science for life – ist ein internationales Projekt, das im siebten Forschungsrahmenprogramm der EU gefördert wird. Ziel des Projektes, an dem 18 Partnerinstitutionen aus 13 Ländern teilnehmen, ist es, eine Veränderung der mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichtskultur hin zu mehr forschendem Lernen zu fördern. Ein besonderer Fokus richtet sich dabei auf die Verbindung von Schule und Arbeitswelt. Basierend auf dem Stand der wissenschaftlichen Diskussion wurde für das Projekt ein internationales Gesamtkonzept entwickelt, das in den jeweiligen Partnerländern national adaptiert und dann implementiert wird. Der Einfluss der Fortbildungen auf die Lehrenden wird international im Rahmen eines Prä-Post-Studien-Designs sowie qualitativ durch Fallstudien evaluiert (Maaß 2013, S. 20).

Charakteristisch für das Projekt ist ein Wechselspiel zwischen der Arbeit auf internationaler und nationaler Ebene. So werden auf internationaler Ebene innovative Unterrichts- und Fortbildungsmaterialien entwickelt. Diese werden für den nationalen Gebrauch, basierend auf einer in allen Ländern durchgeführten Bedarfs- und Kontextanalyse, adaptiert. Umgekehrt fließen in den einzelnen Ländern entwickelte ergänzende Materialien in den internationalen Pool ein, so dass eine große, vielfältige und breitgestreute Materialsammlung entsteht.

Die internationale Fortbildungskonzeption wird ebenfalls auf die nationalen Bedürfnisse angepasst und in den einzelnen Ländern implementiert. Darüber hinaus werden Veranstaltungen für Studierende und Referendarinnen und Referendare angeboten (Maaß 2013, S. 12 ff.). Über Online-Foren und Konferenzen werden die in den einzelnen Ländern teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer sowie Fortbildnerinnen und Fortbildner international vernetzt. Das „mascil Problem des Monats“ bietet Lehrkräften regelmäßig interessante mathematische und naturwissenschaftliche Aufgaben mit beruflichem Bezug an und motiviert zum Austausch von Ideen, Ergebnissen und Erfahrungen.

Um die Fortbildungen bedarfsgerecht anzubieten und zu bewerben, wurde in jedem Land ein sogenanntes nationales Beratungskomitee ins Leben gerufen, das Expertinnen und Experten aus der Industrie, Repräsentantinnen und Repräsentanten aus Schulbehörden, Elternvertreterinnen und Elternvertreter, Vertreterinnen und Vertreter von beruflichen und allgemeinbildenden Schulen sowie Forschungseinrichtungen umfasst. Auf europäischer Ebene gibt es analog dazu ein europäisches Beratungskomitee, das aus Vertreterinnen und Vertretern der verschiedenen nationalen Komitees besteht und alle Partnerländer berät. Um die Idee des forschenden Ler-

nens und des Bezugs zur Arbeitswelt auch auf breiter Ebene zu bewerben, richtet mascil sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene Konferenzen aus. Eine große internationale Tagung in Kooperation mit dem Deutschen Zentrum für Lehrerbildung DZLM mit dem Titel „Educating the educators“ im Dezember 2014 hat die wissenschaftliche Diskussion zum „Scaling-up“ von Lehrerfortbildung weiter vorangetrieben.

1.3 Theoretischer Hintergrund

Im Folgenden sollen die theoretischen Grundlagen der internationalen Gesamtkonzeption kurz umrissen werden. Für tiefergehende Darstellungen zum forschenden Lernen sowie zur Lehrerprofessionalisierung wird auf Dorier und Maaß (2012), sowie Maaß und Doorman (2013) verwiesen.

1.3.1 Mathematisches Modellieren

Es gibt eine Vielzahl von Definitionen zum Modellieren (vgl. Kaiser und Sriraman 2006). Hier in diesem Aufsatz verstehen wir unter mathematischem Modellieren, ein realistisches Problem mithilfe von Mathematik zu lösen. Beim Lösen eines solchen Problems bewegt man sich zwischen der Realität und Mathematik. Ausgangspunkt des Modellierungsprozesses ist eine Situation oder eine Fragestellung in der realen Welt. Wenn man versucht, die Situation zu verstehen, bildet man ein mentales Modell dieser Situation, das sogenannte Situationsmodell. Um die Situation (bzw. das Modell davon) der Mathematik zugänglich zu machen, muss sie vereinfacht, strukturiert und idealisiert werden. Man erhält ein Realmodell, dessen Übersetzung in die Sprache der Mathematik zu einem mathematischen Modell führt, in dem man schließlich mathematisch arbeiten und so ggf. eine Lösung finden kann. Diese Lösung muss bezogen auf das Ausgangsproblem interpretiert und validiert werden. Wenn sich im Zuge der Validierung oder vorher herausstellt, dass die Lösung ungeeignet ist, muss der Prozess erneut durchlaufen werden (Bild 1-1) (Blum und Leiß 2005, Niss et al. 2007, S. 8).

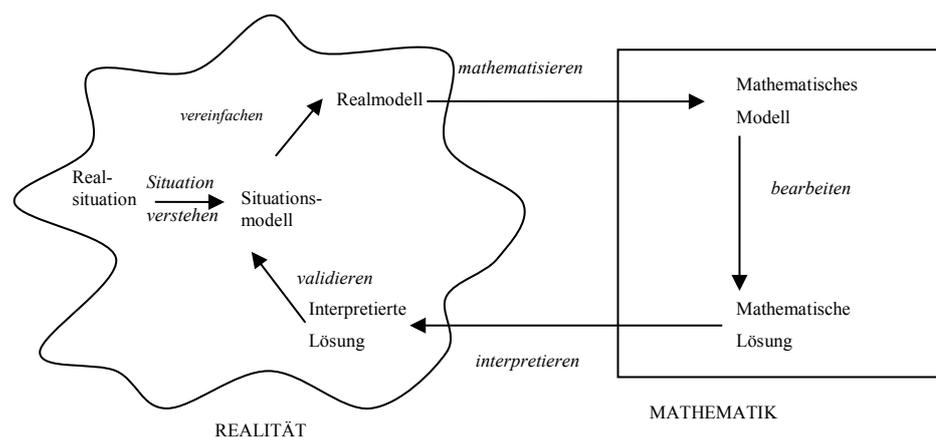


Bild 1-1 Modellierungsprozess nach Blum und Leiß (2005)

Die Darstellung in Bild 1-1 ist als ein idealisiertes Schema anzusehen, da man beim Modellieren einzelne Schritte überspringen oder Schritte mehrfach durchlaufen kann.

