PATHWAY

Der Weg zu forschend-entdeckendem Lernen und Lehren im MINT Bereich

(The PATHWAY to Inquiry Based Science Education)

PATHWAY

D3.3 Der Weg zu forschend-entdeckendem Lernen und Lehren im MINT Bereich

Projekttitel:	Der Weg zu forschend-entdeckendem Lernen und Lehren im MINT Bereich
Original:	The PATHWAY to Inquiry Based Science Teaching
Projektnummer:	266624
Sub-programme or KA	CSA-SA Support Actions
Dokumenttyp:	Document
Datum:	27.10.2013
Seitenanzahl:	27
Autoren:	Franz X. Bogner (UBT) Sarah Schmid (UBT) Olivia Dieser (UBT)
Übersetzung:	Alle Partner

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported License.

Design by: ELLINOGERMANIKI AGOGI

GERMAN VERSION

Inhaltsverzeichnis

	Inhaltsverzeichnis	2
1.	Kurzfassung	3
2.	Einführung	3
3.	Was ist IBSE	6
a.	Grundlagen der IBSE (Inquiry based science education) Pädagogik: Strategien zur Entwicklung von Inquiry als Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung	6
b.	Effektive Lernumgebung für Lernen und Lehren durch Inquiry	7
4.	Richtlinien und Best Practice Beispiele für IBSE	9
a.	IBSE für den Einsatz in Schule, wissenschaftlichen Zentren und Museen, sowie die Methode des Forschend-entdeckenden Lernens in der Zusammenarbeit von Forschung und Bildung	9
b.	Professionelle Weiterbildung von IBSE Lehrkräften: Überlegungen und Strategien	11
	Methoden zur Beteiligung von Lehrkräften:	13
	Entwicklung einer Gemeinschaft von Lehrkräften	13
	Unterstützung bei der Verhaltensänderung	13
	Eine neue Kultur und Vision annehmen	13
c.	Die Richtlinien für Lehrkräfte und unterstützende Materialien	13
5.	Die wichtigsten Ergebnisse aus PATHWAY	14
a.	Netzwerke und Praxisgemeinschaft der Lehrkräfte	14
b.	Workshops	15
	Erläuterung der Workshops	16
c.	Verbreitung von IBSE in Europa und darüber hinaus	17
	Umsetzungsaktivitäten auf lokaler Ebene	17
	Umsetzungsaktivitäten auf nationaler Ebene	18
	Umsetzungsaktivitäten auf internationaler Ebene	19
6.	Empfehlungen für die weitere Praxis	19
a.	In Richtung eines standardbasierten Ansatzes zum forschungsorientierten naturwissenschaftlichen Unterrichts	20
b.	Definieren von Best Practices in Ausbildungsprogrammen für Lehrer	23
c.	Best Practices in der Implementierung von forschungsorientiertem Unterricht in Schulen	24
7.	Zusammenfassung und Ausblick	25
8.	Literaturverzeichnis	26

1. Kurzfassung

„ The PATHWAY To Inquiry Based Science Education“ hat, als ein europäisches Bildungsprojekt, erfolgreich strukturierte Richtlinien und Empfehlungen darüber ausgesprochen,

a) wie kann forschend-entdeckendes Lernen in die Schulpraxis integriert werden,
b) wie Lehrerinnen und Lehrer naturwissenschaftliche Forschungseinrichtungen und Museen als einzigartige Ressource im Unterricht nutzen können und
c) wie effektive Formen der Zusammenarbeit zwischen Forschern und dem Bildungsbereich (formal und informal) wertvolle und bedeutungsvolle Lernerfahrungen für alle schaffen, sowie eine Förderung von Forschung, neuen Erkenntnissen, Neugier und Zusammenarbeit erreichen könnten.

PATHWAY hebt einen innovativen Lernweg in den Naturwissenschaften vor, der wiederspiegelt wie Wissenschaft tatsächlich auch betrieben wird, nämlich durch das Erforschen/Fragenstellen (engl. Inquiry) als Weg zum Erlangen von Wissen und einem Verständnis über die Welt im Allgemeinen. Es werden neue Wege aufgezeigt, wie mit wissenschaftlichen Inhalten umgegangen werden kann und Resultate aus der Evaluation der teilnehmenden Partnerangebote und darüber hinaus demonstriert. Die potentiellen Effekte und Lernvorteile werden diskutiert und Empfehlungen für weitere Anwendungsmöglichkeiten gegeben. Des Weiteren wird die Einbindung der Projektergebnisse in die Bildungsrichtlinien und die konkrete Unterrichtspraxis diskutiert. Dieser Bericht ist als Druckvariante und in elektronischer Form auf der Homepage des Projektes: **http://www.PATHWAY-projekt.eu/** zu erhalten. Der Bericht wurde in elf Sprachen übersetzt: Englisch, Französisch, Deutsch, Italienisch, Flämisch, Finnisch, Griechisch, Bulgarisch, Rumänisch, Spanisch und Russisch.

2. Einführung

Lehrer sind Schlüsselfiguren bei der Umstrukturierung und Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Der effektive, umfassende Gebrauch von forschungs- und problemorientieren Unterrichtstechniken in den Naturwissenschaften in Grundschulen und weiterführenden Schulen hängt stark von ihnen ab. Obgleich es viele Studien gibt, die eine Reihe von Einschränkungen und Bedenken bei der Integration von forschend-entdeckenden Lehr/-Lernmethoden in die konkrete Unterrichtspraxis aufzeigen, ist anzunehmen, dass drei Bedingungen erfüllt sein müssen, um eine effektive Umsetzung des forschungsorientierten Ansatzes für eine individuelle Lehrkraft zu ermöglichen:

1. Lehrer müssen sich ihren spezifischen Stärken aber auch bestehender Schwächen in der Praxis bewusst werden. In den meisten Fällen muss nicht nur ein Bewusstsein darüber aufgebaut werden was sie tun, sondern auch über die zugrundeliegende subjektiven Einstellungen, Vorstellungen und Denkweisen.
2. Lehrer müssen gewillt sein, nötige Veränderungen zu machen. Allgemein erfordert diese eine tiefere, intrinsische Motivation, die nicht durch die Veränderung oder das Angebot materieller Anreize erreicht werden kann.
3. Lehrer müssen ein Verständnis dafür entwickeln, was die jeweils geeignetste Vorgehensweise ist. Allgemein kann dies nur erreicht werden, wenn ihnen in authentischen Situationen unterschiedliche Vorgehensweisen in Form von Best-Practice Beispielen aufgezeigt werden.

Das PATHWAY Projekt zum forschend-entdeckendem naturwissenschaftlichem Unterricht gibt seinen Beitrag zur Verbesserung der Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch die Entwicklung eines Ansatzes, der:

[1] Nachfolgend wird nicht mehr zwischen Lehrer“ und Lehrerinnen“ unterschieden und einheitlich Lehrer“ verwendet.

a) einen standard-basierten Ansatz für den naturwissenschaftlichen Unterricht durch forschend-entdeckendes Lernen vorschlägt, der zugleich Lehrmethoden skizziert, die den Lehrern helfen können, ihren Unterricht effektiver zu organisieren.

b) eine Reihe von Methoden aufzeigt, die Lehrer motiviert und ihnen die notwendigen Fähigkeiten vermitteln, um forschend-entdeckenden Lehr-/ Lernangebote in Form unterschiedlicher Techniken und Aktivitäten in ihren Unterricht einzubinden.

c) Zugang zu einer einzigartigen Sammlung von frei zugänglichen Bildungsressourcen und Lehrmethoden (gebunden an curriculare Vorgabe und Lehrpläne der naturwissenschaftlichen Fächer) bietet, die ihre Effizienz und Wirksamkeit bei der Förderung forschend-entdeckendem Unterricht bewiesen haben und die die Grenzen des Unterrichts erweitern.

Solch ein Ansatz ermöglicht allen Beteiligten (Lehrern, Mentoren, Lehrplanentwicklern, politischen Entscheidungsträgern) ihre eigene Praxis im Licht der leistungsfähigsten Ansätze, die als Standards aufzeigen, was erreicht werden kann, zu prüfen und gibt ihnen ein einzigartiges Handwerkszeug, um ihre alltägliche Praxis zu verbessern.

Aufbauend auf den derzeit besten Praktiken, zieht der Ansatz von PATHWAY darauf ab, uns entgegen der bestehenden Grenzen und Bedenken gegenwärtigen Strukturen der Schulbildung in Richtung einer gemeinsamen Vision der Exzellenz zu bringen. PATHWAY bietet eine Reihe von Unterrichtsmaterialien, Ressourcen und Anwendungen an, die Lehrkräften (und ihren Schülerinnen und Schülern) das Sammeln von Erfahrungen ermöglicht und somit aufzeigt wie es möglich ist eine naturwissenschaftliche Grundbildung bei den Schülern zu erlangen. Das Ziel war es den Lehrkräften, die an den Fortbildungen teilgenommen haben, eine Vielzahl von Ressourcen anzubieten. Sie sind so aufgebaut, dass sie nicht in einen festen Lehr- und Stundenverlaufsplan integriert sind, sondern an lokale, kulturelle und ideologische Gegebenheiten angepasst werden können. Die PATWHAY-Sammlung an Best Practice Beispielen gibt einen Einblick in aktuelle naturwissenschaftliche Experimentente und Forschungsarbeiten und ermöglicht zudem den direkten Kontakt zu Persönlichkeiten und Entwicklungsgeschichten der täglichen Arbeit von Naturwissenschaftlern in Europa.

Um diese Ziele zu erreichen, wurden die Best-Practice-Angebote in drei Hauptkategorien geteilt:

- effektive Lehr-Lernangebote zum forschend-entdeckenden Lernen in der Schule
- effektive Lehr-Lernangebote zum forschend-entdeckenden Lernen in Kooperation zwischen der Schule, wissenschaftlichen Zentren und Museen
- effektive Lehr-Lernangebote zum forschend-entdeckenden Lernen in Kooperation zwischen der Schule und Forschungseinrichtungen

All diese Materialien wurden seit vielen Jahren in zahlreichen Schulen europaweit eingesetzt und haben sich aufgrund ihrer Effizienz und Wirksamkeit als Lehrmittel zur Unterstützung von forschend-entdeckenden Lernen im Unterricht bewährt. Als Mehrwert wurden im Rahmen des Projekts PATHWAY Unterstützungsmöglichkeiten geboten, die die Anwendung der bereitgestellten Ressourcen durch Koordination, systematische Verbreitung und die Einbindung in eine PATHWAY Lehrercommunity ermöglichen und erleichtern sollten.

Die PATHWAY Schulungsressourcen aus Fortbildungen wurden in verschiedenen Umfeldern (im Rahmen der Lehrerausbildung und auch Rahmen von Lehrerfortbildungen, z. B. über Fortbildungszentren) über ganz Europa während der gesamten Projektlaufzeit verbreitet. Der Beobachtungs- und Reflexionsprozesse vom initiierten Lehrerhandeln, ebenso wie das Schülerlernen und -denken, kann zu Veränderungen im Bereich des Wissens, der Überzeugungen, der Einstellungen und schließlich dann auch in der konkreten Praxis des Lehrkräfte führen.

