



Nanotechnologie in der Berufsbildung NANO-4-SCHOOLS

Eine Projektbilanz

SIBP Schriftenreihe Nummer 30

Marianne Rupf, Martin Vonlanthen,
Patrick Hoffmann, Karl Höhener, Peter Labudde,
Oliver Mercier, Loris Scandella, Martin Wild-Näf



FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG



Nanotechnologie in der Berufsbildung

NANO-4-SCHOOLS



Eine Projektbilanz

Marianne Rupf

Martin Vonlanthen

Patrick Hoffmann

Karl Höhener

Peter Labudde

Olivier Mercier

Loris Scandella

Martin Wild-Näf

Rupf, M., Vonlanthen, M., Hoffmann, P., Höhener, K., Labudde, P., Mercier, O., Scandella, L., & Wild-Näf, M. (2005): *Nanotechnologie in der Berufsbildung. NANO-4-SCHOOLS. Eine Projektbilanz* (SIBP Schriftenreihe Nr. 30). Zollikofen: Schweizerisches Institut für Berufspädagogik.

Herausgeber

Schweizerisches Institut für Berufspädagogik (SIBP)
Postfach 637
CH - 3052 Zollikofen

Homepage: www.sibp.ch

Umschlaggestaltung

Visualize AG, 3400 Burgdorf

Lektorat

Dr. Lars Balzer, SIBP Zollikofen
Dr. Ursula Scharnhorst, SIBP Zollikofen

Layout

Ivana Lovric, SIBP Zollikofen

Druck

Imprimerie St-Canisius SA, 1701 Fribourg

Copyright

©SIBP 2005

11.2005 1200

Vorwort

Das Projekt *Nanotechnologie in der Berufsbildung* ist auf eine Initiative der Programmleitung TOP NANO 21 zurückzuführen. Diese ist an das Schweizerische Institut für Berufspädagogik (SIBP) herangetreten, ein Projekt zu entwickeln und durchzuführen, welches die Berufsbildung für die Forschung zu Nanotechnologien sensibilisiert. Das SIBP hat mit Interesse diese Initiative zusammen mit der Abteilung für das Höhere Lehramt der Universität Bern (AHL) aufgenommen.

Welches sind die Gründe, die zu diesem Projekt geführt haben? Die Nanotechnologie ist heute noch ein Gebiet der technologischen Spitzenforschung. Bereits ist jedoch absehbar, dass ihre Anwendungen grosses wirtschaftliches Potential besitzen und die berufliche Arbeit verändern werden. Mit diesem Projekt kann dazu beigetragen werden, eine innovative Technologie über die Berufsbildung in der Wirtschaft zu verbreiten. Jede neue Technologie hat im Weiteren ihre Chancen und Risiken. Es ist Aufgabe der beruflichen Bildung, die „scientific literacy“ der Jugendlichen zu erweitern und zu vertiefen und ihnen zu ermöglichen, sich eine aufgeklärte Meinung zur Nanotechnologie zu bilden. Der wirtschaftliche Nutzen der Nanotechnologie sowie der Anspruch auf fundierte Auseinandersetzung mit neuen technischen Entwicklungen waren dem SIBP gewichtige Gründe, dieses Projekt durchzuführen.

Das Hauptziel des Projekts bestand darin, Unterrichtseinheiten zu Themen der Nanotechnologie für die berufliche Grundbildung zu erarbeiten. Wegen der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bedeutung des Technologietransfers war es der Projektleitung ein besonderes Anliegen, den gesamten Prozess von der Ausbildung und Information der Lehrpersonen an den Berufsfachschulen über die konkrete Durchführung der Unterrichtseinheiten mit einer Evaluation zu begleiten und auszuwerten. Die vorliegende Dokumentation fasst die Ergebnisse dieser Evaluation zusammen. Sie macht sichtbar, auf welche Schwierigkeiten die Vermittlung von neuen Technologien in der beruflichen Grundbildung stösst und mit welchen Massnahmen dieser Prozess der Einführung von neuen Technologien optimiert werden kann.

Es bleibt den an diesem Projekt beteiligten Institutionen und Personen zu danken: Der Programmleitung von TOP NANO 21, welche uns in der Person von Karl Höhener unterstützt hat, Peter Labudde von der Abteilung Höheres Lehramt der Universität Bern, der sich in der Projektleitung engagiert hat, Patrick Hoffmann von der ETH Lausanne sowie Loris Scandella von der Firma Nanosurf AG, welche uns fachlich beraten haben, dem Projektteam unter der Leitung von Olivier Mercier und Martin Vonlanthen, die das Projekt umgesetzt haben, und Marianne Rumpf, welche das Projekt mit ihrer Evaluation begleitet hat und für die vorliegende Dokumentation verantwortlich war. Zum Schluss ist allen Lehrpersonen zu danken, welche bei ihren Berufslernenden einen Pilotunterricht zum Thema Nanotechnologie durchgeführt haben.

Für die Projektleitung

Martin Wild-Näf

Zollikofen, Oktober 2005

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis	4
Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	6
I Einleitung	7
Marianne Rupf und Martin Vonlanthen	
1.1 Einführung zum Bericht	7
1.2 Nanotechnologie – ein Thema für Berufsfachschulen?	7
1.3 Projektvorstellung und Projektüberblick	9
2 Erkenntnisse aus der evaluierten Durchführung des Projekts	10
Marianne Rupf	
2.1 Einleitung	10
2.2 Projektdurchführung	11
2.2.1 Aufbauorganisation und Projektantrag	11
2.2.2 Projektprozesse	12
2.3 Evaluationskommentare der Projektmitglieder	16
2.3.1 Aus der Perspektive TOP NANO 21 Karl Höhener, Mitglied Leitungsteam TOP NANO 21, TEMAS AG	17
2.3.2 Aus der Perspektive der Wirtschaft Dr. Loris Scandella, Nanosurf AG	18
2.3.3 Aus der Perspektive der Nanotechnologieforschung Dr. Patrik Hoffmann, EPFL Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne	20
2.3.4 Aus der Perspektive der fachdidaktischen Forschung Prof. Dr. Peter Labudde, Pädagogische Hochschule Bern	21
2.3.5 Aus der Perspektive der Berufsbildung Dr. Martin Wild-Näf, SIPB Zollikofen	22
2.3.6 Sicht aus der Perspektive der operativen Projektleitung Dr. O. Mercier, ISPPF Lausanne	25
2.3.7 Aus der Perspektive der operativen Umsetzung Martin Vonlanthen, SIBP Zollikofen	27
2.3.8 Aus der Perspektive der Evaluation Marianne Rupf, ruma Seminar GmbH	28
2.4 Konklusion	30
3 Erkenntnisse aus den evaluierten Unterrichtseinheiten	31
Marianne Rupf	
3.1 Einleitung	31
3.2 Evaluationskonzept	32
3.2.1 Zweck und Ziel der Evaluation der Unterrichtseinheiten	32
3.2.2 Evaluationsdimensionen	32
3.2.3 Didaktische Qualität	33
3.2.4 Lernmotivation	35
3.2.5 Wissensaufbau	36
3.2.6 Erhebungsinstrument	37

3.3	Befragte Personen	38
3.4	Ergebnisse didaktische Qualität	39
3.4.1	Zufriedenheitsgrad	39
3.4.2	Bewertung der Unterrichtseinheiten und Stärken/Schwächenprofil	41
3.4.3	Ziele	43
3.4.4	Inhalte	43
3.4.5	Unterrichtsmethodik	45
3.4.6	Medien / Lehrmittel	47
3.5	Ergebnisse Lernmotivation	47
3.5.1	Skalenbildung	47
3.5.2	Dimensionen der Lernmotivation: Konzept und empirische Befunde	48
3.5.3	Interesse am Fach – Engagement – Befindlichkeit – Lernaktivität	48
3.6	Ergebnisse Wissensaufbau	51
3.7	Interpretation und Schlussfolgerungen	52
3.7.1	Didaktische Qualität und Wissensaufbau	52
3.7.2	Lernmotivation	53
3.8	Zusammenfassung	55
4	Exemplarische Unterrichtsbeispiele	56
	Martin Vonlanthen	
4.1	Die Natur macht's vor – ein möglicher Einstieg in das Thema Nanotechnologie im Berufsschulunterricht	56
4.2	Das Rasterkraftmikroskop (AFM) im Berufsschulunterricht	57
4.3	Die Grätzel-Solarzelle als Beispiel eines interdisziplinären Unterrichts	57
5	Fazit und Ausblick	59
	Marianne Rupf und Martin Vonlanthen	
6	Gesamtzusammenfassung	61
	Marianne Rupf	
	Literaturverzeichnis	62
	Anhang	
	Fragebogen	63

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

Abbildung 1	Lotusblatt	8
Abbildung 2	Aufbauorganisation	11
Abbildung 3	Kernprozesse mit Zeitachse	13
Abbildung 4	Herstellung einer Grätzelzelle	15
Abbildung 5	Berufslernende am Rasterkraftmikroskop	20
Abbildung 6	Größenverhältnisse	25
Abbildung 7	Erweiterte Aufbauorganisation	30
Abbildung 8	Evaluationsmodell	33
Abbildung 9	Kriterien der didaktischen Qualität	34
Abbildung 10	Kriterien der Lernmotivation	36
Abbildung 11	Kriterien des Wissensaufbaus	37
Abbildung 12	Zufriedenheit mit dem Unterricht	40
Abbildung 13	Berufsgruppenspezifische Unterrichtszufriedenheit	40
Abbildung 14	Praxisbezug zur Berufslehre	44
Abbildung 15	Verteilung Fragen 16 und 22 Zusammenhang zu anderen Fächern und zum Vorwissen	45
Abbildung 16	Fächerübergreifender Unterricht bezogen auf die Berufslehre	45
Abbildung 17	Verteilung Frage 29 Messen mit dem Rasterkraftmikroskop	46
Abbildung 18	Frage 29 Messen mit Rasterkraftmikroskop bezogen auf die Berufslehre	47
Abbildung 19	Mittelwerte der Lernmotivation	49
Abbildung 20	Interesse am Fach bezogen auf die Berufslehre	50
Abbildung 21	Wissensaufbau	51/52
Abbildung 22	Die Grätzel-Solarzelle als fächerübergreifende Thematik	58

Tabellen

Tabelle 1	Projektüberblick	9
Tabelle 2	Berufslehre – Lehrjahr – Anzahl Personen	38
Tabelle 3	Berufslehre und Geschlecht	39
Tabelle 4	Alter und Häufigkeit	39
Tabelle 5	Mittelwerte Fragen didaktische Qualität	41
Tabelle 6	Stärken/Schwächenprofil der Unterrichtseinheiten	42
Tabelle 7	Dimensionen der Lernmotivation mit Fragen und Zuverlässigkeitswert	48
Tabelle 8	Mittelwerte Berufsgruppe und Dimensionen der Lernmotivation	49
Tabelle 9	Korrelationswerte zwischen den Dimensionen der Lernmotivation	50

I Einleitung

Marianne Rupf und Martin Vonlanthen

I.1 Einführung zum Bericht

Die Schrift *Nanotechnologie in der Berufsbildung – NANO-4-SCHOOLS Eine Projektbilanz* berichtet über das zweisprachige Nanotechnologie-Projekt. Im Rahmen der KTI (Kommission für Technologie und Innovation) des BBT (Bundesamt für Berufsbildung und Technologie) entstand dieses Projekt innerhalb des Programms TOP NANO 21 unter der Mitwirkung des Schweizerischen Instituts für Berufsbildung (SIBP) und der Abteilung für das Höhere Lehramt der Universität Bern (AHL). Dem Projekt oblag die anspruchsvolle Aufgabe, Technologiewissen aus der Forschung und aus der Wirtschaft aufzugreifen und in einer didaktisch brauchbaren Form aufzubereiten, so dass es an Berufsfachschulen unterrichtet werden kann.

