

EU Projekte erforschen das Konzept des Forschenden Lernens im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht

Dieser Bericht entstand im Rahmen des Projektes INSTEM
Innovation Networks in Science, Technology, Engineering and Mathematics.

Autor: Peter Gray

Danksagung	4
Einleitung.....	4
Was können wir von FP7/LLP Projekten zum STEM-Unterricht lernen?.....	4
Warum ist der vorliegende Bericht notwendig?	5
Begriffsdefinition: STEM	7
Zentrale Empfehlungen von INSTEM	9
Teil A: Die bildungspolitische Ebene.....	9
Teil B: Die nationale Ebene (Länder bzw. Bundesländer).....	9
Teil C: Ebene der Einzelschule	9
Terminologie.....	10
Evaluation versus Zusammenfassung.....	12
Welche Art von Wissen fasst der vorliegende Bericht zusammen?.....	13
Teil A: Die bildungspolitische Ebene.....	15
A.1: Vision.....	15
A.2: Innovation	17
A.3: Kohärente Bildungspolitik	19
A.4: STEM Unterricht und Forschung	21
A.5: Wirksamkeit von STEM Projekten.....	22
A.6: Zeitlicher Rahmen	23
A.7: Projektmanagement auf Ebene der Europäischen Kommission.....	25
A.8: Koordination von STEM Unterricht und EU-Finanzierungskonzepten.....	28
Teil B: Die nationale Ebene (Länder bzw. Bundesländer).....	30
B.1: Pädagogik, Bildungspläne, Prüfungswesen	30
B.2: Ressourcen	32
B.3: Lehrerfortbildung	33
B.4: Die Perspektive der Lernenden	34
Teil C: Die Ebene der Schulen	36
C.1: Schulleitung	36
C.2: Kooperation zwischen Lehrkräften	36
C.3: Strukturen der Lehrerfortbildung.....	37
C.4: Lernen in außerschulischen, naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen	38
C.5: Lernumgebung und Lernklima	39
C.6: Was ist Forschendes Lernen nicht?	40
C.7: Professionelle Netzwerke.....	42



Zusammenfassung..... 43

Schulpraxis..... 46

Projekte 46

Bildungspolitik 47



Danksagung

Der Autor bedankt sich herzlich bei allen teilnehmenden Projekten für den immensen Beitrag, den sie für einen besseren STEM-Unterricht in Europa geleistet haben.

Die Teilnehmer des INSTEM-Projekts unterstützten den Autor durch ihre differenzierten Rückmeldungen zu diesem Bericht. Francesco Cuomo stellte handliche Zusammenfassungen verschiedener Projekte bereit. Suzanne Kapelari verfasste das Kapitel zum Lernen in außerschulischen, naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen. Der Autor bedankt sich ebenso bei Katja Maaß (Koordination des INSTEM-Projekts), bei Jacqueline Passon, Carina Schieder und Zofia Malachowska für ihre Geduld und ihr Sachverständnis.

INSTEM wurde finanziert durch das Programm "Lebenslanges Lernen" der EU finanziert, Projektnummer 527333-LLP-1-2012-1-DE-COMENIUS-CNW.

Der vorliegende Bericht gibt ausschließlich die Sichtweise des Autors wider. Die Kommission übernimmt keine Verantwortung für die Verwendung der im Bericht enthaltenen Informationen.

Einleitung

Was können wir von FP7/LLP Projekten zum STEM-Unterricht lernen?

Der vorliegende Bericht basiert auf einer Zusammenschau von Forschungsdokumenten aus über 20 Projekten zum STEM-Unterricht, die im Rahmen von FP7 bzw. LLP finanziert wurden. STEM steht für science (Naturwissenschaften), technology (Technik), engineering (Ingenieurwissenschaften) und mathematics (Mathematik).

Der Bericht ist so umfassend wie möglich, ein Anspruch auf Vollständigkeit kann jedoch nicht erhoben werden, da fortwährend neue Projekte und Forschungsergebnisse entstehen.

Eine Projektdokumentation muss immer kritisch gelesen werden. Die Projekte unterliegen Einschränkungen durch die Vorgaben der Europäischen Kommission beispielsweise in Bezug auf Projektanträge, Arbeitsbeschreibungen, Anhänge zum Fachvokabular, Sprache, Zeitrahmen und Projektpräsentation. Daher kann ein Projektbericht die tatsächliche Projektrealität oft nicht genau wiedergeben.

Der INSTEM Abschlussbericht spiegelt jedoch die übereinstimmende Ansicht eines bedeutenden Prozentsatzes von STEM Projektkoordinatoren wider. Diese Projektkoordinatoren haben allesamt langjährige Erfahrung in STEM Projekten und fühlen sich verpflichtet, den STEM Unterricht in Europa und außerhalb Europas kontinuierlich zu verbessern.

Der vorliegende Bericht basiert auf Projektdokumentationen. Der INSTEM Bericht del.05.1 geht detaillierter auf die Sichtweise von Projektkoordinatoren und anderen Projektpartnern ein. Beide Berichte betonen jedoch im Wesentlichen die gleiche Aussage, nämlich die Notwendigkeit einer einheitlichen Konzeption des STEM Unterrichts in Europa.

Die Finanzierung von STEM Projekten durch die Europäische Kommission leistet einen wichtigen Beitrag, um innovatives Lehren und Lernen im STEM-Unterricht zu fördern. Alle Projekte, die im Rahmen dieses Berichts untersucht wurden, unterstützen die Entwicklung einer innovativen, paneuropäischen Bildungspolitik im naturwissenschaftlichen Bereich. Der

vorliegende Bericht zeigt jedoch auch, dass innovative Bildungspolitik nicht die Implementierung eines einzigen spezifischen Lehr-Lernkonzepts bedeutet. Daher muss die Förderung des Forschenden Lernens im Kontext gesehen werden mit anderen Veränderungen in der Unterrichtspraxis. Der formative Leistungsmessung beispielsweise muss ein höherer Stellenwert eingeräumt werden, ebenso müssen Überlegungen zur Schülerdiversität wie auch zu Genderfragen angestellt werden.

Warum ist der vorliegende Bericht notwendig?

Die Idee zu diesem Bericht entstand bereits 2010 bei Treffen der Projektkoordinatoren. Dabei wurde klar, dass das übergeordnete Ziel, den STEM-Unterricht in Europa nachhaltig zu verbessern nur dann erreicht werden kann, wenn sich die Beteiligten verschiedener STEM-Projekte intensiv untereinander austauschen. Diese Erkenntnis führte zur Gründung der ProCoNet Group, einer internationalen Gruppe von Projektkoordinatoren. Diese arbeiten zusammen, um Wissen und Erfahrungen über das Konzept des Forschenden Lernens und auch über andere Bereiche des naturwissenschaftlichen Unterrichts auszutauschen.

Das INSTEM Projekt ist eine Erweiterung von ProCoNet, hat aber eine Anzahl spezifischer Ziele, u.a. auch die Zusammenstellung des vorliegenden Berichts. Ein Anliegen von ProCoNet ist es, Dopplungen und Wiederholungen innerhalb verschiedener STEM Projekte zu vermeiden. Es ist daher nötig, die aktuell laufenden wie auch die bereits abgeschlossenen Projekte zusammenzufassen, um so einen Referenzpunkt zu haben, auf den sich zukünftige Forschungsprojekte beziehen können. Insbesondere der Start von Horizon 2020 und von Erasmus Plus machten eine Bestandsaufnahme der aktuellen Erkenntnislage nötig.

Wegen der zeitlichen Begrenzung und wegen der Finanzierungsbedingungen von EU-Projekten ist es schwierig, die Wirksamkeit eines Projekts auch nach Ablauf des offiziellen Finanzierungszeitraums langfristig zu ermöglichen. Es gibt keine einheitliche und nachhaltige Disseminationsstrategie für Projektergebnisse. Um diese Problematik anzugehen, wurden verschiedene Versuche unternommen. Es wurden beispielsweise Portale wie Scientix aufgebaut, Projektwebseiten blieben online. Dennoch zeigte sich, dass Nachhaltigkeit auf diese Weise allein nicht garantiert werden kann.

Damit die Ergebnisse vorangehender Projekte genutzt werden können, sollte mit diesem Bericht eine Zusammenfassung des bis dato erlangten Wissens stattfinden. Dies bot auch die Möglichkeit, auf Metaebene Handlungswissen darüber zu generieren, wie Projekte effizient und erfolgreich gestaltet werden können. Das ist von besonderer Wichtigkeit, da die bislang bestehende Infrastruktur diesen Punkt außer Acht gelassen hat. Aktuell beschäftigen sich mehrere Organisationen, darunter auch ProCoNet und die European Educational Research Association mit dieser Metaebene. Beispielhaft anzuführen wäre das SATORI Projekt zu Evaluation und Ethik¹.

Die im Rahmen dieses Berichts untersuchten Projekte unterstützen Lehrkräfte und Pädagogen effizient dabei, die Methode des Forschenden Lernens in ihren Unterrichtsalltag zu integrieren. Sie zeigen aber auch auf, dass die Implementierung des forschenden Lernens stark von externen Faktoren abhängt wie beispielsweise von Bildungsplänen und Vorgaben zum Prüfungswesen. Um Forschendes Lernen flächendeckend und nachhaltig im naturwissenschaftlichen Unterricht zu verankern, ist daher eine enge Zusammenarbeit mit

¹ <http://satoriproject.eu/>

den Vertretern der Bildungspolitik auf regionaler und vor allem auch auf Länder- bzw. Bundesebene nötig.

Der vorliegende Bericht möchte all jenen Personen, Gruppen und Organisationen als Argumentationshilfe dienen, die sich für die Implementierung des Forschenden Lernens im STEM-Unterricht einsetzen. Der Bericht versteht sich allerdings nicht als Handbuch für den Gebrauch im Schulalltag. Entsprechende Publikationen liegen bereits in ausreichender Zahl vor, sowohl aus den Projekten selbst (s. Anhang) wie auch innerhalb der allgemeinen Literatur zum naturwissenschaftlichen Lehren und Lernen. Die erfolgreiche Implementierung des Forschenden Lernens kann allerdings nicht durch die Lehrkräfte allein geleistet werden. Vielmehr muss eine enge und engagierte Zusammenarbeit aller am Bildungswesen beteiligten Personen erfolgen.

Diskussionen über forschendes Lernen vernachlässigen häufig die Perspektive der Lernenden selbst. Die Beteiligung der Lernenden ist von immenser Bedeutung für den Bildungserfolg und ist daher auch ein zentrales Anliegen der Initiative Europe 2020. Auf diese Weise sollen die Zahlen der Schulabbrecher verringert werden und mehr Schülerinnen und Schüler zum Studium ermuntert werden. Auch im Diskurs über Forschendes Lernen sollte die Perspektive der Lernenden berücksichtigt werden. Trotz erfolgreicher Projekte wie beispielsweise SiS-Catalyst², EUstudentsvoices³ and Voices for Innovation⁴ ist dies oft nicht der Fall.

Ein weiteres Problem auf systemischer Ebene ist die Tatsache, dass es zum Forschenden Lernen unterschiedliche theoretische Konzepte gibt. Die Metaanalyse von Hattie (2009) gibt als ein Hauptwerk der forschungsbasierten Analyse von Lehren und Lernen einen umfassenden Überblick über die aktuelle Situation. In der Literatur finden sich durchaus Vorschläge für Modelle eines guten naturwissenschaftlichen Unterrichts. Diese Modelle enthalten einen durchgängigen Bezug zu den Bildungsplänen und definieren klare Lernziele. Sie betonen die Notwendigkeit eines beiderseitigen formativen Feedbacks zwischen Lehrpersonen und Lernenden und fordern die Beachtung von Diversität und Genderfragen. Eine Wunderlösung für jedwede pädagogische Problemsituation kann ein solches Modell jedoch niemals sein. Unglücklicherweise wurde Forschendes Lernen innerhalb europäischer Projektzirkel zum Teil gerade als jene Wunderlösung dargestellt.

Weitere Probleme sind die bislang unzureichenden naturwissenschaftlichen Kenntnisse der Schulabgänger sowie die geringe Zahl der Absolventen naturwissenschaftlicher Fächer. Es zeigte sich, dass das genaue Anforderungsprofil zukünftiger Wissenschaftler bzw. Facharbeiter im naturwissenschaftlichen Bereich nur unzulänglich erforscht ist. Um in diesem Bereich Handlungswissen zu erlangen, genügt es nicht, nur innerhalb der Schule zu forschen. Vielmehr müssen auch die zugrunde liegenden Bildungspläne untersucht werden ebenso wie die Bildungsangebote an Hochschule und Universitäten. Auch eine gezielte Analyse des Arbeitsmarkts muss erfolgen.

Der vorliegende Bericht versteht sich als Meilenstein auf dem Weg zu einem besseren STEM-Unterricht. Darin enthalten sind eine Anzahl von Empfehlungen auf unterschiedlichen Handlungsebenen, die – wie wir hoffen – der Zukunft der naturwissenschaftlichen Bildung eine klare Richtung geben werden. Von zentraler Wichtigkeit ist dabei ein systematischer und systemischer Ansatz. Dies beinhaltet eine intensive, interdisziplinäre Zusammenarbeit ebenso wie den Bezug zu bereits erarbeiteten Forschungsergebnissen. Neue

² <http://www.siscatalyst.eu>

³ <http://studentsvoices.eu/>

⁴ <http://www.voicesforinnovation.eu/>

Forschungsprojekte müssen bedarfsorientiert geplant werden. Forschendes Lernen spielt bei Horizon 2020 eine eher untergeordnete Rolle. Mehrere FP7 Projekte werden jedoch mindestens bis 2017 zu dieser Thematik forschen. Forschendes Lernen ist ein wichtiges Thema, sowohl als Möglichkeit einer Fallstudie zur Intervention wie auch als Grundlage eines spannenden und effizienten STEM-Unterrichts.

Begriffsdefinition: STEM

Es wird immer wieder darüber debattiert, welches Akronym verwendet werden soll, um über naturwissenschaftlich-mathematischen Unterricht zu diskutieren. Wir haben hier den Begriff STEM gewählt, da STEM eine Vielfalt von naturwissenschaftlichen bzw. mathematischen Fächern im Schulbereich repräsentiert. Die PROFILES Projekte⁵ hingegen verwenden hier alternative Begrifflichkeiten:

Die Projekte PARSEL bzw. PROFILES verwenden das Akronym STEM nicht, sie sprechen vielmehr von SL (scientific literacy = naturwissenschaftliche Kompetenz) bzw. STL (scientific and technological literacy = naturwissenschaftliche und technische Kompetenz). Diese Projekte schließen den Bereich der Mathematik zwar nicht aus (s. PARSEL Website), betrachten den Mathematikunterricht jedoch als abgekoppelt von den klassischen naturwissenschaftlichen Fächern. Ziel ist weniger, den Mathematikunterricht und den naturwissenschaftlichen Unterricht zu verbinden. Es geht vielmehr darum, die Schülerinnen und Schüler durch sinnhaftes Lernen für den naturwissenschaftlichen Unterricht und eventuell auch für eine Ausbildung oder ein Studium in diesem Bereich zu motivieren. Die Verbindung von Naturwissenschaften und Sozialwissenschaften wird betont. Die Schüler erforschen für sie relevante, sozialwissenschaftliche Themen. Dabei arbeiten die Schüler nach dem Konzept des Forschenden Lernens und entwickeln darüber hinaus Argumentationsfähigkeit und sozialwissenschaftliche Entscheidungsfähigkeit. Dabei findet auch die aktuelle Konzeptionswissenschaft Anwendung.

Der Begriff STEM wird innerhalb der oben genannten Projekte nicht explizit abgelehnt, er scheint schlicht irrelevant zu sein. Das Akronym STEM enthält das Element der Bildung nicht als zentralen Bestandteil und unterstützt daher nicht explizit die Philosophie einer "Erziehung und Bildung durch Naturwissenschaften". Es besteht auch die latente Gefahr, dass STEM gleichgesetzt wird mit einer ausschließlichen Fokussierung auf naturwissenschaftliche Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten. Ein weiter gefasster Kompetenzbegriff von zukunftsfähiger naturwissenschaftlicher Bildung könnte dabei aus dem Blick geraten. Dazu gehören nicht nur naturwissenschaftliche, technische, ingenieurwissenschaftliche und mathematische Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten. Ebenso wichtig sind beispielsweise kreatives Problemlösen, Beweisführung, Kommunikationskompetenz (z.B. symbolisch, mathematisch, aber auch allgemeine Sprachkompetenz) sowie Medien- und Präsentationskompetenz. Auch personale und soziale Kompetenzen spielen eine wichtige Rolle wie beispielsweise die Fähigkeit zur Selbstbestimmung und -steuerung,

⁵ Aus einem Fragebogen des INSTEM Projekts, Oktober/November 2013

Leistungsbereitschaft und die Bereitschaft, sich als verantwortungsbewusster Mitbürger innerhalb einer Gesellschaft zu integrieren.

Die Autoren des vorliegenden Berichts sind sich bewusst, dass es zu diesem Thema verschiedene Sichtweisen gibt. Zum Teil wird die Ansicht vertreten, dass sich die Mathematik im Hinblick auf Forschendes Lernen qualitativ von den anderen naturwissenschaftlichen Fächern unterscheidet, gleichwohl Mathematik ein grundlegender Bestandteil naturwissenschaftlicher Bildung und auch jedes naturwissenschaftlichen Berufswegs ist. Auch der Begriff Technik wird im schulischen Kontext sehr unterschiedlich verwendet. Technik kann im Sinne des bekannten Schulfachs verstanden werden, taucht aber auch beispielsweise als das Fach STS (science & technology studies) auf, bei dem Naturwissenschaften und Technik in ihrem sozialen, ökonomischen und philosophischen Kontext betrachtet werden. Ingenieurwissenschaften hingegen werden an Sekundarschulen kaum unterrichtet. De Bono empfiehlt jedoch, auch in diesem Bereich Kenntnisse zu vermitteln⁶.

Im europäischen Raum wird mit zunehmender Häufigkeit das Akronym STEM verwendet. Wir passen uns hier an und werden im Folgenden STEM verwenden, da der Begriff "mathematisch-naturwissenschaftlich" oft nicht die gesamte Bandbreite der betroffenen Fächer abdeckt.

Projekte, die in den vorliegenden Bericht aufgenommen wurden, hatten folgende Kriterien zu erfüllen:

Das Projekt wurde von der EU finanziert, entweder durch das Lifelong-Learning-Programm oder durch das Framework 7-Programm.

Das Projekt untersuchte Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen oder Mathematikunterricht, also beispielsweise nicht in Technik oder Informationstechnologie.

Der Projektbeginn lag zwischen 2007 und 2015.

Der vorliegende Bericht basiert auf veröffentlichten Projektdokumentationen. Diese wurden entweder direkt von den jeweiligen Projektkoordinatoren zur Verfügung gestellt oder sie stammen von den entsprechenden Projekt Websites. Die Projektdokumentationen unterscheiden sich deutlich im Umfang und auch in der inhaltlichen Qualität. Hier wäre eine größere Einheitlichkeit wünschenswert. Es war zu beobachten, dass in verschiedenen Forschungs- und Fortbildungsbereichen vermehrt Berichte und Informationen zwischen den Partnerländern ausgetauscht wurden. Die Gesamtkoordination und –kontinuität zwischen den einzelnen Projekten fehlt jedoch, daher entstand bislang aus diesen potentiell wertvollen Berichten kein zusammenhängendes, regelmäßig aktualisiertes Ganzes.

Ein zentrales Problem ist auch, dass Ergebnis und Wirksamkeit eines Projekts oft sehr unterschiedlich definiert werden. Es zeigte sich, dass bei der Frage der Wirksamkeit oft der Zusammenhang zwischen dem kurzzeitigen Projektziel und dem langfristigen Ziel, nämlich die Anzahl mathematisch-naturwissenschaftlich gut qualifizierter Mitbürger zu steigern, nur schwer herzustellen ist. Die Langzeitwirkung eines Projekts kann nicht adäquat wissenschaftlich untersucht werden, da Bildungssysteme, Arbeitsmarkt und individuelle Dispositionen des Einzelnen in komplexer Weise miteinander interagieren.