[2] Nachfolgend wird nicht mehr zwischen Wissenschaftlern“ und Wissenschaftlerinnen“ unterschieden und einheitlich Wissenschaftler“ verwendet.

ZIELE

Es gibt bedeutende Forschungsergebnisse die zeigen, dass ein forschend-entdeckender Ansatz im naturwissenschaftlichen Unterricht jeden Typ von Schüler motiviert und einbezieht, indem er hilft Schülern die Relevanz von Naturwissenschaften für ihr eigenes Leben aufzuzeigen und das Wesen der Naturwissenschaft selbst zu verstehen.

Um jedoch die Erstellung von Bausteinen zu erleichtern, die es erlauben bestehende Bildungsressourcen in eine forschend-entdeckende Lernerfahrung einzubetten, ist es wichtig, die pädagogischen Ziele in die Lehrerausbildung und Weiterbildungsprogramme zu integrieren vielmehr noch direkt in die Klassenräumen zu bringen.

PATHWAY bildet diesen effektiven Ansatz zum naturwissenschaftlichen Unterricht mit einer zweiteiligen Struktur: “Methoden zum Unterrichten naturwissenschaftlichen Unterrichts durch forschend-entdeckendes Lernen“ und „ Aktivitäten zum Unterrichten naturwissenschaftlichen Unterrichts durch forschend-entdeckendes Lernen“.

Die “Methoden für den naturwissenschaftlichen Unterricht mit forschend-entdeckendem Lernen” schaffen ein Grundgerüst der Konzepte und dargestellten Lehr-/Lern-Modelle, damit Lehrer den Ansatz von „ Inquiry“ bzw. forschend-entdeckendem Lernen verstehen.

Die “Aktivitäten zum Unterrichten von Naturwissenschaftsunterricht durch Inquiry” stellen einen speziellen forschenden Lehr-/Lernansatz vor, der richtig umgesetzt entweder bestehende „ Best Practice Education“-Szenarien von internationalen Erfolgsgeschichten realisiert oder neue Lehraktivitäten im naturwissenschaftlichen Unterricht kreiert.

Das Projekt verfolgte während seiner Laufzeit folgende, allgemeine Hauptziele:

• Die Umsetzung einer großen Anzahl von Fortbildungsmaßnahmen, um die effektive Einführung von forschend-entdeckendem Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht und im Rahmen beruflicher Weiterbildungsmaßnahmen von aktiven Lehrern zu erleichtern. Während der Fortbildungszeit haben die Lehrergruppen Zugang zu einer einzigartigen Sammlung von frei zugänglichen Lehr-/Lernmaterialien angelehnt an den Lehrplan des naturwissenschaftlichen Unterrichts erhalten, die sich in Effizienz und Wirksamkeit bei der Förderung von forschend-entdeckendem Lernen bewährt haben und die Grenzen des Unterrichts erweitern.

• Als Unterstützung bei der weiteren Einführung und Verbreitung von forschend-entdeckendem Lernen im Unterricht werden zudem Wege aufgezeigt, die von Lehrkräften und Schulleitung oft dargelegten Einschränkungen zu überwinden. PATHWAY wendet eine Reihe von Methoden an, damit Lehrer bei der Einführung von forschend-entdeckendem Lernen effektiv eingebunden werden. Damit sie im vollen Umfang die Möglichkeiten des Ansatzes zum forschend-entdeckenden Lernen nutzen können, wurden potentiellen Ängste und negative Vorurteile gegenüber den vorgeschlagenen Herangehensweisen berücksichtigt und aufgegriffen. Die Aufgabe war es, die Weiterentwicklung und Veränderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in einem einheitlichen Weg zu leiten, so dass Lehrkräften die Möglichkeiten die ihnen vom PATHWAY-Projekt geboten werden, nutzen, eigenverantwortlich Handeln und Partizipieren, um so sowohl den Ertrag für das Projekt als auch für sich selbst zu maximieren.

• Die systematische Validierung der vorgeschlagenen Konzepte und Maßnahmen, um die Auswirkungen im Hinblick auf die Wirksamkeit und Effizienz zu untersuchen. Von besonderem Interesse ist hierbei die Überprüfung der zugrundeliegenden pädagogischen und fachdidaktischen Ansätze, die Frage der Organisation und strukturellen Einbindung in lokale Gegebenheiten (z.B. Einbindung oder Auswirkung auf die nationalen Lehrpläne), technische Hilfsmittel und Unterstützungsmaßnahmen, Dienstleistungen und Infrastruktur, Ökonomie – Kosten-Nutzen-Verhältnis, Mehrwert, kulturelle und linguistische Werte. Das Projekt wurde an

Schulen, Ausbildungsstätten für Lehrkräfte der Naturwissenschaften, Forschungszentren und Museen, sowie Forschungseinrichtungen in unterschiedlichen Ländern durchgeführt. Dies ermöglichte eine ethnographische Studie und Evaluation von unterschiedlichen Haltungen gegenüber dem Einsatz von forschend-entdeckenden Lehr-/Lernmethoden in unterschiedlichen Kulturen, womit sich die Möglichkeit zu einem interkulturellen Dialog anbietet, um diese Haltung zu verbessern.

3. Was ist IBSE

a. Grundlagen der IBSE (Inquiry based science education) Pädagogik: Strategien zur Entwicklung von Inquiry als Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung

Naturwissenschaftlichen Unterricht durch Inquiry ist eine facettenreiche Praxis.

Einige der Faktoren die, egal in welchem Kontext, zusammen die Art und Weise formen, in der der Lehrer sich ISBE annähert, sind folgende: der Charakter des vorherrschenden Systems der nationalen Lehr- und Bewertungspolitik; der Charakter der Schule oder anderer institutionalisierter Lern- und Lehrkultur; die Vorstellung der Lehrkraft von Lehren und Lernen; die pädagogischen Traditionen ihres spezifischen naturwissenschaftlichen Faches; die Verfügbarkeit von Bildungsressourcen; das Angebot an formellem und informellem Lernraum und von verfügbaren Technologien.

Die Gestaltung von forschend-entdeckendem Lernen beinhaltet ein fundiertes, kreatives und professionelles Urteil unter anderem über folgende Aspekte: die Einbeziehung von forschend-entdeckendem Lernen in den Rahmen weiterer Anforderungen des Lehrplans, die Schaffung oder Auswahl von Aktivitäten, die Schüler motiviert und einbindet, die Schaffung von angemessenen Lernergebnissen und Bewertungen; Ansätze zur Regelung der Beratung und Unterstützung; Nutzung von speziellen Geräten und Digitaltechnik; Auswählen von Lernressourcen einschließlich Lektüre und Links zu nützlichen Websites; die Behandlung von Problemen beim Klassenraum-Management und die Minimierung aller Risiken, die interaktive Lernaktivitäten mit sich bringen können. Lehrer in den Naturwissenschaften sollten dokumentieren, was gut oder schlecht läuft, damit bestimmte Aspekte und teilschritte beim forschend-entdeckenden Lernen gefestigt oder reflektiert werden können. Während ein großer Teil der Konzeption der Lernarbeit mit forschend-entdeckendem Lernen Planung und Reflektion erfordert, beinhaltet es auch die Interaktion mit Schülern und problemorientiertes, schnelles Denken während der Aktivitäten sowie ein zielgerichtetes Fällen von Entscheidungen im laufenden Geschehen.

Der Schwerpunkt der Gestaltung des Lernen sind Lernaktivitäten: das wichtigste in Bezug auf Lernergebnisse des Schülers ist, was er selbst tut (Biggs 1996). Aktivität umfasst geistige Elemente (z.B. metakognitive Reflexionen über den Prozess der Analyse von wissenschaftlichen Daten), und physisch-praktische Elemente (z.B. beim Gebrauch von Laborgeräten oder digitalen wissenschaftlichem Handwerk) (Ellis & Goodyear, 2010). Obgleich der letztendliche Fokus der Lerngestaltung die Aktivität ist, wird die Aktivität in formalen Lehrstrukturen durch Aufgaben vermittelt: Schülern werden Aufgaben gestellt und ihre Aktivitäten folgen aus den Anforderungen dieser (Beetham, 2007). Die vom Lehrer gestellten Aufgaben können somit als Schlüsselreiz und als Ressource für Schüleraktivitäten gesehen werden. Innerhalb des PATHWAY Rahmenkonzeptes werden “sieben wesentliche Merkmale von IBSE” – fragen, beweisen , analysieren, erklären, verbinden, kommunizieren, reflektieren (nach Asay & Orgill, 2010) – in die Gestaltung von Aufgaben eingehen. Sie stimulieren produktive Aktivitäten in all diesen Bereichen und stellend die zentrale Herausforderung des Naturwissenschaftslehrers dar.

Abbildung 1 zeigt, dass die Aufgaben nicht der einzige Einfluss auf die Inquiry-Aktivität der Schüler ist. Die Lernaktivität ist abhängig vom in-

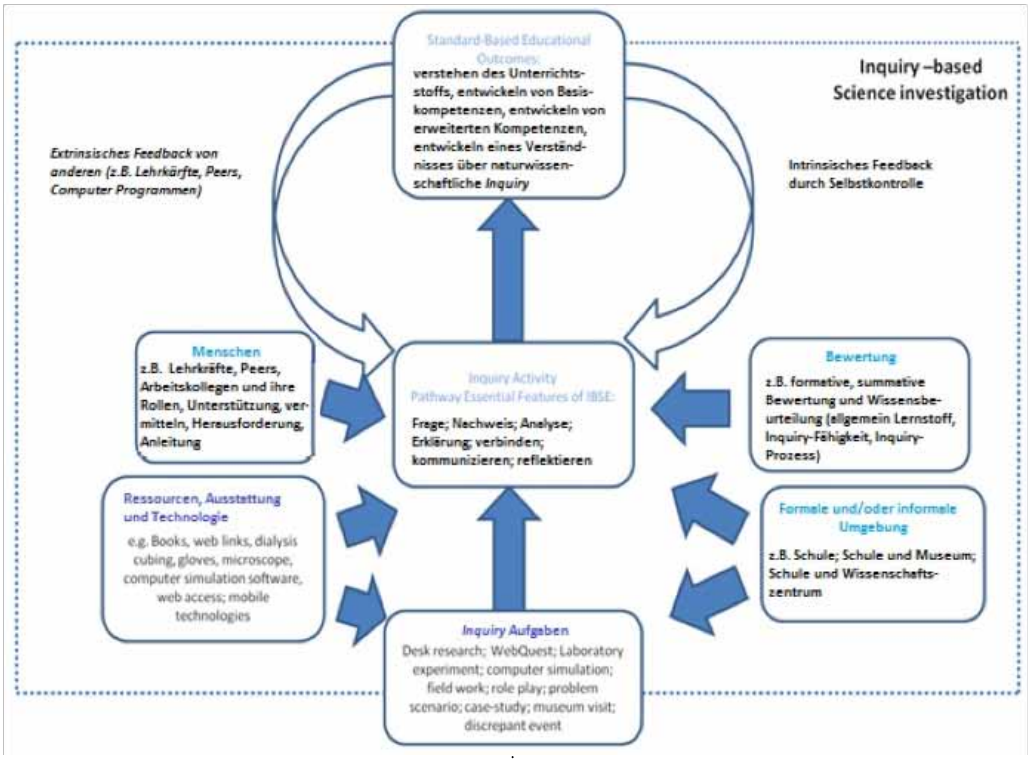


Abbildung 1: Einflüsse auf Inquiry Aufgaben, Lernaktivitäten und Lernergebnisse in einer wissenschaftlichen Untersuchung (nach Ellis und Goodyear 2010)

dividuellen Umfeld und der sozialen Situation: die Aktivität wird durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, darunter sind unter anderem die Qualität der Interaktionen zwischen Schülern, Gleichaltrigen und Lehrern zu zählen. Obwohl der Lehrer demnach dafür verantwortlich ist soziale und sachliche Ressourcen für die Schüler bereitzustellen, wird die Forschungsaktivität auch stark von sozialen und gegenständlichen Faktoren beeinflusst, die außerhalb der Kontrolle der Lehrkraft liegen. (Ellis and Goodyear 2010).