Eine Erkenntnisbilanz wird aus den beiden evaluierten Bereichen *Projektvorgehen* und *Unterrichtseinheiten* zusammengestellt. Der Bereich des Projektvorgehens wird durch Reflektionskommentare von Projektmitgliedern am Ende des Projekts dokumentiert. Der Bereich der Unterrichtseinheiten ist jeweils nach dem Ende einer Unterrichtsdurchführung in der Klasse mit einem Fragebogen evaluiert worden.

Im ersten Teil wird über die Beweg- und Hintergründe informiert, die zu einem Unterrichtsthema *Nanotechnologie* führten, und das Projekt wird vorgestellt.

Der zweite Teil widmet sich der Projektvorgehensweise. Erprobte Vorgehensweisen waren nicht verfügbar und es waren Wege zu finden, die sich für eine solche Situation bewährten und zu Resultaten führten. Auf unerwartete Schwierigkeiten galt es mit innovativen Lösungen zu reagieren. Insbesondere wird das Projekt organisatorisch durch die Aufbauorganisation und durch die Kernprozesse vorgestellt.

Im dritten Teil wird das evaluative Vorgehen zur Bewertung der entwickelten Unterrichtseinheiten ausführlicher vorgestellt. Das methodische Konzept wird beschrieben. Zentrale Ergebnisse werden vorgestellt und daraus Erkenntnisse für einen Nanotechnologieunterricht an Berufsfachschulen abgeleitet.

Im vierten Teil wird anhand von drei exemplarischen Unterrichtsbeispielen eine didaktische Vorgehensweise aufgezeigt.

Der fünfte Teil zieht eine abschliessende Bilanz und einen Ausblick.

Lesehilfe

Für Leserinnen und Leser, die sich hauptsächlich für das Projektvorgehen interessieren, sind Kapitel 1 und 2 von Bedeutung. Für Personen, die insbesondere an der didaktischen Forschung interessiert sind, sind die Kapitel 1 und 3 als Lektüre zu empfehlen. An konkreten Unterrichtseinheiten interessierten Leserinnen und Lesern ist das Kapitel 1, Teile aus Kapitel 3 sowie das Kapitel 4 zu empfehlen. Die Darstellung aller entwickelten Unterrichtseinheiten ist nicht Zweck dieses Berichts. Wer mehr darüber wissen möchte, ist auf die Internetseite www.nanoforschools.ch verwiesen.

I.2 Nanotechnologie – ein Thema für Berufsfachschulen?

Pfannen, die nicht mehr verschmutzen, selbstreinigende Fensterscheiben und Dachziegel, intelligente Textilien, kratzfeste Autolacke, verformbare Displays, superleichte und stabile Verbundstoffe, keimfreie Türgriffe – zahlreich sind die nanotechnologischen Innovationen.

Den kleinen Dingen steht eine grosse Zukunft bevor; mit nanotechnologischen Verfahren gelingt es heute, Atome und Moleküle gezielt als Bausteine für neue technische Lösungen zu nutzen. Stoffe in Nanogrösse werden interessant, weil sie neue Eigenschaften zeigen. So können spröde Stoffe hart werden, nicht leitende Stoffe leitend werden, Materialien ihre Farbe wechseln und Oberflächen schmutzabweisend werden.



Abbildung 1: Lotusblatt (Die schmutzabweisenden Eigenschaften des Lotusblattes sind durch nanometrische Grössendimensionen von der Technik nachahmbar gemacht worden).

Mit Verfahren, die kleinere, schnellere, robustere und günstiger herzustellende Produkte liefern, könnte die Nanotechnologie bald ein wesentlicher Bestandteil des gesamten Produktionssektors werden. Viele, meist energie- und materialintensive Branchen haben bereits erkannt, welche Potentiale in dieser Technologie stecken. Zahlreiche Schweizer Mikrotechnik- und Life-Science-Firmen setzen heute schon auf die Karte Nanotechnologie (Knopp, 2005). Technologisches Wissen ist für das rohstoffarme Land Schweiz ein entscheidender Produktionsfaktor und eine Voraussetzung für zukünftigen Wohlstand. Neben qualifizierten Forscherinnen und Forschern suchen diese Firmen auch vermehrt gut ausgebildete und kompetente Fachkräfte. Auf der anderen Seite zeigen Untersuchungen, dass Jugendliche im Schulalltag nur schlecht auf die Anforderungen der Gesellschaft und Wirtschaft bezüglich Umgang mit neuen Technologien vorbereitet werden. Der Unterricht in den Fächern Natur und Technik (sofern überhaupt solcher Unterricht stattfindet) orientiert sich häufig an klassischem Schulbuchwissen, bleibt viel zu oft ohne Alltagsbezug, ist stark mathematikorientiert, wenig kommunikativ und kooperativ (Schallies, 1999; Coradi et al., 2003).

Wie reagiert das Berufsbildungssystem auf diese Tatsachen? Das SIBP sieht die Aufgabe nicht darin, fertige Ausbildungsgänge oder gar neue Berufsfelder im Bereich Nanotechnologie zu lancieren. Viel eher geht es um die Förderung der „Scientific Literacy“, einer allgemeinen naturwissenschaftlichen Bildung (Dubs, 2002) oder zutreffender um die Förderung eines Technologie-Verständnisses („Technological Literacy“). Zukünftige Berufsleute sollen für aktuelle technologische Entwicklungen sensibilisiert werden, Chancen und Risiken neuer Technologien sollen aufgezeigt und Entscheidungshilfen für die weitere Qualifizierung geboten werden. Es gilt also einen kompetenten Umgang mit Technik und Technologie zu fördern. Als Menschen des 21. Jahrhunderts sind wir mit der rasanten Entwicklung der Technik konfrontiert. Wir werden als Bürgerinnen und Bürger immer häufiger aufgefordert, zu komplexen technischen Fragestellungen, wie z.B. der Stammzellenforschung, Stellung zu beziehen. Gleichzeitig fehlt uns zunehmend das Fundament, d.h. die entsprechenden naturwissenschaftlich-technischen Grundlagen, auf denen

wir uns ein verantwortungsbewusstes Urteil bilden könnten (Haenger & Vonont, 2004; de Senarclens, 2005).

Diese und weitere Gründe bewogen das Schweizerische Institut für Berufspädagogik (SIBP), im Jahr 2003 das Projekt *Nanotechnologie in der Berufsbildung* - NANO-4-SCHOOLS zu lancieren.

1.3 Projektvorstellung und Projektüberblick

In Zusammenarbeit mit der Abteilung für das Höhere Lehramt der Universität Bern (AHL) und mit Unterstützung von TOP NANO 21 und Partnern aus Industrie und Forschung wurden während zwei Jahren mit Pilotschulen Unterrichtseinheiten zum Thema Nanotechnologie entwickelt und berufsfeldspezifisch umgesetzt. Dabei ging es einerseits um den Erwerb des nötigen Know-how, der nötigen Fachkompetenz und dem Aufbau eines breiten Netzwerks, damit das Thema auch in die langfristige SIBP-Arbeit einfließen kann (siehe den folgenden Projektüberblick). Die gemachten Erfahrungen sollen u.a. dabei helfen, die Förderung der „Technological Literacy“ auch in der Ausbildung von Berufsschullehrkräften stärker zu gewichten.

Tabelle 1: Projektüberblick

Laufzeit	April 2003 – Juli 2005
Projektträger und Finanzierung	<ul style="list-style-type: none"> • Schweizerisches Institut für Berufspädagogik Zollikofen (SIBP) und Lausanne (ISFPF) • Abteilung für das Höhere Lehramt der Universität Bern (AHL) • Bundesamt für Berufsbildung und Technologie (BBT), Kommission für Technologie und Innovation (KTI) • TOP NANO 21
Ziele	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbilder/innen und zukünftige Berufsleute für die Entwicklungen im Nanometerbereich sensibilisieren • Neue Instrumente für die Nanodimension kennen lernen • Kontakte zu Partnern aus Forschung und Wirtschaft aufbauen • Technologieverständnis in der Ausbildung von Berufsschullehrpersonen und im Berufsschulunterricht fördern
Teilnehmende Pilotschulen aus der Deutsch- und Westschweiz	<p><i>Deutsche Schweiz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Berufsbildungszentrum Uzwil • Berufsbildungszentrum Sursee • Berufsbildungsschule Winterthur • Berufswahlschule Uster <p><i>Französische Schweiz:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ecole technique - Ecole des métiers de Lausanne (ETML) • Ecole professionnelle d'assistants médicaux et d'assistants dentaires Sion / Brig • Centre intercommunal de formation des Montagnes neuchâteloises Le Locle (CIFOM-ET)
Arbeitsformen	<ul style="list-style-type: none"> • Informations- und Weiterbildungsveranstaltungen zum Thema Nanotechnologie konzipieren und durchführen • Mit den beteiligten Berufsfachschulen Unterrichtseinheiten zum Thema Nanotechnologie erarbeiten, erproben und auswerten • Evaluationsinstrumente bereitstellen
Resultate	<ul style="list-style-type: none"> • Unterrichtsdokumentationen zum Thema erarbeiten und veröffentlichen • Wissenschaftliche Grundlagen zur Weiterentwicklung des Themas schaffen

2 Erkenntnisse aus der evaluierten Durchführung des Projekts

Marianne Rupf

2.1 Einleitung

Das zweite Kapitel bezweckt, die Vorgehensweise im Projekt *Nanotechnologie in der Berufsbildung* vorzustellen und sie mit einer rückblickenden Bewertung zu kommentieren. Der Rückblick ist im Sinne einer summativen Evaluation zu verstehen, die jedoch keinen Anspruch auf Wissenschaftlichkeit erhebt, aber doch zum Projekt mehr beiträgt, als wenn auf einen evaluativen Ansatz ganz verzichtet worden wäre.