Unsere Empfehlungen richten sich daher unterschiedliche Handlungsebenen. Im Folgenden listen wir die zentralen Empfehlungen auf.

⁶ <http://www.edwdebono.com/cort/introduction.htm>

Zentrale Empfehlungen von INSTEM

Teil A: Die bildungspolitische Ebene

A.1 Die Implementierung bildungspolitischer Veränderungen in Europa sollte mit Bezug auf ein klar definiertes, langfristiges Ziel geschehen.

A.2 Der Begriff Innovation sollte weiter gefasst werden, damit neben dem Konzept des Forschenden Lernens auch andere Methoden ergänzend ihren Platz finden können.

A.3 Die Bildungspolitik im primären, sekundären und tertiären Bildungsbereich sollte kohärenter aufeinander abgestimmt werden.

A.4 STEM-Unterricht, Arbeitswelt und Forschung sollten enger zusammen arbeiten, damit die Lernenden den Sinn des STEM-Unterrichts erfassen können und ein echtes Interesse dafür entwickeln.

A.5 Es sollte eine von allen beteiligten Personenkreisen geteilte Auffassung darüber erarbeitet werden, wie die Wirksamkeit von STEM-Projekten definiert wird. Monitoring- und Feedbacksysteme sollten erarbeitet werden, damit die Wirksamkeit auch zuverlässig gemessen werden kann.

A.6 Die Dauer und der Beginn von Projekten im Bildungsbereich sollten mit den zeitlichen Rahmenbedingungen des Schulalltags abgestimmt werden.

A.7 Zwischen der Verwaltung der Europäischen Kommission (inklusive der ausführenden Organe wie beispielsweise EACEA und REA) und den Projektkoordinatoren sollte ein intensiverer Kontakt aufgebaut werden.

A.8 EU-weite Aktivitäten, die den STEM-Unterricht betreffen, sollten besser koordiniert werden. Dabei sollten auch Programme wie Horizon 2020, Erasmus Plus u.a. mit beachtet werden.

Teil B: Die nationale Ebene (Länder bzw. Bundesländer)

B.1 Pädagogik, Bildungspläne und Prüfungswesen sollten besser aufeinander abgestimmt werden.

B.2 Die Koordination von Bildungsplänen, Schulbüchern, Onlineressourcen und den Kompetenzen der Lehrkräfte sollte verbessert werden.

B.3 Die Lehrerfortbildung im Bereich Forschendes Lernen sollte intensiviert werden, damit die Lehrkräfte in diesem Bereich Selbstvertrauen und Methodenkompetenz entwickeln können.

B.4 Die Perspektive der Lernenden in Bezug auf STEM-Unterricht sollte mehr Beachtung finden.

Teil C: Ebene der Einzelschule

C.1 Die Schulleitung sollte die Implementierung innovativer Unterrichtskonzepte aktiv unterstützen.

C.2 Die Lehrkräfte sollten fachspezifisch und auch interdisziplinär zusammenarbeiten, damit das Potential innovativer Unterrichtskonzepte voll ausgeschöpft werden kann.

C.3 Die berufliche Weiterentwicklung und –qualifizierung von Lehrkräften benötigt Zeit,

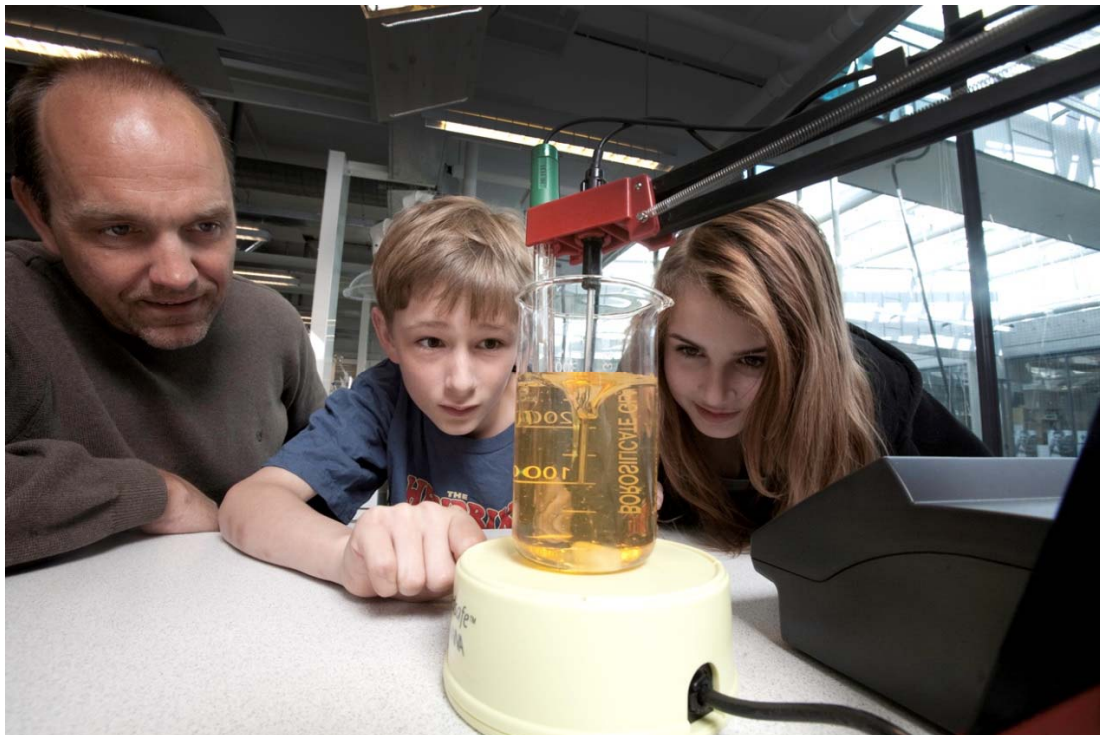
Raum und klare Strukturen.

C.4 Bei der Implementierung innovativer Konzepte des STEM-Unterrichts sollte das Lernen in außerschulischen, naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen eine zunehmende Rolle spielen.

C.5 Lernumgebung und Lernklima: Die grundlegende Voraussetzung für den Erfolg des Forschenden Lernens ist ein Lernklima, in dem geforscht werden darf, in dem die Schüler Fragen stellen dürfen und in dem die Bildungspläne so flexibel sind, dass Abweichungen vom geplanten Unterricht möglich sind.

C.6 Wissensvermittlung ist wichtig. Es gibt viele Themen im naturwissenschaftlichen bzw. im Mathematikunterricht, die die Lernenden nicht selbst erforschen können.

C.7 Um Lehrkräfte bei der Implementierung des Forschenden Lernens zu unterstützen, sollten bessere Netzwerke und Kooperationen zwischen den Lehrkräften entwickelt werden. Ebenso sollten Lehrkräfte, außerschulische naturwissenschaftliche Bildungseinrichtungen und Forscher enger zusammen arbeiten, um neue Methoden, Materialien und Themenbereiche zu erarbeiten.



Terminologie

Der vorliegende Bericht verwendet häufig den Begriff "science" (= Naturwissenschaften), da EU-Projekte sich sehr häufig mit den naturwissenschaftlichen Komponenten des STEM-Unterrichts auseinandersetzen. In diesem Bereich werden teilweise auch die Begriffe MST (mathematics = Mathematik, science = Naturwissenschaften, technology = Technik) oder STEMM (science = Naturwissenschaften, technology = Technik, engineering = Ingenieurwissenschaften, mathematics = Mathematik, medicine = Medizin) verwendet. Der Begriff STEMM findet dabei vor allem im Bereich der Hochschulen und Universitäten

Anwendung. Die Komponenten technology (=Technik), engineering (= Ingenieurwissenschaften) und mathematics (= Mathematik) tauchen in der Diskussion um STEM zwar auch auf, oft jedoch mit anderen Schwerpunkten als im Bereich der Naturwissenschaften. Zudem zeigen sich länderspezifische Unterschiede. Für "technology" (= Technik) beispielsweise gibt es eine Bandbreite an Interpretationsmöglichkeiten. Je nach länderspezifischem Kontext kann "technology" Computerprogrammieren bedeuten oder auch Holzbearbeitung. Wenn in diesem Bericht von "Naturwissenschaften" bzw. "Naturwissenschaftlern" die Rede ist, sind die anderen Komponenten als in diesen Begriff integriert zu verstehen, es sei denn, dies wird explizit ausgeschlossen.

Der aktuelle Bericht von "Science Education for Responsible Citizenship" (= naturwissenschaftliche Bildung für verantwortungsbewusste Bürger) verwendet das Konzept STEAM:

STEAM bedeutet die Verbindung zwischen STEM und den anderen Schulfächern. STEAM geht dabei über die Inhalte der klassischen Naturwissenschaften hinaus und fördert forschendes, fächerübergreifendes Lernen und Innovation. Die Verbindung verschiedener schulischer Disziplinen wie auch unterschiedlicher sozialer Akteure lassen neue Ideen und kreative Lösungsansätze entstehen. Innovation entsteht durch die Erfahrungen, Bedürfnisse und Probleme der Menschen. Auch der Bereich der bildenden Kunst spielt hier eine relevante Rolle. Innovation wird beispielsweise auch gefördert durch Musikhören, Musizieren, Tanz, die Auseinandersetzung mit der Kunst, die Arbeit mit Film und Video oder auch bei Prozessen des Entwerfens und Herstellens (Europäische Kommission, 2015, S.21).

Das Konzept STEM auf STEAM auszuweiten stellt eine bedeutsame Veränderung dar. Diese basiert auf dem Ansatz der "verantwortungsbewussten Forschung und Innovation" (RRI). Transdisziplinarität wird dabei als eine Möglichkeit verstanden, die "großen Herausforderungen" unserer Zeit zu meistern, wie beispielsweise Solidarität und gesellschaftlichen Zusammenhalt.

Auch im Bereich des Forschenden Lernens werden unterschiedliche Abkürzungen verwendet: IBST, IBSE, IBST/E, IBL.

IBST (Inquiry-Based Science Teaching = Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht): Dies ist die ursprüngliche und offizielle Abkürzung. Viele Lehrkräfte empfinden dies jedoch als eine zu enge Interpretation von Forschendem Lernen. Wir ziehen daher das Akronym IBL (Inquiry-Based Learning = Forschendes Lernen) vor. Dieser Begriff betont außerdem, dass Lernende und Lehrende gemeinsam in den Lernprozess involviert sind.

Der vorliegende Bericht bezieht sich generell auf die Ebene der Europäischen Kommission. Tatsächlich aber werden Projekte durch unterschiedliche Programme innerhalb der Europäischen Kommission finanziert, wie beispielsweise FP7 oder Horizon 2020. Diese Programme wiederum unterstehen spezifischen Generaldirektionen, vor allem der Generaldirektion Forschung und Innovation (inklusive der Research Executive Agency) und der Generaldirektion Bildung und Kultur (inklusive der EACEA = Education, Audio-visual & Culture Executive Agency).

Konzeption und Durchführung der Projekte unterscheiden sich daher deutlich. Dies erklärt, Unterschiede und Überlappungen von Aktionen und Projekten im Bereich STEM, die die Zusammenstellung eines kohärenten Überblicks erschweren.

Unter Schülerinnen und Schüler bzw. Lernende verstehen wir Kinder und Jugendliche im Alter von 5-18 Jahren, die der Schulpflicht unterliegen.

Evaluation versus Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht unternimmt nicht den Versuch, den Erfolg individueller Projekte oder Aktionen innerhalb der Projekte zu evaluieren. Dies wäre eine immense Aufgabe, die eine andere Projektstruktur erfordern würde. In den meisten Fällen ist interne oder externe Evaluation fester Bestandteil der Projekte. Dabei werden auch empfindliche Themenbereiche untersucht, wie beispielsweise Finanzierung und Management, die für den hier vorliegenden Bericht keine Bedeutung haben. Die Evaluationsergebnisse werden in der Regel auch nur einem bestimmten Personenkreis zugänglich gemacht. Die Evaluationen innerhalb der Projekte sind prozessbezogen und unterscheiden sich damit grundlegend von einer ergebnisbezogenen Evaluation, die die langfristigen Auswirkungen eines zeitlich begrenzten Projekts messen könnte.

Der vorliegende Bericht unternimmt daher auch nicht den Versuch, die Qualität der verschiedenen Projekte zu vergleichen in Bezug auf das Ziel, das Konzept des Forschenden Lernens zu fördern. Für einen solchen Vergleich existieren keine objektiven Bewertungskriterien. Es wäre beispielsweise nicht angemessen, den Projekterfolg an der Anzahl der erreichten Lehrkräfte zu messen oder an der Anzahl der Veröffentlichungen. Mit einer einmaligen Großveranstaltung, wie beispielweise einer Konferenz könnten zwar viele Lehrkräfte erreicht werden. Eine langanhaltende Wirkung könnte vermutlich jedoch besser durch eine Fortbildungsreihe im kleinen Rahmen erreicht werden. Die relevanten Daten und Kriterien zur Beurteilung des Projekterfolgs könnten nur durch Forschungsarbeiten generiert werden, die über Umfang und Ziel von INSTEM hinausgehen. In jedem Fall geht der vorliegende Bericht jedoch davon aus, dass die untersuchten Projekterkenntnisse und -ergebnisse jeweils das bestmögliche Ergebnis sind, das von dem entsprechenden Projektteam mit den verfügbaren Ressourcen erreicht werden konnte.

Anhang 1 enthält einen Kurzüberblick über die Projekte, die im Rahmen des vorliegenden Berichts untersucht wurden. Eine zentrale Erkenntnis des vorliegenden Berichts ist, dass momentan eine wahre Explosion von Informationen zum Thema Forschendes Lernen festzustellen ist. Dies hängt zusammen mit der großen Anzahl an Projekten zu diesem Thema wie auch mit deren verständlichen Wunsch, die Dissemination der Projektergebnisse zu maximieren. So wurde eine Vielzahl an Portalen, Websites, etc. entworfen, um die Informationsflut zu managen und zu strukturieren. Diese Situation führte mit dazu, dass das INSTEM Projekt ins Leben gerufen wurde.

Diese Situation birgt die Gefahr einer "Innovationsmüdigkeit" der betroffenen Lehrkräfte. Dieser Begriff beschreibt die Gefahr der Überlastung und Demotivation, wenn auf ohnehin vielfältig belastete Lehrkräfte von unterschiedlichen Seiten Druck ausgeübt wird, ihren Unterricht auf verschiedene Weise zu verändern.

Damit die Vielzahl an Informationen überschaubar wird, versuchten wir Muster und konzeptionelle Ähnlichkeiten zwischen den Projekten herauszuarbeiten. Unsere allgemeinen Empfehlungen beschränken sich auf nur zwei Seiten. Forschendes Lernen kann nur dann stattfinden, wenn es gelingt, eine Verbindung herzustellen zwischen dem Grundkonzept des Forschenden Lernens und den komplexen Details des Bildungsplans, des Lernklimas, den verschiedenen Lerntypen, dem fachlichen und didaktischen Wissen des Lehrers, den Modellen der Leistungsmessung, usw. Es ist schwierig, die optimale Handlungsweise für eine spezifische Unterrichtssituation zu beschreiben, ohne in der Rolle der betreffenden Lehrkraft (oder der betreffenden Schüler) zu sein. Dies ist primär die Aufgabe derer, die an der jeweiligen Einzelschule oder auf Länder- bzw. Bundesebene tätig sind.

Lehrende und Lernende bewegen sich in einem “pädagogischen Feld” (Gray, 2009), welches die Handlungsparameter innerhalb jedes Bildungssystems bestimmt. Dieses “pädagogische Feld” setzt sich aus länderübergreifenden, länderspezifischen, regionalen, lokalen wie auch personenspezifischen Komponenten zusammen. Zu nennen sind beispielsweise die Bildungspolitik, die gesetzlichen Rahmenbedingungen, Traditionen, Konzepte zur Aus- und Fortbildung der Lehrkräfte, Bildungspläne, Prüfungswesen sowie aktuelle pädagogische und fachdidaktische Entwicklungen. So wendeten sich beispielsweise im Laufe der letzten 30 bis 40 Jahre durch den Einfluss ethischer Diskussionen wie auch der öffentlichen Meinung die europäischen Schulsysteme von der körperlichen Bestrafung ab. Andererseits wird das Recht der Lernenden Fragen zu stellen zunehmend als notwendige Voraussetzung für einen kreativen, schülerorientierten Unterricht wahrgenommen. Allerdings räumen nicht alle europäischen Staaten diesem Punkt den gleichen Stellenwert ein.

Der vorliegende Bericht gibt Empfehlungen, wie dieses “pädagogische Feld” gestaltet werden kann, um Forschendes Lernen und andere innovative Lernformen ebenso wie bewährte Konzepte, z.B. das der formativen Leistungsbeurteilung zu fördern. Die Empfehlungen beziehen sich nicht ausschließlich auf das Konzept des Forschenden Lernens. Es ist aber zu betonen, dass Forschendes Lernen ausgesprochen wichtig ist, um zukunftsfähige Fähigkeiten und Fertigkeiten, Kompetenzen sowie Kreativität zu entwickeln (Europäische Kommission, 2015). Unsere Empfehlungen beziehen sich auch nicht notwendigerweise ausschließlich auf den STEM-Unterricht. Es werden natürlich aber auch Empfehlungen ausgesprochen, die hauptsächlich den STEM-Unterricht betreffen. So sollten beispielsweise die Eigenheiten und Charakteristika der jeweiligen Naturwissenschaft im STEM-Unterricht angemessene Beachtung finden. Der aktuelle Bericht von “Naturwissenschaftliche Bildung für verantwortungsbewusste Bürger” (Science Education for Responsible Citizenship), (Europäische Kommission, 2015) betont, dass naturwissenschaftliche Bildung in einem breiten Sinn (vgl. das oben erläuterte Konzept STEAM) einen wesentlichen Beitrag leisten kann, um zentrale, gesellschaftliche Herausforderungen zu meistern. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Bandbreite innovativer Unterrichtsmethoden nötig.

Welche Art von Wissen fasst der vorliegende Bericht zusammen?

Die zentralen Fragestellungen des vorliegenden Berichts werden im Folgenden aufgeführt. Zur abschließenden Beantwortung einiger dieser Fragen wären interdisziplinäre Longitudinalstudien erforderlich. Dennoch ist es uns in vielen Bereichen gelungen, Antworten zu formulieren, indem wir vielfältige Projektdokumente ausgewertet haben und die bereits vorliegenden Veröffentlichungen zu Rate gezogen haben.

Die verschiedenen Projekte ähneln sich zwar in ihrer Herangehensweise, folgen jedoch keinem verbindlichen Modell. Daher ist es nicht immer einfach, die verschiedenen Aspekte von Projektwissen kohärent zusammenzufassen. Auch die Projektergebnisse liegen in sehr unterschiedlichen Formen vor, z.B. als:

- Berichte
- Lehrkräfte, die Weiterbildungen besuchen (z.B. Workshops, Fortbildung, etc.)
- Konferenzen
- Umfrageergebnisse

- Entwickelte Lernmaterialien
- Videosequenzen von Unterrichtssituationen

Ein so unterschiedliches Datenmaterial kann nicht statistisch ausgewertet werden wie beispielsweise in Hatties Studie zu Einflussgrößen und Effektstärken (2009). Die Analyse der untersuchten Projekte bestand vielmehr darin, gemeinsame Themen herauszuarbeiten, vor allem innerhalb der Zusammenfassungen und Empfehlungen. Wenn die Projekte gegensätzliche Ansichten vertraten, wurde versucht, die Begründungen gegeneinander abzuwägen. Dies war jedoch nur selten nötig. Die meisten Projekte stimmen in ihren grundsätzlichen Aussagen zum Forschenden Lernen überein.

Es gibt ein zweites, grundlegendes Problem, das mit der Ausgangssituation und dem Ziel der verschiedenen Projekte und Aktionen zusammenhängt. Die ursprünglichen Fragestellungen, die der Rocard Bericht (EC, 2007) stellte, waren folgende:

- 1) Wie kann die Anzahl der Auszubildenden bzw. Studierenden im naturwissenschaftlichen Bereich innerhalb Europas erhöht werden?
- 2) Wie können die naturwissenschaftlichen Kenntnisse der Gesamtbevölkerung in Europa verbessert werden?

Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde verstanden als das zentrale Konzept eines zukunftsfähigen STEM-Unterrichts. Dies führte zu Calls für Projekte, die die europaweite Implementierung des Forschenden Lernens im STEM-Unterricht zum Ziel hatten.

Die zentrale Fragestellung von INSTEM ist hingegen:

- 3) Wie kann die Implementierung des Forschenden Lernens auf der Basis der aktuellen Erkenntnislage verbessert werden?

Erkenntnisse zu dieser Fragestellung sind jedoch nur dann von Nutzen, wenn Forschendes Lernen tatsächlich ein effektives Lernkonzept für den naturwissenschaftlichen Unterricht ist. Die ursprünglichen Calls bezogen sich daher auch grundsätzlich auf "bewährte Lernkonzepte". Die Suche nach "bewährten Lernkonzepten" führte bereits in der Vergangenheit zu einer ausführlichen pädagogischen Diskussion. Schon mindestens seit der Post Sputnik Ära werden Methoden des Forschenden Lernens in den USA in großem Umfang propagiert.

Die meisten Projekte, die im Rahmen von INSTEM untersucht wurden, fühlten sich nicht dazu verpflichtet, die Effizienz des Forschenden Lernens explizit nachzuweisen, da die entsprechenden Calls dies nicht ausdrücklich forderten. Dennoch führte die Diskussion über die genaue Definition von Forschendem Lernen zu Modellen und Projektergebnissen, die ein differenzierteres Verständnis des Lernkonzepts "Forschendes Lernen" erlauben.

Aufgrund der oben beschriebenen Situation hatte sich INSTEM daher doch mit einer zweiten, eher impliziten Fragestellung auseinanderzusetzen:

- 4) Ist Forschendes Lernen effektiv?

Diese Fragestellung erfordert differenziertere Fragestellungen zu verschiedenen Unterthemen.

- 5) Fördert Forschendes Lernen das Interesse/die Motivation/den Spaß der Lernenden an Mathematik und Naturwissenschaften?⁷
- 6) Erleichtert Forschendes Lernen es den Lernenden, den Charakter von Mathematik und Naturwissenschaften zu verstehen?
- 7) Fördert Forschendes Lernen bessere Leistungen der Lernenden im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich?
- 8) Fördert Forschendes Lernen das Interesse/die Motivation der STEM-Lehrkräfte?
- 9) Erhöht Forschendes Lernen die Anzahl der Studierenden in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern?
- 10) Erhöht Forschendes Lernen die Anzahl der Beschäftigten im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich?

Die vorliegenden Berichte einiger Projekte enthalten zumindest teilweise Antworten auf diese Fragestellungen. Die Langzeitwirkung einer pädagogischen Maßnahme auf die Anzahl der Beschäftigten im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich wie auch auf die mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenz der europäischen Bevölkerung umfassend zu untersuchen, übersteigt jedoch in jedem Fall Anliegen und Möglichkeiten der hier untersuchten Projekte.

Der vorliegende Bericht bietet eine Zusammenfassung der zentralen Themen und Erkenntnisse der untersuchten Projekte. Diese Erkenntnisse beziehen sich nicht notwendigerweise direkt auf die Langzeit-Fragestellung, wie mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung in der Gesamtgesellschaft integriert und intensiviert werden kann. Dennoch erhalten wir eine Vielzahl hilfreicher Hinweise, wie der STEM-Unterricht in den Schulen verbessert werden kann, wie außerschulische Lernmöglichkeiten intensiviert werden können und wie Projekte erfolgreich gestaltet werden können.

Teil A: Die bildungspolitische Ebene

A.1: Vision

- Die Implementierung bildungspolitischer Veränderungen in Europa sollte mit Bezug auf ein klar definiertes, langfristiges Ziel geschehen.

Wir vertreten eine Gesamtvision, bei der Forschendes Lernen europaweit und nachhaltig implementiert wird. Wie in den vorangegangenen Abschnitten klar wurde, kann Forschendes Lernen dabei Veränderungsprozesse im Bildungsbereich unterstützen, soll aber gleichzeitig auch alltägliches Unterrichtsprinzip im naturwissenschaftlichen Unterricht sein. Daher ist es notwendig, zunächst zu untersuchen, inwieweit diese Vision schon umgesetzt wird und wie die nächsten Schritte in die Zukunft aussehen können.

STEM Projekte haben innerhalb Europas zu intensiver Zusammenarbeit auf verschiedenen Ebenen geführt und tausende von Lehrkräften inspiriert. Sie haben zweifelsohne dazu beigetragen, dass tausende von Lernenden mehr Spaß am STEM-Unterricht haben und sich

⁷ Der Bericht der internen PRIMAS Evaluation (2013) enthält einen aufschlussreichen Abschnitt zum Thema "Perspektive der Lernenden zum Thema Forschendes Lernen": <http://www.primas-project.eu/artikel/en/1247/reports-and-deliverables/view.do>

wirklich dafür interessieren. Einige davon haben sicherlich auch deshalb eine Berufslaufbahn im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich gewählt. Dennoch müssen wir eine umfassendere Vision von Fortschritt und Innovation im Bildungswesen entwerfen. Eine Zukunftsvision, der sich Lernende und Lehrende ohne die eingangs erwähnte Gefahr der Innovationsmüdigkeit anschließen können. Wenn es gelingt, die Zukunftsvision des STEM-Unterrichts in Verbindung zu bringen mit zentralen, gesellschaftlichen Herausforderungen der Zukunft, könnten wir dadurch eine große Bandbreite unterschiedlicher Interessensvertreter ansprechen und auch unterschiedliche, sich ergänzende Lehr-Lernmethoden einsetzen.

Die oben formulierte Empfehlung zielt nicht nur auf eine internationale Ebene ab. Auch innovative Aktionen auf lokaler Ebene, die möglicherweise im Rahmen von großen Projekten weder vorhergesehen noch geplant waren, sollten unterstützt werden. Die EU-Initiative zur sozialen Innovation wie auch die Zusammenfassung des kürzlich abgeschlossenen Projekts Xploit unterstützen diese Ansicht. (Das Projekt Xploit untersuchte Lern- und Arbeitsgruppen und wie diese effektiv und nachhaltig unterstützt werden können).⁸

Wenn wir von einer Zukunftsvision des STEM-Unterrichts sprechen, muss dabei die Perspektive der Lernenden und die der Lehrenden enthalten sein. Diese Formulierung schließt die Forschenden selbst natürlich nicht aus. Grundsätzlich ist es wünschenswert, dass sich junge Menschen über eine längere Zeit hinweg intensiv mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Inhalten auseinandersetzen. Nur so können sie einen umfassenden Einblick in die Thematik gewinnen, der sie möglicherweise dazu motiviert, eine mathematisch-naturwissenschaftliche Karriere anzustreben und mathematisch-naturwissenschaftliche Kenntnisse und Methoden in ihrem Alltag anzuwenden.

Wenn wir von einer Zukunftsvision des STEM-Unterrichts sprechen, bedeutet das auch, den STEM-Unterricht im Zusammenhang zu sehen mit der Agenda Verantwortungsbewusste Forschung und Innovation (RRI).

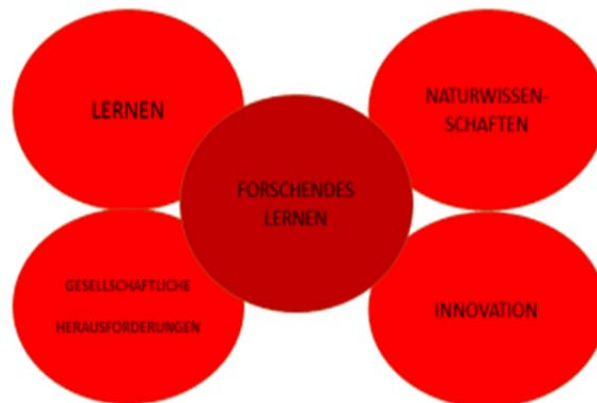
STEM-Unterricht wurde traditionell als wertfrei gesehen. Die Agenda Verantwortungsbewusste Forschung und Innovation vertritt jedoch die Forderung, dass der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht durchaus auch Werte vermitteln soll und dass sich die Gesellschaft kritisch mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Themen und Fragen auseinandersetzen soll. Forschendes Lernen ist unabdingbar, damit Lernende mathematisch-naturwissenschaftliche Fakten und Phänomene durch Beobachtung, Datenerfassung, Datenanalyse und Beweisführung erschließen können.

Viele STEM-Projekte haben den mutigen Schritt unternommen, eine Verbindung herzustellen zwischen mathematisch-naturwissenschaftlichem Unterricht und angewandter Naturwissenschaft, indem sie Lernende und Forschende zusammenbrachten. Dieser Dialog ist auch ein zentrales Anliegen von STEM-Unterricht nach den Prinzipien der Verantwortungsbewussten Forschung und Innovation (RRI). Das aktuelle Projekt Irresistible⁹ weist nach, dass dieses Prinzip junge Lernende motiviert, sich mit innovativer Naturwissenschaft auseinanderzusetzen, mit dessen Unsicherheiten, Risiken und Möglichkeiten.

⁸ <http://xploit-eu.com/thexploitproject/>

⁹ www.irresistible-project.eu

Unsere Vision von mathematisch-naturwissenschaftlicher Bildung impliziert Offenheit. Die Grenzen zwischen Unterricht und Forschung sind durchlässig, sie dürfen und sollen in beide Richtungen überschritten werden. Das Konzept des Forschenden Lernens steht dabei im Zentrum und verbindet alle relevanten Aktivitäten (s. Schaubild).



A.2: Innovation

- Der Begriff Innovation sollte weiter gefasst werden, damit neben dem Konzept des
- Forschenden Lernens auch andere Methoden ergänzend ihren Platz finden können.
- Die von der EU finanzierten Projekte im Bereich STEM-Unterricht zeigten auf, wie durch Kooperation und unterstützende Angebote hilfreiche Lernmaterialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht erstellt werden können, wie Lehrerfortbildung in diesem Bereich erfolgreich gestaltet werden kann und wie generell der STEM-Unterricht mehr in den Fokus der Gesellschaft gerückt werden kann. Es könnten aber noch viel weitreichendere Veränderungen ermöglicht werden, sowohl bei Institutionen und Personen, die direkt an den Projekten mitgewirkt haben wie auch generell bei allen Lernenden und Lehrenden innerhalb Europas.
- Die im Rahmen dieses Berichts untersuchten Projekte stellten verschiedene Hindernisse festgestellt, die der flächendeckenden Dissemination des Forschenden Lernens in Wege stehen. Diese werden in einem anderen Teil dieses Berichts diskutiert. Ein spezifisches Hindernis jedoch ist, dass im Bildungsbereich fortwährend verschiedenste innovative Ansätze ausprobiert werden. Viele dieser Innovationen beziehen sich auf die didaktische Ebene – wie beispielsweise der Einsatz einer neuen Art Sensoren für den Einsatz von Smartphones im Physikunterricht. Andere innovative Ansätze wie beispielsweise das Konzept des Forschenden Lernens betreffen nicht nur die didaktische, sondern auch die pädagogische Ebene.
- Das Problem hierbei ist, dass Innovationen auf vielen verschiedenen Wegen und aus vielen verschiedenen Beweggründen im Klassenzimmer ankommen. So kann ein

Fachkollege einem anderen einen Tipp geben zu neuen Lernmaterialien oder einer mathematisch-naturwissenschaftlichen Website oder das Kulturministerium führt ein neues Prüfungswesen ein. Diese Situation macht die Argumentation schwierig, warum eine spezifische Innovation für alle Situationen und Konstellationen geeigneter sein soll als eine andere. Hattie (2009) untersucht in seiner Meta-Studie bereits vorliegende Forschungsergebnisse zu innovativen Ansätzen im Bildungsbereich. Das Konzept des Forschenden Lernens positioniert Hattie dabei in der Mitte seiner Scala, was die Effizienz des Konzepts angeht (dies hängt jedoch immer auch davon ab, wie Forschendes Lernen genau definiert wird). Hattie untersuchte in seiner Meta-Analyse Studien, die die Interaktion verschiedener Faktoren mitberücksichtigen. Wie ein innovativer Ansatz jedoch tatsächlich auf Ebene der jeweiligen Einzelschule interagiert, kann Hatties Studie nicht zufriedenstellend beantworten.

- Das S-TEAM-Projekt identifiziert einen Lösungsansatz für die oben beschriebene Problemsituation. Es geht zentral darum, das Handlungsrepertoire der Lehrkräfte in jeder beliebigen Unterrichtssituation zu erweitern. Eine Innovation, die im Rahmen eines Projekts implementiert werden soll, muss daher integriert sein in ein übergreifendes Konzept von gutem Unterricht. Hattie (2009) identifiziert viele Aspekte eines guten Unterrichts, wie beispielsweise klar definierte Lernziele und vor allem auch Phasen lehrergesteuerter Wissensvermittlung, wenn der Lernstoff dies erfordert.
- Jegliche Innovation im Bildungsbereich hat letztlich das Ziel, die Qualität des Unterrichts und damit auch den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu steigern. Daher sind eine verbesserte Lehrerausbildung, optimierte Lehrerfortbildungen wie auch bessere Netzwerkstrukturen und bessere Informationsmöglichkeiten für Lehrkräfte von immenser Wichtigkeit.
- Als Beispiel könnten wir hier die Region um Freiburg in Süddeutschland anführen. Hier wurde 2006-2009 das Comeniusprojekt LEMA erfolgreich durchgeführt. Ziel des Projekts war es, das mathematische Modellieren und die Anwendung auf die Echtwelt zu implementieren. Direkt im Anschluss (2009-2011) wurde das Comeniusprojekt COMPASS durchgeführt, mit dem Anliegen interdisziplinäre Aufgaben im STEM-Unterricht zu implementieren. 2010-2013 schloss sich dann das Projekt Primas an, bei dem Forschendes Lernen im STEM-Unterricht implementiert werden sollte. 2013-2016 schließlich wird das Projekt Mascil das Konzept Forschendes Lernen mit Bezug auf die Arbeitswelt im STEM-Unterricht implementieren. Wenn all diese Ansätze als unterschiedliche Konzepte des STEM-Unterrichts betrachtet werden, als Innovationen, die unabhängig voneinander eingeführt werden sollen, könnte dies die betreffenden Lehrkräfte leicht verwirren. Wir betonen jedoch, dass gemeinsame Prinzipien all diese Ansätze verbinden und dass gerade diese Prinzipien auch zentrale Prinzipien eines guten naturwissenschaftlichen Unterrichts sind. Dieses Verständnis kann Lehrkräften ihren Unterrichtsalltag effektiv erleichtern. Eben aus diesem Grund nahmen mehrere Lehrkräfte auch nicht nur an einem, sondern an mehreren der genannten Projekten teil und konnten sich so zu wahren Experten für innovative Formen des STEM-Unterrichts entwickeln.
- Zwischen Lema, COMPASS, Primas und Mascil gab es offensichtlich intensive Synergieeffekte, die vor allem durch die projektübergreifende Kontinuität entstanden. Diese Kontinuität war nur möglich, weil die Projekte von einer zentralen Koordinatorin innerhalb einer zentralen Institution geleitet wurden und weil auf diese Weise gute und stabile Beziehungen zu den Lehrkräften und Schulen in der Region aufgebaut werden konnten.

In anderen untersuchten Fällen war eben diese Kontinuität nicht gegeben. Dies führte dazu, dass innovative Konzepte auf lange Sicht nicht erfolgreich im Unterrichtsalltag implementiert werden konnten.

Noch ein weiteres Hindernis wurde im Rahmen des vorliegenden Berichts identifiziert, welches die nachhaltige und flächendeckende Implementierung des Forschenden Lernens hemmt. Die Notwendigkeit, sich für die EU-Finanzierung vierfach zu bewerben und damit auch vier jeweils voneinander abweichende Projektanträge zu formulieren, kostete viel Energie. Diese Energie hätte gewinnbringend investiert werden können, um über einen Zehnjahreszeitraum hinweg den STEM-Unterricht europaweit noch intensiver zu verbessern.

Sicherlich könnte man argumentieren, dass der Finanzierungszeitraum von drei oder vier Jahren und die damit verbundene Notwendigkeit, sich regelmäßig neu für die Projektfinanzierung durch die EU bewerben müssen, dazu führt, dass regelmäßig auch neue Ideen ins System hineingebracht werden. Die bisherigen Projekterfahrungen zeigen jedoch deutlich, dass auch innerhalb langfristig bestehender Projekte solche neuen und innovativen Ideen entstehen können, vor allem dann, wenn diese gemeinsam mit den Lehrkräften an den Schulen entwickelt werden. Für eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit Partnerschulen und Lehrkräften sind jedoch – wie oben bereits dargestellt - langfristige und tragfähige Beziehungen nötig.

A.3: Kohärente Bildungspolitik

- Die Bildungspolitik im primären, sekundären und tertiären Bildungsbereich sollte kohärenter aufeinander abgestimmt werden.

Diese Empfehlung wurde bereits im Rahmen des H2020 Programms ausgesprochen. Allerdings lag der Fokus hierbei vor allem darauf, junge Menschen für mathematisch-naturwissenschaftliche Berufe zu gewinnen. Es ging nicht so sehr darum, den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht interessanter und schülerorientierter zu gestalten.

Die Ergebnisse des SECURE¹⁰ Projekts zeigen beispielsweise, dass das Interesse der Jugendlichen zwischen 8 und 13 Jahren an Mathematik und Naturwissenschaften kontinuierlich abnimmt. Diese Entwicklung ist unabhängig vom jeweiligen nationalen bildungspolitischen und wirtschaftlichen Kontext. Eine kausale Erklärung für diese Entwicklung liefert SECURE jedoch nicht.

Bildungspolitik und Unterrichtskultur des STEM-Unterrichts unterscheiden sich deutlich innerhalb der verschiedenen Bildungsniveaus. Kindergarten, Grundschule, Sekundarstufe 1 und 2 bis hin zur Berufsausbildung bzw. zu einem universitären Studium haben oft völlig unterschiedliche Unterrichtsprinzipien, Methoden und Schwerpunkte. Ein Projekt formuliert das folgendermaßen:

Ein abrupter Wechsel der Unterrichtskultur zwischen Grundschule und weiterführender Schule kann zu einem Leistungsabfall wie auch zu einem Motivationsabfall bei den Lernenden führen. (ESTABLISH, 2011, p.14)

Gewisse Themen tauchen innerhalb der verschiedenen Projekte immer wieder auf. Viele Projekte wie beispielsweise Creative Little Scientists und Pri-Sci-Net betonen, wie wichtig es

¹⁰ <http://www.secure-project.eu/>

ist, schon früh das Interesse der Kinder an Mathematik bzw. Naturwissenschaften zu wecken und zu fördern. Viele Projekte betonen auch, dass es schwierig wird in umfassendem Maße Forschendes Lernen zu betreiben, wenn relevante und anspruchsvolle Prüfungen zunehmend bestimmen, wie gelehrt und gelernt wird.

Auch hier wird wieder deutlich, wie wichtig eine systematische Planung und Verlinkung der verschiedenen Forschungsprojekte ist. Man muss die Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Interesses im Vorschul- und Grundschulalter ebenso im Auge behalten wie die gesamte schulische und auch berufliche mathematisch-naturwissenschaftliche Ausbildung.

Warum verlieren Jugendliche in Europa zunehmend das Interesse am STEM-Unterricht? Dafür sind mehrere Erklärungen möglich. Eine Hypothese ist, dass Naturwissenschaft oft eher als ein "Spezialistenfach" unterrichtet wird und nicht als ein wichtiger Bestandteil allen schulischen Lehrens und Lernens. Wenn die Lernenden Naturwissenschaften als ein Einzelfach erfahren, dass keine Verbindung zu den anderen Fächern hat, kommen plötzlich die persönlichen Erfahrungen, Einstellungen und Vorlieben der Schülerinnen und Schüler stark ins Spiel. Vor allem an den weiterführenden Schulen wird Naturwissenschaft zudem sehr häufig mit Mathematik in Verbindung gebracht. Einige Forschungsarbeiten weisen darauf hin, dass Matheangst sich auf den gesamten STEM-Unterricht übertragen könnte¹¹. Auch Jugendliche, die nicht unter Matheangst im eigentlichen Sinne leiden, könnten den STEM-Unterricht ablehnen, weil sie den Mathematikunterricht als schwierig und anstrengend erlebt haben.