b. Effektive Lernumgebung für Lernen und Lehren durch Inquiry

Wie können gemeinsame Inquiry-Prozesse durch computerbasierte Hilfsmittel und der Lernumgebung unterstützt werden:

Bell et al. (2010) definierten eine Reihe von Kategorien von Inquiry-Prozessen, die einen weiten Bereich von Ideen von Forschern auf diesen Gebieten umfassen und zeigten Beispiele von computerbasierten Hilfsmittels und Umgebungen auf, die diese Prozesse unterstützen, indem sie ihre Auswirkungen auf den Lernprozess der Schüler beschreiben. Die neun Kategorien sind: Orientierung und Fragestellung; Hypothesenbildung; Planung; Untersuchung; Analyse und Interpretation; Erforschung und Erstellung von Modellen; Auswertung und Schlussfolgerung; Kommunikation; Vorhersage.

Abbildung 2 zeigt, wie diese Kategorien den sieben wesentlichen Merkmalen von IBSE entsprechen, die der Rahmen von PATHWAY vorgibt.

Eine “gute Balance zwischen Herausforderung

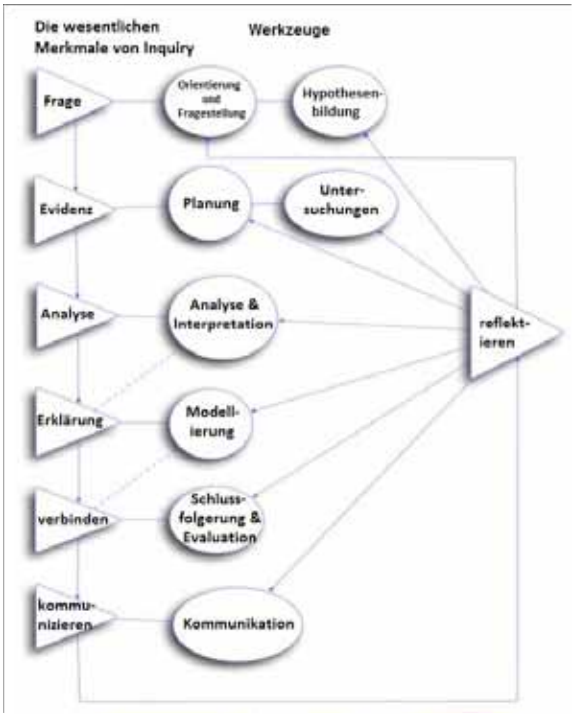


Abbildung 2: Zuordnung der Inquiry-Instrumente nach Bell et al. (2010) zu den essentiellen Eigenschaften von IBSE, die PATHWAY vorgibt

und Unterstützung" (Bell et al., 2010: S. 372) führt zu besseren Lernergebnissen. Die Autoren heben folgende Herausforderungen in diesem Bereich hervor:

• die Notwendigkeit der Möglichkeit für unbeschränkte Untersuchungen mit Hilfsstellung, um die Bedürfnisse der einzelnen Lernenden zu unterstützen, z.B. durch Verwendung von computerbasierter Diagnostik oder durch stärkere Betonung der Zusammenarbeit und Unterstützung durch Gleichalterigen

• die Notwendigkeit die Umgebung so zu strukturieren, dass Lernende einstudierte Methoden ohne Einschränkungen anwenden können

• die Notwendigkeit flexibles Lernen besser zu erlauben, zum Beispiel indem verschiedene Methoden der Datenerhebung (quantitativ und qualitativ) und Modellierung ermöglicht werden und die Schüler unterschiedliche PATHWAYs nutzen können, um zur Lösung zu kommen

• und die Notwendigkeit die Integration verschiedener Lernumgebungen zu fördern, die ergänzende Hilfsmittel bieten.

4. Richtlinien und Best Practice Beispiele für IBSE

Die Sammlung von PATHWAY Best Practice Beispielen sind ein Weg zu einer lebendigen Naturwissenschaft: Phänomene und Experimente werden unmittelbar verfolgt und mit aktueller Forschung kombiniert, die Wissenschaftler und deren Geschichten aus ganz Europa werden greifbar gemacht. Das PATHWAY „ Best Practices"- Handbuch beschreibt eine Reihe von Methoden für die Hinführung von Lehrkräften in das Thema IBSE und für deren weiterführende Professionalisierung sowie eine Reihe von Praxis-Beispielen für die Umsetzung im schulischen und außerschulischen Bereich.

a. IBSE für den Einsatz in Schule, wissenschaftlichen Zentren und Museen, sowie die Methode des Forschend-entdeckenden Lernens in der Zusammenarbeit von Forschung und Bildung

Entsprechend der Empfehlungen im Rocard-Report (2007) "Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future" führt das PATHWAY Projekt Experten verschiedener Felder zusammen: Fachleute aus der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung und Lehrer-Communities, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Grundlagenforschung wie auch schulpolitische Entscheidungsträger und Verantwortliche der Curriculumsentwicklung. Sie arbeiten zusammen, um forschungs- und problemorientierten Unterricht in den

[3] Nachfolgend wird nicht mehr zwischen Wissenschaftlern" und Wissenschaftlerinnen" unterschieden und einheitlich Wissenschaftler" verwendet.

Naturwissenschaften sowohl in Grund- wie auch in weiterführenden Schulen Europas und darüber hinaus zu fördern.

Der PATHWAY-Ansatz zielt auf die Einführung und Umsetzung von Unterrichtsverfahren ab, in denen die Naturwissenschaften durch eigenaktives Forschen und Erkunden gelehrt und gelernt werden. Durch die Vorstellung von Beispielen gelungener Praxis (Best Practice) und durch die Entwicklung eines schlüssigen Leitfadens wird der Einstieg sowie die Umsetzung forschungsorientierten Unterrichts (IBSE) erleichtert. Unmittelbar im Klassenzimmer anwendbare Konzeptionen sowie eine Reihe von Professionalisierungs- und Weiterbildungsmaßnahmen sorgen dafür, dass der Nutzen dieses Unterrichtsverfahrens in der Gemeinschaft naturwissenschaftlicher Lehrkräfte wahrgenommen und solche Unterrichtsverfahren in der Praxis erprobt, fest verankert und weiterentwickelt werden.

PATHWAY hat eine Reihe von Prinzipien für eine gelungene Praxis (Best Practices) zusammengestellt

Die nachfolgenden Prinzipien zeigen ein standardisiertes Vorgehen für gelungene Praxisbeispiele auf, das aus den Konzepten und Theorien der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung entstand. Dieses forschungsorientierte Vorgehen fördert ein vertieftes Verständnis das Fachinhaltes und hilft auch angehenden Lehrkräften ihre Schüler auf verschiedene Wege zu motivieren, nicht zuletzt durch die fachgerechte Verwendung von geeigneten Technologien.

Die Lernenden werden bei der eigenständigen Erforschung naturwissenschaftlicher Sachverhalte begleitet und sie bauen so Wissen und Fertigkeiten der jeweiligen Naturwissenschaft auf.

Diese Prinzipien für die Best Practices sind:

1. Best Practices sollen die Neugier der Lernenden, Freude an naturwissenschaftlicher Forschung und Fertigkeiten im Erklären natürlicher Phänomene fördern.

2. Best Practices beziehen alle Lernenden mit ein, unabhängig von deren späterem Ausbildungsverlauf, sei es innerhalb der Naturwissenschaften oder nicht.

3. Best Practices verfolgen mehrere Ziele:

a. Der Aufbau eines elementaren Verständnisses von wichtigen Grundideen, Prinzipien und Basiskonzepten in den Naturwissenschaften, sowie das Verständnis über die Natur der Naturwissenschaft und ihrer Rolle in der Gesellschaft.

b. Die Verbesserung der naturwissenschaftlichen Fähigkeiten im Bereich Sammeln und Anwenden von Daten.

c. Die Förderung einer positiven Einstellung gegenüber den Naturwissenschaften.

4. Die Umsetzung eines Best Practice Beispiels sollte eine klare und zielgerichtete Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts sein. Dieser Unterricht soll auf Grundlage von bewährten Konzepten gegenwärtiger Forschung und einem zeitgemäßen Lernverständnis erfolgen.

5. Die Themen des Unterrichtes sollten einen Bezug zum Alltag der Schüler haben.

6. Die Best Practice Beispiele sollten mit Verfahren naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung übereinstimmen, über die unter fachlichen und fachdidaktischen Experten Konsens herrscht.

7. Diese Beispiele sollten das naturwissenschaftliche Verständnis der Lernenden weiter vertiefen sowie deren positive Einstellung und Fertigkeiten fördern.

8. Die Lehr- und Lernumgebungen für Schüler, sowie die Aus- und Weiterbildung für Lehrkräfte sollten mit den Lehr- und Lernmethoden aus Punkt drei übereinstimmen.

9. Die Überprüfung von Lernergebnissen sollte als formative Evaluation ein integraler Bestandteil der Umsetzungen von Best Practices sein. Dabei soll die Wissensstand und Weiterentwicklung in allen betroffenen Bereichen überprüft werden.

10. Die Best Practice Beispiele sollten die Kooperation unter Lehrkräften und den Austausch mit anderen Beteiligten in der naturwissenschaftlichen Forschung fördern.

Weitere Kriterien der Best Practices wurden für die Umsetzung in der schulischen und unterrichtlichen Praxis definiert:

Best Practices...