1.3.2 Das Konzept des forschenden Lernens

Forschendes Lernen zielt darauf ab, den Forschergeist zu wecken und bei den Schülerinnen und Schülern Kompetenzen und Einstellungen zu fördern, die sie befähigen, in einer ungewissen Zukunft und einem sich ständig wandelnden Umfeld zu bestehen (Artigue und Blomhøj 2013). Prinzipiell basiert das forschende Lernen darauf, dass die Schülerinnen und Schüler eine aktive, forschende Herangehensweise verfolgen.

Das forschende Lernen als didaktisches Konzept ist nicht neu. Zu den Vordenkern zählt zum Beispiel der amerikanische Philosoph und Pädagoge John Dewey (1859–1952), der in seinem 1910 veröffentlichten Buch „How we think“ eine Parallele zwischen kindlichem Lernen und naturwissenschaftlichem Forschen zieht: „This scientific attitude of mind might, conceivably, be quite irrelevant to teaching children and youth. But this book also represents the conviction that such is not the case; that the native and unspoiled attitude of childhood, marked by ardent curiosity, fertile imagination, and love of experimental inquiry, is near, very near, to the attitude of the scientific mind.“ (Dewey 1910, S. iii). Dewey betont dabei insbesondere die Relevanz von Problemen aus dem realen Leben.

Doch auch wenn die ersten Ideen dazu schon lange existieren, wurde erst in den letzten Jahren dem forschenden Lernen zunehmend Aufmerksamkeit zuteil, insbesondere durch Förderungen seitens der EU. Impuls dafür war der 2007 erschienene Rocard-Bericht (Rocard et al. 2007), der die lehrerzentrierten Zugänge kritisiert. Die sogenannte „top-down“-Methode wird als Hauptfaktor für das Desinteresse von Schülerinnen und Schülern an Naturwissenschaften und Mathematik gesehen, die von den Schülerinnen und Schülern als unveränderlich, extrem schwierig und ohne Bezug zu Kontexten außerhalb der Schule wahrgenommen werden (Rocard et al. 2007, S.9). Beim forschenden Lernen hingegen stehen nicht Erklärungen der Lehrkraft sowie Beispiele und Übungen im Vordergrund, vielmehr ist der Unterricht von der Zusammenarbeit der Schülerinnen und Schüler geprägt, bei der sie fächerübergreifende, kognitiv herausfordernde Aufgaben bearbeiten. Dabei fordert die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler auf, ihr Vorwissen konstruktiv miteinzubeziehen, sie stellt zum Weiterdenken ermutigende Fragen, regt die Arbeit in Kleingruppen an, moderiert Plenumsdiskussionen, ermuntert die Schülerinnen und Schüler dazu alternative Ansichten zu diskutieren und hilft ihnen Verbindungen zwischen ihren Ideen herzustellen (Dorier und Maaß 2013).

Für die praktische Arbeit im Projekt, d. h. insbesondere für die Kommunikation gegenüber Lehrkräften im Rahmen von mascul-Fortbildungen, wurden die zentralen Charakteristika des forschenden Lernens, wie es innerhalb des Projekts verstanden wird, zusammen mit Stichpunkten zur beabsichtigten Verknüpfung mit der Arbeitswelt in dem unten abgebildeten Diagramm (Bild 1-2) zusammengefasst. Dieses Diagramm umfasst, bezogen auf forschendes Lernen, nicht nur die Aktivitäten von Lehrerinnen und Lehrern sowie Schülerinnen und Schülern, sondern auch die Werte und Ziele von Lehr- und Lernprozessen in den Naturwissenschaften und der Mathematik, sowie Merkmale von Aufgaben, die forschendes Lernen ermöglichen, und Stichworte zur Lernkultur.



Bild 1-2 Das mascil-Diagramm: Forschendes Lernen und Verbindung zur Arbeitswelt bei mascil (mascil/Doorman und Jonker 2014)

1.3.3 Mathematisches Modellieren und forschendes Lernen

Forschendes Lernen kann in außer- oder innermathematischen Kontexten erfolgen. Welcher Zusammenhang besteht nun zwischen dem forschenden Lernen in außermathematischen Kontexten und dem Modellieren?

Während die obige Beschreibung von forschendem Lernen auf die aktive Rolle der Schülerinnen und Schüler im Unterricht, auf ihr weitgehend selbständiges kognitiv-aktives Arbeiten fokussiert, konzentrieren sich die meisten Darstellungen des Modellierens mithilfe von Modellierungskreisläufen auf die einzelnen Schritte, die beim Anwenden von Mathematik auf komplexe, außermathematische Situationen durchgeführt werden müssen.

Dies steht aber nicht im Widerspruch zueinander, da die beim Modellieren nötigen Schritte vom Modellierenden eine forschende Herangehensweise erfordern. Grundsätzlich ist natürlich denkbar, dass eine Lehrkraft im lehrerzentrierten Unterricht ohne wesentliche kognitive Aktivierung der Schülerinnen und Schüler etwas „vor“-modelliert, jedoch gehen die in Literatur dargestellten Unterrichtsszenarien oder Hinweise in der Regel von einer aktiven Rolle der Lernenden aus (vgl. etwa Maaß 2007), geht es doch darum, dass die Schülerinnen und Schüler Kompetenzen im Modellieren erwerben (Blum et al. 2007). Dabei sollten sie jedoch genau wie beim forschenden Lernen nicht allein gelassen werden, vielmehr geht es darum, eine Balance zwischen unabhängiger Aktivität der Lernenden und Anleitung durch die Lehrenden zu finden (Blum 2011).