Im zweiten Teil dieses Kapitel wird die gesamte Projektdurchführung zum einen durch die Aufbauorganisation, die zugleich die operative Umsetzung des Wissenstransfers darstellt, abgebildet. Zum anderen wird die Projektdurchführung durch die Kernprozesse verdeutlicht. Ein Projekt wird zudem von weiteren Elementen wie beispielsweise den zahlreichen Instrumenten eines Projektmanagements gesteuert. Da es aber nicht die Absicht dieses Berichts ist, das komplette Projektmanagement zusammenzufassen, sondern sich auf wenige, aber für die Evaluationsabsicht zentrale Teile zu konzentrieren, werden insbesondere die Aufbau- und die Prozessorganisation vorgestellt.

Für ein neues Unterrichtsthema an Berufsfachschulen wie es Nanotechnologie ist, waren die Unterrichtsinhalte grundsätzlich aufzubauen. Die bestehenden Fächer boten zwar Schnittstellen für die inhaltliche Vernetzung, aber die Inhalte selbst waren durch andere Quellen zu beschaffen. Auf dem internationalen Parkett der Berufsbildung waren ebenfalls wenig konkrete Hilfen zu finden. „Scientific Literacy“ bzw. „Technological Literacy“ wird in der internationalen Bildungslandschaft zwar gefordert, die konkrete Umsetzung steht jedoch noch an.

Für das Projekt NANO-4-SCHOOLS galt es deshalb, für die Fachinhalte das nanotechnologische Wissen in der Wissenschaft und in der Wirtschaft aufzugreifen. Eine Herausforderung bestand für das Projekt darin, aus den Wirtschafts- und Wissenschaftsbereichen geeignetes nanotechnologisches Wissen herauszufiltern und in das Berufsbildungssystem zu transferieren. Auf organisatorischer Ebene wurde der Herausforderung des Wissenstransfers bereits durch den Projektaufbau begegnet, indem Wirtschafts- und Wissenschaftsvertreter in das Projektkomitee berufen wurden. Beim Wissenstransfer in das Berufsbildungssystem war zusätzlich zum inhaltlichen Teil auch eine didaktische Perspektive einzubeziehen. Diesem Anspruch wurde ebenfalls durch die Aufbauorganisation Rechnung getragen, indem ein Didaktikexperte im Projektkomitee vertreten war.

Die Kernprozesse als einen weiteren Bestandteil im Projektvorgehen verdeutlichen die Tätigkeiten, mit welchen auf die Projektziele hingearbeitet worden war. Diese Prozesse werden vertiefter betrachtet und ausführlicher beschrieben.

Der dritte Teil beinhaltet die evaluativen Kommentare. Projektmitglieder äusserten sich in einem rückblickenden Kommentar zu den gewonnenen Erkenntnissen, analysierten das Projekt nach Stärken, Schwächen und Chancen, betrachteten Herausforderungen des Projekts oder verdeutlichten Komplexitäten. Jedes Projektmitglied war für eine bestimmte Funktion oder Rolle vorgesehen, wodurch die Kommentare von unterschiedlichen Wahrnehmungen getragen werden und durch strukturelle Verschiedenheit gekennzeichnet sind.

Der vierte Teil schliesst das Kapitel mit einer Konklusion.

2.2 Projektdurchführung

2.2.1 Aufbauorganisation und Projektantrag

An den Universitäten, Hochschulen und Fachhochschulen ist reichliches nanotechnologisches Wissen vorhanden. Auch in gewissen Wirtschaftszweigen der Schweiz hat die Nanotechnologie Einzug gehalten. Hingegen ist die Thematik noch zu neu, als dass sich bereits in der Berufsbildungslandschaft ausgewiesene Kenner und Kennerinnen finden lassen. Die Aufbauorganisation des Projekts hat diese Situation wie bereits erwähnt vorweggenommen und die Projektorganisation so zusammengestellt, dass im Projektkomitee Repräsentanten der Forschungsstätten und der wirtschaftlichen Seite eingebunden wurden. Weiter bestand die Aufbauorganisation formal durch ein Projektsteuerteam und ein operatives Projektteam (siehe Abbildung 2).

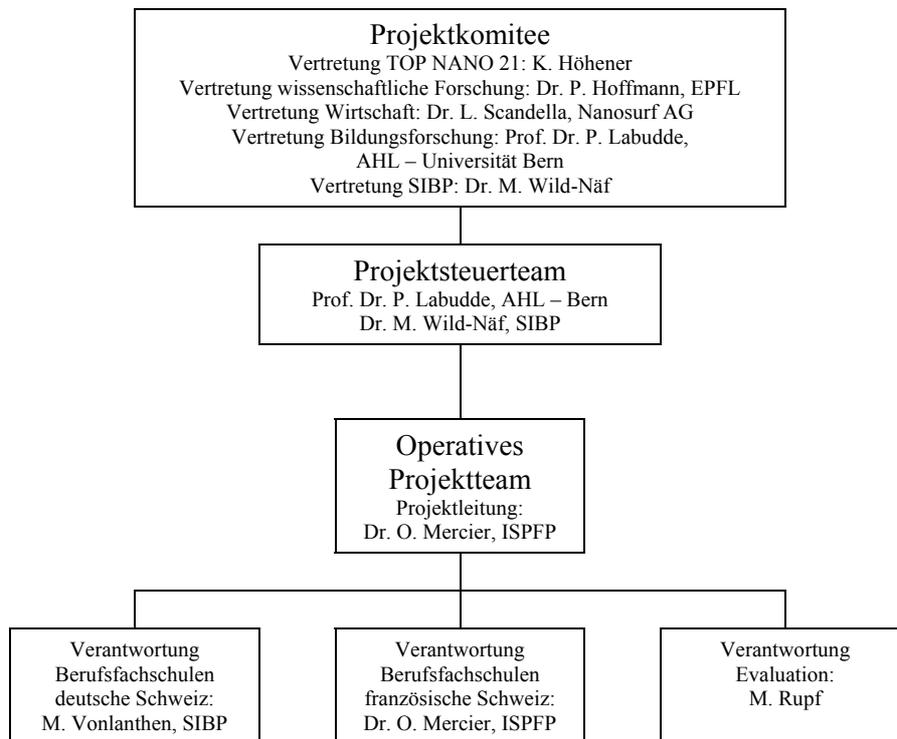


Abbildung 2: Aufbauorganisation

Die Rolle des Projektkomitees bestand darin, auf fachlicher und didaktischer Ebene das Projekt zu begleiten und Informationen aus den entsprechenden Perspektiven, die jeder einzelne Vertreter repräsentiert, einzubringen und den Projektverlauf vor dieser Perspektive zu reflektieren.

Dem Projektsteuerteam kam die Rolle der Überwachung und der Steuerung zu. Das Steuererteam organisierte ferner den Informationsfluss zwischen den beiden Ebenen des Projektkomitees und des operativen Projektteams. Das operative Projektteam war für die Feinplanung und die konkrete Umsetzung verantwortlich.

Dem der Startphase vorausgehenden Projektantrag kam eine wegleitende Funktion zu. Er umfasste den organisatorischen Projektaufbau sowie die Absichten und Meilensteine des Projekts.

Was ebenfalls bereits zu Beginn des Projekts als eine Orientierung im Projektantrag vorlag, war ein am SIBP mehrfach zum Einsatz gekommenes Modell der Unterrichtsentwicklung¹. Eine Handlungsprämisse dieses Modells bestand darin, die Einführung von Nanotechnologie an den Berufsfachschulen in Zusammenarbeit mit interessierten Berufsfachschulen bzw. Berufsschullehrkräften vorzunehmen. Die Entwicklung von Unterrichtsmaterial sollte an der Basis geschehen, bei den Berufsschullehrpersonen, die regelmässig im Kontakt mit den Berufslernenden stehen. Beabsichtigt war, dass interessierte Lehrpersonen eine Pilotgruppe bilden, die nach folgendem Plan vorgeht:

- a) Die erste Sequenz umfasst die inhaltlichen Dispositionen. An gemeinsamen Workshops werden die thematischen Schwerpunkte festgelegt.
- b) Die zweite Runde beinhaltet die didaktische Aufbereitung der inhaltlichen Schwerpunkte. Dies erfolgt wiederum in gemeinsamen Workshops. Die geplante zeitliche Beanspruchung der Pilotgruppe für die beiden Sequenzen liegt in der Grössenordnung von vier Tagen.
- c) Die dritte Sequenz betrifft die individuelle Unterrichtsdurchführung. Jedes Mitglied der Pilotgruppe führt in den eigenen Klassen den Unterricht durch.
- d) Die abschliessende vierte Runde besteht aus einem eintägigen Erfahrungsaustausch.

Relativ schnell nach dem Projektstart wurde erkennbar, dass sich eine Pilotgruppe mit Berufsfachschulen nicht in der vorgesehenen Weise rekrutieren liess. Die Starthilfe in Form des erwähnten Vorgehensmodells trat deshalb in den Hintergrund. Einen Dienst erfüllte es nach wie vor, weil es für das neue, der Situation anzupassende Vorgehen eine Patenfunktion einnehmen konnte. Zudem wurde an der Prämisse der Entwicklung an der Basis festgehalten.

Für die neu angetroffene Situation blieb jetzt einzig der Projektantrag mit den Meilensteinen wegleitend. Dagegen war die Vorgehensweise offen. Das operative Projektteam war nun darin gefordert, sich mit den gegebenen Verhältnissen zu arrangieren.

Welchen Verlauf die Vorgehensweise genommen hat, soll anhand der entstandenen Prozesse aufgezeigt werden. Nicht eine detaillierte Wiedergabe steht im Vordergrund, sondern das Aufzeigen von einigen prägnanten Herausforderungen entlang der Hauptlinien.

2.2.2 Projektprozesse

Die Prozessorganisation wird über folgende Kernprozesse strukturiert: *Information nach innen, Berufsfachschulen / Lehrpersonen gewinnen, Inhalte festlegen, Unterrichtseinheiten entwickeln* und *nach aussen informieren* (siehe Abbildung 3). Die abgebildete Zeitachse signalisiert die Dauer jedes einzelnen Prozesses.