1. müssen universell einsetzbar sein.
2. können durch eine Reihe von Themen ausgebracht werden, die relevant und interessant sind sowie motivierend wirken.
3. können auf neue Themen übertragen werden und dabei Lernenden helfen, im späteren Leben neue Situationen damit zu meistern.
4. sollten für eine Reihe von Phänomenen, Objekten und Anlässen Erklärungen liefern.

b. Professionelle Weiterbildung von IBSE Lehrkräften: Überlegungen und Strategien

Das Verständnis der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Inquiry) muss erst erlernt werden. Obwohl dieser Prozess bei den Lehrkräften damit beginnt, sich bewusst für die Umsetzung eines forschungsorientierten Unterrichts(IBSE) zu entscheiden, muss die differenzierte Vorgehensweise in der Unterrichtspraxis auch von ihnen oft erst noch erlernt werden. Hinzu kommt, dass die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens auch bei Schülern ein langfristig angelegter Prozess ist. Hinzu kommt, dass es seitens der Lehrkräfte eine Reihe von Bedenken gegenüber IBSE gibt: Demnach wären die begrenzte Unterrichtszeit, der Vorbereitungsaufwand wie auch die Leseschwäche der Lernende gewichtige Hinderungsgründe. Das Risiko, dass Experimente nicht funktionieren, zu gefährlich sind oder generell zu teure Ausstattung benötigt wird, sind neben der allgemein hohen Lehrbelastung weitere Gründe. Demgegenüber kann forschungsorientierter Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern den Aufbau von relevanten Kompetenzen durch Problemlösestrategien, Teamwork, kritisches Denken und Argumentieren durchaus fördern.

Naturwissenschaftliche Projekte bieten wertvolle Lernanlässe, sie haben einen investigativen Charakter und bieten viele Möglichkeiten zu experimentieren. Die Schüler können dabei alleine oder in kleinen Gruppen arbeiten, auch die Zeit ist variabel, sodass sich Projekte je nach Umfang von wenigen Stunden über mehrere Wochen erstrecken können. Dabei setzen sich Schüler mit einer naturwissenschaftlichen Frage auseinander, die einen bestimmten Ausschnitt oder Aspekt beleuchtet. Unter Umständen können sogar andere Institutionen mit ihnen zusammenarbeiten. Am Ende des Projekts könne diese Erfahrungen in einem ausführlichen Bericht zusammengefasst werden (Eurydice, 2006).

Die grundlegenden Bestandteile und Eigenschaften von Inquiry

Einige wichtige Bestandteile und Eigenschaften von Inquiry sollten bei der europaweiten Umsetzung im Klassenzimmer beachtet werden. Das PATHWAY Projekt hat die ursprünglichen fünf Bestandteile und Eigenschaften von IBSE (Bybee, 2000) angepasst und auf sieben erweitert. Diese sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Grundlegende Bestandteile von IBSE	Variationen: Offen	Vorstrukturiert	Angeleitet
Phase 1: Die Frage - Ermittlung von (Natur-) wissenschaftlich orientierten Fragen	Die Lernenden stellen eine naturwissenschaftlich orientierte Frage, der mit Hilfe von weiteren Lernaktivitäten nachgegangen wird.	Die Schüler wählen aus einer (vom Lehrer angebotenen) Auswahl wissenschaftlicher Fragestellungen aus oder entwickeln sie weiter.	Die Lehrkraft schlägt den Schülern eine naturwissenschaftlich orientierte Frage vor, der mit Hilfe von weiteren Lernaktivitäten nachgegangen werden soll.
Phase 2: Die Evidenzen - Evidenzen werden in den Vordergrund gestellt	Evidenzen und Daten werden von den Schülern ermittelt. Vorrangig werden Evidenzen für die Entwicklung von Erklärungen, die sich auf die wissenschaftlich orientierte Frage beziehen, untersucht.	Die Schüler wählen unter Daten und Materialien aus, die ihnen die Lehrkraft zur Verfügung stellt. Sie stützen sich in erster Linie auf Belege, welche die Entwicklung von Erklärungen für die naturwissenschaftliche orientierte Fragestellung erlauben.	Die Lernenden erhalten Daten/Evidenzen von der Lehrkraft, welche die Entwicklung von Erklärungen für die naturwissenschaftliche orientierte Fragestellung erlauben.
Phase 3: Die Analyse – Untersuchung der Evidenzen	Die Schüler entscheiden sich für eine Untersuchungsart der Evidenzen und schlagen mögliche Erklärungen vor.	Die Schüler wählen aus (von der Lehrkraft angebotenen) Wegen zur Analyse der Belege aus und schlagen mögliche Erklärungen vor.	Die Schüler werden vom Lehrer angeleitet, wie die Evidenzen zu analysieren sind.
Phase 4: Das Erklären – Formulierung von Erklärungen	Die Schüler entscheiden, auf welche Weise sie die evidenzbasierten Erklärungen zur Beantwortung der naturwissenschaftlich orientierten Fragestellung formulieren und bewerten.	Die Schüler wählen von der Lehrkraft angebotene Möglichkeiten aus und bestimmen, auf welche Weise sie die evidenzbasierten Erklärungen zur Beantwortung der naturwissenschaftlich orientierten Fragestellung formulieren und bewerten können.	Die Lehrkraft zeigt den Schülern auf, wie man Erklärungen formuliert und bewertet, um die naturwissenschaftlich orientierte Fragestellung zu beantworten.
Phase 5: Die Verknüpfung - Verknüpfung von Erklärungen	Die Schüler ermitteln und untersuchen weiteres Material und verknüpfen es zu naturwissenschaftlichem Wissen.	Die Schüler werden von der Lehrkraft auf alternatives Material hingewiesen und sie bekommen aufgezeigt, wie man dieses zu naturwissenschaftlichem Wissen verknüpft.	Die Schüler erhalten von der Lehrkraft alternatives Material und sie bekommen aufgezeigt, wie man dieses mit naturwissenschaftlichem Wissen verknüpft.
Phase 6: Die Kommunikation- Kommunikation und Begründung	Die Schüler entscheiden sich, auf welche Weise sie ihre Erklärungsvorschläge darstellen, kommunizieren und begründen.	Die Schüler erhalten von der Lehrkraft konkrete Anleitungen, um ihre Erklärungsvorschläge darzustellen, zu kommunizieren und zu begründen.	Die Schüler erhalten von der Lehrkraft alle notwendigen Schritte, um ihre Erklärungsvorschläge darzustellen, zu kommunizieren und zu begründen.
Phase 7: Die Reflexion - Reflexion über den forschungsorientierten Ansatz	Die Schüler entscheiden sich, auf welche Weise sie den Prozess der Erkenntnisgewinnung und ihren Lernprozess reflektieren.	Die Schüler erhalten von der Lehrkraft konkrete Anweisungen, um den forschungsorientierten Ansatz und ihren Lernprozess zu reflektieren	Die Schüler erhalten von der Lehrkraft einen strukturierten Rahmen, um den forschungsorientierten Ansatz und ihren Lernprozess zu reflektieren.
	Mehr ←	Anteil der selbständigen Schülerleistungen	→ Weniger

Tabelle 1. Sieben Schritte von IBSE (Levy et al. In preparation) adapted from Asay and Orgill 2010)

Die folgenden Aussagen spielen eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung von IBSE. Diese Aussagen stammen aus der Literaturrecherche des ersten PATHWAY-Reports (D2.1 The Features of Inquiry Learning: theory, research and practice) und fassen die Erkenntnisse wie folgt zusammen: Lehrkräfte miteinbeziehen, Netzwerke für Best Practices entwickeln, Verhaltensänderungen herbeiführen und eine neue Kultur unter Lehrkräften entwickeln.

Methoden zur Beteiligung von Lehrkräften:

Durch die richtigen Handbücher und Unterstützungen können die Lehrkräfte leicht neue Erfahrungen mit einem anders strukturierten Unterricht machen, sie behalten dabei das Ziel der Unterrichtsentwicklung hin zu einer forschungsorientierten Lernkultur stets im Auge.

Das PATHWAY Projekt bietet die sieben grundlegende Bestandteile des Inquiry als Leitfaden für die Erstellung von interaktivem, handlungsbezogenen IBSE Unterricht an. Diese sieben Bestandteile sind: Fragestellung, Hinweise, Analyse, Erklärung; Verbindung, Kommunikation und Reflexion. Jeder einzelne Bestandteil ist dabei als Bestandteil des IBSE-Unterrichts wichtig.

Entwicklung einer Gemeinschaft von Lehrkräften

Das PATHWAY Projekt möchte Informationen und Erfahrungen erfolgreicher Umsetzungen von IBSE in Europa und darüber hinaus verbreiten. Um dies zu gewährleisten wurde die Entwicklung von Praxisgemeinschaften (Communities of Practice) gefördert, in denen sich mit IBSE erfolgreiche und an IBSE interessierte Lehrkräfte austauschen und kennenlernen. Dadurch können Neulinge Wichtiges über die Umsetzung von IBSE lernen und in ihren jeweiligen Institutionen Veränderungen bewirken. Dafür stellt PATHWAY effektive Ausbildungsmethoden bereit.

Ein lebendiges Netzwerk von naturwissenschaftlichen Lehrkräften und anderen Beteiligte des Bildungsbereichs war stets ein wichtiger Bestandteil des PATHWAY-Ansatzes. Die erfolgreiche Umsetzung von IBSE stützt sich auch auf den Austausch mit Experten und anderen Lehrkräften. Dieses Netzwerk hatte außerdem Zugang zu elektronischen Ressourcen und anderen Akteuren in den Naturwissenschaften über den gemeinschaftlichen Server von PATHWAY.

Unterstützung bei der Verhaltensänderung

Um IBSE als Unterrichtsmethode einsetzen zu können, müssen Lehrkräfte erst einmal ihr eigenes Unterrichtshandeln beobachten, reflektieren und gegebenenfalls anpassen. Eine solche Änderung des Lehrerverhaltens und der Unterrichtskultur kam vor allem durch folgende zwei Aspekte zustande:

- Lehrkräfte konnten die Bedeutung ihrer Veränderungen bei ihnen und ihren Schülern unmittelbar erleben.
- Lehrkräfte wurden darin bestärkt, dass sich die verwendete Zeit für das Erlernen der neuen Methoden lohnt.

Eine neue Kultur und Vision annehmen

Eine ebenfalls wichtige Bereitschaft für die langfristige Umsetzung von IBSE ist die Verinnerlichung der oben genannten Verhaltens- und Einstellungsänderung. Die ersten Experimente und Erfahrungen kamen durch die gute Planung und Entwicklung der beteiligten Lehrkräfte zustande. Dieser „ Geist des forschend-entdeckenden Lernens“ sollte vor der Erstellung eigener IBSE Unterrichtseinheiten verinnerlicht werden, damit Schüler nicht einfach nur Rezepte für Versuche nachkochen, sondern Möglichkeiten für echte, handlungsorientierte naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung haben. Lehrkräfte lernten in dieser Phase, aus dem Mittelpunkt des Unterrichts herauszutreten und ihre Schüler selbst forschen zu lassen.

c. Die Richtlinien für Lehrkräfte und unterstützende Materialien

Die Strategie des PATHWAY Projekts für die europaweite Umsetzung von IBSE in Schulen bestand zu einem großen Teil aus der Vorstellung und Verbreitung von bewährten Unterrichtsansätzen (Best Practices). Damit ermutigte das Projekt-Team die

Entwicklung von Netzwerken von Lehrkräften (Communities of Practitioners), in denen sie voneinander und miteinander lernen können.