Im Rahmen des forschenden Lernens bieten die Modellierungskreisläufe einen systematischen Zugang, um Mathematik auf realistische Kontexte und auf andere Disziplinen anzuwenden (Artigue & Blomhøj 2013). Darüber hinaus kann das Modellieren auch als eine Antwort auf Deweys Forderung gesehen werden, von realistischen Problemen auszugehen und auf den Erfahrungen der Lernenden aufzubauen (Artigue & Blomhøj 2013). Zusammenfassend kann man (vereinfachend) sagen, dass im Unterricht forschendes Lernen in realistischen Kontexten dem Modellieren weitgehend entspricht. Für eine detaillierte und theoretisch orientierte Diskussion der Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Konzepten des forschenden Lernens und des Modellierens wird auf Artigue & Blomhøj (2013) verwiesen.

1.3.4 Lehrerprofessionalisierung

Der Begriff der Lehrerprofessionalisierung bezieht sich sowohl auf das Lehrerwissen als auch auf die Lehrerkompetenzen. Im Rahmen von Lehrerwissen wird traditionell zwischen Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und pädagogischem Wissen unterschieden (Shulman 1986). Die Lehrerkompetenzen umfassen neben dem Lehrerwissen auch die Fähigkeit dieses Wissen in Handlung umzusetzen. Diese Kompetenzen werden durch Beliefs der Lehrkräfte (langanhaltendes subjektives Wissen von bestimmten Objekten sowie die mit diesem Wissen verbundenen Haltungen; Pehkonen und Törner 1996), durch Motivation sowie die Kompetenzen in Selbstreflexion beeinflusst (Baumert und Kunter 2013). Lehrerbildungsmaßnahmen müssen also alle diese Bereiche ansprechen.

In einer Meta-Analyse identifizieren Lipowsky & Rzejak (2012) verschiedene Merkmale erfolgreicher Lehrerbildungsmaßnahmen. Dazu gehören unter anderem:

- Die Fortbildung sollte langfristig ausgelegt sein und Zeit zur Verarbeitung der Fortbildungsinhalte lassen.
- Sie sollte den Teilnehmenden ermöglichen, ihr fachdidaktisches und diagnostisches Wissen zu erweitern und mehr über die Lernprozesse der Schüler und Schülerinnen zu erfahren.
- Sie sollte Input, Erprobungs- und Reflexionsphasen beinhalten.
- Im Verlauf der Fortbildung sollten die Lehrkräfte die Möglichkeit haben zu erfahren, welche Wirkung ihr eigenes unterrichtliches Handeln hat.
- Die Teilnehmenden sollten Feedback zu ihrem Unterricht erhalten.
- Die Fortbildung sollte einen engen Bezug zur Unterrichtspraxis der Lehrerinnen und Lehrer haben.

1.4 Das internationale Fortbildungskonzept von mascil

Das Fortbildungskonzept von mascil basiert auf den oben genannten Charakteristika erfolgreicher Fortbildungen und zielt auf alle Bereiche von Lehrerwissen und -kompetenzen ab. Die langfristigen Fortbildungen zeichnen sich durch folgende Merkmale aus (Maaß 2013):

(i) Ausgangspunkt ist das Wissen der Lehrkräfte und ihre derzeitige Unterrichtspraxis: ihr Vorwissen über die Anwendung von Mathematik und Naturwissenschaften im beruflichen Bereich, ihre Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit Berufsschulen und Industrie sowie ihre aktuellen Bedürfnisse und Schwierigkeiten im Unterricht (enger Bezug zur Schulpraxis).

(ii) Forschendes Lernen soll selbst erlebt und die Erfahrungen damit reflektiert werden: Lehrkräfte werden einladen, in einer kollegialen Umgebung sowohl mit einfachen offenen Aufgaben als auch in komplexen beruflichen Kontexten forschendes Lernen zu erleben und zu analysieren, so dass sie den Ansatz „von innen“ erfahren und verstehen. Da forschendes Lernen unter Umständen im Kontrast zu bisherigen eigenen Erfahrungen der Teilnehmenden steht, werden Unterrichtsvideos und Beispiele von Schülerarbeiten, die beim forschenden Lernen entstanden sind, eingesetzt um Lehrkräfte zu motivieren, im eigenen Unterricht mit forschendem Lernen zu experimentieren (Vertiefung des Wissens über Lernprozesse, Vertiefung des fachdidaktischen Wissens).

(iii) Forschendes Lernen wird im eigenen Unterricht erprobt: Die Lehrerinnen und Lehrer werden ermutigt, ihre ggf. existierenden Zweifel zu überwinden und mit gut entwickelten Unterrichtsmaterialien Veränderungen in ihrem Unterricht zu wagen. Idealerweise planen Lehrkräfte Unterrichtseinheiten gemeinsam und hospitieren gegenseitig ihren Unterricht (enger Bezug zur Schulpraxis, Verflechtung von Erprobungs- und Inputphasen, Feedback).

(iv) Unterrichtserfahrungen werden reflektiert: Nachdem Lehrerinnen und Lehrer mit forschendem Lernen experimentiert haben, reflektieren sie ihre Unterrichtsentscheidungen und -erfahrungen in der Fortbildung gemeinsam, wobei für die Reflexion strukturierte Ressourcen bereitgestellt werden. Lehrkräfte bewerten die Schülerarbeiten und analysieren Veränderungen im Arbeitsverhalten, in der Motivation und in den Einstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler (Verflechtung von Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen, Vertiefung des Wissens über Lernprozesse, Feedback).

(v) Lehrkräfte entwickeln eigene offene Aufgaben in reichhaltigen beruflichen Kontexten, erproben sie in ihrem Unterricht und reflektieren ihre Erfahrungen (siehe oben).

Typischerweise werden die oben beschriebenen Schritte (ii), (iii), (iv), (v) mehrfach wiederholt, in Abhängigkeit von der Dauer der Fortbildung.

Da den meisten Lehrerinnen und Lehrern allgemeinbildender Schulen die Arbeitswelt, abgesehen von ihrem eigenen Beruf, eher fremd ist und ihnen die Anwendung ihres Faches im beruflichen Feld oft wenig bekannt ist, müssen die Fortbildungen ihnen einen intensiven Einblick in den Nutzen von Mathematik oder Naturwissenschaften im Beruf ermöglichen. Um sie zu befähigen, Aufgaben mit beruflichem Bezug zu entwickeln, sollte in den Fortbildungen ein enger Bezug zur Arbeitswelt hergestellt werden. Die internationale Konzeption von mascil sieht dazu verschiedene Möglichkeiten vor (Maaß 2013):

(a) Lehrende von allgemeinbildenden Schulen können zusammen mit Lehrenden von beruflichen Schulen fortgebildet werden.