¹ vorgestellt von Dr. O. Mercier anlässlich des Nanosymposiums vom 22./23. April 2003

Prozesse

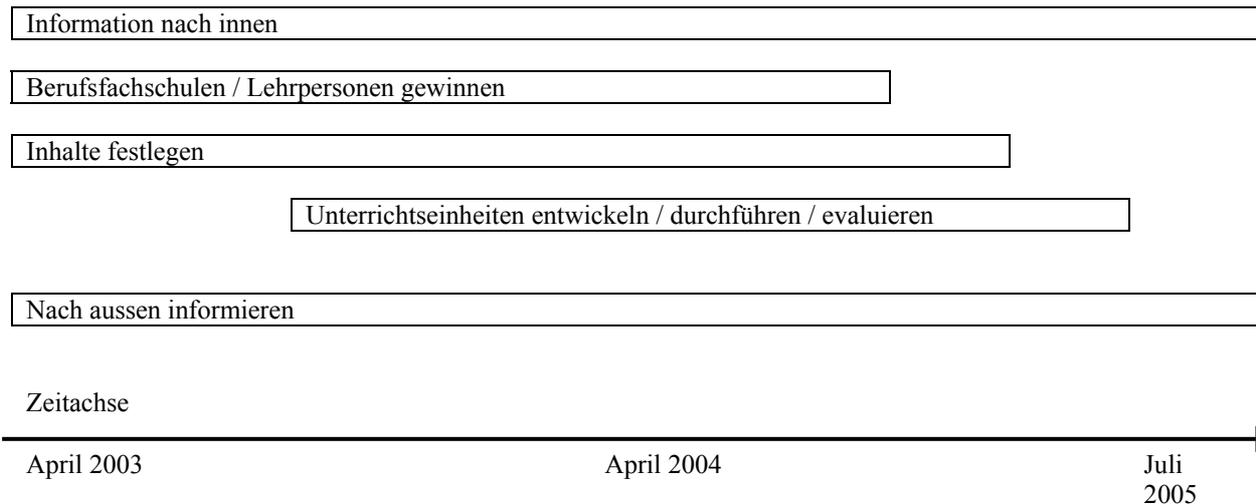


Abbildung 3: Kernprozesse mit Zeitachse

Ein Projekt konstituiert sich durch seine Kerntätigkeiten, Kernprozesse genannt. Durch die Prozesse wird das Produkt bzw. die Dienstleistung hergestellt oder auf das angestrebte Ziel hingearbeitet. Es handelt sich um produktive Tätigkeiten. In den Worten von Thommen (1996) sind Kernprozesse als ein Bündel von funktionsübergreifenden Tätigkeiten definiert, die darauf ausgerichtet sind, einen Kundenwert zu schaffen.

Beteiligte am Prozess wirken in der Rolle als Prozessleader oder als Prozessverantwortliche. Der Prozessleader hat eine Machtpromotorenrolle und besitzt genügend Einfluss, um Änderungen in Gang zu setzen. Im Projekt NANO-4-SCHOOLS sind die Prozessleader Mitglieder des Projektkomitees und der Steuergruppe. Prozessverantwortliche dagegen sind für Gestaltung von spezifischen Aufgaben zuständig. Im Projekt NANO-4-SCHOOLS sind dies Mitglieder der Steuergruppe oder des operativen Projektteams.

Eigentliche Ausführende der organisatorischen Gestaltung eines Prozesses sind Mitglieder des Projektteams. Ein Kernprozess kann mehr als einen Beteiligten haben.

Was nun jeder einzelne Kernprozess inhaltlich umfasst, wird nachstehend erklärt.

Prozess: Information nach innen

Mit dem Kernprozess *Information nach innen* wurde der erforderliche Informationsaustausch sichergestellt.

Der Informationsfluss innerhalb der Projektorganisation wurde formell über die Besprechungsdaten geregelt. Regelmässige Zusammentreffen der Mitglieder der Projektsteuergruppe und des operativen Projektteams führten zu einem gut funktionierenden Informationsfluss. Mit den periodisch angesetzten Besprechungsterminen mit dem Projektkomitee wurde ferner der Informationsfluss zwischen den Vertretern der Wissenschafts-, Wirtschafts- und Bildungssysteme sichergestellt.

Alle Mitglieder des Projektteams waren in diesen Prozess involviert.

Prozess: Berufsfachschulen / Lehrpersonen gewinnen

Mit diesem Prozess wurde das Ziel angestrebt, genügend Berufsfachschulen für einen Pilotunterricht in Nanotechnologie zu gewinnen.

Nanotechnologie war an den Berufsfachschulen und bei den Lehrpersonen vielfach ein neuer Begriff und deshalb unbekannt. Gegenüber Neuem verhält man sich bevorzugt reserviert und wartet, bis andere erste Erfahrungen vorweisen. Das Thema war für die Berufsfachschulen nicht dringlich, wodurch sich ein freiwilliges Engagement nur schwerlich einstellte. Zudem sind üblicherweise alle Unterrichtsstunden verplant. Einem neuen Thema muss ein altes weichen oder es muss über andere Möglichkeiten nach freien Unterrichtsstunden gesucht werden. Diesem Problem sah sich das Projekt NANO-4-SCHOOLS gegenüber gestellt.

Eine besondere Herausforderung in diesem Prozess war es deshalb, eine genügend grosse Anzahl an Pilotklassen zu erreichen, die zudem verschiedene Berufslehren umfassten.

Mit verschiedenen Informationsaktivitäten wurde über das Nano-Projekt informiert (z.B. schriftliche Information mit beigelegter, speziell dafür entworfener Informationsbroschüre an die Schulleitungen, Einzelgespräche mit Schulleitern / Schulleiterinnen oder Lehrpersonen, Projektvorstellung an diversen Anlässen).

Am Projektende konnte eine Bilanz von 15 mitwirkenden Lehrkräften an sieben verschiedenen Berufsfachschulen präsentiert werden. Dabei wurden elf verschiedene Berufslehrklassen in Nanotechnologie unterrichtet: An der Berufsbildungszentrum Uzwil waren es Personen in der Lehre als Konstrukteur/in und als Polymechniker/in (Regel- und Berufsmaturaklassen). Ebenso wurde Nanotechnologie bei Polymechniker/innen mit Berufsmaturität an der Berufsbildungsschule in Winterthur unterrichtet. An der Berufsbildungszentrum Sursee war der Unterricht für Elektroniker/innen vorbereitet worden. Die ETML Ecole technique – Ecole des métiers de Lausanne führte bei Informatiker/innen, Automatischer/innen und Elektroniker/innen einen Unterricht in Nanotechnologie durch. Ferner wurden Absolventen zweier Fachrichtungen (Elektronik und Mechanik) der Technikerschule an der ETML in Nanotechnologie unterrichtet. An der Berufsfachschule für Medizinische Praxisassistentinnen in Sion / Brig wurde das Fach Nanotechnologie bei medizinischen Praxisassistentinnen und Dentalassistentinnen unterrichtet.

Vertreter aus dem operativen Projektteam und aus dem Projektsteuerteam waren in diesen Prozess involviert.

Prozess: Inhalte festlegen

Das Ziel dieses Prozesses war es, aus dem breiten Feld von nanotechnologischem Wissen die geeigneten Ansatzpunkte zu finden, um das Thema auf dem Niveau von Berufsfachschulen unterrichtsgängig zu machen.

Dieser Prozess war von vielfältigen Anforderungen und unterschiedlichsten Bedingungen gekennzeichnet, von denen nachfolgend ein Eindruck vermittelt werden soll:

- Nanotechnologie wurde als allgemein bildendes Thema, aber auch als Thema für den Fachunterricht gesehen.
- Vorstellbare Soll-Anforderungen an den inhaltlichen Umfang variierten.
- Der Inhalt sollte bestimmten didaktischen Kriterien entsprechen.
- Der Inhalt sollte über den Kompetenzwürfel (Fach-, Methoden-, Sozialkompetenz) definierbar sein.
- Den Know-how-Trägern aus Wissenschaft und Wirtschaft geht die Nähe zum Berufsfachschulunterricht ab und die Berufsschullehrpersonen sind Novizen in der Thematik.

- Nanotechnologie als Schlüsselthema ist als Unterrichtsfach für viele Berufslehren geeignet, von den Berufslernenden in der Optikerlehre bis zu denjenigen in der Ausbildung zur Dentalassistentin.

Hervorgebracht hat dieser Prozess Unterrichtsstoff, der bei elf verschiedenen Berufsgruppen durchgeführt worden ist und gegen 15 Unterrichtsstunden beinhaltet. Aufbereitete Unterrichtsinhalte waren beispielsweise: Begriff der Nanotechnologie und praktische Anwendungen, Verständnis und Anwendung des Atomic Force Microscope (AFM), Grössenberechnungen, Risiken der Nanotechnologie, Verständnis des Lotuseffekts oder Herstellung einer Grätzelzelle.



Abbildung 4: Herstellung einer Grätzelzelle

Vertreter aus dem Projektkomitee, dem Projektsteuerteam, dem operativen Projektteam und Berufsschullehrkräfte wirkten in diesem Prozess mit.

Prozess: Unterrichtseinheiten entwickeln

Mit diesem Prozess wurde das Ziel angestrebt, das im Projekt NANO-4-SCHOOLS zentral ist: erprobte und evaluierte Unterrichtseinheiten vorzulegen.

Die besondere Herausforderung in diesem Prozess war die Problematik des Wissenstransfers. Vereinzelt Berufsschullehrpersonen waren mit der Nanotechnik durch ihren Ausbildungshintergrund vertraut. Für andere war Nanotechnologie Neuland. Mitglieder des operativen Projektteams sind deshalb in die Rolle von Vermittlern getreten. Dafür hatten sie ihren nanotechnologischen Wissensstand auszubauen, was über die unterschiedlichsten Kanäle geschah, auch über den Kontakt zum Projektkomitee. Das erarbeitete Know-how haben sie an die Berufsschullehrpersonen weitergegeben (Einführungsworkshops, Unterrichtsunterlagen, Unterrichtsbeispiele). Die Lehrpersonen haben Entwürfe für Unterrichtseinheiten berufsfeldspezifisch gestaltet und sie dann wieder an die Vermittler zurückgegeben. Diese bereiteten die Unterrichtseinheiten dokumentationsreif auf, so dass sie heute für die Weitergabe an andere Lehrpersonen zur Verfügung stehen.

Das Ergebnis dieses Prozesses sind zahlreiche dokumentierte Unterrichtsbeispiele, die an mehr als 350 Berufslernenden erprobt und einer Evaluation unterzogen wurden. Am Schluss des Unterrichts wurden die Berufslernenden jeweils gebeten, einen ausführlichen Fragebogen auszufüllen. Gefragt wurde nach der didaktischen Qualität, nach der Lernmotivation und nach dem aufgebauten Wissen.

Vertreter aus dem operativen Projektteam und Berufsschullehrkräfte waren die gestaltenden Personen dieses Prozesses.

Prozess: Nach aussen informieren

Dieser Prozess beinhaltet die Informationsarbeit gegenüber allen Parteien, die über das Projekt NANO-4-SCHOOLS informiert sein sollten. Mit diesem Prozess wird auch der im Strategiepapier enthaltenen Absicht entsprochen, eine Sensibilisierung für Nanotechnologie an den Berufsfachschulen zu erreichen.