In diesem Zusammenhang und um die Netzwerke bei der Zusammenarbeit zu unterstützen, entwickelte das PATHWAY Projekt zwei grundlegende Hilfen:

a) eine Sammlung von Best Practice Beispielen, die mit den zugehörigen Unterrichtsmaterialien im „ Best Practices“ Handbuch (Bogner, Boudalis & Sotiriou, 2012) veröffentlicht wurden.

b) Ein unabhängiges Softwaremodul (PATHWAY ASK-LDT), das den Mitgliedern der Netzwerkgemeinschaft die Möglichkeit gibt, IBSE Szenarien selbst zu erstellen und zu präsentieren, die mit den vorher erarbeiteten Richtlinien übereinstimmen.

Diese Richtlinien und Materialien sind in elf Sprachen verfügbar und können auf lokaler Ebene in Schulen oder Lehrkräfteworkshops eingesetzt werden, um die Umsetzung von IBSE in Theorie und Praxis weiter zu verbreiten.

5. Die wichtigsten Ergebnisse aus PATHWAY

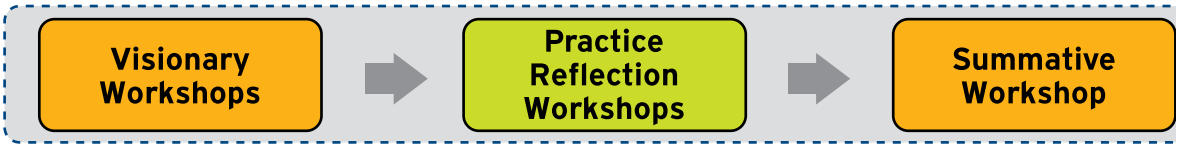
a. Netzwerke und Praxisgemeinschaft der Lehrkräfte

Das PATHWAY Project ist für die Öffentlichkeit unter dem Webportal **http://www.PATHWAY-project.eu/** erreichbar.

Auf dieser Plattform finden sich Informationen über aktuelle Veranstaltungen, generelle Informationen über IBSE und die Veröffentlichungen des Projekts, wie das Best Practice Handbuch.

Das Konsortium betreibt außerdem eine Plattform, auf der geplante Veranstaltungen durch die Partner eingetragen werden: **http://fit-bscw.fit.fraunhofer.de/pub/bscw.cgi/39089761**

Durch diese öffentlichen Informationsquellen können sich Lehrkräfte über IBSE als standardisierbare Methode und Fortbildungen in ihrer Nähe informieren, sowie Handbücher und Unterrichtsmaterial herunterladen.



Die Ergebnisse dieser Workshops finden sich im Aufbau der Arbeitspakete wieder und tragen dort zur Entwicklung bei:

b. Workshops

Damit sich das Potential des IBSE voll entfalten kann, mussten die Hinderungsgründe und Vorbehalte unter den Lehrkräften angemessen thematisiert werden und durch adäquate Unterstützungsangebote während der Umsetzungsprozesse beseitigt werden. Dies wurde durch Workshops zum Thema IBSE bewirkt.

Die Workshops haben außerdem die durch das PATHWAY Projekt formulierte Aufgabe, eine Gruppe von erfolgreichen Anwendern unter den Lehrkräften zu etablieren, die Ihre Erfahrung teilen und Reformen in Richtung IBSE weiterhelfen. Lehrkräfte mit speziellen Kompetenzen im Change Management sollen dann Veränderungen durch die erfolgreiche Umsetzung von IBSE Methoden innerhalb ihrer Schule bewirken.

Zusammengefasst bahnten diese Workshops schrittweise die Entstehung einer Gemeinschaft von Lehrkräften an, die eine führende Rolle in der Etablierung von IBSE spielen. Diese Etablierung beginnt auf lokaler Ebene und weitet sich über eine nationale auf intereuropäische Ebenen aus. Langfristig wird die Vernetzung der Lehrkräfte angestrebt, die Ihnen die Möglichkeit gibt, sich mit anderen auszutauschen und zusammenzuarbeiten. Um die maximale Wirkung der PATHWAY Maßnahme zu erreichen, wurden verschiedene Gruppen konsultiert. Zu diesen Gruppen gehörten Lehrkräfte, Lehrerausbilder und andere Teilnehmer. Die Workshops wurden in drei Stufen umgesetzt:

Erläuterung der Workshops

Visionary Workshop (erste Phase): In diesen Workshops sollte ein Ausblick auf die kommenden Herausforderungen erarbeitet werden. Lehrkräfte und weitere Teilnehmer wie Schulleiterinnen und Schulleiter, Museumspädagogische Fachkräfte, Mitarbeiter an Bildungsplänen oder in der Lehrerbildung wurden über IBSE Methoden informiert. Im Zuge des Workshops hatten sie außerdem die Möglichkeit, ihre Bedürfnisse und Absichten in Bezug auf die Einführung von IBSE zu benennen.

Diese Workshops wurden auf lokaler Ebene innerhalb der ersten sechs Monate abgehalten und schufen eine Informationsbasis für alle Teilnehmer hin zu einem im Wechsel zu IBSE-geleitetem Unterricht.

Practice Reflection Workshop (Zweite Phase): In diesen Workshops wurden die Erfahrungen aus der ersten Phase der Umsetzung gesammelt und auf das Design des PATHWAY IBSE Modells angewandt. Die Umsetzung erfolgte im großen Umfang auf lokaler und nationaler Ebene und steuerte entsprechend viele Anregungen und Anwendungskritik bei. Practice Reflection Workshops fanden gezielt während dieser Phase statt, um direkt auf diese Eingaben zu reagieren und das PATHWAY IBSE Modell zu erweitern und anzupassen.

Die Teilnehmer des Practice Reflection Workshops bestanden aus Teilnehmern der Trainingsaktivitäten für Lehrkräfte, sowie aus der Gruppe der Visionary Workshops. Der Fokus wurde dabei besonders auf Lehrer gelegt, die innerhalb ihrer Schule den forschungsorientierten Lehr-, Lernansatz beeinflussten und für die naturwissenschaftlichen Fächer übernahmen.

Summative Workshops (Dritte Phase): In der letzten Phase der Workshops wurden die Ergebnisse und Erfahrungen aus den Implementationsrunden des Projekts rekapituliert. Damit entsprachen die Summative Workshops weitgehend den Practice Reflection Workshops in der Zusammensetzung und Absicht, wobei sie einen stärker zusammenfassenden Charakter hatten, der weniger auf die Anpassung des PATHWAY IBSE Modells und mehr auf die Lehren der gesamten Umsetzung zielte.

Folgende Themen wurden bei diesen Workshops für die Validierung des PATHWAY IBSE Modells diskutiert:

[4] Nachfolgend wird nicht mehr zwischen Lehrer“ und Lehrerinnen“ unterschieden und einheitlich Lehrer“ verwendet.

1. Wichtiger Bestandteil des PATHWAY -Ansatzes: Die Workshops halfen bei der Ausarbeitung des PATHWAY IBSE Modells durch den Vergleich des ursprünglichen Modells mit den Ansprüchen aus der Praxis.

2. Um das Profil einer erfolgreichen IBSE Lehrkraft zu verstärken, können die unterschiedlichen Trainings- und Unterrichtsmodelle für IBSE an die unterschiedlichen Voraussetzungen der nationalen Bildungssysteme angepasst werden.

3. Wirksame IBSE Trainingsmodule für Lehrkräfte: Die Informationen aus den Workshops trugen unter anderem dazu bei, die Trainingsmodule für Lehrkräfte effektiver zu gestalten. Dazu wurde auch auf die individuellen Umstände der national verschiedenen Bildungssysteme Rücksicht genommen.

c. Verbreitung von IBSE in Europa und darüber hinaus

Die Umsetzungsstrategien wurden aufgrund ihres Maßstabs angeordnet: Local Educational Activities beinhaltet alle Maßnahmen auf lokaler Ebene, National Activities bezieht sich auf landesweite Maßnahmen der jeweiligen Partner, als International Activities qualifizierten sich Aktionen, die mehrere Länder umfassten und einen größtmöglichen Umfang an beteiligten Personen hatten.

Umsetzungsaktivitäten auf lokaler Ebene

a) IBSE Demonstrationen und Trainingsaktivitäten in Schulen

b) IBSE Demonstrationen und Trainingsaktivitäten in Seminaren und anderen Lehrerbildungsstätten. Während der Trainingsveranstaltungen konnten die Lehrkräfte sich mit den Ideen des IBSE Konzepts vertraut machen und ihre Ideen und Erfahrungen mit Experten und Ausbildern teilen.

c) Workshops zu forschend-entdeckendem Lernen: Diese Workshops wurden als pädagogischer Doppeldecker eingesetzt, in dem die Teilnehmer sich mit Hilfe der forschend-entdeckende Vorgehensweise Inhalte selbst erarbeiteten, die sie später unterrichten wollten. Diese Form des Workshops hatte eine besonders kraftvolle und transformative Wirkung auf die Teilnehmer.

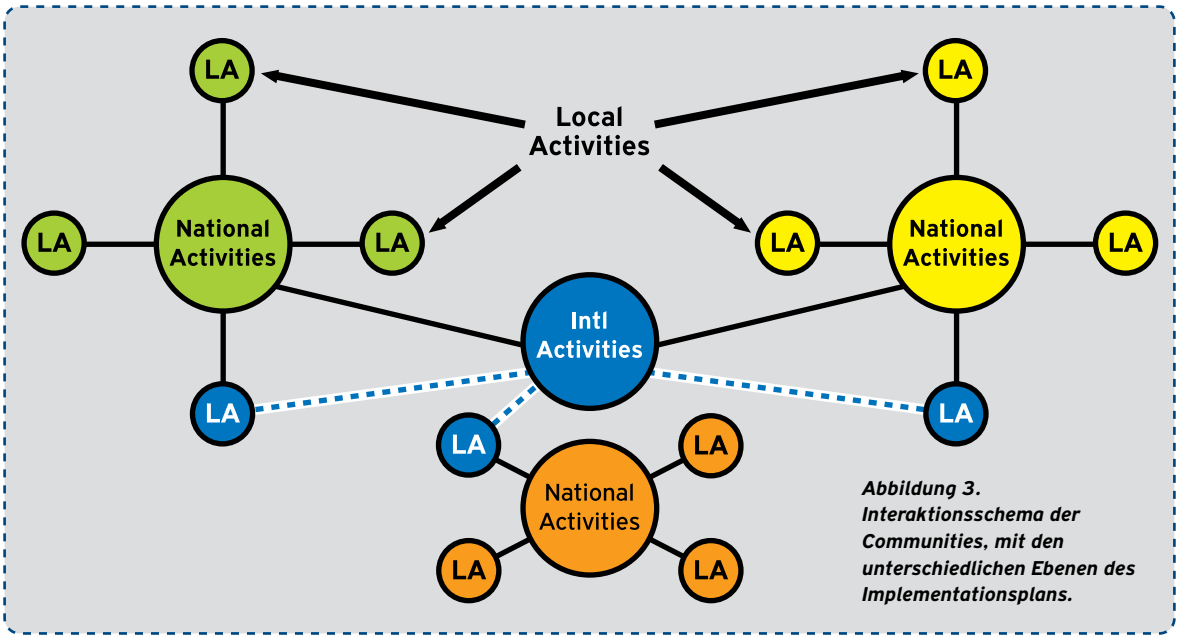


Abbildung 3. Interaktionsschema der Communities, mit den unterschiedlichen Ebenen des Implementationsplans.