(b) Lehrende von allgemeinbildenden Schulen besuchen Betriebe und erhalten Informationen über den Nutzen von Mathematik und Naturwissenschaften in diesen Berufsbereichen.

(c) Lehrende und ihre Klassen arbeiten in kleinen Projekten mit der Industrie zusammen.

(d) Vertreterinnen und Vertreter von bestimmten Berufszweigen besuchen die Fortbildungen und referieren über ihre Bereiche.

(e) Lehrende besuchen Ausstellungen und Messen von Schulen und Forschungszentren.

Im Rahmen dieser Kooperationen sollen die Lehrenden Aufgaben mit Bezug zur Arbeitswelt kennen- und auch selbst entwickeln lernen. Dabei kann in diesen Aufgaben der Bezug zur Arbeitswelt auf verschiedene Weise hergestellt werden (vgl. Bild 1-2 sowie mascil/ Doorman und Jonker 2014, S. 5 f.):

(1) Der **Kontext** der Aufgabe ist in der Arbeitswelt angesiedelt. Der Bezug kann sehr stark ausgeprägt sein, wenn eine authentische Situation aus der Arbeitswelt als Ausgangssituation für die Aufgabe verwendet wird. Die Aufgabe sollte einen klaren Zweck verfolgen und das Ergebnis wissenswert sein. Der Bezug der Aufgabe zur Arbeitswelt kann auch schwächer ausgeprägt sein, z. B. wenn der Kontext eher „oberflächlich“ hergestellt wird und er bei der Aufgabebearbeitung keine allzu hohe Bedeutung hat.

(2) Im Rahmen der Aufgabe nehmen die Schülerinnen und Schüler eine **berufliche Rolle** ein, die im Zusammenhang mit der Aufgabe steht. Sie werden z. B. gebeten, ein Gutachten zu schreiben. In gewisser Hinsicht verlassen sie dazu die Rolle der Schülerin bzw. des Schülers.

(3) Die **Tätigkeiten**, die die Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Aufgabe ausführen, entsprechen der gängigen Praxis in der Arbeitswelt. Sie werden z. B. gebeten, eine Statistik zu einem Sachverhalt zu erstellen. Die Tätigkeiten werden so oder so ähnlich auch von Arbeitskräften an ihrem Arbeitsplatz ausgeführt. Die Art der Arbeit reflektiert außerdem bestimmte Merkmale der täglichen Arbeit, z. B. Teamarbeit, Arbeitsteilung, Aufgabenteilung usw. Die Tätigkeiten sollten einen klaren Zweck verfolgen, reelle Probleme lösen und aufzeigen, wie Mathematik und Naturwissenschaften angewandt werden. Der Fokus der Tätigkeiten liegt darauf, dass die Schülerinnen und Schüler Mathematik und Naturwissenschaften so anwenden, wie sie in der Arbeitswelt relevant sind.

(4) Das Ergebnis der Aufgabe ist ein **Produkt**, das die Schülerinnen und Schüler in ihrer Rolle als Arbeitskraft erzielen und das sie einer entsprechenden Zielgruppe vorstellen. Das Produkt ähnelt einem echten Produkt aus der Arbeitswelt.

Idealerweise hat eine Aufgabe in allen diesen Dimensionen Bezug zur Arbeitswelt.

1.5 Implementierung des Fortbildungskonzepts in Deutschland

Im Folgenden stellen wir zwei Fortbildungsreihen vor, die – basierend auf dem gemeinsamen internationalen Konzept – in Baden-Württemberg entwickelt und implementiert werden. Die Fortbildungsreihen profitieren einerseits von einem durchdachten, theoretisch fundierten internationalen Konzept, andererseits aber auch von lokalen Gegebenheiten und Möglichkeiten und können so zielgruppengerecht angeboten werden.

1.5.1 Lehrkräfte beruflicher und allgemeinbildender Schulen gemeinsam

Austausch und Zusammenarbeit zwischen Mathematik-Lehrkräften aus der allgemeinen und der beruflichen Bildung – in Deutschland typischerweise strikt getrennten Sphären – zu initiieren war das Hauptziel der ersten mascil-Fortbildungsreihe in Freiburg, die damit die oben genannte **Variante (a) des Bezugs zur Arbeitswelt** umsetzt. Sie wurde in einer Kooperation von Mathematikdidaktikerinnen und -didaktikern von der Hochschule mit einer Arbeitsgemeinschaft engagierter Berufsschullehrerinnen und -lehrer aus dem Berufsfeld Nahrung (Fleischer-,

Bäcker-, Hotel- und Gaststättengewerbe) gemeinsam entwickelt und geplant. Die Arbeitsgemeinschaft meldete einen hohen Fortbildungsbedarf in Mathematik an und war mit dieser Bitte über das Regierungspräsidium an das Projekt mascil vermittelt worden.

Den äußeren Rahmen bildeten drei Fortbildungstage verteilt über mehrere Monate im Jahr 2014. Am ersten Fortbildungstag wurden Tandems gebildet, bestehend aus je einer Lehrkraft von einer beruflichen und einer allgemeinbildenden Schule (Sekundarstufe 1), die dann während der gesamten Fortbildungsreihe zusammenarbeiteten, d. h. gemeinsam Unterrichtseinheiten planten, neue Arbeitsweisen und neue Aufgaben (oft die gleichen Aufgaben) in ihren Klassen implementierten, ihren Unterricht gegenseitig beobachteten und ihre Erfahrungen reflektierten.

Ziel der Fortbildungsreihe war – neben den bereits oben genannten –, eine Verbindung zwischen dem Mathematikunterricht in den verschiedenen Schularten herzustellen, damit Schülerinnen und Schüler das Mathematik-Lernen als sinnvoller und motivierender erfahren und auf längere Sicht von einem glatteren Übergang zwischen der Sekundarstufe und der beruflichen Schule und einer insgesamt kohärenteren mathematischen Lernbiographie profitieren können.