Die schriftliche Information aller Schulleiter/innen der gewerblichen und technischen Berufsfachschulen zählt beispielsweise dazu. Da es sich um eine multifunktionale Massnahme handelt, war von ihr bereits beim Prozess um die Gewinnung der Berufsfachschulen die Rede. Andere Aktivitäten sind beispielsweise das Symposium *Nanotechnologie für die Berufsfachschulen* vom April 2003, die Teilnahme an der *Nanofair* im September 2003, der Informationsanlass in Le Locle vom Dezember 2003, die Veranstaltung *Nanotechnologie – ein Megathema für die Berufsbildung!?* vom Juni 2005, die Artikelpublikation *Nanotechnologie – ein Thema für Berufsfachschulen?* in der Zeitschrift *Berufsbildung Schweiz* oder die Website *www.nanoforschools.ch*. Zahlreiche weitere Aktivitäten sind unternommen worden, die aber nicht alle einzeln aufgeführt werden.

Diese Aktivitäten beschreiben nicht nur den Prozess, sondern sie sind zugleich auch als Ergebnis dieses Prozesses zu verstehen. So wurden neue Berufsschullehrpersonen für die Pilotgruppe gewonnen, oder Lehrkräfte integrierten Nanotechnologie in ihrem Unterricht, ohne dass sie aber beim Projekt NANO-4-SCHOOLS mitwirkten.

Mitwirkend in diesem Prozess war das Projektkomitee, das Projektsteuerteam und das operative Projektteam.

2.3 Evaluationskommentare der Projektmitglieder

Nachstehend äussern sich die Projektmitglieder zum durchgeführten Nano-Projekt:

- K. Höhener erwähnt den Pioniercharakter dieses Projekts und betont zum einen das hohe Lernvermögen und die Flexibilität aller Beteiligten, zum anderen macht er auf eine stärkere strategische Projektverankerung aufmerksam.
- L. Scandella äussert sich zur wachsenden Bedeutung der Nanotechnologien in der Wirtschaft und thematisiert die Anwendung und den Umgang mit neuen Instrumenten für die Nanodimensionen.
- P. Hoffmann greift den plurisdiziplinären Aspekt des Themas auf und ist von der thematischen Auseinandersetzung beeindruckt.
- Aus einer fachdidaktischen Perspektive geht P. Labudde seinen Kommentar an: Neben anderen positiven Aspekten, erwähnt er die gesamtschweizerische Lancierung des Projekts, macht aber zugleich auf geringe internationale, fachdidaktische Vernetzung aufmerksam.
- M. Wild-Näf begreift Nanotechnologie als Querschnittsthema und thematisiert es als Fachbereich, als Berufskundethema und als allgemein bildendes Thema in allen Berufen, d.h. als Teil der „Scientific Literacy“.
- O. Mercier befasst sich mit den typischen Eigenschaften eines Technologie-Faches für die Berufsbildung und sieht den idealen Kontext für ein solches Fach in der weiteren Ausrichtung der Berufsbildung, die „Scientific Literacy“ und „Technological Literacy“ integriert.
- M. Vonlanthen schildert aus nächster Praxis die Entwicklung von Unterrichtseinheiten.
- Von M. Rupf wird insbesondere die Evaluation durchleuchtet, indem sie einige Effektivitätspunkte hervorhebt.

2.3.1 Aus der Perspektive TOP NANO 21

Karl Höhener, Mitglied Leitungsteam TOP NANO 21, TEMAS AG

Motivation

Das Technologie-Orientierte Programm TOP NANO 21 hatte die folgenden vier Zielsetzungen:

1. Erweiterung des wissenschaftlichen Horizontes auf den relevanten Gebieten an den Forschungszentren sowie die Stärkung des Technologiebewusstseins.
2. Stärkung der schweizerischen Wirtschaft durch die Entwicklung und die Anwendung neuer Technologien beruhend auf dem *Nanometer*.
3. Integration des Themas *Nanometer* in die Lehre.
4. Fördern der Vorbereitung zur Gründung von neuen Unternehmen.

Vor dem Hintergrund der Stärkung der Wirtschaft (2.) und der Integration des Themas in die Lehre (3.) hatte die Programmleitung festgelegt – unter Einbezug der Aspekte Sicherheit und Risiko – für die Wirtschaft relevante Bildungssysteme mit folgenden drei Stufen einzubeziehen:

- a) Universitäten: mit einem spezifischen Fokus auf für die Nanoskala wichtige interdisziplinäre Ausbildung und Zusammenarbeit zwischen den Disziplinen Physik, Chemie und Biologie.
- b) Fachhochschulen: Förderung von Ausbildungslehrgängen und Nachdiplomstudien mit dem Ziel, das Wissen über die Anwendung der neuen Erkenntnisse auf der Nanoskala für die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung zu stärken.
- c) Berufsbildung: Unterstützung des Aufbaus von Lernmodulen für den Umgang und die Anwendung von analytischen Werkzeugen für die Nanoskala.

Erkenntnisse

Der Einbezug der Aus- und Weiterbildung auf den drei Stufen (a,b,c) in ein technologieorientiertes Förderprogramm konnte noch auf keine entsprechende Erfahrung zurückgreifen. In diesem Sinne haben wir Neuland betreten. Entsprechend der grossen Bildungsspannweite und des anspruchsvollen technologischen Themas gestaltete sich der Start auf den Stufen Fachhochschulen und Berufsbildung schwierig und zeitintensiv. Auf den Berufsbildungsstufen gelten andere Prioritäten und Vorgehensweisen (ticken die Uhren anders) als an den Universitäten, wo Forschung (Kernthema unseres Programms) und Lehre eng miteinander verbunden sind.

Dieser neue Ansatz zeigte ein grosses Potenzial, der auch international Anerkennung gefunden hat. Der Weg, neue Technologien bereits zu Beginn der industriellen Nutzung auch an den Fachhochschulen und an den Berufsfachschulen als Ausbildungsmodule einzuführen, erfordert von allen Beteiligten hohes Lernvermögen und Flexibilität. Diese Bereitschaft kann nicht als selbstverständlich angenommen werden – so die Erfahrung – und bedarf daher einer ganz besonderen Aufmerksamkeit und weitsichtigen Planung.

Der aus der Sicht der Programmleitung sich abzeichnende Erfolg wäre ohne einige herausragende, leistungsbereite Experten und Lehrkräfte nicht möglich gewesen. Diesen sei auch an dieser Stelle der entsprechende Dank und die Anerkennung ausgesprochen. Die eigentliche Bewährung des gesamtheitlichen Ansatzes auf der Stufe der Berufsfachschulen steht uns noch bevor. Erst wenn die Nanoskala in den Grundlagenfächern wie Physik, Chemie und Biologie und in den mehr praktisch orientierten Fächern wie Werkstoffkunde, Messtechnik, Analytik etc. Einzug gefunden hat, kann von einer hinreichenden Breitenwirkung gesprochen werden.

Für zukünftig ähnliche Aufgabenstellungen im Bereich der Technologieförderung, welche die Aus- und Weiterbildung auf allen Stufen in irgend einer Form nachhaltig beeinflussen werden, ist zu empfehlen, das Thema in einem ersten Schritt verstärkt strategisch anzugehen, indem ihm eine curriculum-relevante Bedeutung eingeräumt wird. Erst in einem zweiten Schritt – vor dem Hintergrund einer, mit den Berufsfachschulen und anderen relevanten Gruppen abgestimmten Strategie – sollte die operative Umsetzung eingeleitet werden.

2.3.2 Aus der Perspektive der Wirtschaft

Dr. Loris Scandella, Nanosurf AG

Die Nanotechnologie, im wesentlichen in vier Gebiete unterteilt (Sensorik und Analytik, Nanomaterialien, Nanoelektronik und Nanobiotechnologie), wird zuweilen als die wichtigste Technologie dieses angehenden Jahrhunderts bezeichnet. Deshalb ist es für die Schweiz von besonderer Wichtigkeit, diesen Trend nicht zu verschlafen.

Der Nationalfonds unterstützte und unterstützt schon seit einigen Jahren Programme (NFP 24, NFP 36, NFP 47), in denen im speziellen die Nanowissenschaft erfolgreich gefördert wurde. Neben diesen eher auf die Grundlagenforschung bezogenen Programme, wurden Programme mit Industriebeteiligung durchgeführt (MINAST, TOP NANO 21). Vor allem das Programm TOP NANO 21 diente dazu, die Nanotechnologie in der Industrie zu etablieren. Wenn auch (noch) nicht überall Produkte aus den verschiedenen Projekten entstanden sind, so konnte doch zumindest eine Sensibilisierung der Industrie und nicht zuletzt auch der Schweizer Bevölkerung für die Nanotechnologie erreicht werden. Dies war unter anderem auch an der NanoEurope Messe in St. Gallen (13. – 15. September 2005) festzustellen. An dieser Ausstellung präsentierten einige Firmen Produkte im Bereich der Nanomaterialien (Nanopulver). Ebenso sagten einige Firmenvertreter aus, dass die Nano-Euphorie dazu beigetragen hatte, in der Richtung der Nanotechnologie zu forschen. Eine eigentliche Nanotechnologie-Industrie konnte sich aber noch nicht bilden.

Studiengänge in Nanotechnologie werden im In- und Ausland erst an wenigen Universitäten (z.B. Universität Basel) angeboten. Hingegen werden schon Spezialvorlesungen und Kurse an Universitäten und Fachhochschulen gehalten, durch welche die Studierenden in dieses neue Gebiet eingeführt werden. Auf der Stufe Berufsfachschulen wurden bis zum vorliegenden Projekt keine Aktivitäten durchgeführt. In Anbetracht der Tatsache, dass eine eigentliche Nanotechnologie-Industrie erst am Entstehen ist, konnte nur beschränkt auf bestehende Erfahrungen zurückgegriffen werden. Die im Projekt verfolgten Stossrichtungen sollen im folgenden kurz kommentiert werden.

Sensibilisierung der Lehrpersonen und der zukünftigen Fachmitarbeitenden

„Es war schwierig, Lehrpersonen in dieser kurzen Zeit für das Thema Nanotechnologie zu motivieren“², da die Nanotechnologie nicht im Lehrplan enthalten ist. Es zeigte sich, wie weiter vorne im Bericht erwähnt, dass das Thema für die Berufsfachschulen nicht dringlich war.