National Impementation Activities			
	Indicative Number of Schools	Training Avtivities (Indicative Number of Events) Estimated Number of Participants per event: 20-30	Indicative Number of Students and Teachers Contest
Germany	200	**40** Training Workshops and Seminars	3
Greece	200	**40** Training Workshops and Seminars	3
UK	100	**20** Training Workshops and Seminars	2
Ireland	100	**20** Training Workshops and Seminars	2
Spain	100	**20** Training Workshops and Seminars	2
Bulgaria	100	**20** Training Workshops and Seminars	2
Italy	100	**20** Training Workshops and Seminars	2
Switzerland	100	**20** Training Workshops and Seminars	2
Austria	200	**40** Training Workshops and Seminars	3
Finland	100	**20** Training Workshops and Seminars	2
Belgium	200	**30** Training Workshops and Seminars	4
Romania	100	**20** Training Workshops and Seminars	2
Russia	200	**20** Training Workshops and Seminars	3

Tabelle 2. Nationale Umsetzungsaktivitäten

Diese Erfahrungen brachten den Teilnehmenden den speziellen Charakter der Naturwissenschaft näher – also einerseits das verfügbare Wissen und die Dynamik der Untersuchung von Hinweisen. Hauptaugenmerk der Workshops war die Lehrperson als Vermittler von eigenständigen Lernaktivitäten im Zuge des IBSE zu etablieren. Die Teilnehmenden hatten so die Chance, Primärerfahrungen mit naturwissenschaftlicher Vorgehensweise zu machen und diese in Diskussionen weiter zu verarbeiten. Diese Erfahrungen dienten als Rahmen für die daraufhin erarbeiteten Strategien der Umsetzung mit Schulklassen.

Umsetzungsaktivitäten auf nationaler Ebene

a) Nationale Konferenzen und Workshops

b) Nationale Wettbewerbe für Schüler, sowie deren Lehrkräfte, durch die IBSE Aktivitäten in Schulen bekannter werden sollten. Dazu gehören handlungsorientierte Aktivitäten, Laborerfahrungen, Kollaborationen und Exkursionen zu naturwissenschaftlichen Museen.

Um eine möglichst zahlreiche Teilnahme an diesen Aktivitäten zu gewährleisten, wurden im Voraus Kooperationen mit weiteren Partnern, wie Nationale Gesellschaften für Chemie oder Physik, Regierungsorganisationen und Ministerien geschlossen.

Diese Netzwerk- und Clustering Aktivitäten wurden als wesentliche Bestandteile für die Effektivität und Durchführbarkeit des PATHWAY Projekts identifiziert. Durch diese Weiterverbreitung von nationalen Umsetzungsaktivitäten innerhalb der Netzwerke im Bildungsbereich können die interessierten Institutionen und damit Lehrkräfte und Schülern mit den IBSE Methoden vertraut werden.

Umsetzungsaktivitäten auf internationaler Ebene

Auf internationaler Ebene wurden fünf verschiedene Kategorien durch das PATHWAY Konsortium definiert.

I. Internationale Konferenzen (jährlich, zweijährlich)

II. Internationale Sommer und Winter Seminare über COMENIUS/GRUNDTVIG

III. Internationale CERN Teacher Programme

IV. International Hands-on Particle Physics Master Classes

V. Paneuropäische Wettbewerbe für Schüler sowie deren Lehrkräfte

6. Empfehlungen für die weitere Praxis

PATHWAY entwickelte einen effektiven Zugang zum naturwissenschaftlichen Unterricht, der zwei Dinge vereint: sowohl Methoden als auch Aktivitäten für einen forschungsorientierten Unterricht. Die Methoden zeigen Konzepte auf und veranschaulichen Lehrmodelle, um Lehrer den forschungsorientierten Lehransatz verständlich zu machen. Zusätzlich präsentiert das Projekt eine Reihe von Aktivitäten für den forschungsorientierten Unterricht, die den gängigen Unterrichtsmodellen folgen. Durch die Integration eines forschungsorientierten Ansatzes, wissenschaftlichen Inhalts, neuen Lehrmethoden sowie einer Reihe von Forschungsaktivitäten konnte PATHWAY neue Möglichkeiten aufzeigen, wie erfahrene und unerfahrene Lehrer den naturwissenschaftlichen Unterricht zukünftig gestalten. Die European Science Education Academy zielte, aufbauend auf den Ergebnissen des PATHWAY Projekts, darauf ab, den forschungsorientierten Ansatz auf alle europäischen Länder zu erweitern.

PATHWAY hat einen Prozess in Richtung standardisiertem Ansatz vorgeschlagen, der Koordination, Konsistenz, Kohärenz und schließlich eine Verbesserung der naturwissenschaftlichen Bildung bringen soll. Ein solcher Prozess erlaubte allen Beteiligten sich in die gleiche Richtung zu bewegen, begleitet von der Gewissheit, dass das Risiko, das sie im Namen der Verbesserung der naturwissenschaftlichen Bildung tragen, von den jeweiligen Strukturen der Bildungssysteme in den Mitgliedstaaten unterstützt wurde. Aufbauend auf der besten gegenwärtigen Praxis, hatte PATHWAY das Ziel, uns über die Zwänge der gegenwärtigen Strukturen der Schulbildung in Richtung einer gemeinsamen Vision der Exzellenz zu bringen.

Veränderungen sind vereinzelt aufgetreten; Unterschiede bei Einzelpersonen, Schulen und Gruppen produzierten somit verschiedene PATHWAYs an Reformen mit jeweils unterschiedlichen Fortschrittsgeschwindigkeiten und Schwerpunkten. Dennoch, mit der gemeinsamen Vision eines standardisierten Ansatzes, erwarteten wir über die Zeit gezielte Veränderungen, um so Reformen zu schaffen, die allgegenwärtig und permanent sind. Keine Gruppe könnte einen solchen Prozess alleine und von sich aus implementieren. Die Herausforderung bestand also in der Erweiterung auf alle beteiligten Personen innerhalb eines Bildungssystems, darunter Lehrer, Administratoren, Lehrer der Naturwissenschaften, Lehrplanentwickler, Experten, sowie lokale und nationale Bildungsbehörden und die Bildungspolitik. Es erstreckte sich auch auf alle, die außerhalb des Systems waren, aber auch Einfluss auf den Unterricht hatten, wie etwa Eltern, Wissenschaftler oder Techniker. Alle aufgezählten Personen oder Gruppen haben ihre jeweilige Rolle, wenn es um die Verbesserung der naturwissenschaftlichen Bildung für die Zukunft Europas geht. Die Ergebnisse und Auswirkungen des PATHWAY Projekts waren in diesem Zusammenhang der erste Schritt auf einer Reise zur Bildungsreform, die noch viele weitere Jahre dauern könnte.

a. In Richtung eines standardbasierten Ansatzes zum forschungsorientierten naturwissenschaftlichen Unterrichts

Viele Diskussionen von naturwissenschaftlichem Unterricht durch forschend-entdeckendes Lernen beginnen mit der Annahme, dass die forschend-entdeckendes Lernen selbst eine Lehrstrategie ist. Lehrer der Naturwissenschaften fragen „ Sollte ich eine ganze oder partielle Untersuchung durchführen? Sollte der Forschungsansatz durch Lehrer geleitet oder den Schülern überlassen werden?“ Das Projekt PATHWAY führte einen standardbasierten Ansatz ein, der diese Situation differenziert be-

trachtet. Eine solche Perspektive beginnt mit den zu erwartenden Bildungsergebnissen - es werden klare und hohe Erwartungen an die Leistungen der Schüler gesetzt - und identifiziert dann die besten Strategien, um diese Ergebnisse zu erzielen. Tabelle 3 enthält Beispiele für die PATHWAY-Perspektive. Von links nach rechts gelesen, stellt die Tabelle folgende Fragen: Welche von den Schülern zu erlernende Inhalte wünsche ich mir? Welche Lehrmethoden bieten die besten Möglichkeiten um das zu erreichen? Welche Beurteilungsstrategien sind für die Lernmöglichkeiten der Schüler am besten geeignet und bieten den Beweis für den Grad, in dem sie dies getan haben?

Tabelle 3: Beispiele von Lehre und Beurteilung, die erforschungsorientierte Ergebnisse gewährleisten

Standardbasierende Bildungsergebnisse. Was sollten Schüler lernen?	**Lehrstrategien.** Welche sind die Techniken, die den Schülern die besten Möglichkeiten bietet zu lernen?	**Beurteilungsstrategien.** Welche Beurteilungen sind den Bildungsergebnissen und den Lehrstrategien am besten angepasst?
Den Lehrstoff verstehen (z.B.: Bewegungen und Kräfte; Materie, Energie und Organisation in lebendigen Systemen; der Faktor Energie im System Erde).	Die Schüler engagieren sich in einer Reihe von geleiteten oder strukturierten Laborübungen, die die Entwicklung von Fähigkeiten beinhalten, um wissenschaftliche Forschung zu betreiben, aber auch den Lehrstoff in den Fokus rückt (z.B.: Die Newtonschen Grundgesetze der Bewegung, F = ma etc.).	Den Schülern werden Maßstäbe gesetzt, um ihr Verständnis des Lehrstoffes zu beurteilen. Diese können Leistungsbeurteilungen in Form einer Laboruntersuchung, offene Antwort Fragestellungen, Interviews und traditionelle Mehrfachauswahlfragen enthalten.