Zu Beginn des Planungsprozesses für diese Fortbildungsreihe wurden im Gespräch zwischen Mathematikdidaktikerinnen und Mathematikdidaktikern von der Hochschule und der Arbeitsgruppe von Berufsschullehrkräften Herausforderungen für den Mathematikunterricht an beruflichen Schulen thematisiert, um einen engen Bezug zur Unterrichtspraxis der Lehrerinnen und Lehrer herzustellen:

- Eine Berufsschulklasse setzt sich aus Schülerinnen und Schülern mit ganz unterschiedlichen Abschlüssen zusammen: vom abgebrochenen Hauptschulabschluss bis zum Abitur.
- Im Unterricht wird typischerweise ein Rechenverfahren nach dem anderen eingeführt und zu jedem zahlreiche Übungsaufgaben gerechnet. Trotzdem scheitern viele Schülerinnen und Schüler an den Aufgaben in der Klassenarbeit.
- Viele Mathematikbücher für diesen Berufszweig sind didaktisch veraltet und enthalten die typischen Aufgabenblöcke zum Herunterrechnen.
- Viele Lehrerinnen und Lehrer unterrichten das Fach Mathematik fachfremd.
- Es sind wenige Methoden zur Schüleraktivierung und didaktische Konzepte zur Vermittlung mathematischer Inhalte bekannt.
- Viele Lehrerinnen und Lehrer wissen nicht, welches Vorwissen die Schülerinnen und Schüler aus der Sekundarstufe I mitbringen (sollten) und was die Kolleginnen und Kollegen im Mathematikunterricht der Sekundarstufe I überhaupt unterrichten.
- Die Schülerinnen und Schüler kommen mit unterschiedlichen Rechenverfahren z. B. zur Dreisatzrechnung in den Unterricht. Oft passt der vorher gelernte Algorithmus nicht zum im Unterricht vermittelten „Standardverfahren“.

Für Lehrkräfte beruflicher Schulen konnten aus diesen Herausforderungen Inhalte für die geplante Fortbildungsreihe definiert werden:

- Vermittlung didaktischer Modelle und Methoden zu Themen wie: Heterogenität und Differenzierung im Klassenzimmer, Schüleraktivierung, offene Aufgaben und forschendes Lernen, Leistungsbeurteilung bei offenen Aufgaben, Förderung leistungsschwacher Schülerinnen und Schüler.
- Vermittlung neuerer mathematikdidaktischer Ansätze zum Bruchrechnen, Prozentrechnen, Dreisatz, Entwicklung von Größenvorstellungen, Schätzen u. ä.

- Ermöglichung von Austausch mit Kolleginnen und Kollegen aus den Haupt- und Realschulen.

Für die Lehrkräfte aus den allgemeinbildenden Schulen wurde als weiterer Inhalt festgehalten:

- Erarbeitung von Mathematikaufgaben mit beruflichem Bezug, um den Schülerinnen und Schülern den Nutzen der Mathematik im beruflichen Kontext und die Sinnhaftigkeit von Mathematik erfahrbar zu machen und sie damit für das Mathematiklernen (stärker) zu motivieren.

Die Fortbildungsreihe sollte den teilweise übereinstimmenden, teilweise unterschiedlichen Bedürfnissen und Interessen der beiden Zielgruppen gerecht werden. Zugleich wurde erwartet, dass beide Gruppen vom wechselseitigen Austausch und der Zusammenarbeit profitieren können. Für die Klärung der individuellen Erwartungen der Teilnehmenden wurde zu Beginn der Fortbildungsreihe Zeit eingeräumt, und im weiteren Verlauf wurde mehrfach abgeklärt, inwieweit Erwartungen erfüllt oder offen geblieben waren. Zum Abschluss jedes Fortbildungstages sowie der gesamten Reihe wurden die Teilnehmenden um Rückmeldung gebeten, was für sie gut und nützlich war, wo sie Optimierungsbedarf sehen und welche Wünsche für den weiteren Verlauf bestehen. Die Planung der folgenden Fortbildungstage wurde auf diese Rückmeldungen abgestimmt.

Den Rückmeldungen der teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer ist zu entnehmen, dass der Austausch mit Kolleginnen und Kollegen der anderen Schulform und die gegenseitigen Besuche als äußerst gewinnbringend empfunden wurden. Mehrere Teilnehmende berichteten von positiven Veränderungen in ihrem Mathematikunterricht, wie z. B. ein Teilnehmer aus der Berufsschule (siehe Bild 1-3).

„Was ich übrigens in meinem eigenen Unterricht erfahren durfte:

- *Schülerinnen und Schülern macht diese Art von Unterricht Spaß – forschendes Lernen ist einfach interessanter.*
- *Die Schülerinnen und Schüler machen das Problem, das gelöst werden soll, mehr zu ihrer Sache. Die Motivation wird intrinsischer.*
- *Mit „offenen Aufgaben“ gelangt man zu einer anderen Fehlerkultur. Fehler helfen anderen Schülerinnen und Schülern beim Verstehen (Fehler = Helfer).*
- *Es sind mehrere Lösungen richtig und mehrere Lösungswege möglich.*
- *„Offene Aufgaben“ eignen sich zur Binnendifferenzierung in inhomogenen Klassen. Die Guten knobeln, die Schwachen lernen von den Guten oder bekommen Hilfen.*
- *Die Kommunikation unter den Schülerinnen und Schülern wird gefördert (beim Knobeln in Gruppen).*
- *Die Projektkompetenz im Bereich Präsentation wird gefördert, wenn die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse vorstellen.*
- *Der Teamgeist kann gefördert werden. Wenn Schülerinnen und Schüler in Gruppen zusammenarbeiten, gibt es eher geeignete Ergebnisse als wenn sie alleine arbeiten.“*

Bild 1-3 Rückmeldung eines Lehrers

Im Rahmen der Fortbildungsreihe entstand eine Sammlung von Mathematikaufgaben aus dem beruflichen Kontext Nahrung, die auf der mascil-Website <http://mascil.ph-freiburg.de/> veröffentlicht ist und laufend erweitert wird. Die beiden folgenden Aufgaben sind Beispiele aus dieser Sammlung von offenen Aufgaben mit authentischem Bezug zur Arbeitswelt.

1. Trüffelpralinen

Ihre Klasse will für ein Projekt Pralinen herstellen und verkaufen. Das Rezept ergibt 3 kg Canache (= Pralinenfüllung). Diese soll in Hohlkörper eingefüllt werden. Wie viele Hohlkörper zum Füllen müssen bestellt werden?