Da es keine eigentliche Nanoindustrie gibt und scheinbar keine offensichtlichen Bedürfnisse seitens der Wirtschaft vorhanden sind, ist der Druck auf die Berufsfachschulen eher gering, fachspezifisches Nanowissen zu vermitteln. Da jedoch langsam eine allgemeine Sensibilisierung der Industrie und auch der Bevölkerung stattfindet, sollten an Berufsfachschulen die unten aufgeführten Inhalte einfließen:

- Begriff der Nanotechnologie (Unterschiede zu anderen Technologien)
- Einsatzgebiete im Alltag und in der spezifischen Fachausbildung

² Präsentation „Projektübersicht“ von M. Vonlanthen an der *Veranstaltung Nanotechnologie – ein Megathema für die Berufsbildung!*? vom 29. Juni 2005

- Erkennen von Trends und allgemeinen Stimmungen sowie deren Einschätzung

Als positives Beispiel kann das Berufsbildungszentrum (BZ) Uzwil aufgeführt werden. Die in Uzwil ansässige Firma Bühler engagiert sich stark im Gebiet der Nanotechnologie (Nanopartikel). Dadurch ist das BZ Uzwil besonders motiviert, in speziellen Unterrichtseinheiten Nanotechnologie zu unterrichten. Ein Fazit aus dem vorliegenden Projekt zeigt, dass „normale Unterrichtsgefässe im Fachbereich ungeeignet“ sind, „es braucht grössere Blöcke, um den Unterricht lernendenaktiv zu gestalten“³. Dies lag sicher auch daran, dass es beim Start des Projektes noch keine Lehrmittel für diese Schulstufe gab. Dies hat sich inzwischen geändert. Man denke an den SWISSMEM-Lehrgang Mikro- und Nanotechnologie oder an die aus diesem Projekt entstandene Internetseite www.nanoforschools.ch. Flankierend sollten dazu Weiterbildungskurse für Lehrpersonen angeboten werden.

Im weiteren dienen Publikumsausstellungen wie die Maturarbeit von N. Kappeler⁴ oder die NanoPubli in St. Gallen⁵ dazu, dass Lehrpersonen und zukünftige Fachmitarbeitende Informationen aus erster Hand erhalten können. Solche Ausstellungen sollten auch in Zukunft gefördert werden. Ebenso sollte auf das grosse Know-how der Universitäten und Fachhochschulen zurückgegriffen werden, das in der Schweiz existiert. Auch sollten aktiv Firmen, die im Nanotechnologie-Bereich schon tätig sind, angefragt werden, ob Lernende die Firmen besuchen können.

Anwendung und Umgang mit neuen Instrumenten für die Nanodimension

Es zeigte sich aus der Projektarbeit, dass die Berufslernenden gerne mit dem Rasterkraftmikroskop gearbeitet hatten. Es war nicht unbedingt relevant, ob das zu untersuchende Objekt (z.B. CD-ROM) wirklich ein Objekt aus der Nano- oder aus der Mikrotechnologie war. Wie aus der Befragung von Lernenden⁶ hervorgeht, bevorzugen die Berufslernenden einen handlungsorientierten Unterricht. Einige Berufslernende aus Uzwil erkannten an der NanoPubli nach dem Projektunterricht das Rasterkraftmikroskop und äusserten sich sehr positiv gegenüber dem Projektunterricht.

Das Arbeiten mit dem Rasterkraftmikroskop vereint verschiedene Ausbildungsaspekte: Vermittlung vom Mikro- und Nanometer, Arbeiten mit dem Computer zur Erfassung und Auswertung von Daten und der Umgang mit feinen Komponenten, was eine präzise und sorgfältige Arbeitsweise erfordert – alles Aspekte, die in verschiedenen Berufsausbildungen relevant sind. Interessanterweise zeigten die Lehrpersonen grössere Hemmungen gegenüber dem Rasterkraftmikroskop als die Lernenden.

Das Projekt hat aufgezeigt, dass es grosse Anstrengungen braucht, eine neue Technologie in einen schon vollen Lehrplan einzuführen. Vor allem, wenn die Technologie noch keinen Durchbruch erzielt hat. Jedoch waren einige Berufsfachschulen bereit, diese Herausforderung anzunehmen. Die erzielten Resultate ermutigen, den eingeschlagenen Weg weiter zu gehen.

Wie schon oben erwähnt, zeigte sich an der NanoEurope eine zunehmende Sensibilisierung der Industrie für den Nanometerbereich. Die Firma Nanosurf AG hat dieses Jahr aus der Industrie sehr viel mehr Anfragen als in früheren Jahren erhalten. Einige Anwendungen haben nichts mit Nanotechnologie im engsten Sinne zu tun (Strukturen unterhalb von 100 nm). Doch zeigen sie eine Gemeinsamkeit auf. Die Anforderungen an die Präzision bei der Bearbeitung und bei der Analyse von Werkstücken werden immer höher.

³ Präsentation „Projektübersicht“ von M. Vonlanthen an der *Veranstaltung Nanotechnologie – ein Megathema für die Berufsbildung!?* vom 29. Juni 2005

⁴ Publikumsausstellung „Die Welt der Nanotechnologie“ vom 28. – 31. Okt. 2004 in Sarnen

⁵ Die NanoPubli wurde im Rahmen der NanoEurope-Messe (13. – 15. Sept. 2005) durchgeführt.

⁶ Evaluationsbericht Nr. 7: Unterrichtsprogramm Nanotechnologie für Medizinische Praxisassistentinnen und Dentalassistentinnen in Sion vom Juni 2005



Abbildung 5: Berufslernende am Rasterkraftmikroskop

Wenn noch vor zwei Jahren Fachleute bei der Frage nach Bedarf von Messungen im Nanometerbereich abgewunken haben, so suchen heute genau dieselben Personen Lösungen für ihre Probleme im Nanometerbereich. Damit könnte die Nachfrage an gut ausgebildeten Fachkräften mit Kenntnissen in der Nano- und Mikrotechnologie schnell steigen und somit den Druck auf die Berufsfachschulen erhöhen, Nanotechnologie als festen Teil im Lehrplan aufzunehmen. Die im Projekt festgelegten Ziele wurden erreicht. Eine Weiterführung der Einführung der Nanotechnologie an Berufsfachschulen ist wünschenswert.

2.3.3 Aus der Perspektive der Nanotechnologieforschung

Dr. Patrik Hoffmann, EPFL Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

Aus Sicht eines Nanotechnologieforschers und Universitätslehrers stellte das Projekt NANO-4-SCHOOLS eine besondere Herausforderung dar, welche sich von der tagtäglichen Forschungs- und Lehrarbeit deutlich unterscheidet. Der Hauptunterschied bestand darin, die Frage zu beantworten: „Inwieweit müssen Berufslernende bzw. Meisterschüler/innen oder Techniker/innen verstanden haben, welche Rolle die Nanotechnologie im für sie wichtigen Produkt oder Prozess spielt?“ Die Antwort auf diese Frage konnte nicht eindeutig beantwortet werden und wird sich eventuell mit der Praxisentwicklung abzeichnen.

Beeindruckend für mich war die Lernkurve der beteiligten Mitglieder des NANO-4-SCHOOLS-Teams und auch der interessierten Berufsschullehrpersonen und Ausbilder/innen. Zu Beginn des Projektes wurden viele der von Experten gezeigten Beispiele und Vorführungen von Nanotechnologiethematen mit mehr oder weniger grossen, fragenden Augen aufgenommen. Dagegen wurde zwei Jahre später, an der Veranstaltung im Juni 2005, von den vortragenden Lehrpersonen beim Vermitteln und Vorstellen der Nanothemen hohe Kompetenz gezeigt. Besonders die Motivation dieser Kollegen und Kolleginnen, sich mit einem so komplexen und inhomogenen, pluridisziplinären Thema wie das der Nanotechnologien auseinanderzusetzen, hat mich tief beeindruckt.

Sicherlich ist die Informationsvermittlung zur Vermeidung von polemischen Reaktionen auf die Nanotechnologie das wichtigste Anliegen. Risiken bzw. Ungefährlichkeit/Sicherheit der Nanotechnologie, welche sich in den verschiedenen Bereichen der Nanotechnologien deutlich unterscheiden (trockene Nanopartikel im Vergleich zu integrierten Schaltkreisen), konnten durchaus erfolgreich vermittelt werden.

Die Breite des Gebietes *Nanotechnologien* wurde durch die Auswahl der verschiedenen Beispiele überzeugend gezeigt. Von ultrawasserabweisenden Pflanzen, über die aus Nano-

partikelsuspensionen hergestellten Solarzellen bis zur Nanotechnologie in der Oberflächencharakterisierung mittels Atom Force Microscope (AFM) und Compact Discs (CD) wurde die Breite und die Pluridisziplinarität deutlich.

Persönlich habe ich viel gelernt von den Mitgliedern des NANO-4-SCHOOLS-Teams bezüglich der Herangehensweise an das Problem, wie man neue Informationen bzw. Lehrinhalte in einen schon existierenden Lehrplan integrieren kann.

2.3.4 Aus der Perspektive der fachdidaktischen Forschung

Prof. Dr. Peter Labudde, Pädagogische Hochschule Bern

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt *Nanotechnologien in der Berufsbildung* weist Charakteristika auf, die als paradigmatisch für fachdidaktische Projekte in der Schweiz gelten können. Es zeichnet sich – aus der Perspektive von Schule und Wissenschaft – durch verschiedene Stärken, aber auch Schwächen aus:

Grosse Praxisorientierung

Kerngeschäft des Projekts bildete die Entwicklung von Unterrichtseinheiten zum Thema Nanotechnologien. Die Unterrichtseinheiten wurden, wie bei fast allen fachdidaktischen Projekten in der Schweiz, von den Lehrkräften selbst, d.h. von denjenigen, welche die Einheiten dann auch in ihrem Unterricht einsetzen, entwickelt und erprobt. Dabei stand ihnen das Forschungsteam mit Rat und Tat zur Hilfe. Mit diesem Vorgehen wird sichergestellt, dass ein fachdidaktisches Projekt nicht abgehoben theoretisch bleibt, sondern einen engen Bezug zur Unterrichtspraxis aufweist. Lehrpersonen, die von dem Projekt hören, sagen: „Die Einheit und das Material sind brauchbar!“ Sie erkennen sich, ihren Unterricht, ihre Lernenden sowie die ihnen vertrauten Kontexte wieder. Die Schwelle, sich selbst an neue Unterrichtsinhalte, -materialien und -methoden zu wagen, liegt tief.

Sorgfältige Evaluation

Es waren aber nicht nur die Meinungen der Lehrpersonen, die erfragt wurden, denn „Was heisst schon brauchbar? Brauchbar in Bezug auf was?“, sondern auch die Meinungen der Berufslernenden selbst. Letztere beantworteten am Ende der jeweiligen Unterrichtseinheit einen ausführlichen Fragebogen, der nach Kriterien der sozialwissenschaftlichen Forschung, zusammengestellt worden war. Die professionelle Evaluation durch eine aussenstehende Drittperson und die Interpretation der Ergebnisse lassen wertvolle Rückschlüsse auf die Unterrichtseinheiten zu und erlauben eine fundierte Weiterentwicklung derselben.