Forschungsarbeiten zur Matheangst betonen auch, dass die narrative Kontextualisierung von mathematischen oder naturwissenschaftlichen Fragestellungen den Schülerinnen und Schülern die Bearbeitung oft eher erschwert als erleichtert. Der authentische und schülernahe Kontext, der den Lernenden eigentlich ja das Verständnis erleichtern soll, belastet gerade bei Lernenden mit Matheangst das Arbeitsgedächtnis zusätzlich und ist daher eher kontraproduktiv (Hattie, 2009, p.50).

Ein weiteres relevantes Thema verdient Beachtung. Der STEM-Unterricht an den weiterführenden Schulen und mathematisch-naturwissenschaftliche Studiengänge weisen momentan wenig Kontinuität auf. Man geht oft selbstverständlich davon aus, dass die Seminare und Vorlesungen an den Universitäten den Studierenden mit den entsprechenden Eingangsqualifikationen, d.h. mit der allgemeinen Hochschulreife keine Probleme bereiten. Dies ist aber durchaus nicht immer der Fall, wie ein aktueller Bericht des Britischen Parlaments betont¹².

Mathematik bzw. Naturwissenschaft an der Universität unterscheidet sich deutlich von Mathematik bzw. Naturwissenschaft im schulischen Sekundarbereich. Dies ist insofern problematisch, da die angehenden Lehrkräfte an den Universitäten im Grundstudium zunächst eine rein fachliche mathematische bzw. naturwissenschaftliche Qualifikation erhalten und erst später eine pädagogische. Die Einstellung dieser Lehrkräfte zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht wird durch ihre eigenen universitären Erfahrungen mitgeprägt, wenn auch natürlich nicht immer in negativer Form. Zurzeit entstehen in verschiedenen europäischen Ländern integrierte Masterkurse, die mathematische bzw. naturwissenschaftliche Fachwissenschaft, Fachpädagogik und

¹¹ <http://journals.heacademy.ac.uk/doi/full/10.11120/msor.2006.06040019>

¹² <http://www.publications.parliament.uk/pa/ld201213/ldselect/ldsctech/37/37.pdf>

allgemeine Erziehungswissenschaft miteinander verbindet. Diese Entwicklung lässt auf interessante Forschungsergebnisse in diesem Bereich hoffen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Bildungspolitik aller Bildungsniveaus insgesamt besser aufeinander abgestimmt werden sollte. Innovative Projekte und Interventionen sollten sich dabei nicht so sehr auf die Annahme stützen, dass irgendeine einzelne Lehr-Lernmethode optimal sei. Vielmehr ist es wichtig, vorliegende Forschungsergebnisse zur beachten, eine systematische Problemanalyse vorzunehmen und den Kontakt zu relevanten Interessensvertretern aus verschiedenen Bereichen zu suchen.

A.4: STEM Unterricht und Forschung

STEM-Unterricht, Arbeitswelt und Forschung sollten enger zusammen arbeiten, damit die Lernenden den Sinn des STEM-Unterrichts erfassen können und ein echtes Interesse dafür entwickeln.

- Unter Forschung verstehen wir in diesem Zusammenhang alle mathematisch-naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung, nicht nur Forschung im Bereich der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung. Synergieeffekte und Interaktionsmöglichkeiten zwischen STEM-Unterricht, Arbeitswelt und Forschung sollten besser genutzt werden. Dies sagt zum einen die Agenda Verantwortungsbewusste Forschung und Innovation (RRI), deren Anliegen es ist, dass sich die gesamte Gesellschaft intensiver mit Naturwissenschaft auseinandersetzt. Momentan ist darüber hinaus eine Bewegung in Richtung "offene Naturwissenschaft" zu beobachten. Auch hier wird ein intensiverer Dialog innerhalb des Forschungsprozesses gefordert und zwar innerhalb der naturwissenschaftlichen Community ebenso wie mit der Gesamtgesellschaft. Innerhalb des STEM-Unterrichts ist dieser Dialog zwischen Forschungsteams und Lehrkräften bzw. Lernenden sehr wichtig, damit die Lernenden erfahren können, was Naturwissenschaft wirklich ist.

Viele Projekte¹³ arbeiteten mit Institutionen zusammen, die Forschungsarbeit leisten und sich gleichzeitig auch darum bemühen, unsere Gesellschaft für Naturwissenschaft zu begeistern. Botanische Gärten sind hier beispielhaft anzuführen. Dieser Bereich des informellen Lernens, des Lernens in außerschulischen, naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen spielt für das Forschende Lernen eine wichtige Rolle. Außerschulische Lernorte ermöglichen oft vielfältige und intensive Lernerfahrungen, die die einzelne Schule in diesem Maße niemals anbieten könnte.

Die Ergebnisse der hier zusammengefassten Projekte zeigen jedoch, dass eine intensivere Interaktion zwischen Naturwissenschaft als Beruf und naturwissenschaftlichem Unterricht wünschenswert wäre. Davon könnten Lernende, Lehrende und auch die naturwissenschaftliche Community auf mehreren Ebenen profitieren:

- Lehrende und Lernende erfahren aktuelle naturwissenschaftliche Fragestellungen und Forschungsmethoden.
- Die bereits in naturwissenschaftlichen Bereichen Tätigen verbessern ihre Kommunikationsfähigkeit.

¹³ <http://www.inquirebotany.org/en/>

- Im STEM-Unterricht können zunehmend passgenauer die Kompetenzen, die für einen naturwissenschaftlichen Beruf benötigt werden, vermitteln. Dabei geht es vor allem auch um Kreativität und Innovation.
- Die naturwissenschaftlichen Lehrkräfte erfahren Anerkennung als Naturwissenschaftler.
- Lernende und Lehrende werden in aktuelle naturwissenschaftliche Forschungsprojekte einbezogen.

Dieser letzte Punkt kann durch einige Projekte verdeutlicht werden, die im Zusammenhang stehen mit der Initiative "Naturwissenschaft von und für Bürger" in Großbritannien oder mit den Science Shops in einigen anderen Ländern wie beispielsweise den Niederlanden. Katherine Mathieson teilt diese in drei Kategorien ein¹⁴:

- "Contributive projects": Projekte, die von professionellen Wissenschaftlern entwickelt werden. Die Bürgerinnen und Bürger liefern im Wesentlichen die Daten, z.B. [UK ladybird survey](#).
- "Collaborative projects": Projekte, die von professionellen Wissenschaftlern entwickelt werden. Bürgerinnen und Bürger arbeiten an der Fragenformulierung, der Datenanalyse und der Ergebnisdissertation mit, z.B. [GalaxyZoo](#).
- "Co-created projects": Projekte, die von professionellen Wissenschaftlern und Bürgerinnen und Bürgern gemeinsam entwickelt werden. Zumindest ein gewisser Anteil der freiwilligen Teilnehmer ist in fast den gesamten wissenschaftlichen Forschungsprozess involviert, z.B. [GROW project](#). Im GROW Project arbeiten Lehrende und Lernende der Simon Langton Grammar School for Boys zusammen mit Wissenschaftler an der Sequenzierung eines Weizengens¹⁵.
- Solche Forschungsprojekte und Aktivitäten spielen für die Zukunft von EU-Projekten zum STEM-Unterricht eine wichtige Rolle. Sie zeigen eine Entwicklung auf zu mehr direkter Bürgerbeteiligung an Naturwissenschaft. Wenn Schulen sich auf diese Weise an naturwissenschaftlichen Forschungsprojekten beteiligen, findet automatisch Forschendes Lernen statt.
- Die aktuelle Eurobarometerumfrage¹⁶ stellt innerhalb der Gesellschaft insgesamt eine positive Einstellung gegenüber den Naturwissenschaften fest. Der Ansatz Verantwortungsbewusste Forschung und Innovation (RRI) hat ebenfalls die Gesamtgesellschaft im Blick und sollte daher unterstützt werden. Ein langfristiges Ziel der Verantwortungsbewussten Forschung und Innovation (RRI) ist es, Schulen in naturwissenschaftliche Forschungsprozesse einzubinden. Projekte wie ENGAGE, Parrise und Irresistible lassen dieses Ziel bereits für einige Schulen Wirklichkeit werden.

A.5: Wirksamkeit von STEM Projekten

Es sollte eine von allen beteiligten Personenkreisen geteilte Auffassung darüber erarbeitet werden, wie die Wirksamkeit von STEM-Projekten definiert wird. Monitoring- und

¹⁴ <http://www.britishsociety.org/blog/citizen-science-new-black>

¹⁵ <http://www.bbsrc.ac.uk/society/schools/grow.aspx>

¹⁶ http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-1075_en.htm

Feedbacksysteme sollten erarbeitet werden, damit diese Wirksamkeit auch zuverlässig gemessen werden kann.

- In allen Forschungsbereichen ist Projektfinanzierung zunehmend mit der Forderung nach wirksamen Projekten verbunden. Im Bereich des Forschenden Lernens und des STEM-Unterrichts besteht allerdings wenig Einigkeit darüber, was mit Wirksamkeit eigentlich genau gemeint ist. Wie bereits erläutert, ist es aufgrund der langen Zeitspanne und der unterschiedlichen Einflussfaktoren schwierig, den Zusammenhang zwischen Forschendem Lernen und einem erfolgreichen mathematisch-naturwissenschaftlichem Berufsweg zu belegen.
- Wirksamkeit könnte man daher verstehen als einen langfristigen Effekt auf die Unterrichtspraktiken der Lehrkräfte oder auch auf eine Bildungspolitik, die Forschendes Lernen mehr in den Vordergrund rückt. Selbst diese Effekte hängen jedoch immer von mehreren Faktoren innerhalb des pädagogischen Gesamtkontextes ab und können innerhalb der finanzierten Projektdauer von wenigen Jahren kaum umfassend gemessen werden.
- Auch die Frage nach Indikatoren ist kontrovers. Häufig wird beispielweise als Indikator verwendet, wie viele Lehrkräfte durch eine bestimmte Projektaktivität "erreicht" wurden. Oft werden dazu Ergebnisse aus Befragungen nach der jeweiligen Aktivität herangezogen, in der Regel Fragebogen. Da die Projekte zeitlich sehr begrenzt sind, muss "erreicht" als absolute Zahl verstanden werden und kann nicht vielmehr als Beginn eines Messprozesses interpretiert werden, der evtl. mehr über die Nachhaltigkeit von Aktivitäten aussagen könnte.

Wir empfehlen daher, dass zwischen der Europäischen Kommission und den im Bereich der STEM-Forschung Tätigen ein Standardset von Indikatoren abgestimmt werden sollte. Die verschiedenen Projekte könnten dann aus diesem Set für ihre spezifische Fragestellung die geeigneten Indikatoren auswählen, um die Wirksamkeit des Projekts zu messen. Darüber hinaus empfehlen wir eine verlängerte Projektdauer. Dieser Punkt wird in A8 (s.u.) genauer erläutert.

A.6: Zeitlicher Rahmen

Die Dauer und der Beginn von Projekten im Bildungsbereich sollten mit den zeitlichen Rahmenbedingungen des Schulalltags abgestimmt werden.

- Der normale Zeitrahmen für FP7 Projekte liegt zwischen 24 und 48 Monaten, 36 Monate sind gängig. Der normale Zeitrahmen für LLP Projekte liegt zwischen 24 und 36 Monaten.

Der Rhythmus der Calls für FP7 Projekte führte zu einer Überlappung von Projekten, die im Sinne der Kontinuität und des Wissenstransfers innerhalb verschiedener Projekte durchaus sinnvoll genutzt werden könnte. Dieser Wissenstransfer fand jedoch nicht immer statt, da eine systematische Gesamtkoordination der Projekte fehlt. Kürzlich wurden drei der INSTEM-Projekte, die sich mit Leistungsmessung für Forschendes Lernen beschäftigen, nämlich ASSIST-ME¹⁷, SAILS¹⁸ and FaSMEd¹⁹ durch ProCoNet zusammengebracht. Für einen

¹⁷ <http://assistme.ku.dk/project/>

¹⁸ <http://www.sails-project.eu/portal>

and: <http://www.sails-project.eu/portal/news/assist-me-sails-coming-together>

¹⁹ <http://research.ncl.ac.uk/fasmed/meettheteam/fasmedpartners/>

erfolgreichen Wissenstransfer wäre jedoch eine formalere Form der Zusammenarbeit wünschenswert.

Ein grundlegendes Problem ist der kurze Zeitrahmen der Projekte, da eine erfolgreiche Intervention oft ein deutlich längerer Prozess ist. Im Allgemeinen benötigen die Projekte 6-12 Monate für die Vorbereitung einer Intervention. Bereits vorliegende Forschungsergebnisse müssen analysiert und zusammengefasst werden, die aktuelle Situation muss in Berichtform niedergelegt werden, Workshops müssen konzipiert werden. Darüber hinaus müssen Arbeitsbeziehungen zwischen den beteiligten Institutionen und Personenkreisen aufgebaut werden, in der Regel muss auch eine Website erstellt werden.

Wenn innerhalb des Projekts eine Zusammenarbeit mit Schule geplant ist, müssen diese Partnerschulen zeitgerecht gefunden und über die geplanten Aktivitäten informiert werden. Das Schuljahr beginnt normalerweise im August oder September. Der Projektstart hingegen hängt von Prozessen innerhalb der Europäischen Kommission ab und liegt damit teilweise zu früh oder zu spät, um sinnvoll Aktivitäten an Partnerschulen planen und durchführen zu können.

Innerhalb des Schuljahres gibt es darüber hinaus einige Zeitabschnitte, in denen Forschungsprojekte nicht sinnvoll möglich sind, beispielsweise während der Ferien oder während der Prüfungszeiträume. So kommt es häufig zu Unregelmäßigkeiten. Auch wenn eine bestimmte Projektaktivität oder Maßnahme im ersten Teil des Schuljahres erfolgreich durchgeführt wird, sind im späteren Verlauf des Schuljahres doch Phasen zu beobachten, in denen diese Innovation gewissermaßen auf Eis liegt und oft erst zu Beginn des neuen Schuljahres wieder voll aufgegriffen werden kann. Kontinuierliche Verbesserung erfordert eigentlich, dass eine Aktivität vielfach und regelmäßig wiederholt und angewendet wird. Genau dies erweist sich im laufenden Schulalltag jedoch als nicht immer realisierbar.

Die typischen Bildungspläne - sei es auf Länder- oder auf Bundesebene – sorgen immer auch für einen gewissen Zeitdruck. Selbst wenn die Bildungspläne relativ offen formuliert sind, gibt es doch Pflichtthemen und Leistungsniveaus, an die jede Schule und jeder Lehrende gebunden ist. Damit Lehrende Aktivitäten des Forschenden Lernens in ihren Unterricht integrieren, müssen sie die Bildungspläne flexibel anwenden können und wollen. Diese Möglichkeit besteht teilweise. In der Regel können Lehrkräfte jedoch maximal ein bis zwei Aktivitäten eines Interventionsprojekts durchführen. Dies gelang beispielsweise innerhalb des S-TEAM Projekts. Dabei wurde eine sehr erfolgreiche Lehrerfortbildungsreihe entwickelt mit dem Ziel innerhalb eines Schuljahres eine einzige von Lehrkräften erarbeitete Interventionsmaßnahme zu realisieren.

Auch andere Projekte betonen, dass im Bereich der Lehrerfortbildung Beschränkungen in Bezug auf den Umfang der angestrebten Maßnahmen nötig sind. Einmalige Fortbildungsaktivitäten haben sich als nicht ausreichend erwiesen, um neue Lernkonzepte und –methoden tatsächlich im Unterrichtsalltag der Lehrkräfte zu verankern. Die erfolgreichsten Lehrerfortbildungen waren Fortbildungsreihen, in der Regel über ein halbes oder ein ganzes Schuljahr.

Idealerweise sollten Lehrkräfte über ein ganzes Schuljahr hinweg von Forschern begleitet werden, die untersuchen, wie die Lehrenden allmählich ein tieferes Verständnis von Forschendem Lernen entwickeln. Eine tiefgreifende Analyse der Ergebnisse sowie ein Feedback an die Lehrenden könnten das Schuljahr abschließen. Optimalerweise sollte sich im darauffolgenden Schuljahr eine zweite Phase anschließen, um im Bereich des Forschenden Lernens wirklich eine nachhaltige Entwicklung der Lehrkräfte zu erreichen. All dies würde jedoch deutlich mehr Zeit erfordern.

Die enge zeitliche Limitierung der Projekte beinhaltet ein weiteres Problem. Die Dissemination der Projektergebnisse muss während des Finanzierungszeitraums stattfinden, d.h. in der Regel während der letzten 12 Monate des Projekts. Für die tatsächliche Intervention steht damit insgesamt nur ein kurzer Zeitraum zur Verfügung, zumal während dieser letzten 12 Monate bereits die Abschlusskonferenzen organisiert werden müssen und die Abschlussberichte verfasst werden müssen. Schulen und auch andere Interessensvertreter beklagen sich demnach öfters, dass die Interventionsmaßnahmen nur auf einen sehr kurzen Zeitraum ausgelegt sind. Auf einer solchen Basis ist es schwierig, langfristige und tragfähige Beziehungen aufzubauen.

Lehrkräfte nehmen schon die Bildungspolitik oft als sehr kurzlebig war und sehnen sich daher eher nach Stabilität als nach Veränderung. In einigen Fällen gelang es Projekten, über einen längeren Zeitraum hinweg Beziehungen aufzubauen und aufrechtzuerhalten, wie beispielsweise bei Compass/Lema/Primas/Mascil. Dies hängt jedoch auch von den spezifischen, örtlichen Möglichkeiten ab.

Auch für die Lernenden ist der enge Zeitraum der Projekte problematisch. Damit Forschendes Lernen funktioniert, muss es im Unterrichtsalltag der Schülerinnen und Schüler als selbstverständlicher Bestandteil verankert sein. Vielleicht bekommen die Schülerinnen und Schüler Veränderungen innerhalb der Bildungspolitik nicht so sehr mit wie die Lehrkräfte. Es ist jedoch bekannt, dass Stabilität generell ein wichtiger Faktor für den Bildungserfolg ist und dass z.B. Lernende durch einen häufigen Lehrerwechsel eher schlechtere Lernergebnisse erzielen. Die erfolgreiche Implementierung von Forschendem Lernen erfordert ebenso Stabilität. Gruppenarbeit beispielsweise ist ein typisches Element von Forschendem Lernen. Um eine Gruppenarbeit erfolgreich zu erledigen, müssen die Schülerinnen und Schüler eine Reihe sozialer Fähigkeiten und Fertigkeiten beherrschen. Diese brauchen Zeit und regelmäßige Wiederholung. Einige Wochen, in denen die Lernenden ein einziges Thema durch Forschendes Lernen erarbeiten, sind dazu nicht ausreichend.

A.7: Projektmanagement auf Ebene der Europäischen Kommission

Zwischen der Verwaltung der Europäischen Kommission (inklusive der ausführenden Organe wie beispielsweise EACEA und REA) und den Projektkoordinatoren sollte ein intensiverer Kontakt aufgebaut werden.

- Dauerhafte Mechanismen könnten hier einen kontinuierlichen Dialog zwischen Projektkommission und Projektkoordinatoren garantieren und zwar vor, während und nach der eigentlichen Projektphase. Dadurch könnten in mindestens drei verschiedenen Bereichen Verbesserungen erreicht werden.

7.1) Dopplungen von Arbeitsschritten könnten vermieden werden, die Arbeit vorangehender Projekte könnte besser genutzt werden, die Effizienz könnte insgesamt verbessert werden.