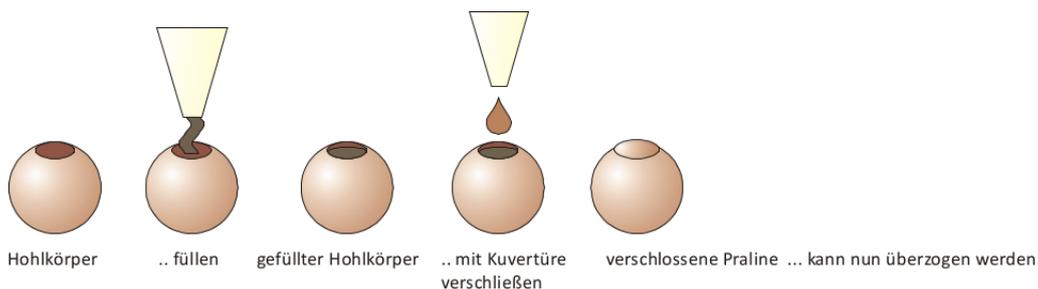


Bild 1-4 Pralinenherstellung

Gemäß der obigen Klassifizierung von Aufgaben mit Bezug zur Arbeitswelt hat diese Aufgabe einen authentischen beruflichen Kontext und fordert die Schülerinnen und Schüler auf eine berufliche Tätigkeit, die Kalkulation einer Bestellung, durchzuführen. Die Aufgabe wurde in der Berufsschule im Fach betriebswirtschaftliches Handeln erprobt und mit dem Praxisunterricht verknüpft.

2. Leberwurstbrot und Schokolade

„Hey, du hast ja schon wieder eine halbe Tafel Schokolade verputzt!“ – „Wetten, dass dein Leberwurstbrot mehr Kalorien enthält als meine Schokolade!“

Diese Aufgabe verlangt von den Schülerinnen und Schülern eine berufliche Tätigkeit, eine Nährwertkalkulation. Die Aufgabe wurde von einem Berufsschullehrer, der an der mascil-Fortbildung teilnahm, entwickelt und im Fach betriebswirtschaftliches Handeln eingesetzt. Die Unterrichtsstunde wurde von Sekundarschullehrkräften hospitiert und die Erfahrungen im Rahmen der Fortbildung reflektiert. Bild 1-5 zeigt eine Schülerlösung der Aufgabe. Die Schülerinnen und Schüler gehen dabei den Umweg über die Berechnung von Fett-, Eiweiß- und Kohlenhydratanteilen, stellen ihre Lösung aber sehr übersichtlich dar.

Bild 1-5 Schülerlösung aus einer beruflichen Schule

Schokolade

$$F = 30g \cdot 37 = 1110 \text{ kJ}$$

$$E = 9,2g \cdot 17 = 156,4 \text{ kJ}$$

$$K = 56g \cdot 17 = 952 \text{ kJ}$$

$$\text{Gesamt} = 2218,4 \text{ kJ}$$

$$2218,4 \text{ kJ} : 4,2 = 528,2 \text{ kcal} / 100g$$

Leberwurst, grob

$$F = 29,2g \cdot 37 = 1080,4 \text{ kJ}$$

$$E = 15,9g \cdot 17 = 270,3 \text{ kJ}$$

$$K = 0g \cdot 17 = 0 \text{ kJ}$$

$$\text{Gesamt} = 1350,7 \text{ kJ}$$

$$1350,7 \text{ kJ} : 4,2 = 321,6 \text{ kcal} / 100g$$

Weizenmischbrot

$$F = 1,4g \cdot 37 = 51,8 \text{ kJ}$$

$$E = 6,7g \cdot 17 = 113,9 \text{ kJ}$$

$$K = 47,7g \cdot 17 = 810,9 \text{ kJ}$$

$$\text{Gesamt} = 965,5 \text{ kJ}$$

$$965,5 \text{ kJ} : 4,2 = 229,9 \text{ kcal} / 100g$$

Zusammenfassung:

- Brot + Leberwurst: $46 \text{ kcal} + 64,3 \text{ kcal} = 110,3 \text{ kcal}$
- Schokolade $1/2$ Tafel: $264,1 \text{ kcal}$

Handgezeichnete Notizen in roten Kreisen:

- $100g = 528,2 \text{ kcal}$
 $50g = x \text{ kcal}$
 $528,2 \cdot 50 = 2641$
 100
- $100g = 321,6 \text{ kcal}$
 $20g = x \text{ kcal}$
 $321,6 \cdot 20 = 643,2$
 100
- $100g = 229,9 \text{ kcal}$
 $20g = x \text{ kcal}$
 $229,9 \cdot 20 = 4598$
 100

1.5.2 Fortbildung in einem Industrieunternehmen

Eine zweite Fortbildungsreihe 2014 - 2015 konzentriert sich auf die Verbindung zwischen allgemeinbildender Schule und der Welt der Arbeit in Gestalt eines Industrieunternehmens und damit auf **Variante (b) des Bezugs zur Arbeitswelt**. In dieser Fortbildungsreihe, die in Zusammenarbeit zwischen Mathematikdidaktikerinnen und -didaktikern von der Hochschule sowie Ausbilderinnen und Ausbildern aus dem Betrieb geplant und vorbereitet wurde, erfahren Lehrkräfte allgemeinbildender Schulen (Gymnasien, Real- und Gemeinschaftsschulen) von Ausbilderinnen und Ausbildern sowie Auszubildenden, wie Mathematik am Arbeitsplatz angewendet wird. Ihnen werden authentische Aufgaben vom Arbeitsplatz bzw. aus der Ausbildungswerkstatt vorgelegt. Auf der Basis dieser Aufgaben entwickeln sie Unterrichtseinheiten zum forschenden Lernen, erproben sie mit ihren Schülerinnen und Schülern und reflektieren ihre Unterrichtserfahrungen in der folgenden Fortbildungssitzung. Diese Zyklen von Input – Erprobung – Reflexion werden im Laufe dreier Fortbildungstage wiederholt.