Beispielhafte Verankerung in Romandie und Deutschschweiz

Was bei fachdidaktischen Projekten in der Schweiz eher eine Ausnahme bildet, ist die Durchführung des Projekts in zwei Sprachregionen. Sowohl in der Suisse Romande wie auch in der Deutschschweiz wurden verschiedenste Unterrichtseinheiten zum Thema Nanotechnologien entwickelt. Dies erleichtert die spätere Umsetzung in der gesamten Schweiz. Wie allerdings so häufig bei derartigen zweisprachigen Projekten, bilden mangelnde Fremdsprachenkompetenz sowie kulturelle Unterschiede auch zusätzliche Hindernisse und Schwierigkeiten. Dabei könnte der multikulturelle Austausch, nicht nur in fachdidaktischen Projekten, eine riesige Chance bedeuten. Diese Chance wurde im vorliegenden Projekt genutzt, hätte allerdings noch mehr ausgeschöpft werden können.

Mangelnde internationale Vernetzung

Wie bei fast allen fachdidaktischen und erziehungswissenschaftlichen Projekten in der Schweiz war die internationale Vernetzung im vorliegenden Projekt schwach. Das Studium der relevanten internationalen Literatur fand zwar noch statt, aber der internationale Aus-

tausch in Konferenzen oder Zeitschriftenartikeln wurde bisher kaum gepflegt. In der föderalistischen Schweiz gibt man sich zu oft damit zufrieden, die Kantons- oder die Sprachgrenzen überschritten zu haben. Dass es jenseits der Schweizer Grenze auch noch andere Forscherinnen und Forscher gibt, mit denen man einen wissenschaftlichen Disput führen könnte, liegt häufig ausserhalb des eigenen Denkhorizonts. Im vorliegenden Projekt, wie auch generell in der schweizerischen Bildungsforschung, muss hier eine vermehrte internationale Öffnung stattfinden.

Manko an Vorträgen und Publikationen

Mit der mangelnden internationalen Vernetzung hängt zusammen, dass das Projekt *Nanotechnologien in der Berufsbildung* bisher zu wenig an nationalen oder internationalen Tagungen bzw. in Fachzeitschriften präsentiert wurde. Es erfolgten zwar sehr wohl Vorstellungen an zahlreichen Anlässen für Lehrkräfte – hier wieder der Praxisbezug als grosse Stärke – aber noch zu wenig an Konferenzen und Kolloquien der internationalen fachdidaktischen „Scientific Community“. Für die nächsten zwölf Monate sind allerdings derartige Vorträge und Publikationen geplant. Das Projekt wie auch ganz allgemein die Fachdidaktiken als Wissenschaften und Forschungsfelder in der Schweiz könnten von einem (inter-)nationalen Austausch stark profitieren.

Ohne fachdidaktische Dissertationen

Etablierte Forscherinnen und Forscher führten das Projekt durch, Nachwuchskräfte, die – wie das im Ausland der Normalfall ist – ihre Dissertation im Projekt geschrieben hätten, kamen nicht zum Zuge. Auch das ist paradigmatisch für fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in der Schweiz. Damit fehlt langfristig nicht nur der fachdidaktische Nachwuchs in der Schweiz, z.B. wenn qualifizierte Dozierende für Pädagogische Hochschulen gesucht werden, sondern die Projekte verteuern sich auch enorm. Wenn die Schweizer Hochschulen, d.h. Universitäten und Pädagogische Hochschulen, hier nicht raschest möglich fachdidaktische Kompetenzzentren und die strukturellen Rahmenbedingungen für fachdidaktische Dissertationen schaffen, haben die fachdidaktische Forschung und damit auch die fachdidaktische Lehre in der Schweiz keine Zukunft.

„Nanotechnologien – ein Megathema für die Berufsbildung“, so lautete der Titel der eintägigen Abschlussveranstaltung für Lehrpersonen. Ja, es ist ein Megathema mit Zukunft. Und auch das Projekt bzw. dessen Umsetzung haben Zukunft: mögen die Stärken weiter ausgebaut und an den noch vorhandenen Schwächen gearbeitet werden!

2.3.5 Aus der Perspektive der Berufsbildung

Dr. Martin Wild-Näf, SIPB Zollikofen

Das Projekt *Nanotechnologie in der Berufsbildung* setzte sich die Ziele, die Berufsbildung für die Entwicklungen im Nanometerbereich zu sensibilisieren, die Nanometerskala sowie neue Instrumente aus der Nanoforschung einzuführen. Neben verschiedenen weiteren Massnahmen plante das Projektteam, Lernziele zu entwickeln, um das Thema Nanotechnologien in den Lehrplänen der beruflichen Grundbildung zu verankern. Die Durchführung des Projekts *Nanotechnologie in der Berufsbildung* zwischen 2003 und 2005 lag insofern günstig, als in diesem Zeitraum das neue Berufsbildungsgesetz in Kraft trat. Im Rahmen dessen Umsetzung müssen die Verordnungen sämtlicher beruflicher Grundbildungen revidiert werden, was für das Projekt eine Chance darstellt, das neue Thema Nanotechnologie in den Lehrplänen Fuss fassen zu lassen.

Das Bewusstsein über die Bedeutsamkeit solcher Lernziele war im Projektteam durchaus vorhanden. Sehr viel schwieriger erwies sich die Aufgabe, diese Lernziele zu entwickeln. Das Projektteam hatte sich während der gesamten Dauer des Projekts immer wieder mit der Frage

der Lernziele auseinandergesetzt und sah sich dabei mit zahlreichen Fragen und Schwierigkeiten konfrontiert, welche typisch für die Implementation neuer Technologien und neuer Themen in Lehrpläne der beruflichen Grundbildung sind.

Eine erste Frage ist, ob die Nanotechnologie als eigener Fachbereich oder als Querschnittsthema innerhalb verschiedener Fachbereiche zu betrachten ist. Die Etablierung der Nanotechnologie als eigener Fachbereich in der beruflichen Grundbildung wäre zweifellos das Maximum an möglicher Verfestigung. Inhaltlich wäre eine Festlegung als eigener Fachbereich durchaus möglich: Diese Forschung besitzt grundlegende Theorien und Modelle, Instrumente und Verfahren sowie breite Anwendungsgebiete. Allerdings steht die Nanotechnologie in harter Konkurrenz zu vielen anderen möglichen Fachbereichen. Eine Selektion und Reduktion der Fachbereiche ist notwendig. Gegen einen eigenen Fachbereich Nanotechnologie in der beruflichen Grundbildung spricht vor allem ein Punkt: Wenn man davon ausgeht, dass ein Ziel der beruflichen Grundbildung in der erfolgreichen Bewältigung von beruflichen Aufgaben besteht und diese Aufgaben die Orientierungspunkte und Gliederungskriterien der beruflichen Grundbildungen sein sollen, verliert ein eigener Fachbereich „Nanotechnologie“ seine Legitimation. Die Nanotechnologie erhält innerhalb einer beruflichen Aufgabe, wie zum Beispiel „Qualitätssicherung in der Herstellung von Maschinenteilen“, ihre Bedeutung. Das Rasterkraftmikroskop kann zum Beispiel dazu verwendet werden, die Qualität der Oberfläche eines Maschinenteils zu beurteilen. Nanotechnologie als eigener Fachbereich ist in einer Hochschule durchaus legitim: Forschung und Lehre fokussiert sich an einer Hochschule auf die Nanotechnologie, die Nanoforschung kann quasi disziplinären Status entwickeln. In der beruflichen Grundbildung ist sie jedoch als Querschnittsthema zu betrachten, welches bereits heute in verschiedenen beruflichen Aufgaben Relevanz besitzt und in zunehmendem Masse viele weitere Berufsaufgaben beeinflussen wird.

Im Rahmen des Projekts wurden entsprechend diesen Überlegungen berufliche Aufgaben gesucht, in welchen die Nanotechnologie bereits heute eine Rolle spielt. Folgende berufliche Aufgabenbereiche haben sich im Projektverlauf herauskristallisiert, welche unter dem Aspekt der Nanotechnologie zu betrachten sind:

- Arbeit an Nanostrukturen: z.B. Oberflächenanalyse mit Hilfe des Rasterkraftmikroskops.
- Herstellung von Nanostrukturen: z.B. Herstellung von Nanochips.
- Verbesserung von Materialeigenschaften mit Hilfe von Nanotechnologien: z.B. Beschichtungen von Brillen oder Pfannen.
- Mit Hilfe von Nanotechnologien hergestellte neue Materialien mit neuen oder veränderten Materialeigenschaften: z.B. verstärkte, bruchfeste oder besonders leichte Materialien.
- Medizinische Diagnose auf der Basis von Nanotechnologien: z.B. Bio-Chips.
- Herstellung von Medikamenten auf der Basis von Nanotechnologien: z.B. hyperthermische Krebsbekämpfung.

Für folgende Berufsfelder sind bereits heute Anwendungen verfügbar:

- Polymechnik
- Energie- und Umwelttechnik
- Medizin und „Life Science“
- Automobiltechnik

Eine zweite Frage ist, ob die Nanotechnologie ausschliesslich ein Thema für diejenigen Berufe ist, welche konkret mit Nanotechnologien konfrontiert sind oder ob die Nanotechnologien

als Thema zu betrachten sind, welches zunehmende gesamtgesellschaftliche Relevanz erhält und deshalb als Teil der „Scientific Literacy“ anzusehen ist? Im ersten Fall sind spezifische Lernziele für den Unterricht in der Berufskunde der betroffenen Berufe zu erarbeiten. Im zweiten Fall werden die Nanotechnologien quasi zu einem allgemein bildenden Thema in allen Berufen. Im Rahmen des Projekts wurden konkrete Lernziele mit Bezug zur Nanotechnologie für den berufskundlichen Unterricht entwickelt. Für verschiedene Berufe relevant ist zum Beispiel der „Lotuseffekt“. Die Blätter der Lotuspflanze besitzen die Eigenschaft, Schmutz abzuweisen. Mit Hilfe von Nanotechnologien ist es heute möglich, diesen Effekt auf künstlich hergestellte Materialien zu übertragen und zum Beispiel schmutzabweisende Farben oder Textilfasern zu produzieren. Folgende Lernziele wurden für diese Unterrichtseinheit entwickelt:

- Beispiele schmutzabweisender Oberflächen in der Natur kennen (z.B. Lotuspflanze, Kohlgewächse, Insektenflügel usw.) und deren Beschaffenheit erklären können. In diesem Zusammenhang den Begriff Lotuseffekt erklären können.
- Den Begriff hydrophob (wasserabstossend) kennen und anhand einiger Beispiele das Verhalten von hydrophoben Oberflächen abschätzen können. Diese Begriffe auf den Lotuseffekt anwenden können.
- Einige nanotechnische Umsetzungen des Lotuseffektes kennen (z.B. schmutzabweisende Farbe resp. Textilfaser) und deren qualitative Eigenschaften abschätzen können.
- Die Grenzen der technischen Umsetzbarkeit von natürlichen Vorbildern diskutieren.

Weitere Lernziele und Unterrichtseinheiten wurden für die technische Umsetzung der Photosynthese, die Arbeit mit dem Rasterkraftmikroskop oder die Sicherheit im Umgang mit der Nanotechnologie entwickelt.