7.2) Die Projektkoordination zwischen Projekten, die sich mit ähnlichen Fragestellungen beschäftigen, könnte verbessert werden. Synergieeffekte könnten genutzt werden, die Wirksamkeit der einzelnen Projekte wie auch der Gesamteinfluss könnten maximiert werden.

7.3) Die Wirksamkeit von Projekten könnte auch nach dem Ende des Finanzierungszeitraums weiter aufrecht gehalten werden, die Nachhaltigkeit könnte so verbessert werden.

Um einen kontinuierlichen Dialog zwischen Projektkommission und Projektkoordinatoren zu institutionalisieren, wären regelmäßige Treffen zwischen Projektkoordinatoren und Vertretern der Generaldirektion Forschung und Innovation, der Generaldirektion Bildung und Kultur sowie der EACEA hilfreich. Ein sehr gutes Beispiel dafür war das ProCoNet Treffen am 06.07.2012 in Brüssel und auch die daran anschließenden Treffen. Projektkoordinatoren und wissenschaftliche Vertreter der Europäischen Kommission konnten sich hier intensiv über verschiedene für beide Seiten aktuelle Fragestellungen austauschen. Mit dem jährlichen Treffen der Projektkoordinatoren der LLP Projekte²⁰ arbeitet die EACEA bereits in diese Richtung.

Zu Punkt 7.1: Gewisse Arbeitsschritte werden teilweise mehrfach von verschiedenen Projekten durchgeführt, weil es innerhalb der Europäischen Kommission keinen Mechanismus gibt, der den aktuellen Erkenntnisstand institutionalisiert und damit allen Projektkoordinatoren zugänglich macht. So haben beispielsweise viele Projekte zunächst die aktuelle Situation des Forschenden Lernens in dem Land bzw. den Ländern erhoben, auf die sich das jeweilige Projekt bezieht. Dies stellt sicherlich eine sinnvolle und notwendige Ausgangsinformation dar. Die Erhebungen wurden jedoch teilweise für ein einziges Land mehrfach durch verschiedene Projekte durchgeführt.

Zu Punkt 7.2: Die INSTEM Workshops auf nationaler Ebene verdeutlichten das Problem der "Innovationsmüdigkeit" vieler Lehrkräfte. Zwei Probleme treten dabei auf. Lehrende werden oft nacheinander oder gleichzeitig von mehreren Projekten angesprochen, weil sich die betreffende Schule als guter Kooperationspartner erwiesen hat. Auf der anderen Seite sehen sich Lehrkräfte auf der Suche nach sinnvollen Informationen im Internet oft mit einer Vielzahl an Projekten konfrontiert, die um die Aufmerksamkeit der Lehrenden wetteifern. In vielen Ländern bzw. Bundesländern gibt es offizielle Websites zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Lehrkräfte sind daher eher selten bereit, darüber hinaus Websites zu diesem Thema zu lesen, vor allem, wenn diese möglicherweise in einer fremden Sprache verfasst sind. Eine Zusammenarbeit zwischen Projekten mit ähnlicher Fragestellung und auch mit geeigneten außeruniversitären Dienstleistern wäre daher sinnvoll, um optimale Disseminationsstrategien zu entwickeln und so eine maximale Wirksamkeit der beteiligten Projekte zu erreichen.

Zu Punkt 7.3: Ein Workshopbericht des Projekts MMLAP (Mobilization and Mutual Learning Action Plans) (Healy, 2012) schlägt für Projekte eine "head-body-tail"-Struktur vor. Der "head" (= Kopf) steht dafür, in der Gesellschaft Interesse für das Thema zu gewinnen. Der "body" (= Körper) steht für die Hauptaktivitäten, die während des Projekts durchgeführt werden. Der "tail" (= Schwanz) schließlich steht für die anschließende Disseminationsphase. Die Wirksamkeit von Projekten sollte ja nach Beendigung des Finanzierungszeitraums andauern. Daher wäre es logisch und sinnvoll, für einen gewissen Zeitraum, z.B. 5 Jahre spezifische Geldmittel bereitzustellen für Aktivitäten, die nach Abschluss des eigentlichen Projekts die Nachhaltigkeit unterstützen. So könnte z.B. eine Website aktuell gehalten werden, die Dissemination von Projektergebnisse könnte weiterhin betrieben werden, ein weiterer Austausch und Wissenstransfer mit verschiedenen Interessensvertretern, mit Koordinatoren anderer Projekte oder auch mit Vertretern der Europäischen Kommission könnte stattfinden. Dieser letzte Teil müsste nicht kostspielig sein (vielleicht 5% der gesamten Fördersumme der Europäischen Kommission), könnte aber zu wichtigen Verbesserungen beitragen:

Die Dissemination, Kommunikation und Präsentation im Internet könnte verbessert werden.

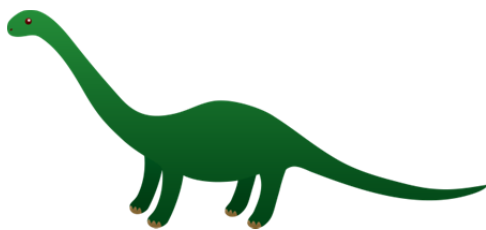
²⁰ z.B. die Konferenz 'Together for Basic Skills' im Dezember 2012

Der eigentliche Projektzeitraum könnte besser genutzt werden. Wir könnten uns mehr auf die eigentlichen Ergebnisse konzentrieren als primär auf die Dissemination vorläufiger Ergebnisse.

Die Zusammenarbeit mit anderen Projekten und mit der Europäischen Kommission könnte verbessert werden.

Das existierende System eines Zwischenberichts durch externe Experten stellt für die Projekte ein hilfreiches formatives Feedback bereit. Dieses System könnte um einen externen Bericht nach Projektabschluss ergänzt werden. Dies würde die Arbeit der Projektbetreuer auf Seiten der Europäischen Kommission erleichtern, die die Abschlussberichte lesen und analysieren und wäre auch hilfreich für die ausgedehntere Nachprojektsphase. Der Abschlussbericht müsste die konkrete Planung der Nachprojektsphase enthalten, die Genehmigung der Nachprojektsphase würde abhängen von einer zufriedenstellenden Arbeit während des eigentlichen Projektzeitraums.

Der Beginn des Projektzeitraums hingegen, vom Verfassen und Einreichen des Projektantrags, über die Begutachtung und eventuelle Genehmigung verläuft momentan eher im Geheimen. Auf die Negotiation-Phase wurde im Antragsverfahren für Horizon 2020 verzichtet, um den Prozess zu vereinfachen. Im Sinne der Verantwortungsbewussten Innovation und Forschung (RRI) ist es jedoch überaus wünschenswert geeignete Interessensvertreter in der "head"-Phase des Projekts mit im Boot zu haben. Ebenso wie externe Experten die Projektanträge begutachten, sollten Interessensvertreter aus verschiedenen Bereichen in die Entscheidungsprozesse eingebunden sein. Gutachter sprechen keine Empfehlungen aus, da die Projektfinanzierung auf der Grundlage des Projektantrags stattfindet. Ein offenerer Prozess vor dem Einreichen des Projektantrags wie auch die Möglichkeit, die Projektkonzeption nach der Begutachtung noch zu verändern und dabei den Input von Interessensvertretern miteinfließen zu lassen könnten das Interesse und die Beteiligung der Gesellschaft an den Projekten effektiv verbessern.



A.8: Koordination von STEM Unterricht und EU-Finanzierungskonzepten

EU-weite Aktivitäten, die den STEM-Unterricht betreffen, sollten besser koordiniert werden. Dabei sollten auch Programme wie Horizon 2020, Erasmus Plus u.a. mit beachtet werden.

Hier stellen sich drei zentrale Fragen:

8.1) Was geschieht mit den Erkenntnissen und Produkten der zwischen 2014 und 2020 abgeschlossenen FP7 und LLP Projekte zum STEM-Unterricht?

8.2) Wie ist der Status des STEM-Unterrichts in Horizon 2020 und Erasmus+?

8.3) Welche Ziele sollen bis 2020 für den STEM-Unterricht umgesetzt werden und wie können diese erreicht werden?

Zu 8.1: Hier ist zum einen der dritte Durchlauf des Programms Scientix zu erwähnen, zum anderen fanden verschiedene Projekte eigene Möglichkeiten, die Ergebnisse ihrer Forschungsarbeit dauerhaft festzuhalten. Nicht zu vergessen sind auch die zahlreichen Teilnehmer von FP7 Projekten, die sich nun weiterhin in SEAC1 innerhalb von Horizon 2020 einbringen. Die Energie der FP7 Projektkonsortien wird an der großen Anzahl von Projektanträgen deutlich, die auf SEAC1 Calls eingereicht werden²¹. Diese Calls enthält die Forderung, dass "die Aktivitäten der verschiedenen Mitgliedsstaaten für einen innovativen, mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht und auch für eine mathematisch-naturwissenschaftliche Ausbildung bzw. ein Studium koordiniert werden sollen und deren Potential dadurch optimal ausgeschöpft werden soll"²². Derzeit ist allerdings fraglich, ob das Potential der Projektaktivitäten tatsächlich optimal ausgeschöpft wird. Die meisten FP7 Projekte haben eine Vielzahl hilfreicher Unterrichtsmaterialien erstellt, haben Lehrerfortbildungen konzipiert und geeignete Disseminationsmöglichkeiten entwickelt. Es wäre bedauerlich, wenn diese Materialien und Konzepte in Webarchiven verbleiben und nicht in einem weiten Umfeld verbreitet werden.

Zu 8.2: Diese Frage hat die Europäische Kommission zum Teil bereits beantwortet. Im Rahmen von SEAC1 wurde die Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in beträchtlichem Umfang finanziert. Etwas weniger direkt geschah dies auch im Rahmen von Projekten zur Verantwortungsbewussten Forschung und Innovation (RRI), die über die RRI-Keys immer auch Elemente des naturwissenschaftlichen Unterrichts enthalten sollten. Dennoch ist die Gesamtfinanzierungssumme verhältnismäßig gering, wenn man den immensen Umfang der europäischen Bildungssysteme in Betracht zieht. Mit der Veröffentlichung des SERC Berichts (Europäische Kommission, 2015) entstand die Gelegenheit auf politische Entscheidungsträger Einfluss zu nehmen, um weitere Geldmittel frei zu machen. Damit kann das Potential der aktuellen und bereits abgeschlossenen Projekte besser genutzt werden und wir können ein lebensfähiges Ökosystem für eine nachhaltige Reform des STEM-Unterrichts aufbauen.

Die SEAC 1 Calls beziehen sich explizit auf "innovative Methoden des naturwissenschaftlichen Unterrichts" und auch darauf "junge Menschen für naturwissenschaftliche Berufswege zu motivieren und zu befähigen". Dies lässt Raum für eine Vielzahl unterschiedlicher Fragestellungen und Aktivitäten. Einige der Calls im Rahmen von SWAFS und im Rahmen der *Europe in a Changing World* (=Europa in einer sich

²¹ Nach Angaben der Europäischen Kommission 147 Projektanträge in 2014 und 202 in 2015

²² 1587807-16._swafs_wp2014-2015_en.pdf, veröffentlicht am 11.12.2013

wandelnden Welt) Programme verweisen zudem darauf, dass STEM-Unterricht einen Beitrag leisten kann zum lebenslangen Lernen (Young-3) und zum sozialen Lernen (Young-4). Unter dem Blickwinkel der Verantwortungsbewussten Forschung und Innovation (RRI) könnte Forschung zum STEM-Unterricht auch seinen Platz finden in den anderen Programmen zu "Gesellschaftlichen Herausforderungen".

Zu 8.3: Der Bericht der Europäischen Kommission zur "Naturwissenschaftliche Bildung für verantwortungsbewusste Bürger" (Europäische Kommission, 2015, S.26) geht auf diesen Punkt ein. Dieser Bericht betont:

Erfolgreiche Reformen sind keine Top-down und auch keine Bottom-up Schnelllösungen für drängende Probleme und Bedürfnisse. Erfolgreiche Reformen basieren auf der Kooperation aller beteiligten Personenkreise auf lokaler, regionaler, nationaler und internationaler Ebene.

Das aktuelle Finanzierungssystem der Europäischen Kommission fördert Wettstreit und sichert so die Qualität der finanzierten Projekte. Es ist allerdings fraglich, ob auf diese Weise eine nachhaltige Veränderung der naturwissenschaftlichen Bildung über den anvisierten Zeitraum von 10 bis 20 Jahren hinaus erreicht werden kann. Wir unterstützen die zentralen Erkenntnisse und Empfehlungen des SERC Berichts. Diese sollten ernst genommen werden. Darüber hinaus sprechen wir die Empfehlung aus, den Finanzierungsmodus von Horizon 2020, von Erasmus plus und der daran anschließenden Programme zu überdenken und dahingehend abzuändern, dass für gewisse Projektaktivitäten längere Laufzeiten möglich werden. Zudem sollten dafür andere Kontrollmechanismen entwickelt werden, die erfassen können, dass die finanzielle Unterstützung dieser Aktionen tatsächlich auch ein substanzielles Mehr an Projektwirksamkeit nach sich zieht.

Die in Europa 2020 formulierten Ziele für die mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung sind eine große Herausforderung, zumal die Bildungssysteme der verschiedenen Länder unter einem zunehmenden finanziellen Druck leiden. Hier besteht sicherlich Handlungsbedarf. Man muss aber auch die bereits vorliegenden Erkenntnisse der Forschungsarbeiten zum STEM-Unterricht besser beachten und anwenden. Die bereits abgeschlossenen FP7 Projekte, die LLP Projekte, die Erasmus Plus Projekte wie auch die Horizon 2020 Projekte werden bis ins Jahr 2020 Auswirkungen haben. Durch Synergieeffekte sollten diese Auswirkungen mehr sein als die Summe ihrer Teile.

Der vorliegende Bericht fasst die Erfahrungen der bereits abgeschlossen Projekte zusammen. Diese sollten zu einer radikalen Veränderung der Projektlandschaft führen:

8.4) Die Projekte sollten mehr Handlungsfreiraum haben, um mit unterschiedlichen Methoden zu arbeiten. Dabei sollten nachgewiesen wirksame Methoden wie auch innovative Methoden Anwendung finden können.

8.5) Die Kooperation zwischen den einzelnen Projekten sollte optimiert werden. Dafür ist während aller Projektphasen ein besserer Austausch von Informationen nötig.

8.6) Die Gesellschaft sollte aktiver an Forschungsprojekten zum STEM-Unterricht beteiligt werden. Die Rolle der Teilnehmer beschränkt sich dabei nicht darauf, eine Aktivität nach deren Abschluss zu bewerten. Vielmehr sollten die Teilnehmer auch in der Phase des Projektdesigns (head-Phase) involviert sein.

8.7) Die Projekte sollten sich in optimaler Weise ergänzen. Eine bessere Koordination der Projekte sollte die Dopplung von Arbeitsschritten vermeiden.

8.8) Alle relevanten Interessensvertreter sollten sich auf ein einheitliches Konzept zur

Wirksamkeit von Projekten verständigen. Dieses sollte Indikatoren, Messtechniken und übergreifende Ziele enthalten.

8.9) Die Konzepte zur Projektfinanzierung sollten Nachprojektphasen (tails) beinhalten, um die Dissemination über einen mehrjährigen Zeitraum nach Abschluss der eigentlichen Projektphase zu gewährleisten.

8.10) Die verschiedenen Aktivitäten zur Weiterentwicklung des STEM-Unterrichts auf nationaler und internationaler Ebene sollten besser koordiniert werden, damit alle Beteiligten optimaler voneinander lernen können.

Dieser letzte Punkt ist besonders wichtig. Wenn die Entwicklungsziele des STEM-Unterrichts auf Länderebene, Bundesebene und Europaebene nicht übereinstimmen, könnte viel Energie verloren gehen. Die Kultusminister der verschiedenen europäischen Länder haben sich hinsichtlich der in Europe 2020 formulierten Entwicklungsziele geeinigt. Für die Umsetzung auf praktischer Ebene muss die Kooperation allerdings verbessert werden. Bei der Lehrerbildung wird dies beispielsweise durch das TEQUILA network²³ versucht. Dieses bringt auf Länder- und Bundesebene wie auch auf Europaebene verschiedene Institutionen zusammen, um forschungsbasiert die Lehrerbildung zu verbessern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass wir die Übergänge der LPP-Projekte zu Erasmus Plus wie auch von den FP7 Projekten zu Horizon 2020 als sehr positiv bewerten. Sie bieten die Möglichkeit, über Projektergebnisse zu reflektieren, gemeinsam Möglichkeiten für zukünftige Aktionen zu entwickeln und generell voneinander zu lernen. Wir begrüßen ausdrücklich Projekte wie SATORI, die für Möglichkeiten des voneinander Lernens einen ethischen Rahmen wie auch Evaluationsmodelle entwickeln.

Teil B: Die nationale Ebene (Länder bzw. Bundesländer)

Innovationen werden auf nationaler Ebene wie auch auf regionaler Ebene umgesetzt. In vielen europäischen Staaten unterliegt die Bildungspolitik im Wesentlichen den Ländern. Unter nationaler Ebene verstehen wir im Folgenden daher auch eben jene Ebene der Bundesländer bzw. Countries in Nationen wie Deutschland, Schottland, Wales, Nordirland, Großbritannien, Flandern und Wallonien in Belgien etc.

Auf nationaler Ebene werden bildungspolitische Entscheidungen für eine große Anzahl von Schulen getroffen, die sich typischerweise in ihren Charakteristika gleichen, z.B. Schulart bzw. Unterrichtssprache. Natürlich findet Bildungspolitik auch auf regionaler Ebene statt. Es ist dennoch wünschenswert, dass die Ergebnisse von EU Projekten vor allem auf nationaler Ebene Einfluss auf die Bildungspolitik nehmen und dass die nationale Bildungspolitik wiederum die EU Projekte beeinflusst.

B.1: Pädagogik, Bildungspläne, Prüfungswesen

Pädagogik, Bildungspläne und Prüfungswesen sollten besser aufeinander abgestimmt werden.

²³ Qualität in der Lehrerfortbildung durch Integration von Lernen und Forschung.

- Dies ist eine zentrale Empfehlung im Hinblick auf eine erfolgreiche Reformierung des STEM-Unterrichts. Forschendes Lernen erfordert von den Schülerinnen und Schüler zusätzliche Kompetenzen wie beispielsweise Argumentationsfähigkeit oder Kreativität bei der Entwicklung von Forschungswegen. Diese Kompetenzen können nur schwer durch standardisierte Tests oder Prüfungen bewertet werden. Beim Forschenden Lernen entwickeln die Lernenden auch die Fähigkeit in Kleingruppen effizient zu arbeiten. Diese Kompetenz wird durch das aktuelle Prüfungswesen kaum erfasst, da hier vor allem die Leistungen des einzelnen Schülers bewertet werden.

- Das ESTABLISH Projekt verdeutlicht dies:

Zwei zentrale Gründe erschweren die Umsetzung innovativer Methoden wie beispielsweise die des Forschenden Lernens erheblich. Zum einen sind das die Bildungspläne, die zum Teil Lerninhalte in rigider Form vorgeben und zum anderen das Prüfungswesen, das auf den Bildungsplänen basiert. Diese beiden Elemente spielen daher eine zentrale Rolle bei der Implementierung des Forschenden Lernens an den Schulen. Die Lehrkräfte planen und halten den Unterricht und beurteilen den Lernfortschritt der Lernenden. Sie sind die zentralen Personen, die Aus- und Fortbildung der Lehrkräfte scheint daher ein zentraler Faktor zu sein. Bildungspläne, Prüfungswesen und Lehreraus- bzw. Fortbildung sind die drei Kernelemente, mit deren Hilfe eine nachhaltige Veränderung der Unterrichtspraxis im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht erreicht werden kann (Establish, 2011, p.2).

Aktuell befassen sich drei größere FP7-Projekte (Assist-Me, FaSMEd, SAILS) spezifisch mit Leistungsmessung und Prüfungswesen. Diese werden sicherlich hilfreiche Hinweise liefern, wie Forschendes Lernen noch besser implementiert und letztlich auch bewertet werden kann.