Die Fortbildungsreihe findet in der Ausbildungswerkstatt der Firma S. Siedle & Söhne in Furtwangen statt, einem mittelständischen Unternehmen zur Herstellung von Gebäudekommunikationstechnik. Die teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer erhalten Gelegenheit, mit Ausbilderinnen und Ausbildern sowie Auszubildenden ins Gespräch zu kommen – allgemein über Produktionstechniken und -abläufe, über Erfahrungen mit der Ausbildung und Anforderungen an zukünftige Auszubildende, oder spezifischer über die Art und Weise, wie Mathematik am Arbeitsplatz genutzt wird.

Die im Rahmen der Fortbildungsreihe entwickelten Lernszenarien und Aufgaben werden nach ihrer Evaluierung in mehrere Sprachen übersetzt und in die Aufgabensammlung, die unter www.mascil-project.eu/teaching-material.html Lehrerinnen und Lehrern aus ganz Europa für ihren Unterricht zur Verfügung steht, aufgenommen.

Am ersten Fortbildungstag erfuhren die Lehrerinnen und Lehrer im Austausch mit Ausbilderinnen, Ausbildern und Auszubildenden in welchen Bereichen in den einzelnen Berufszweigen Mathematik und Naturwissenschaften angewendet werden. Anschließend setzten sich die Lehrerinnen und Lehrer mit den Vorbereitungen zur Herstellung einer Rohrschelle auseinander. Gemäß den Maßvorgaben (siehe Bild 1-6) mussten sie zunächst die Länge des Metallstreifens sowie die Biegestellen berechnen. Anschließend konnten sie in der Werkstatt selbst Hand anlegen und eine Rohrschelle herstellen. Gemäß der Verflechtung von Input, Erprobung und Reflexion soll diese Aufgabe bis zur nächsten Fortbildung im März 2015 im Unterricht eingesetzt werden.

Beispielaufgabe aus der Fortbildung: Rohrschelle

Die Aufgabe wurde in Zusammenarbeit mit betrieblichen Ausbildern und Ausbilderinnen entwickelt. Die Herstellung einer Rohrschelle und zuvor die Berechnung der gestreckten Länge ist eine Standardaufgabe für die Auszubildenden der Industriemechanik. Insofern hat diese Aufgabe, in Hinblick auf die oben dargestellten unterschiedlichen Dimensionen des Berufsbezugs, einen authentischen beruflichen Kontext, die Schülerinnen und Schüler führen eine berufsbezogene Tätigkeit aus und stellen ein Produkt her.

Herstellung einer Rohrschelle

Rohrschellen sind Halterungen für Leitungen, Rohre und Kabelzüge. Rohrschellen kann man im Alltag am Fahrrad, an Schildern, Regenrinnen oder Vorhangstangen finden.



Fotos: A. Weihberger

Aufgabe: Du möchtest eine Stange (Durchmesser: 37mm) für Klimmzüge zwischen zwei Türpfosten befestigen. Die Stange soll dabei von zwei Rohrschellen gehalten werden. Stelle diese Rohrschellen selbst her aus 1mm dickem Blech. Die Schwierigkeit besteht darin, dass du nach dem Biegen das Blech nicht mehr schneiden kannst. Du musst also die Gesamtlänge des Blechstreifens im Vorfeld rechnerisch ermitteln.

Gehe dabei wie ein richtiger Ingenieur vor: Fertige zunächst eine Zeichnung mit Maßangaben an und stelle einen Prototypen her. Bereite eine Präsentation für deine MitschülerInnen vor, in der du deine Zeichnungen, Arbeitsschritte und Ergebnisse darstellst.



Fotos: SSS Siedle



Zum Vorgehen:

Orientiere dich bei deinem Vorgehen an diesem Kreislauf. Wahrscheinlich durchläufst du ihn mehrfach, bis du das perfekte Produkt in Händen hältst.

Bild 1-6 Ausschnitt aus dem Schülerarbeitsblatt Ausschnitt

Die Aufgabe für den schulischen Mathematikunterricht (siehe Bild 1-6) wurde im Vorfeld der Fortbildung in einer sechsten Gymnasialklasse erprobt, in der kurz zuvor der Kreisumfang behandelt worden war. Die Bearbeitung erfolgte in vier Unterrichtsstunden, wobei in der zweiten und dritten Stunde die Werkstatt zur Verfügung stand. Dort konnten jeweils drei Gruppen gleichzeitig eine der drei Werkbänke benutzen. An jeder Werkbank gab es einen Schraubstock,

einen Biegezyylinder mit Durchmesser 37 mm, einen quaderförmigen Biegeklötz mit einem Radius von 2,5 mm und einen Kunststoffhammer.

Stunde 1: Nach einer Einführung und Motivation mittels einer PowerPoint-Präsentation erhielten die Schülerinnen und Schüler das Arbeitsblatt (Bild 1-6). In Gruppenarbeit versuchten sie, die gestreckte Länge des Blechs möglichst genau zu ermitteln. Dazu standen ihnen Papier, Pappe und leicht biegsames Metall zur Verfügung. Wenn eine Gruppe ihre Planung abgeschlossen hatte, zeigte sie diese der Lehrkraft. Die Lehrkraft nahm die Rolle der Fertigungsleitung ein. Erst mit ihrer Zustimmung durften die Schülerinnen und Schüler in der Folgestunde mit der Fertigung des Produkts beginnen.

Stunde 2: Die Schülerinnen und Schüler fertigten einen Prototypen an. Sie erhielten dafür eine Anleitung zum fachgerechten Biegen der Rohrschelle. (Alternativ könnte man auch an einem Computer eine PowerPoint-Präsentation zur Herstellung einer Rohrschelle zur Verfügung stellen.) Anschließend wurden in einer Feedbackrunde im Plenum Verbesserungswünsche und -vorschläge für die Herstellung der Rohrschelle zusammengetragen.

Stunde 3: Die Schülerinnen und Schüler fertigten ihr Werkstück an, die endgültige Rohrschelle. (Der zeitlichen Beschränkung wegen konnte nur eine Rohrschelle pro Gruppe angefertigt werden. Wünschenswert wäre, dass jeder Schüler und jede Schülerin seine/ihre eigene Rohrschelle biegen könnte.) Danach begannen die Gruppen mit der Vorbereitung der Präsentation.

Stunde 4: Die einzelnen Gruppen präsentierten die Berechnung der gestreckten Länge sowie die von ihnen angefertigte Rohrschelle im Plenum.