Erforderliche Kompetenzentwicklung, um wissenschaftliche Forschung zu betreiben (z.B.: die Schüler formulieren und überarbeiten wissenschaftliche Erklärungen und Modelle mithilfe von Logik und Beweisführung).	Die Schüler engagieren sich in geleiteten oder strukturierten Laborübungen und bilden Erklärungen auf Basis von gesammelten Daten. Sie präsentieren und verteidigen ihre Erklärungen/Thesen, indem sie (1) wissenschaftliche Kenntnisse sowie (2) Logik und Beweisführung benutzen. Die Lehrer akzentuieren die Forschungsfertigkeiten in den Laborübungen, die für die jeweiligen Gegenstandsergebnisse verwendet werden.	Die Schüler führen eine Aufgabe aus, in welcher sie Daten sammeln und diese als Grundlage ihrer Erklärungen verwenden.
Erforderliche Kompetenzentwicklung, um wissenschaftliche Forschung zu betreiben (z.B.: die Schüler haben die Möglichkeit alle grundlegenden wissenschaftlichen Standardfähigkeiten zu entwickeln).	Schüler führen eine umfassende Untersuchung durch, die aus ihren Fragen über die natürliche Welt entstammt und diese kulminieren in einer wissenschaftlichen Erklärung, die auf Beweisen beruht. Die Lehrer helfen, leiten und betreuen die Schüler.	Die Schüler erforschen einen Gegenstand ihres persönlichen Interesses ohne Richtung oder Beeinflussung. Die Beurteilungsrubrik enthält die komplette Liste der grundlegenden Fähigkeiten.
Entwicklung von Verständnis für wissenschaftliche Erforschungen (z.B.: wissenschaftliche Erklärungen müssen folgende Kriterien befolgen: eine vorgeschlagene Erklärung/These muss logisch konsistent sein; sie muss sich an die Beweisregeln halten; sie muss in Frage gestellt und für eine mögliche Modifizierung offen sein; und sie muss auf historischen und aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen basieren).	Die Lehrer können die Schüler dazu anweisen, über einige Laborübungen nachzudenken und darüber zu reflektieren. Die Schüler können auch historische Fallstudien von wissenschaftlichen Untersuchungen lesen (z.B.: Darwin, Kopernikus, Galileo Galilei, Lavoisier, Einstein). Diskussionsgruppen thematisieren Fragen über Logik, Beweisführung, Skepsis, Modifizierung und Kommunikation.	Den Schülern wird eine Kurzdarstellung einer wissenschaftlichen Entdeckung gegeben und sie werden gebeten, die inhärente Logik, Beweisführung, Kritik und Modifizierung zu beschreiben.

Bei der Entwicklung der Beispiele in dieser Tabelle wird ein klares Verständnis von den Realitäten des Standards, der Schulen, der Lehrer der Naturwissenschaft und der Schüler benötigt. Lehrer müssen die Grundlagen der Fächer unterrichten. Der wissenschaftliche Lehrplan für körperliche, Lebens-, Erd- und Weltraumwissenschaft bietet Lehrern einer Reihe von grundlegenden Verständnissen, um ihre gesetzten Bildungsziele zu stützen. Nach der Identifizierung dieser, müssen Lehrer effektive Lehrstrategien erwägen und erkennen, dass wir eine beträchtliche Forschungsbasis für jene Konzepte haben, die Schüler für wissenschaftliche Grundlagenforschung halten. Wir haben auch einiges an Verständnis für die erforderlichen Prozesse und Strategien, um konzeptionelle Änderungen herbeizuführen (Bybee et al. 2008, Loucks-Horsley et al. 2003, Berkheimer & Anderson 1989, Gazzetti/Snyder/Glass/Gamas 1993, King 1994, Lott 1983).

Die Lehrstrategien umfassen eine Reihe von Laborerfahrungen, die den Schülern dabei helfen, aktuellen Konzepten gegenüberzutreten und diese zu rekonstruieren, um sich an grundlegende wissenschaftliche Konzepte und Prinzipien der Lehrpläne anpassen zu können. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht haben eine Vielzahl an Pädagogen Methoden zu forschend-entdeckendem Lernen beschrieben, die mit einem solchen standardbasierten Ansatz kompatibel sind (Novak 1963, Bybee 2000). Naturwissenschaft durch einen Erforschungsansatz zu erlernen, hilft auch den Schülern die notwendigen Kompetenzen einer wissenschaftlichen Untersuchung zu entwickeln.

Die Verwendung von Laborübungen für die Lehre von den Naturwissenschaften wird Schülern der Technik und Mathematik bestärken, wissenschaftliche Erklärungen und Modelle zu formulieren und zu überarbeiten indem Logik und Beweisführung verwendet wird sowie wissenschaftliche Argumente/Thesen zu kommunizieren oder zu verteidigen. Ein weiteres Beispiel ist die Idee, dass das Lesen von authentischen wissenschaftlichen Texten bereits eine wissenschaftliche Untersuchung an sich betrachtet ist (Norris and Phillips 2008) und speziell jene, die an die kognitiven Fähigkeiten der Schüler angepasst sind (Falk et al. 2008). Wie bereits erwähnt, bieten Laborübungen viele Möglichkeiten, um die notwendigen Kompetenzen für wissenschaftliche Untersuchungen zu stärken (Hofstein/Lunetta 2004), so wie auch computerbasierte Lernumgebungen, die eine authentische wissenschaftliche Forschung simulieren (Gelbart et al. 2008). Lehrer der Naturwissenschaften könnten in der Tat die Lernaktivitäten auf Inhalte wie Bewegung und Kräfte, der Faktor Energie im Erdsystem und die molekularen Grundlagen der Vererbung stützen, aber sie könnten einige Grundkompetenzen der Forschung zu den expliziten Zielen des Unterrichts machen. Im Laufe der Zeit haben die Schüler reichlich Möglichkeit, alle von ihnen zu entwickeln. Dieser forschend-entdeckende Ansatz für den naturwissenschaftlichen Unterricht überschneidet und ergänzt die Bemühungen der Lehrer, ein Verständnis von wissenschaftlichen Konzepten zu fördern. Die Lehrer strukturieren eine Reihe an Aktivitäten und bieten unterschiedliche Ebenen der direkten Beratung, Orientierung und Führung. Als weiteres Ergebnis schärft dies auch die Kompetenzen der Schüler für eine wissenschaftliche Erforschung, da den Schülern die Möglichkeiten gegeben wird, eine vollständige wissenschaftliche Untersuchung durchzuführen, in der sie planen, entwerfen, abschließen und schließlich davon berichten können. Mit anderen Worten, sie erfahren alle grundlegenden Fähigkeiten einer wissenschaftlichen Untersuchung gemäß ihrer Erfahrungsebene und ihrem gegenwärtigen Verständnis der Wissenschaft. Die Rolle der Lehrer besteht hierbei darin, die Schüler zu führen und zu betreuen (Zion/Slezak 2005). Die klassischen Beispiele für diesen Fall reichen von der Organisation einer Wissenschaftsmesse oder eines Wissenschaftswettbewerbes bis hin zur Führung eines gesamten, von den Schülern durchgeführten, Forschungsprojekts.

Schließlich kommen wir bei dem Naturwissenschaftsunterricht durch Erforschung zu einem Aspekt, der meistens übersehen wird, nämlich die

Entwicklung des Verständnisses für wissenschaftliche Untersuchungen. Auf den ersten Blick sieht dies nach einem Bildungsergebnis aus, das einfach zu erreichen ist, wenn die Lehrer der Naturwissenschaften sich dazu entschlossen haben, mittels spezifischer Aktivitäten oder der Nutzung von Laboratorien zu unterrichten und ein Verständnis für die Forschung bekommen haben. Es steht eine Vielzahl an Wegen zur Verfügung, damit Schüler ihre verschiedenen, in der Forschung begründeten, Erfahrungen identifizieren, vergleichen, synthetisieren und reflektieren können. Fallstudien aus der Geschichte der Wissenschaft geben Einblicke in die Prozesse von wissenschaftlichen Erforschungen. Schülern das Verständnis für die wissenschaftliche Forschung beizubringen, ist ein langfristiger Prozess. Fragen von Zeit, Energie, Leseschwierigkeiten, Risiken, Kosten und die Belastung des Themas sollten keine Rationalisierungsfaktoren zur Verhinderung eines forschend-entdeckenden Unterrichts in den Naturwissenschaften sein. Die Förderung der Fähigkeiten bezüglich einer Erforschung steht im Einklang mit anderen genannten Zielen für den naturwissenschaftlichen Unterricht, zum Beispiel, kritisches Denken; und es ergänzt andere Schulfächer, darunter Problemlösung in der Mathematik und Design in der Technologie. Das Verständnis der Wissenschaft als Erforschung ist ein Grundbestandteil der Geschichte und Natur der Wissenschaft an sich.

b. Definieren von Best Practices in Ausbildungsprogrammen für Lehrer

Es gab zwei wichtige Punkte, auf die wir unsere volle Aufmerksamkeit richteten:

• Effektives Training basierend auf forschungsorientierten Methoden: Wenn auch sehr effektiv, so stellen forschungsorientierte Methoden dennoch einen Paradigmenwechsel für Lehrer im naturwissenschaftlichen Unterricht dar: sie mussten neue Fähigkeiten erlernen und ihre durch langjährige Praxis aufgebaute berufliche Komfort-Zone verlassen und mit aktuellen und real existierenden Fragestellungen beschäftigen.

• Unterstützung von Verhaltensänderungen: Zusätzlich zu ihrer Ausbildung, um neue forschungsorientierte Methoden und Aktivitäten in ihrer täglichen Routine einfließen zu lassen, war eine Verhaltensänderung notwendig, die sich einer neuen Lernkultur und Philosophie anzupassen hatte.

Es gab nie nur einen richtigen Weg, die Aus- und Weiterbildung von Lehrenden zu planen und umzusetzen, um Lehren und Lernen für Schüler zu verbessern. Die erfolgreiche Planung und Umsetzung von beruflichen Aus-und Weiterbildungen ist immer auch im Kontext zu bestimmten persönlichen Einstellungen, individuellen Zielen, Stärken, Ressourcen und Barrieren zu sehen. Eine effektive Planung und Durchführung des Trainingsprozesses erfordert daher immer auch die Verschmelzung von Forschung, angewandter Praxis und den persönlichen Schwerpunkten der Auszubildenden. Um in der Ausbildung von Lehrern größtmögliche Effizienz zu erreichen, entschied man sich bei diesen Trainingsprogrammen für ein „ Blended-Learning-Delivery-Modell“. Das war nachweislich das optimalste Modell für die berufliche Entwicklung, da es Flexibilität zulässt ohne dabei an Effizienz zu verlieren. Nach Hofstein, Shore und Kipnis (2004) sollten Lehrer, die in den Genuss eines forschungsorientierten Ausbildungsprogramms gekommen sind, zu folgendem im Stande sein:

• Schüler dazu motivieren professionell zu interagieren, also etwa den Austausch von Wissen mit ihren Mitschülern, Gruppenmitgliedern oder Experten.

• Den Schülern helfen Probleme zu lösen, qualifizierte Fragen zu stellen, und Hypothesen in Bezug auf bestimmte ungelöste Probleme aufzustellen.

• Schülern kontinuierlich mit einer Vielzahl von alternativen Bewertungsmethoden zu beurteilen.

• Neue Aktivitäten an die Bedürfnisse der Schüler anzupassen.

• Das Verbinden von forschungsorientierten Ak-

tivitäten mit den Konzepten, die im Klassenzimmer diskutiert und gelehrt werden.

Die Professional Development (PD) Programme, die im Rahmen des PATHWAY Projekts durchgeführt wurden, boten eine gute Gelegenheit für Lehrer, um sich mit den neuen Ideen, aber auch den Auswirkungen für sich selbst als Lehrer und für ihre Schüler im Klassenzimmer vertraut zu machen, bevor sie eben diese neuen Ideen übernehmen und umsetzen. Weil sich der neue Ansatz zumeist sehr stark von ihrer bisherigen Praxis unterschied, bot dieser neue Ansatz den Lehrern die Möglichkeit, ihre eigenen Überzeugungen in Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht und Lernen zu überdenken und neu zu gestalten.