Im Bereich der Bildungspläne kann man teilweise bereits Veränderungstendenzen erkennen. Ansätze wie die von der National Science Association in den Vereinigten Staaten formulierten fächerübergreifenden Themen (cross cutting concepts) bzw. fachinternen Leitthemen (disciplinary core ideas) (vgl. Duschl, 2012) finden sich zunehmend auch in den Bildungsplänen der europäischen Länder.

Fächerübergreifende Themen im naturwissenschaftlichen Bereich wären z.B.:

- Ursache und Wirkung
- Maßstab, Proportionen & Mengenbegriff
- Systeme und Modelle
- Energie und Materie
- Struktur und Funktion
- Stabilität und Instabilität

Fachinterne Leitthemen sind beispielsweise:

- Materie und ihre Interaktionen (Fach Physik)
- Energie (Fach Physik)
- Wellen und ihre Anwendung in der Kommunikationstechnologie (Fach Physik)

- Vom Molekül zum Organismus: Strukturen und Prozesse (Fach NWA bzw. Chemie/Biologie)
- Ökosysteme: Interaktion und Dynamik (Fach NWA bzw. Biologie)
- Vererbungslehre (Fach NWA bzw. Biologie)
- Evolutionslehre (Fach NWA bzw. Biologie)

B.2: Ressourcen

Die Koordination von Bildungsplänen, Schulbüchern, Onlineresourcen und den Kompetenzen der Lehrkräfte sollte verbessert werden.

- Viele STEM-Projekte wie beispielsweise PRIMAS, Compass, Profiles und Pathway haben zum Ziel, Ressourcen bzw. Materialien zu entwickeln, die es den Lehrkräften erleichtern sollen, Sinn und Konzeption des Forschenden Lernens zu erfahren und diese Methode in ihre Unterrichtsplanung und –praxis zu integrieren. In diesem Bereich ist es üblich, dass Materialien aus vorangehenden Projekten wiederverwendet werden. Das ist auch gut so. Auf diese Weise können unnötige Dopplungen und Mehrarbeit vermieden werden und die Materialien bzw. Aktivitäten haben einer längere “Verweildauer” an den Schulen. Dies fördert, wie bereits erläutert, die nachhaltige Implementierung.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie diese Materialien und Ressourcen auf Europaebene dauerhaft und übersichtlich verfügbar gemacht werden können. Es gibt bereits mehrere zentrale Internetportale, von denen Lehrkräfte Informationen und Materialien herunterladen können. Oft können im Gegenzug auch Materialien von den Lehrkräften eingestellt werden, damit diese Materialien wiederum von anderen genutzt werden können. Parallel fanden Bemühungen statt, eine gewisse Qualitätskontrolle für eingestellte Materialien zu entwickeln (wie beispielsweise im Pathways Projekt) und auch gewisse IT-Aspekte zu berücksichtigen wie beispielweise den Umgang mit Metadaten, Lizenzierungsfragen bis hin zu Formatierungsvorgaben. Das Programm Scientix sollte ausgeweitet werden und eine aktivere Rolle spielen bei der Sichtung und Zusammenstellung von Unterrichtsmaterialien aus STEM-Projekten.

Viele der beteiligten Personengruppen äußern in diesem Zusammenhang den Wunsch nach einem zentralen Kontroll- und Organisationsinstrument, vielerorts gibt es dazu auch auf nationaler Ebene bereits Bemühungen. Obwohl inzwischen online eine riesige Auswahl verschiedener Unterrichtsmaterialien zur Verfügung steht, bleibt die traditionelle Rolle der Lehrbücher weiterhin bestehen. Zwar sollte das Lehrbuch nicht den Unterricht bestimmen. Dennoch spielen die Lehrbücher nach wie vor eine entscheidende Rolle bei der Frage, wie Mathematik bzw. Naturwissenschaften unterrichtet werden. Die Projekte haben sich bislang kaum mit den Lehrbüchern beschäftigt, eine Zusammenarbeit zwischen Akademikern und den Herausgebern der gängigen Lehrbücher fand kaum statt²⁴.

In der beschriebenen Situation erscheint die Entwicklung weiterer Ressourcen auf einer internationalen Ebene, sei es nun online oder in Druckform, wenig sinnvoll. Seitens der Lehrkräfte wurde zwar immer wieder angeführt, dass ihnen nicht ausreichend (hilfreiche und anwendbare) Ressourcen, d.h. Unterrichtsmaterialien zur Verfügung stünden und dass sie daher Forschendes Lernen nicht zufriedenstellend in ihrer täglichen Unterrichtspraxis umsetzen könnten. Seitens der Projekte wurde darauf häufig mit einer Mehrproduktion von

²⁴ Pearson International beteiligte sich nur ausnahmsweise am ASSIST-ME Projekt.

Unterrichtsmaterialien regiert, anstatt bereits existierende wiederzuverwenden bzw. besser strukturiert verfügbar zu machen.

Kürzlich wurden entstand so auch die Idee, E-Lehrbücher zu veröffentlichen. Diese könnten vom Aufbau und Inhalt den traditionellen Lehrbüchern entsprechen, würden aber gleichzeitig Links zu verschiedenen Onlineresourcen enthalten. Dabei könnten auch Materialien für Forschendes Lernen und Websites für simulierte bzw. Echtweltszenarien für Forschungsaktivitäten im naturwissenschaftlichen Unterricht bereitgestellt werden wie zum Beispiel bei *Science Created by You (SCY)*²⁵.

B.3: Lehrerfortbildung

Die Lehrerfortbildung im Bereich Forschendes Lernen sollte intensiviert werden, damit die Lehrkräfte in diesem Bereich Selbstvertrauen und Methodenkompetenz entwickeln können.

Der TALIS Bericht (Europäische Kommission, 2009) verwies bereits darauf, dass die Konzepte und Programme zur Lehrerfortbildung in Europa häufig wenig kohärent sind. Stellenweise fehlen solche Angebote sogar gänzlich. Auch bei der Projektplanung der hier zusammengefassten Projekte wurde diese Situation deutlich. Projekte wie PRIMAS, PROFILES, Pathway und S-TEAM konzentrierten sich daher vor allem darauf, qualitativ hochwertige Lehrerfortbildungen zu konzipieren und zu organisieren. Diese Projektaktivitäten waren sehr erfolgreich. Sie basierten auf der tatsächlichen Bedarfslage, ermöglichten direkten Kontakt mit Lehrkräften sowie beiderseitiges Feedback und unterstützen die Lehrkräfte aktiv darin, Forschendes Lernen in ihrer alltäglichen Unterrichtspraxis zu integrieren.

Es gab auch auf Europaebene einige erfolgreiche Ansätze der Lehrerfortbildung wie beispielsweise die Ferienkurse²⁶. Diese Kurse haben jedoch Nachteile. Sie finden normalerweise in den Schulferien statt und sind gerade für Lehrkräfte mit familiären Verpflichtungen problematisch. Dabei kommt auch die Frage der Gleichberechtigung zwischen weiblichen und männlichen Lehrkräften ins Spiel. Darüber hinaus müssen Hotel- und Flugkosten über den Projektetat finanziert werden, was auf lange Sicht nicht realisierbar ist. Lehrerfortbildungsaktivitäten sollten daher eher auf regionaler Ebene organisiert werden, da hier geringere Reisekosten entstehen und auch die Sprache kein Hindernis darstellt. Außerdem können Arbeitsgruppen von Lehrkräften auf regionaler Ebene möglicherweise auch eigenständig weiterarbeiten, die Unterstützung der Schulleitungen natürlich vorausgesetzt.

Auf nationaler Ebene verhindern folgende Faktoren oft eine erfolgreiche Lehrerfortbildung:

Es fehlt oft generell die Bereitschaft bzw. auch Verpflichtung zur Fortbildung.

Die angebotenen Fortbildungen bestehen oft zum Großteil aus Informationsvermittlung. Es bestehen kaum Möglichkeiten zum aktiven Ausprobieren von Methoden und Materialien.

Für die Lehrkräfte werden keine Anreize gesetzt, Lehrerfortbildungen zu besuchen. Vor allem, wenn diese außerhalb der regulären Unterrichtszeit stattfinden, spielt dieser Punkt eine wichtige Rolle.

²⁵ <http://www.scy-net.eu/>

²⁶ z.B. die von Creative Little Scientists angebotenen Ferienkurse in Kreta, im Juni/Juli 2013

Lehrkräfte, die für Fortbildungen während der Unterrichtszeit freigestellt werden, müssen von anderen Kolleginnen und Kollegen vertreten werden.

Die Qualität des Unterrichts beeinflusst mehr als alle anderen Faktoren in sehr hohem Maße den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler. Die hier untersuchten Projekte weisen nach, dass effiziente Lehrerfortbildung der günstigste und beste Weg ist, die Unterrichtsqualität zu verbessern. Die Projekte zeigen auch auf, dass angehende Lehrkräfte das Konzept des Forschenden Lernens bereits während ihrer Ausbildung umfassend kennen lernen sollten, um es zu internalisieren. Die Phase der Lehrerausbildung erweist sich dabei als deutlich schwierigeres Feld mit ihrer jeweils spezifischen engen Kontrolle von Pädagogik, Curricula und Prüfungswesen. Der Bereich der Lehrerfortbildung hingegen ist wesentlich offener. Die Lehrerausbildung ist außerdem eine sehr langsame Art den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zu verändern, da die Berufsanfänger jährlich nur einen geringen Prozentsatz aller Lehrkräfte darstellen. Dennoch sollte auch das Studium und das Referendariat in den Reformprozess miteinbezogen werden, um Forschendes Lernen erfolgreich in allen Phasen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung zu implementieren. Bei der Lehrerausbildung sollten auch die Unterschiede zwischen den verschiedenen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern beachtet werden. Dies ist ein wichtiger Punkt, da sich die Lehrerausbildung in verschiedenen europäischen Ländern im Bereich der STEM-Fächer deutlich voneinander unterscheidet, wie sich zum Beispiel auch an den voneinander abweichenden Fächerbezeichnungen und –inhalten zeigt. Verschiedene Projekte bemühten sich um diesen Punkt und stellten auch für die Lehrerausbildung differenzierte Materialien und Ressourcen online bereit.

B.4: Die Perspektive der Lernenden

Die Perspektive der Lernenden in Bezug auf STEM-Unterricht sollte mehr Beachtung finden.

Dieser Punkt wurde im Rahmen des vorliegenden Berichts bereits erwähnt. Er ist jedoch von fundamentaler Bedeutung. Forschendes Lernen soll die Schülerinnen und Schüler dazu anregen, sich aktiv mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Inhalten und Methoden auseinanderzusetzen. Dieses Leitziel setzt jedoch voraus, dass Projekte zum STEM-Unterricht zumindest zur Kenntnis nehmen, dass die Einstellungen und Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler zum Forschenden Lernen dabei eine wichtige Rolle spielen. Eben dieser Aspekt fehlt jedoch in den meisten Projekten. Es gibt eine Reihe von Gründen, warum die Perspektive der Lernenden so wenig vertreten ist. Projekte wie SECURE haben sich durchaus mit der Perspektive der Lernenden beschäftigt. Es war jedoch nicht möglich zum Forschenden Lernen direkte Fragen stellen, da dieser Terminus den Schülerinnen und Schüler nicht bekannt war bzw. weil an der jeweiligen Schule Forschendes Lernen bislang überhaupt keine Rolle gespielt hatte. Es ist daher sehr schwierig, einen klaren Einblick darüber zu gewinnen, was Lernende vom Forschenden Lernen halten, ob sie es schätzen und ob es auf lange Sicht ihre Berufswahl beeinflussen könnte. Andere Projekte, wie beispielsweise SiS-Catalyst untersuchten die Perspektive der Lernenden direkter, allerdings nicht primär mit dem Schwerpunkt des Forschenden Lernens. Aus PRIMAS liegen Evaluationsergebnisse von Schülerbefragungen vor.

Projekte konzentrieren sich darauf, mit den vorhandenen Finanzierungsmitteln eine möglichst große Wirkung zu erreichen. Dazu arbeiten sie normalerweise mit der Multiplikatoren-Methode, d.h. sie bilden zunächst eine kleine Anzahl an Lehrkräften fort, die die neuen Erkenntnisse als Multiplikatoren dann im Sinne des Schneeballsystems

weitertragen. Von den Lehrkräften wird also erwartet, dass sie im Laufe der Zeit mit verschiedenen Schülergruppen Aktivitäten des Forschenden Lernens durchführen und möglicherweise auch Projekte mit anderen Kolleginnen und Kollegen organisieren, um so nach und nach eine große Anzahl Lernender zu erreichen. Auch nach Abschluss des offiziellen Projektzeitraums sind hier Forschung und Unterstützungsmechanismen für diese Multiplikatoren nötig, damit Forschendes Lernen nachhaltig und flächendeckend in der Unterrichtspraxis verankert werden kann.

Die Nachhaltigkeit der Lehrerfortbildungen und die Perspektive der Lernenden zum STEM-Unterricht wurde bislang wenig untersucht. Dafür gibt es mehrere Gründe. Erstens ist hier die unklare Situation von CSA (Aktivitäten zur Koordination und Unterstützung) und LLP Projekten, die laut Finanzierungskonzeption nicht selbst forschen, aber dennoch ihre Ergebnisse evaluieren.

Zweitens lassen sich Projektaktivitäten, bei denen Lehrkräfte beteiligt sind, relativ einfach bei den entsprechenden Lehrerfortbildungen oder Workshops evaluieren. Die Ansichten und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler zu erheben, ist deutlich komplexer. So müssen Fragebögen z.B. auf das spezifische Fach bzw. auf die entsprechende Altersgruppe angepasst werden. Zudem herrscht im Schulalltag oft Zeitdruck, weshalb Lehrkräfte kaum mit umfangreichen Erhebungsinstrumenten arbeiten können. Einige Projekte entwickelten recht kompakte Instrumente, um die Perspektive der Lernenden in Bezug auf das Forschende Lernen zu erheben²⁷, diese wurden jedoch nicht umfassend genutzt.

Drittens haben die Projekte zwar ein großes Interesse an Feedback durch Evaluation, die Lehrkräfte hingegen lassen sich oft nur ungern Feedback von ihren Schülerinnen und Schülern geben. Lernende und Lehrende empfinden es oft als schwierig, Feedback zu einer bestimmten Unterrichtsmethode von Feedback zur Gesamtperson der jeweiligen Lehrkraft zu trennen. Das Ausfüllen von Fragebogen kostet Unterrichtszeit. Dieser Faktor zusammen mit der Angst einiger Lehrkräfte vor einem negativen Feedback führt mit dazu, dass die Perspektive der Lernenden in der aktuellen Projektlandschaft sehr wenig vertreten ist. Eine Ausnahme stellt das Projekt SiS-Catalyst dar, das die Perspektive der Lernenden spezifisch angeht. Im Rahmen des Projekts wurden beispielsweise Guidelines erstellt, was zu beachten ist, wenn man Kindern und Jugendlichen zuhört²⁸.

Die Perspektive der Lernenden ist auf Europaebene ebenso relevant wie auf nationaler und regionaler Ebene. Dennoch bietet die nationale Ebene die größten Möglichkeiten, die Perspektive der Lernenden in die Bildungspolitik einzubeziehen. Der Irrglaube über die möglichen Probleme und Risiken, wenn man die Lernenden ebenfalls zu Wort kommen lässt, ist weit verbreitet. Die aktuelle Forschung stellt jedoch fest, dass Jugendliche oft viel verantwortungsbewusster, reifer und konstruktiver sind als man dies aufgrund ihrer aktuellen Rolle in der Bildungslandschaft vermuten würde.

²⁷ Scepstati, entwickelt im Rahmen des S-TEAM Projekts.

²⁸ <http://www.siscatalyst.eu/listen-empower>

Teil C: Die Ebene der Schulen

C.1: Schulleitung

Die Schulleitungen sollten die Implementierung innovativer Unterrichtskonzepte aktiv unterstützen.

Forschendes Lernen ist für Schulen, Lehrende und Lernende ein spannendes Feld. Man muss dabei jedoch beachten, dass Schulen kollektive Organismen sind. Teamwork, eine einheitliche gemeinsame Herangehensweise sowie die faire Verteilung von Ressourcen sind daher sehr wichtig. Um Forschendes Lernen erfolgreich zu implementieren, ist demnach die aktive Unterstützung durch die Schulleitung nötig. Die Schulleitung sollte die Lehrkräfte ermutigen, an geeigneten Lehrerfortbildungen zum Forschenden Lernen teilzunehmen, die Lehrkräfte dann dafür auch freistellen und eine entsprechende Unterrichtsvertretung organisieren. Bei der Deputatsverteilung sollte die Schulleitung darauf achten, dass die Lernenden möglichst kontinuierlich unterrichtet werden und nicht einen ständigen Wechsel verschiedener Herangehensweisen und Methoden im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht erleben.

An einigen Schulen konnten wir beobachten, dass Forschendes Lernen in interdisziplinärer Projektform praktiziert wurde, z.B. in den Fächern Technik, Naturwissenschaften, Kunst und teilweise sogar in den sprachlichen Fächern. Ein Beispiel ist *Wheels on Fire*, eine Aktivität, die im Rahmen von S-TEAM an norwegischen Schulen durchgeführt wurde.

Schule wird bereits vielerorts als Lernende Organisation bezeichnet und wahrgenommen. Man darf dabei nicht übersehen, dass der STEM-Unterricht in solch einer Lernenden Organisation oft keine privilegierte Rolle hat. Er ist vielmehr ein Themenbereich, während in anderen Fächern möglicherweise auch bereits innovative Lehrmethoden ausprobiert bzw. praktiziert werden. Projekte zur Weiterentwicklung des STEM-Unterrichts sollten daher flexibel gestaltet werden. Viele Elemente des Forschenden Lernens im STEM-Unterricht sind auch fachunabhängig generelle Faktoren eines qualitativ hochwertigen Unterrichts.

Die Schulleitungen bzw. vor allem auch die Schulämter bzw. Regierungspräsidien haben außerdem die Pflicht und Aufgabe ausreichend personelle Ressourcen für die Implementierung des Forschenden Lernens bereitzustellen.

In einigen Ländern spielen auch die Hochschulen eine wichtige Rolle für das Forschende Lernen. Sie ermöglichen den Schulen Zugang zu Laboreinrichtungen u.ä., die sich die einzelne Schule aus finanziellen Gründen nicht leisten könnten. Solche Modelle nützen außerdem auch den Lehrkräften, die auf diese Weise in Kontakt mit Naturwissenschaftlern an den Hochschulen kommen. Beispiele für solche Kooperationen sind das Irresistible Projekt und das Chain Reaction Projekt²⁹.

C.2: Kooperation zwischen Lehrkräften

Die Lehrkräfte sollten fachspezifisch und auch interdisziplinär zusammenarbeiten, damit das Potential innovativer Unterrichtskonzepte voll ausgeschöpft werden kann.

Kooperation zwischen Lehrkräften basiert zunächst darauf, zu relevanten pädagogischen Fragestellungen und Themen ein gemeinsames Verständnis zu erarbeiten. Dieses

²⁹ <http://www.chreact.eu>

Reflektieren über seine eigenen Einstellungen, Haltungen und Erfahrungen als Lehrkraft, dieser Prozess der Selbstevaluation, der Austausch mit Kolleginnen und Kollegen ist selbst ein Element von Pädagogik und findet auch in der Lehreraus- und fortbildung zunehmend mehr Beachtung. Reeves verdeutlicht die Relevanz dieser Prozesse:

Aktuelle Forschungsergebnisse stellen deutlich in Frage, ob professionelle Weiterentwicklung überhaupt möglich ist, indem man versucht, das einzelne Individuum zu verändern. In Organisationen, wo Menschen zusammen arbeiten, unterliegen Veränderungsprozesse vielmehr einer komplexen Dynamik. Der Einzelne kann sich nicht verändern, ohne die Zustimmung, Unterstützung und Partizipation der anderen (Reeves, 2008, n.p).

Berufsanfänger im Lehrberuf haben es daher oft besonders schwer, innovative Lehrmethoden und pädagogische Ansätze umzusetzen. Man mag das eigene Klassenzimmer als isolierten Raum wahrnehmen, dennoch beeinflussen sich die verschiedenen Lehrkräfte immer auch gegenseitig, z.B. indem durch ihr Handeln Schülererwartungen entstehen.