Die praktische Tätigkeit in der Werkstatt machte den Schülerinnen und Schülern viel Freude und die echte, realitätsnahe Anwendung der Kreisberechnung auf eine Aufgabe mit Berufskontext war für sie interessant und motivierend.

Einschränkend ist zu bemerken, dass einige Gruppen mit dem mathematischen Anspruch der Aufgabe überfordert waren. Auch wenn die Kreisberechnung im Curriculum bereits in der 6. Klasse vorgesehen ist, wie es hier der Fall war, so dürfte die Aufgabe doch besser für die 8. oder 9. Klasse passen.

1.6 Ausblick

Die oben vorgestellten Beispiele zeigen exemplarisch wie in Fortbildungen zum Mathematikunterricht nicht nur Bezug zur Realität, sondern konkret auch zu bestimmten Berufsfeldern hergestellt werden kann. Die innovative Konzeption der Fortbildungen ermöglicht den Lehrenden ihr fachdidaktisches Wissen zu forschendem Lernen und Realitätsbezügen zu vertiefen und gleichzeitig in die Arbeitswelt einzutauchen und hier neue Erfahrungen zu machen. Fortbildungsansätze wie dieser sollen langfristig dazu beitragen, dass Lehrerinnen und Lehrer in ihrem Unterricht Bezüge zur Arbeitswelt integrieren und somit einerseits die Sinnhaftigkeit von Mathematik und Naturwissenschaften verdeutlichen, andererseits auch dem Fachkräftemangel im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich entgegenwirken.

Welche Effekte das mascil-Fortbildungskonzept wirklich hat, wird international mit einem umfassenden quantitativen und qualitativen Evaluationskonzept erhoben. Dazu gehören eine summative Prä-Post-Fragebogenstudie, die im Herbst 2014 begonnen hat, sowie Fallstudien in allen teilnehmenden Ländern. Die grundlegende Forschungsfrage lautet: Welche Wirkung hat das mascil-Fortbildungskonzept auf die Teilnehmerinnen und Teilnehmer hinsichtlich der beiden Aspekte – forschendes Lernen und Verbindung des Unterrichts mit der Arbeitswelt – und was sind die Gründe dafür? Die Prä-Post-Fragebogenstudie richtet sich dabei an die teil-

nehmenden Lehrerinnen und Lehrer. Im Rahmen der Fallstudie wird pro Land ein Fortbildungskurs als ein „Fall“ betrachtet. In jedem „Fall“ sollen drei Lehrkräfte sowie die Multiplikatorin bzw. der Multiplikator interviewt und im Unterricht bzw. in der Fortbildung beobachtet werden.

1.7 Literaturverzeichnis

- Artigue, M. & Blomhøj, M. (2013). Conceptualising inquiry based education in mathematics. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 45(6), 797-810.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2013). The COACTIV model of teachers' professional competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers. Results from the COACTIV Project* (S. 29-55). New York: Springer.
- Blum, W. (1996): Anwendungsbezüge im Mathematikunterricht – Trends und Perspektiven. In: *Schriftenreihe Didaktik der Mathematik*, Band 23, Trends und Perspektiven, S.15-38.
- Blum, W. (2011). Can modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri, R., & G. Stillman (2011), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling. ICTMA 14* (S.15-30). New York: Springer.
- Blum, W., & Leiß, D. (2005). Modellieren im Unterricht mit der „Tanken“-Aufgabe. *mathematik lehren*, 128, 18-21.
- Blum, W., Druke-Noe, C., Hartung, R., & Köller, O. (2006). *Bildungsstandards Mathematik: konkret. Sekundarstufe I: Aufgabenbeispiele, Unterrichts Anregungen, Fortbildungsideen*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Burkhardt, H. (2006). Modelling in mathematics classrooms: Reflections on past development and the future. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 178-195.
- Dewey J. (1910). *How we think*. Lexington: Heath. Wiederabdruck 1991 durch Prometheus Books, Buffalo.
- Europa 2020 – Leitinitiativen für intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum*. http://ec.europa.eu/europe2020/index_de.htm. Letzter Zugriff 5. November 2014.
- Eurydice (2011a). *Mathematics Education in Europe: Common challenges and National policies*. http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/132en.pdf. Letzter Zugriff 16. Januar 2015.
- Eurydice (2011b). *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*. http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/133en.pdf. Letzter Zugriff 16. Januar 2015.
- Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(3), 302-310.
- Lipowsky, F., & Rzejak, D. (2012). Lehrerinnen und Lehrer als Lerner – Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen wirksamer Lehrerfortbildungen. *Schulpädagogik heute*, 3(5), 1-17.
- Maaß, K. (2004). *Mathematisches Modellieren im Unterricht – Ergebnisse einer empirischen Studie*. Hildesheim: Franzbecker.

- Maaß, K. (2007). *Mathematisches Modellieren - Aufgaben für die Sekundarstufe I*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Maaß, K. (2013): *MaScil – mathematics and science for life*. Description of Work. EU Grant agreement no. 320693, Annex I, Version 2013-02-26. Part B: Support action.
- Maaß, K. & Artigue, M. (2013): Implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching: a synthesis. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 45(6), 779–795.
- Maaß, K. & Doorman, M. (2013): A model for a widespread implementation of inquiry-based learning. *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 45(6), 887-899.
- mascil/ Doorman, M. & Jonker, V. (2014). *Final versions of the initial package of classroom materials and guidelines*. http://www.mascil-project.eu/images/pdf/deliverablemascilw3D31_FinalVersion.pdf. Letzter Zugriff 15. September 2014.
- Niss, M., Blum, W., & Galbraith, P. (2007). Introduction. In W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Hrsg.), *Modelling and applications in mathematics education* (S. 3-32). New York: Springer.
- Pehkonen, E., & Törner, G. (1996). Mathematical beliefs and different aspects of their meaning. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 28(4), 101-108.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Commission. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf. Letzter Zugriff 16. Januar 2015.
- Shulman, L. S. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: a contemporary perspective. In M. C. Wittrock (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (S. 3-36). New York: Macmillan.
- Verschaffel, L., De Corte, E., Lasure, S., Van Vaerenbergh, G., Bogaerts, H., & Ratinckx, E. (1999). Learning to solve mathematical application problems: A design experiment with fifth graders. *Mathematical thinking and learning*, 1(3), 195-229.