Methoden zur Verbesserung der Effektivität von Lehrern in Schulen

Um den forschungsorientierten Ansatz im Unterricht effektiv umzusetzen, gab es drei wesentliche Voraussetzungen: (1) Lehrer müssen genau verstehen, was forschungsorientiertes Lernen ist; (2) sie müssen darüber hinaus angemessene Kenntnisse über die Struktur und den Inhalt des Unterrichtsgegenstands selbst haben; und (3) sie müssen in forschungsorientierten Unterrichtstechniken geübt sein. Lehrer der Naturwissenschaften sollten die Unterschiede zwischen diesen drei Konzepten kennen. Zuerst war forschungsorientierter Unterricht als Beschreibung von Verfahren und Prozessen, die Wissenschaftler nutzten, dann wurde daraus eine Reihe von kognitiven Fähigkeiten, die Schüler damit entwickeln konnten, und zuletzt wurde daraus eine Konstellation von Unterrichtsstrategien, die das Lernen über Naturwissenschaften und das Verständnis von naturwissenschaftlichen Konzepten und Prinzipien erleichterten. Auf der Ebene des einzelnen Lehrers bedeutete dies immer die drei folgenden Dinge:

• Die Erkenntnis von spezifischen Schwächen in der eigenen Praxis. In den meisten Fällen betrifft dies nicht nur eine Bewusstseinsbildung von dem, was sie tun, sondern auch die Denkweise, die ihr zugrunde liegt.

• Einzelne Lehrer benötigten Motivation, um die notwendigen Verbesserungen vorzunehmen. Diese tiefere Veränderung in der Motivation kann allerdings nicht nur durch wechselnde materielle Anreize erreicht werden. Solche Änderungen entstehen dann, wenn Lehrer hohe Erwartungen haben und vor allem den kollektiven Glauben an ihre Fähigkeit, einen Unterschied in der Erziehung der Kinder zu machen.

• Einzelne Lehrer mussten zuerst Verständnis für spezifische Best Practices gewinnen. Im Allgemeinen kann dies nur durch den Nachweis solcher Praktiken unter authentischen Rahmenbedingungen erreicht werden.

c. Best Practices in der Implementierung von forschungsorientiertem Unterricht in Schulen

Das Ziel von PATHWAY war es, den Lehrern, die in die Trainingsaktivitäten involviert waren, eine Vielzahl von Ressourcen anzubieten, die so angeordnet wurden, dass sie nicht an einen festen Lehrplan gebunden, sondern je nach Situation individuell adaptierbar waren. Die PATHWAY Sammlung von Best Practices diente als Fenster bzw. Ausblick auf wissenschaftliche Experimente und Phänomene, die laufende Forschung, sowie die Persönlichkeiten und Geschichten der arbeitenden Wissenschaftler in ganz Europa. Im Rahmen des Projekts wurden diese forschungsorientierten Aktivitäten in drei Hauptkategorien gegliedert:

• Pädagogische Aktivitäten an der Schule.

• Pädagogische Aktivitäten, die die Zusammenarbeit zwischen Schule, Science Center und Museum fördern.

• Pädagogische Aktivitäten, die die Zusammenarbeit zwischen Schule und Forschungszentrum fördern.

Diese Materialien sind seit vielen Jahren in zahlreichen Schulen in Europa verwendet worden und haben ihre Effizienz und Wirksamkeit als Lehrmittel für forschungsorientierten Unterricht, bewiesen. Im Rahmen des PATHWAY Projekts sowie im Rahmen der von uns vorgeschlagenen künftigen Maßnahmen, wurden eine Reihe von Mehrwertdiensten vorgestellt, um den Nutzen dieser Ressourcen durch Koordination, systematische Verbreitung und effektive Lehrergemeinschaftsbildung zu erhöhen. Die PATHWAY Trainingsressourcen wurden als Fallstudien behandelt und in verschiedenen Umgebungen (Weiterbildungsinstitutionen sowie Schulen) in ganz Europa während der gesamten Dauer des Projekts verteilt. Der Prozess der Beobachtung und Reflexion von Lehreraktionen, dem Lernen und Denken von Schülern, führte zu Veränderungen in Wissen, Überzeugung, Einstellung und schließlich in der Praxis der Lehrer.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Das PATHWAY Projekt:

Aufgrund der erfolgreichen Umsetzung konnte das Konsortium eine vielfältige Reihe von Menschen, die im Bildungssektor arbeiten, in Europa und darüber hinaus erreichen. Neben Museen, Forschungszentren und Hochschulen, konnte PATHWAY mit seinem Ansatz für neue Unterrichtsformen auch Schulen, Lehrer, Schüler und andere Entscheidungsträger erreichen.

Inhalt:

PATHWAY hatte sich mehrere wichtige Ziele gesetzt:

- Vertrieb eines standardisierten Ansatzes von forschungsorientiertem Unterricht
- Erstellen von Richtlinien für Lehrer der Naturwissenschaften oder einem ähnlichen im Bildungsbereich
- Bereitstellung von Best-Practice-Beispielen für Lehrer in ganz Europa und darüber hinaus, für den direkten Einsatz in der Schule, für Museen und Science Centers sowie Beispielen für professionelle Entwicklungsprogramme.
- Verbesserte Motivation der Schüler durch forschenden Unterricht zu lernen, sowie die Art und Weise, wie Wissenschaftler neue Erkenntnisse gewinnen, durch Experimente selbst nachzustellen bzw. zu imitieren.

Organisation:

PATHWAY gewann eine Menge neuer Informationen aus erster Hand, vor allem von Lehrern und in Schulen, Museen und Science Centers, die in unseren erweiterten Workshops über forschendes Lernen und Unterrichten teilgenommen haben. Wir möchten an dieser Stelle allen für ihre Rückmeldungen und Eindrücke danken. PATHWAY nahm diese Rückmeldungen zu jeder Zeit ernst und hat versucht, Probleme zu lösen sowie Ängste und Barrieren für diese neue Art des naturwissenschaftlichen Unterrichts zu überwinden.

PATHWAY fokussierte sich immer auf die naturwissenschaftlichen Fächer in den Schulen, aber auch Museen und Science Centers. Darüber hinaus forcierten wir während der gesamten Dauer des Projekts den Einsatz von IBSE als häufig verwendetes Werkzeug im naturwissenschaftlichen Unterricht. Daher laden wir alle ein, sich über THE PATHWAY TO INQURIY BASED SCIENCE TEACHING zu informieren, seine Leitlinien und Empfehlungen, die den naturwissenschaftlichen Unterricht durch einen forschungsorientierten Ansatz schließlich einfacher machen, da sie einen strukturierten Überblick über eine sinnvoll genutzte Unterrichtseinheit geben. Darüber hinaus bietet PATHWAY mit seiner umfassenden Sammlung von Best Practices jedem Lehrer der Naturwissenschaften die Möglichkeit, diese Best Practices in der Klasse zu wiederholen, oder auch ein Science Center oder Museum zu besuchen, deren Hauptaugenmerk ein forschungsorientierter Ansatz ist. Starten Sie ihren eigenen Workshop, oder schließen sie sich mit jenen Lehrern zusammen, die einen unserer Workshops besucht und

bereits damit begonnen haben, den forschungsorientierten Ansatz in ihren Unterricht zu integrieren, und so ihren Schülern die Möglichkeit bieten, ihrer Neugier auf Wissenschaft und Phänomene in der Welt um sie herum zu folgen.

8. Literaturverzeichnis

Asay, L. D., Orgill, M.K. (2010). Analysis of Essential Features of Inquiry Found in Articles Published in The Science Teacher, 1998-2007. Journal of Science Teacher Education, 21, 57-79.

Beetham, H. (2007). An approach to learning design. In H. Beetham, Sharpe, R (Eds.), Rethinking pedagogy for a digital age (pp. 26-39). New York: Routledge.

Bell, T., Urhahne, D, Schanze, S. & Ploetzner, R. (2010). Collaborative Inquiry Learning: Models, Tools and Challenges. International Journal of Science Education, 32(3), 349-377.

Berkheimer, G. D., Anderson, C. W. & Spees, S. T. (1990): Using Conceptual Change Research To Reason About Curriculum, Institute for Research on Teaching Michigan State University

Biggs, J. (1996). Enhancing Teaching Through Constructive Alignment. Higher Education, 32, 347-364.

Bybee, R. W. (2000). Teaching science as inquiry. In van Zee, E. H. (Ed.), Inquiring into Inquiry Learning and Teaching Science (pp. 20–46). Washington, DC: AAAS.

Bybee R.W., Leslie W. Trowbridge &Powell J.-C. (2007): Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy (9th Edition).

Ellis, E. &Goodyear, P. (2010). Students' Experiences of E-learning in Higher Education: The Ecology of Sustainable Innovation. Oxon: Routledge.

Eurydice (2006). The information network on education in Europe: 'Science Teaching in Schools in Europe, Policies and Research .

Falk, H., Brill, G., & Yarden, A. (2008). Teaching a biotechnology curriculum based on adapted primary literature, International Journal of Science Education, 30(14), 1841 - 1866.

Gelbart, H., Brill, G., & Yarden, A. (2009) The impact of a web-based research simulation in bioinformatics on students' understanding of genetics, Res. in Sci. Educ., Res Sci Educ 39:725. 751. DOI 10.1007/s11165-008-9101-1

Gazzetti, B. J., T.E. Snyder, G.V. Glass & W.S. Gamas (1993). Promoting conceptual change in science: A comparative metaanalysis of instructional interventions from reading education and science education. Reading Research Quarterly, 28, 2,117-158.

Hofstein A.& Lunetta V.N., (2004), The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research, Review of Educational Research, 52, 201-217.

Hofstein, A., Shore, R. & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: A case study. International Journal of Science Education, 26, 47–62.

King, A. (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. American Educational Research Journal, 31, 2, 338-368.

Lott, G. W. (1983). The effect of inquiry teaching and advanced organizers upon student outcomes in science education. Journal of Research in Science Teaching 20, 5, 434-438.

Loucks-Horsley, S., Love, N., Stiles, K. E., Mundry, S. and Hewson, P. W. (2003) Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics, 2nd Ed. Corwin Press.

Novak, A. (1963). Scientific inquiry in the laboratory. The American Biology Teacher, 25, 342-346.

Norris, S. P. & Phillips, L. M. (2008). Reading as inquiry. In Grandy, R. E. (Ed.), Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation (pp. 233-262). Rotterdam, NL: Sense Publishers.

Rocard M. et al, EC High Level Group on Science Education (2007). Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe, ISBN 978-92-79-05659-8.

Zion, M & Zlezak, M. (2005). It takes two to tango: In dynamic inquiry, the self-directed student acts in association with the facilitating teacher. Teaching and Teacher Education, 21, 875-894.