Grangeat & Gray (2008) betonen ebenfalls die Kooperation der Lehrkräfte, wenn neue Lehrmethoden nachhaltig umgesetzt werden sollen. Das ESTABLISH Projekt verdeutlicht die Rolle der Kooperation in Bezug auf Lehrerfortbildungen:

Lehrkräfte, die Fortbildungen bzw. Workshops zum Forschenden Lernen besuchen, machen dort in der Regel unterschiedliche Erfahrungen. Daher ist es wichtig, ihnen Zeit und Raum zu geben, diese Erfahrungen auszutauschen und innerhalb des gesamten Kollegiums bzw. auf lokaler Ebene weiterzugeben. Weniger erfahrene Lehrkräfte können so von den erfahreneren Kolleginnen und Kollegen lernen (ESTABLISH 2011, p.43).

Der Bericht zur "Naturwissenschaftlichen Bildung für verantwortungsbewusste Bürger" (Europäische Kommission, 2015) enthält die Empfehlung, dass im STEM-Unterricht Schlüsselkompetenzen vermittelt werden sollen, die auch für alle anderen Fächer relevant sind. Dieses Element "A" (for All subjects = für alle Fächer) spiegelt sich hier wieder.

C.3: Strukturen der Lehrerfortbildung

Die berufliche Weiterentwicklung und –qualifizierung von Lehrkräften benötigt Zeit, Raum und klare Strukturen.

Die Projektergebnisse betonen, dass qualitativ hochwertige Lehrerfortbildung die zentrale Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung des Forschenden Lernens ist. Die Lehrkräfte selbst bestätigen diese Sicht. Forschendes Lernen kann dazu beitragen, die Lernenden für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zu begeistern und zu motivieren. Man darf dabei aber nicht vergessen, dass Forschendes Lernen auch eine hervorragende Methode in der Lehrerfortbildung selbst ist. Forschendes Lernen benötigt schlichtweg Zeit. Es ist daher kaum möglich, im Rahmen von Kurzpräsentationen bzw. eintägigen Workshops Lehrkräfte dahingehend zu qualifizieren, dass sie Forschendes Lernen erfolgreich in ihrem Unterrichtsalltag umsetzen.

Wenn man den Lehrkräften Prinzipien für Aktivitäten des Forschenden Lernens an die Hand gibt, bedeutet das damit noch lange nicht, dass die Umsetzung dieser Prinzipien im Unterricht immer problemlos verläuft. Die Lehrkräfte benötigen daher Zeit und Raum, um sich mit ihren Kolleginnen und Kollegen wie auch mit externen Forschern über mögliche

Probleme bei der Umsetzung auszutauschen. Dies sollte möglichst vor, während und nach der eigentlichen Aktivität des Forschenden Lernens stattfinden. Dieser Austausch sollte regelmäßig stattfinden, entweder an der Schule oder in außerschulischen Räumlichkeiten. Solche Arbeitstreffen sollten darüber hinaus jeweils ein klares Thema bzw. Ziel haben. Optimalerweise sollten sich diese Einzelthemen im Laufe der Zeit zu einer stimmigen Gesamtstruktur zusammenfügen. Für diese Art von zeitlich und inhaltlich strukturierter Lehrerfortbildung ist auch die Beteiligung der Schulleitungen bzw. der Schulaufsichtsbehörden wünschenswert.

C3.1 Lehrerfortbildung sollte in Form von Arbeitsgruppen (communities of inquiry) und Netzwerken organisiert werden.

Diese Empfehlung knüpft an unsere bereits dargelegten Empfehlungen zur Lehrerfortbildung und zur Kooperation zwischen Lehrkräften an. Sie bezieht sich aber auch auf Calls, die die Netzwerkbildung zwischen Lehrkräften zum Thema hatten. Mit Netzwerk können dabei eine sehr große Anzahl an Personen gemeint sein wie beispielsweise 4m+ des TES Connect Networks³⁰ oder auch beispielsweise ein Zusammenschluss einiger weniger Chemielehrkräfte auf lokaler Ebene. Lehrernetzwerke sind oft multifunktional und verfolgen mehrere Ziele gleichzeitig. Für Arbeitsgruppen (communities of inquiry) sollte besser ein spezifisches Ziel festgelegt werden und sie sollten vor allem auch Raum für Lehr-Lern-Erfahrungen mit innovativen Methoden bieten. Alle Teilnehmer sollten sich in gleicher Form einbringen und äußern können, dennoch benötigen solche Arbeitsgruppen vor allem in der Anfangsphase in der Regel einen Leiter. Dies kann sowohl eine Person aus dem Bereich der Forschung sein wie auch eine geeignete Lehrkraft.

C.4: Lernen in außerschulischen, naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen

Bei der Implementierung innovativer Konzepte des STEM-Unterrichts sollte das Lernen in außerschulischen, naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen eine zunehmende Rolle spielen.

- Das Lernen in außerschulischen naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen ergänzt inzwischen immer regelmäßiger den formellen, schulischen STEM-Unterricht. Naturwissenschaftliche Bildung findet nicht mehr nur im Klassenzimmer statt. Die aktuelle Forschung weist darauf hin, dass außerschulische Bildungseinrichtungen wie Naturkundemuseen, botanische Gärten, Zoos und Aquarien einen wertvollen Beitrag dazu leisten können (Phillips et al, 2007). Darüber hinaus können solche Einrichtungen auch die gesamte Gesellschaft für Naturwissenschaft begeistern (Bell et al, 2010). In solchen naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen kann Naturwissenschaft sozusagen aus erster Hand erlebt werden. Sie bieten den Besuchern unabhängig vom sozialen und kulturellen Hintergrund Möglichkeiten zum lebenslangen Lernen. Das FP7 Programm Naturwissenschaft und Gesellschaft arbeitet auf der Basis dieser Erkenntnisse und kontaktierte daher eine Vielzahl naturwissenschaftlicher Bildungseinrichtungen in Europa mit der Bitte sich an Projekten zu beteiligen bzw. selbst welche zu koordinieren.
- Projekte wie INQUIRE, Pathway oder Fibonacci konzentrierten sich darauf, den Stellenwert der naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen im schulischen STEM-Unterricht zu verbessern. Sie entwickelten Lehrmaterialien für den Besuch bzw. die

³⁰ <https://community.tes.com/>

Zusammenarbeit mit naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen und konzipierten dazu entsprechende Lehrerfortbildungen. Naturwissenschaftliche Bildungseinrichtungen verfügen in einmaliger Form über Ressourcen wie auch über aktuelles Fach- bzw. Methodenwissen im naturwissenschaftlichen Bereich und können Lehrkräfte damit bei der Implementierung von Forschendem Lernen im Unterrichtsalltag unterstützen. Ein Haupterfolg aus sieben Jahren FP7 ist, dass inzwischen viele Schulsysteme bzw. auch einzelne Lehrkräfte eng mit verschiedenen naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen zusammenarbeiten, um Wissen, Erfahrungen und Ressourcen auszutauschen und so insgesamt die naturwissenschaftliche Bildung in Europa zu verbessern.

- Die aktuelle Forschung belegt, dass die Lernenden mehr von Besuchen außerschulischer, naturwissenschaftlicher Bildungseinrichtungen profitieren, wenn diese in einem klaren Zusammenhang zum schulischen STEM-Unterricht stehen. Geeignete Lernaktivitäten vor und nach dem Besuch führen zu deutlich besseren Lernergebnissen (Cox-Petersen et al, 2003). Es erwies sich auch als hilfreich, wenn sich die STEM-Lehrkraft im Vorfeld mit dem entsprechenden Pädagogen vor Ort absprach, um diesem einen Eindruck von Vorwissen, Ideen und Interessen der Lernenden zu vermitteln. Viele FP7 Projekte (z.B. INQUIRE, PATHWAY etc.) versuchten daher, Netzwerkstrukturen zwischen STEM-Lehrkräften und Pädagogen der naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen aufzubauen. So wurde ein Austausch aller Beteiligten ermöglicht, wie Forschendes Lernen im schulischen und außerschulischen Kontext optimal umgesetzt werden kann. Diese Zusammenarbeit verschiedener Expertengruppen ist ein großer Schritt auf dem Weg die naturwissenschaftliche Bildung in Europa zu verbessern. Einige Projekte (z.B. INQUIRE) organisierten auch Netzwerke ausschließlich für die Pädagogen der außerschulischen, naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen. Die gemeinsame Reflexion wie auch der Austausch von Wissen und Erfahrungen wird die Beteiligten dabei unterstützen, die naturwissenschaftlichen Bildungseinrichtungen weiter zu optimieren. In ganz Europa haben FP7 Projekte dazu beigetragen, die wichtige Rolle der außerschulischen Bildungseinrichtungen für einen motivierenden STEM-Unterricht und für die erfolgreiche Zukunft der naturwissenschaftlichen Bildung in Europa bewusst zu machen.

C.5: Lernumgebung und Lernklima

Die grundlegende Voraussetzung für den Erfolg des Forschenden Lernens ist ein Lernklima, in dem geforscht werden darf, in dem die Schüler Fragen stellen dürfen und in dem die Bildungspläne so flexibel sind, dass Abweichungen vom geplanten Unterricht möglich sind.

Das Hauptziel des Forschenden Lernens ist es, den STEM-Unterricht schülerorientiert zu gestalten und so bei den Lernenden Motivation und Interesse an Mathematik und Naturwissenschaften zu wecken. Auf den ersten Blick mag es einfach erscheinen, Lernumgebung und Lernklima dahingehend adäquat zu gestalten. Dies lässt sich so nicht bestätigen. Lernumgebung und Lernklima so zu gestalten, dass Forschendes Lernen möglich wird, zeichnet vielmehr eine gute STEM-Lehrkraft aus. Diese Kompetenz lässt sich erlernen. Viele Projekte wie beispielsweise Fibonacci, Pathway, PRIMAS, PROFILES, S-TEAM und SAILS boten genau dazu entsprechende Lehrerfortbildungen an.

C.6: Was ist Forschendes Lernen nicht?

Wissensvermittlung ist wichtig. Es gibt viele Themen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, die die Lernenden nicht selbst erforschen können.

Echtes Forschendes Lernen ist ergebnisoffen, Arbeitsblätter und Lernaktivitäten mit einer vorgegebenen Ergebnisstruktur entsprechen daher nicht den Prinzipien des Forschenden Lernens. Man darf dabei aber nicht vergessen, dass gerade beim Forschenden Lernen die Aktivierung des Vorwissens der Schüler eine wichtige Rolle spielt. Auch eignen sich nicht alle mathematisch-naturwissenschaftlichen Themen zur eigenständigen Erarbeitung durch die Schülerinnen und Schüler.

Forschendes Lernen wird oft vermischt mit naturwissenschaftlichen Experimenten, oft sieht man Bilder von jüngeren Schülerinnen und Schülern, die mit Reagenzgläsern hantieren (so wie auch in diesem Bericht). Solche Bilder führen zu einem falschen Verständnis von Forschendem Lernen. Forschendes Lernen ist ein dynamisches Konzept wie eine Reise, das durch ein statisches Bild kaum wiedergegeben werden kann. Bilder wie jenes mit dem Reagenzglas können nur einzelne Stationen dieser Reise wiedergeben. Die meisten Projekte achteten bei der Erstellung von Lehr-Lernmaterialien sehr darauf, diese ergebnisoffen zu gestalten und keine Musterlösungen vorzugeben. Wenn Forschendes Lernen jedoch mit naturwissenschaftlichem Experimentieren gleichgesetzt wird, besteht genau diese Gefahr, dass eben doch vorgefertigte Lösungen formuliert werden.

Forschendes Lernen beinhaltet eine Vielzahl möglicher Lehr-Lernsituationen, von sehr offenen zu eher geschlossenen Formen. Die Rolle der Lehrkraft als zentrale Person des Prozesses bleibt jedoch immer bestehen. In einem echten naturwissenschaftlichen Forschungsprozess gibt es ja auch immer gewissen Rahmenvorgaben, sei es nun zeitlicher oder auch inhaltlicher Art. Forschendes Lernen kann nur dann zum Erfolg führen, wenn das Vorwissen der Lernenden mit in Betracht gezogen wird und wenn die Lernenden die erforderlichen Methoden und Erklärungen an die Hand bekommen. Es ist die Aufgabe der Lehrkraft zu entscheiden, welche Lerninhalte Schülerinnen und Schüler selbst erarbeiten können und welche nicht und ihnen die nötigen Hilfen dafür bereitzustellen.

Eine Forschungsgruppe um das S-TEAM project³¹ formulierte kürzlich den Ansatz, Forschendes Lernen flexibler zu definieren. Forschendes Lernen sollte eine Methode sein, um über verschiedene Formen des Wissenserwerbs, um über das Fragenstellen an sich nachzudenken. Lehrkräfte sollten über eine Bandbreite pädagogischer und didaktischer Möglichkeiten verfügen, um je nach Lerninhalt und Lernvoraussetzungen der Schülergruppe die geeignete Herangehensweise auswählen zu können.

Forschendes Lernen ist vor allem ein Prozess des Fragenstellens, Fragen werden jedoch immer in einem spezifischen Kontext gestellt. Es gibt immer gewissen Rahmenbedingungen und eine gewisse Zielrichtung, in Bezug auf welche gewisse Antworten bedeutungsvoll sind und andere eben nicht. Man kann dies mit einem Fragebogen oder mit jedem anderen wissenschaftlichen Erhebungsinstrument vergleichen. Auch wenn ein Bereich für offene Antworten vorgegeben ist, so geht diesen doch immer eine mehr oder weniger offene Fragestellung voraus.

Forschendes Lernen stellt die Relevanz von naturwissenschaftlichem Experimentieren nicht in Frage. Experimentieren ermöglicht es den Lernenden, durch eigenes Handeln wichtige

³¹ Smith et al (voraussichtliche Publikation in 2016)

Inhalte und Prinzipien unsere Welt zu erfahren. Ein Artikel in dritten STENCIL Jahresbericht (2013) führt in diesem Zusammenhang das Konzept der Handlungsfähigkeit (operacy) ein:

Wir vergessen hier den wichtigsten Aspekt, den ich als "Handlungsfähigkeit" bezeichne. Handlungsfähig sein, d.h. selbst und aktiv etwas tun können, ist ebenso wichtig wie theoretischer Wissenserwerb. Dieser Aspekt wird völlig vernachlässigt. Unsere Schulen produzieren Jugendliche, die wenig zu unserer Gesellschaft beitragen können (de Bono, in STENCIL 2013, S.31).

Zwei spezifische Themenbereiche sollten hier gesondert erwähnt werden. Zum einen geht es um die Rolle der Mathematik innerhalb des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsspektrums. Das Projekt COMPASS hat sich auf den Mathematikunterricht fokussiert und formuliert dazu in der Einleitung:

Oft sind Mathematik und die anderen naturwissenschaftlichen Fächer an der Schule wenig vernetzt. Teilweise werden naturwissenschaftliche Kontexte verwendet, um gewisse mathematische Inhalte für die Schülerinnen und Schüler motivierender zu gestalten. Ansonsten spielen Naturwissenschaften im Mathematikunterricht aber eine sehr untergeordnete Rolle. Sobald dann auch der mathematische Teil erarbeitet wurde, scheinen die naturwissenschaftlichen Inhalte in Vergessenheit zu geraten.

Mathematik wiederum taucht nur wenig in den naturwissenschaftlichen Fächern auf, obwohl Mathematik ja eigentlich die *Sprache der Naturwissenschaften* ist. Mathematik wird von den Lernenden oft als schwierig erlebt, daher versuchen viele naturwissenschaftliche Lehrkräfte, die mathematische Dimension so gering wie möglich zu halten, um ihr Fach zugänglicher für die Lernenden zu gestalten. Im Endeffekt haben die Schülerinnen und Schüler auf diese Weise jedoch weniger Zugang zu naturwissenschaftlichen Fächern und Disziplinen und auch zu echter naturwissenschaftlicher Forschung (Compass, 2011, S.3).

In Bezug auf das Forschende Lernen hat gerade die Mathematik auch ein konzeptionelles Problem. Mathematik unterscheidet sich von den klassischen Naturwissenschaften durch das Konzept der Beweisführung. Für die Mathematik ist Beweisführung unabdingbar, für die anderen Naturwissenschaften jedoch nicht. Kanazawa formuliert dies folgendermaßen:

Mathematik und Logik sind in sich geschlossene Systeme von Propositionen. Naturwissenschaft hingegen ist empirisch und untersucht die Welt, so wie sie ist³².

Forschendes Lernen im Mathematikunterricht zu implementieren ist daher schwieriger, aber nicht unmöglich. Verschiedene Projekte haben sich bereits intensiv mit dem Mathematikunterricht befasst, es muss hier aber sicherlich noch einige Arbeit geleistet werden. Dabei sollte vor allem auch das mathematische Grundverständnis der Schülerinnen und Schüler zum Thema gemacht werden. Einige Forschungsarbeiten weisen darauf hin, dass Kontextualisierung das Lösen mathematischer Probleme eher erschwert als erleichtert (z.B. Sheffield & Hunt, 2007). Diese These ist bislang widersprüchlich und die Mehrheit der mathematikfokussierten Projekte beschäftigte sich demnach mit "Echtwelt-Szenarien" bzw. mit "authentischen Kontexten".

³² vgl. <http://www.psychologytoday.com/blog/the-scientific-fundamentalist/200811/common-misconceptions-about-science-i-scientific-proof>

Zum Zweiten geht es um das 'E' in STEM. Engineering (= Ingenieurwissenschaften) wird kaum erwähnt und ist auch in den Bildungsplänen wenig vertreten. Dennoch könnte gerade dieser Fachbereich einen wesentlichen Beitrag zum Forschenden Lernen leisten und Kooperationen zwischen den entsprechenden Ausbildungsstätten bzw. Universitäten der Ingenieurwissenschaften und den Fachkolleginnen und –kollegen der Schulen könnten vielversprechend sein. Einige der hier untersuchten Projekte konzipierten praxisnahe Schulprojekte, in denen ingenieurwissenschaftliche Elemente mit einer Rolle spielten, allerdings nur in sehr geringem Umfang. Außerschulische Bildungseinrichtungen sind in diesem Bereich deutlich weiter. Organisationen wie *First Lego League (FLL)*³³ spielen in einigen Ländern eine wichtige Rolle. In Großbritannien zum Beispiel arbeitet FLL mit der Institution of Engineering and Technology (= Institut für Ingenieurwissenschaften und Technologie) zusammen, um den STEM-Unterricht an den Schulen zu verbessern und schulübergreifende, naturwissenschaftliche Wettbewerbe zu konzipieren.

C.7: Professionelle Netzwerke

Um Lehrkräfte bei der Implementierung des Forschenden Lernens zu unterstützen, sollten bessere Netzwerke und Kooperationen zwischen den Lehrkräften entwickelt werden. Ebenso sollten Lehrkräfte, außerschulische, naturwissenschaftliche Bildungseinrichtungen und Forscher enger zusammen arbeiten, um neue Methoden, Materialien und Themenbereiche zu erarbeiten.

- Auf die Wichtigkeit der Entwicklung erfolgreicher Netzwerke zwischen STEM-Lehrkräften wurde im Rahmen des vorliegenden Berichts bereits mehrfach hingewiesen. Darüber hinaus sollte die Kooperation mit außerschulischen naturwissenschaftlichen Einrichtungen und Institutionen verbessert werden. Einige der hier vorgestellten Projekte waren gerade in diesem Bereich sehr erfolgreich. Wenn solche außerschulischen Partner in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildungsprozess involviert werden, können die Lernenden und Lehrenden von deren Ressourcen profitieren und mehr über Naturwissenschaft lernen. Erfolgreiche Lehrerfortbildung erfordert, wie bereits erwähnt, die Unterstützung der Schulleitungen und der Schulaufsichtsbehörden. Diese Unterstützung wird auch für die Entwicklung zuverlässiger und langfristiger Kooperationen mit außerschulischen Partnern benötigt.
- Lehrerverbände und –gewerkschaften beschäftigen sich in der Regel vor allem mit den täglichen Arbeitsbedingungen. Pädagogische oder didaktische Fragen hingegen werden oft eher von Expertengruppen thematisiert, die sich dann häufig auf ein spezielles Fach oder eine spezifische Altersgruppe konzentrieren. Wenn man Lehrkräfte in ihrer Rolle als Unterrichtsexperten ernst nimmt und als solche professionell auf Europaebene mit ihnen arbeiten möchte, müssen dazu entsprechende Strukturen aufgebaut werden, wie es sie in anderen Berufsrichtungen längst gibt. Ein gut ausgebautes europaweites STEM-Netzwerk könnte die Lehrkräfte anregen, über ihre Rolle und ihre Einstellungen im STEM-Unterricht zu reflektieren, sich gegenseitig auszutauschen und ein zukunftsfähiges Berufsverständnis zu entwickeln. Bereits existierende Netzwerke könnten mit EU-Geldern unterstützt werden. Allerdings sind Netzwerke oder Arbeitsgruppen von Lehrkräften problematisch, wenn sie an individuelle Projekte angeschlossen sind, da es einerseits ein für Lehrkräfte oft unüberschaubares Überangebot von solchen Angeboten

³³ www.firstlegoleague.org/

gibt und da solche Angebote andererseits aufgrund der begrenzten Projektdauer von den Lehrkräften oft als sehr kurzlebig wahrgenommen werden.

- Nachhaltige Netzwerkbildung scheint daher vor allem auf Bundes- bzw. Länderebene möglich zu sein, wo die Lehrkräfte eine einheitliche Sprache sprechen und wo die Unterstützung des Netzwerks durch die Bildungspolitik und die daran angegliederten Organisationen auf lange Frist gesichert ist³⁴.

Zusammenfassung

Die mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung muss im Kontext mit der Agenda Verantwortungsbewusste Forschung und Innovation (RRI) gesehen werden. Naturwissenschaftliche Bildung wurde traditionell als wertfrei betrachtet. Die Initiative Verantwortungsbewusste Forschung und Innovation bedeutet jedoch eine Rückkehr zu Werten und Ethik sowie eine kritische Auseinandersetzung der Gesellschaft mit den Naturwissenschaften. Forschendes Lernen ist unabdingbar, damit Lernende sich intensiv und aktiv mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Inhalten und Prozessen auseinandersetzen. Sie arbeiten dabei mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Methoden wie beispielsweise Beobachtung, Datenerfassung und –analyse und Beweisführung und kommen in Kontakt mit außerschulischen Naturwissenschaftlern. Dieser Dialog zwischen Lernenden und Forschern im STEM-Unterricht ist auch ein Kernanliegen der Verantwortungsbewussten Forschung und Innovation (RRI).

Unsere Vision von naturwissenschaftlicher Bildung ist eine Vision von Offenheit, wo die Grenzen zwischen Naturwissenschaft und Bildung, zwischen Forschung und Lernen zerfließen. Forschendes Lernen – in einem weiten Sinn – sollte dabei als verbindendes Element im Zentrum stehen.

Schulleitungen sowie die örtlichen Schulaufsichtsbehörden sollten die nötigen personellen Ressourcen bereitstellen, damit Forschendes Lernen erfolgreich implementiert werden kann. In einigen Ländern spielen auch die naturwissenschaftlichen Universitäten eine wichtige Rolle, da die Schulen hier Zugangsmöglichkeiten zu Laboreinrichtungen etc. genießen, die sich die einzelne Schule nicht leisten könnte.

Wie alle hier vorgestellten Projekte einstimmig betonen, soll Forschendes Lernen vor allem die Schülerinnen und Schüler motivieren, sich aktiver und intensiver mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Inhalten auseinanderzusetzen. Es scheint auf den ersten Blick einfach, die Lernatmosphäre so zu gestalten, dass Forschendes Lernen ermöglicht wird. Dies entspricht aber nicht der Realität. Diese Fähigkeit, Lernumgebung und Lernklima erfolgreich zu gestalten, zeichnet vielmehr eine gute STEM-Lehrkraft aus. Diese Kompetenz kann von den Lehrkräften erworben werden, sei es im Rahmen der Lehrerbildung oder im Rahmen von effizienten, d.h. längerfristigen Lehrerfortbildungen. Viele Projekte wie beispielsweise Fibonacci, Pathway, PRIMAS, PROFILES, S-TEAM und SAILS konzipierten Lehrerfortbildungen, die die Gestaltung der Lernumgebung und des Lernklimas thematisieren.

Um Forschendes Lernen erfolgreich zu implementieren, sind zuverlässige und dauerhafte Strukturen nötig. Der Ansatz des Forschenden Lernens muss weiträumig propagiert werden, die Lehrkräfte müssen flächendeckend fortgebildet werden und brauchen Reflexions- und Austauschmöglichkeiten. Sehr wichtig ist auch, die Lernenden selbst in den Prozess

³⁴ z.B. die Arbeitsgruppe um Times Education in Großbritannien.

miteinzubeziehen. Dazu wird ein funktionierendes Konzept benötigt, wie die Lehr-Lern-Kultur dahingehend verändert werden kann, dass die Perspektive der Lernenden in Zukunft besser wahrgenommen wird.

Lassen Sie uns eine Analogie verwenden, um die Situation zu verdeutlichen: Sehen wir Projekte als Unternehmen. Die Europäische Kommission bzw. die ihr untergeordneten Organe wären dann der alleinige Aktieninhaber mit dem Anliegen, mit einer Investition den maximalen Gewinn zu erzielen. Die Projektkoordinatoren berichten dem Aktieninhaber in angemessener Form. Stout (2013) erinnert uns jedoch daran, dass sich die Zustimmung der Aktieninhaber als einziges Erfolgskriterium weder gesetzlich noch theoretisch fundieren lässt. Die Zustimmung der relevanten Interessensvertreter wäre hier ein besseres Erfolgskriterium wie vor allem auch die Initiative Verantwortungsbewusste Forschung und Innovation betont (Europäische Kommission, 2015). Werden die relevanten Interessensvertreter bei den Projekten tatsächlich in angemessener Form bedacht?

Unternehmen können in die Zukunft investieren, indem sie in der Gegenwart Finanzmittel zurücklegen. Projekte hingegen können das nicht, da die Projektkonten nach Ablauf der Projektlaufzeit von fünf Jahren aufgelöst werden müssen. Mit seltenen Ausnahmen wie z.B. das Projekt Scientix ist eine Fortführung des Projekts nicht möglich. Man kann versuchen, erfolgreiche Ideen in anderen Projekten noch einmal anzuwenden, neue Calls machen es aber in der Regel erforderlich, selbst bewährte Ideen und Ansätze entsprechend umzuformulieren. Die Interessensvertreter der jeweiligen Projekte erhalten nach Projektende normalerweise kaum noch Kontakt und Unterstützung. Man könnte nun argumentieren, dass dies kein Problem darstellt. Die Hauptarbeit wurde ja während der Projektphase erledigt und man geht davon aus, dass der Prozess nun eigenständig weiterläuft. Viele Projekte (auch das Erasmus Plus Programm) bilden zu diesem Zweck Multiplikatoren fort und verlassen sich auf die Schneeballmethode. Dabei werden in der initialen Projektphase eine relative kleine Anzahl an Lehrkräften fortgebildet, die als Multiplikatoren dann weitere Gruppen von Lehrkräften fortbilden, die als Multiplikatoren dann weitere Gruppen von Lehrkräften fortbilden, usw. Auf diese Weise wurden haarsträubend hohe Indikatoren für die Wirksamkeit von Projekten erreicht. Relevante Faktoren, die den nachhaltigen Erfolg vermindern, wurden jedoch ausgeblendet. Bei der Schneeballmethode darf man nicht vergessen, dass der Wissensverlust während des Prozesses, das evtl. langfristig nachlassende Interesse der betreffenden Lehrkräfte, das Konkurrieren verschiedener innovativer Ansätze im Schulalltag, die generelle Arbeitsbelastung der Lehrkräfte, usw. einen erheblichen negativen Einfluss auf den Erfolg haben können. Das bedeutet nicht, dass das Konzept der Multiplikatoren nicht funktioniert, man muss aber davon ausgehen, dass sich der Prozess nicht in optimaler Weise fortsetzt.

Mehr als sechs Jahre intensive Projektstätigkeit im Bereich des Forschenden Lernens erlauben uns einen differenzierten und intensiven Einblick in dieses Thema. Viele Projekte ähneln sich dabei in ihrer Herangehensweise und haben beträchtliche Erfolge zu verzeichnen. Das erworbene Wissen, wie Forschendes Lernen erfolgreich implementiert werden kann, sollten wir bewahren und nutzen, um Forschendes Lernen noch weiter voranzubringen. Es wäre ein großer Fehler jetzt damit aufzuhören. Viele Interessensvertreter könnten dies als Signal verstehen, dass Forschendes Lernen eben nur eine weitere kurzlebige, pädagogische Modeerscheinung ist. Forschendes Lernen ist sicherlich keine pädagogische Modeerscheinung! Damit Forschendes Lernen sich jedoch flächendeckend in der Praxis des STEM-Unterrichts durchsetzt, müssen wir weiterhin intensiv daran arbeiten.

Costas Constantinou fasste kürzlich bei einer Präsentation auf einer Konferenz³⁵ die unabdingbaren Voraussetzungen für eine erfolgreiche und nachhaltige Veränderung im Bildungsbereich zusammen:

- Glaubwürdiges und zuverlässiges Wissen (durch Forschungsarbeiten zum STEM-Unterricht)
- Innovationen im Bildungsbereich
- Klar formulierte Ziele der Bildungspolitik
- Bildungspolitische Pilotprojekte + Monitoring + Evaluation derselben
- Reforminitiativen auf Ebene der verschiedenen Bildungssysteme:
 - Anreizsysteme für die Lehrerfortbildung
 - Strukturen für die Lehrerfortbildung
 - Reformierung der Bildungspläne
 - Reformierung des Prüfungswesens

Costas Constantinou macht auch auf eine weitere Gefahr bei der Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts aufmerksam: "Wenn innovative Ansätze nicht konsequent weiterverfolgt werden, versinken sie leicht im Bereich der theoretischen Eintagsfliegen und werden im Unterrichtsalltag nicht weiter beachtet". Dies trifft sehr gut die Situation, die entstehen könnte, wenn wir die Dissemination des Forschenden Lernens nicht auch in Zukunft konsequent weiter betreiben.

Dazu müssen nachhaltig funktionierende Strukturen entwickelt und aufrecht erhalten werden. Wir müssen kontinuierlich die Lehrkräfte fortbilden, damit sie ihren eigenen Weg finden, wie sie Forschendes Lernen in ihrem Unterrichtsalltag verankern können. Vor allem müssen wir die Lernenden mehr in den Gesamtprozess einbinden.

Kürzlich abgeschlossene Projekte wie FaSMEd und Ark of Inquiry konzentrierten sich stärker auf dieses Thema und entwickelten für den STEM-Unterricht Möglichkeiten der formativen Leistungsmessung im Gegensatz zur sonst üblichen summativen Leistungsmessung. Das IRRESISTIBLE Projekt stellte darüber hinaus den Ansatz der Verantwortungsbewussten Forschung und Innovation (RRI) in den Vordergrund, um auf dieser Basis fächerübergreifende Themenbereiche für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu formulieren. Die Lernenden reagierten sehr positiv auf diesen Ansatz. Es entwickelten sich anregende und intensive Diskussionen über diese fächerübergreifenden Forschungsthemen, sowohl unter den Schülern als auch mit außerschulischen Partnern.

Das Finanzierungssystem der EU für STEM-Projekte wird sich in naher Zukunft wohl kaum wesentlich ändern. Es ist bekannt, dass das EU Finanzierungssystem, die langfristigen Zyklen des Schullebens und die eher kurzfristigen Zyklen bildungspolitischer Aktionen nicht optimal aufeinander abgestimmt sind. In anderen Worten, der Dreijahreszyklus der EU-Projekte ist für das Schulleben einerseits zu kurz, für Bildungspolitiker andererseits zu lang, da diese während dieser Zeit möglicherweise schon nicht mehr im Amt sind. Aufgrund dieser Situation ist es extrem schwierig, mit relevanten Bildungspolitikern einen dauerhaften und tragfähigen Kontakt aufzubauen. Auf einer hohen politischen Ebene finden häufige Amtswechsel statt, Bildungspolitiker auf einer untergeordneten Ebene haben oft nicht die nötigen Machtbefugnisse, um strukturelle Veränderungen erfolgreich durchzusetzen.

³⁵ Fibonacci Konferenz, April 2012, Leicester

Wie sieht die Zukunft aus? Die in diesem Bericht untersuchten Projekte bemühten sich, die Schülerorientierung im STEM-Unterricht zu fördern und zu verstärken, indem sie verschiedene Lehrerfortbildungen zum Forschenden Lernen konzipierten. Im Allgemeinen unterstützt die Bildungspolitik den Ansatz des Forschenden Lernens. Die verschiedenen Schulsysteme in Europa unterscheiden sich jedoch deutlich darin, inwiefern sie tatsächlich bereit und in der Lage sind, die Lernkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht nachhaltig zu verändern. Schulisches Lernen wird vielerorts nach wie vor als ein in sich abgeschlossener Lebensabschnitt auf dem Bildungsweg wahrgenommen, der eben durchlaufen werden muss, bevor der Jugendliche dann in die Arbeitswelt eintreten kann, der aber wenig mit dem echten Leben und unserer Gesellschaft zu tun hat. Forschendes Lernen hingegen betont den Ansatz des lebenslangen Lernens, und zwar nicht nur für die Schülerinnen und Schüler, sondern auch für die Lehrkräfte in professionellen Netzwerken und Arbeitsgruppen.

Die Initiative Verantwortungsbewusste Forschung und Innovation (RRI) im Rahmen von Horizon 2020 betont auch eine veränderte Rolle der wissenschaftlichen Forschung. Forschung ist keine esoterische Angelegenheit für einige wenige Auserwählte. Forschung sollte vielmehr die gesamte Gesellschaft beteiligen und über aktuelle Themen informieren.

Forschendes Lernen, professionelle Weiterentwicklung im Sinn von Lehrerfortbildung und Verantwortungsbewusste Forschung und Innovation (RRI) haben das gemeinsame Ziel, eine Gleichheit aller Bürger in Bezug auf Wissen und den verantwortungsbewussten Umgang damit herzustellen. Diese Gleichheit betrifft Lehrende und Lernende ebenso wie Wissenschaftler und nichtwissenschaftliche Mitbürger.

Dazu möchten wir zu den folgenden drei miteinander zusammenhängenden Themen zentrale Aussagen formulieren:

Schulpraxis

Junge Menschen als Lernende und als verantwortungsbewusste Bürger haben unterschiedliche Fähigkeiten und Eigenschaften. Diese sollten in der Praxis mehr Beachtung finden.

Die Perspektive der Lernenden sollte generell mehr Gehör finden und bildungspolitische Prozesse sowie die Unterrichtsentwicklung aktiv mitbeeinflussen.

Die Lehrkräfte könnten von Forschungsarbeiten und auch durch den regelmäßigen Austausch untereinander viel lernen und sollten dabei unterstützt werden.

Projekte

Die Kooperation und der Austausch zwischen den verschiedenen Projekten sollten verbessert werden.

Die Projekte sollten ihre Ziele hinsichtlich der Wirksamkeit realistisch formulieren und diese auch anhand eines adäquaten Sets von Indikatoren messbar machen. Im Bereich der Lehrerfortbildung sollte der Fokus dabei vor allem auf längerfristigen Aktivitäten liegen.

Die Projekte sollten flexiblere Planungsmöglichkeiten erhalten, so dass relevante Interessenvertreter adäquat in den Gesamtprozess, vor allem auch in die Phase des Projektdesigns eingebunden werden können.

Auch nach Abschluss der eigentlichen Projektphase sollten Aktivitäten geplant und finanziert werden, die eine langfristige Dissemination sicherstellen.

Bildungspolitik

Die aktuellen Bildungspläne führen häufig zu Zeitdruck im täglichen Unterricht. Dieser Zeitdruck sollte reduziert werden, damit die Lehrkräfte für bildungspolitische Innovationen mehr Freiräume und Energie haben.

Das Bildungssystem sollte Lehrenden und Lernenden im Wesentlichen Stabilität geben, damit durchdachte bildungspolitische Veränderungen von den Hauptakteuren auch angenommen werden.

Die Bildungspolitik sollte sowohl mit langfristigen Prinzipien arbeiten als auch mit auf kurze Zeit geplanten Interventionen.

Im Rahmen dieses Berichts haben wir die langfristige Entwicklung und Innovation der naturwissenschaftlichen Bildung in Europa dargestellt. Wir dürfen darauf vertrauen, dass die Gemeinschaft der STEM-Lehrkräfte in Europa dazu beitragen wird, dieses Ziel zu erreichen.

Literatur

- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A.W. & Feder, M.A. (Eds) (2009) *Learning Science in Informal Environments People, Places and Pursuits*, National Academies Press, Washington, D.C.
- Cox-Petersen, A. M., Marsh, D. D., Kisiel, J., & Melber, L. M. (2003) Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a museum of natural history. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, pp. 200–218.
- Duschl, Richard (2007) *Engineering a science of S-TEAM, presentation to the S-TEAM final conference*, Santiago de Compostela, Feb 2012.
- EC (European Commission) (2015) *Science Education For Responsible Citizenship: Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education*, Brussels, Directorate General for Research and Innovation, available at:
http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_science_education/KI-NA-26-893-EN-N.pdf
- ESTABLISH (2011) *Interim Report on the key forces for driving change in classroom practice across participating countries*, Dublin, ESTABLISH.
- ETB (Engineering and Technology Board) (2008) *Women in Science & Technology: research briefing*, London, ETB.
- Grangeat, M., & Gray, P. (2008) Teaching as a collective activity: analysis, current research and implications for teacher education, *Journal of Education for Teaching*, 34(3), pp.177-189.
- Gray, Peter (2009) *Pedagogy and the Scottish Education System: an overview*, paper prepared for the Norwegian Association of Higher Education Institutions, Oslo.
- Healy, H (2012) Mobilisation and Mutual Learning (MML) Action Plans: Future Developments: Workshop 17-18 April 2012, Brussels, European Commission DG Research & Innovation.
- Kahn Peter and O'Rourke Karen (2005) Understanding Enquiry-Based Learning in *Handbook of Enquiry & Problem Based Learning*. Barrett, T., Mac Labhrainn, I., Fallon, H. (Eds). Galway: CELT, 2005. Released under Creative Commons licence. Attribution Non-Commercial 2.0. Some rights reserved.
- Maaß, K. (2011). How can teachers' beliefs affect their professional development? *ZDM*(6).
- Maaß Katja, Gurlitt, Johannes (2011) LEMA – Professional Development of Teachers in Relation to Mathematical Modelling in Kaiser, G., et al (eds) *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling: International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling Volume 1*, pp. 629-639, Springer, Berlin.
- NRC, (2000), *Inquiry and the National Science Education Standard*, Steve Olson and Susan Loucks-Horsley (Eds.), National Research Council
- Phillips, M., Finkelstein, D. & Wever-Frerichs, S. (2007) School Site to Museum Floor: How informal science institutions work with schools, *International Journal of Science Education*, 29(12), pp.1489–1507.
- Reeves, Jenny (2008) *Developing a Pedagogy for Professional Enquiry*, paper presented at Professional Enquiry Partnership *Pedagogies of Enquiry* annual seminar, May 2008, University of Stirling.
- Sheffield D & Hunt T (2007) How does anxiety influence maths performance and what can we do about it? *MSOR Connections*, 6, pp.19-23.
- Smith, Colin, Hoveid, M.H, Hoveid H, Grangeat M and Gray P (2016, forthcoming) 'Flexibly descriptive definitions: Inquiry in science classes', *Journal of Education for Teaching*, submitted Oct.2015



INSTEM

Shaping the future of STEM education

Stout, Lynn A., The Shareholder Value Myth (April 1, 2013). European Financial Review, April-May 2013. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2277141>