Im Rahmen des allgemein bildenden Unterrichts können Fragen der Nanotechnologie nicht in dieser konkreten Art und Weise bearbeitet werden. Hier sind die Nanotechnologie und die Fragen, die sie aufwirft, in einen grösseren Zusammenhang zu setzen. Ein Lernziel, wie zum Beispiel *Naturwissenschaftliche Konzepte und Prozesse kennen und verstehen, welche für die Beteiligung an der Wissensgesellschaft notwendig sind*, kann folgendermassen konkretisiert werden:

- Das Konzept „Nanotechnologie“ einer Kollegin erklären
- Drei Anwendungsbeispiele der Nanotechnologie nennen
- Konsequenzen der Nanotechnologie für die Gesellschaft beurteilen

Insgesamt zeigen die Erfahrungen des Projektes *Nanotechnologie in der Berufsbildung*, dass der Transfer einer neuen Technologie in die Ausbildung mit Hilfe von gezielten Entwicklungsprojekten forciert werden kann. Lernziele und darauf aufbauende Unterrichtseinheiten zu neuen Technologien entwickeln sich nicht selber, sondern müssen von interdisziplinären Teams entwickelt und in Pilotprojekten evaluiert werden. In einer zunehmend kompetitiver werdenden Weltwirtschaft wird es wichtig sein, dass die Schweiz den schnellen Transfer von Spitzentechnologien in die berufliche Bildung schafft. Erfahrungen des Projekts liefern erste Hinweise, wie diese Aufgabe bewältigt werden kann. Das SIBP wird sich weiter dafür engagieren, den Transfer von Spitzentechnologie in die Berufsbildung durch die Entwicklung und Evaluierung von Ausbildungen zu unterstützen.

2.3.6 Sicht aus der Perspektive der operativen Projektleitung

Dr. O. Mercier, ISFPF Lausanne

Nanotechnologie-Unterricht an den Berufsfachschulen: Zweckmässigkeit und Nutzen des Fachs

Der unmittelbare Nutzen dieses Faches für die Berufslernenden konnte nicht nachgewiesen werden. Die Mehrheit der Berufslernenden begegnet Nanotechnologie nur indirekt, das heisst im Rahmen von Produkten, die auf Nanotechnologie basieren, deren Anwendung aber kein spezifisches nanotechnologisches Wissen verlangt. Diese Feststellung gilt beispielsweise ebenso für die Fächer Chemie oder Physik. Für die Wirtschaft verwertbare, naturwissenschaftliche Forschungsergebnisse finden sich wieder in der Herstellung von neuen Produkten, deren Anwendung wiederum kein tieferes wissenschaftliches Wissen von Chemie oder Physik voraussetzt. Der Lehrling befindet sich am Ende dieser Produktionskette und seine Aufgabe besteht vor allem darin, präzise Ausführungen vorzunehmen, aber von ihm wird nicht erwartet, dass er die Technologie in der Produktionskette beherrscht.

Doch ist überraschenderweise festzustellen, dass dieses Bild in den Evaluationsberichten nicht so wiedergegeben wurde. Gewisse Berufslernende waren in der Art interessiert, dass sie auch Fragen zur Nützlichkeit dieses neuen technologischen Wissens stellten. Dieser Widerspruch ist mir ebenfalls in den Diskussionen um die Nützlichkeit der allgemein bildenden Fächern aufgefallen. Warum die Lehrlinge über Arbeitsverträge, Versicherungen, Literatur, Briefe schreiben etc. unterrichten? Das ist für sie oft nicht von direktem Nutzen.

Ich bin deshalb der Überzeugung, dass ein Unterricht in Nanotechnologie als ein Teil zu verstehen ist, welcher einen Unterricht in Technik und Wissenschaft umfasst. Eine solche Fächerdomäne müsste den Berufslernenden angeboten werden, um ihre Berufsbildung zu vervollständigen.

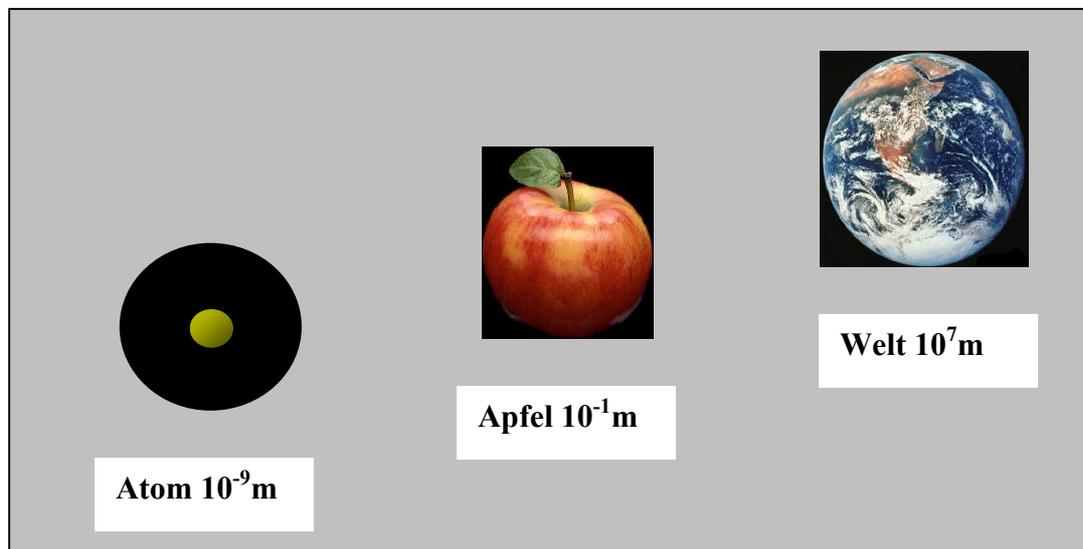


Abbildung 6: Grössenverhältnisse: Ein Atom steht im Grössenverhältnis zum Apfel wie dieser zur Erde

In einem solchen idealen Kontext wäre Nanotechnologie ein Thema für einen Unterricht in Technik und Wissenschaft, weil (Liste ist nicht abschliessend):

- Nanotechnologie eine interdisziplinäre Thematik ist, die mit Physik, Chemie und Biologie vernetzt ist.

- die Thematik unter zahlreichen Formen im täglichen Leben anzutreffen ist (z.B. bulletinspezial Neue Technologien, Credit Suisse).
- durch das Projekt NANO-4-SCHOOLS ein Beweis erbracht wurde, dass es möglich ist, Unterrichtseinheiten für Berufslernende zu entwickeln.
- gezeigt wurde, dass die Berufslernenden den Zugang zu den Unterrichtseinheiten gefunden haben.
- die für den Unterricht zur Verfügung stehenden Bilder spektakulär sind.
- industrielle Anwendungen existieren.

Schwierigkeiten in der Wahl der Unterrichtsthemen

Die Wahl der Unterrichtsthemen war keine ausserordentlich schwierige Aufgabe. Sicher braucht es vonseiten der Lehrpersonen ein gewisses Zeitinvestment, um sich in der reichlich vorhandenen Information über Nanotechnologie zurecht zu finden. Für Lehrpersonen ist es deshalb von Vorteil, wenn sie Experten in dieser Domäne zur Seite haben. Nach einigem Herumtappen haben sich die folgenden Themen als am geeignetsten herauskristallisiert:

- CD-ROM und DVD
- Grätzelzelle
- Bakterien und Viren
- polierte metallische Oberflächen

Die erwähnten Unterrichtsthemen basieren auf der Verwendung eines Rasterkraftmikroskops (AFM), welches die direkte Betrachtung einer nano- oder mikrometrischen Oberfläche ermöglicht. Nach meiner Ansicht ist es möglich, Unterrichtseinheiten in Nanotechnologie ohne das Rasterkraftmikroskop durchzuführen. Jedoch würde die Thematik einen beträchtlichen Teil ihrer Attraktivität verlieren, weil sie darauf basiert, dass die makroskopischen Eigenschaften eines Objekts zugleich aus einer submikroskopischen (nanometrischen) Dimension betrachtet werden können.

Auf die didaktische Umsetzung bezogene Schwierigkeiten

Die didaktische Umsetzung zählt zu den Hauptaufgaben der Lehrpersonen. Sie besteht darin, dass das Wissen einer gewählten Thematik in einer für die Lernenden zugänglichen und attraktiven Form aufbereitet wird. Dies impliziert, dass die Lehrperson das Thema beherrscht. Abgesehen von einigen Ausnahmen, war dies beim Fach Nanotechnologie nicht der Fall. Zu den Ausnahmen zählen Lehrpersonen mit einem Bildungshintergrund in Chemie, Physik, Biologie oder Ausbildungen auf der Hochschulstufe. Den meisten Lehrkräften fehlte diese vorrangige Wissensbasis, um es zu wagen, die Unterrichtsaufgabe anzupacken.

Im Gegensatz dazu zeigten sich in der didaktischen Umsetzung bei Lehrkräften mit einem wissenschaftlichen Bildungshintergrund einzig die bekannten Schwierigkeiten, die auch bei anderen wissenschaftlichen Themen (Experimente, Vokabular, konzeptuelle Hindernisse) anzutreffen sind.

Konklusion

Ein Unterricht in Nanotechnologie an Berufsfachschulen ist meiner Ansicht nach von zwei fundamentalen Schwierigkeiten betroffen:

- kein eindeutiger Nützlichkeitsnachweis: Die Lernenden brauchen kaum nanotechnologisches Wissen, um ihre Lehrlingstätigkeit auszuüben.
- inadeguater Wissensstand bei den Lehrpersonen: Bei zahlreichen Lehrpersonen fehlt das Grundlagenwissen, um eine solche Thematik zu unterrichten.

Im Gegensatz dazu ist ein Unterricht in Nanotechnologie an Berufsfachschulen zumindest aus zwei Gründen zu befürworten:

- die Neugierde für Nanotechnologie und das Interesse der Berufslernenden an der Thematik Nanotechnologie.
- die Aussichten einer nanotechnologischen Entwicklung in der Schweiz.

Eine weiterreichende Einführung dieses Unterrichts an den Berufsfachschulen wird meiner Meinung nach stark von einer möglichen Innovation der Bildungsstrukturen auf der Sekundarstufe II abhängen. Damit meine ich den Aufbau einer dritten Ausbildungsrichtung *Technik- und Wissenschaftsverständnis*, welche von Lehrpersonen mit wissenschaftlichem Bildungshintergrund an den Berufsfachschulen unterrichtet wird.

2.3.7 Aus der Perspektive der operativen Umsetzung

Martin Vonlanthen, SIBP Zollikofen

Wie finde ich Berufsschullehrpersonen, die sich am Projekt NANO-4-SCHOOLS beteiligen? Für mich als Berufsbildungs-Neuling war diese Frage zu Beginn der Projektarbeit zentral. Wir starteten mit nicht viel mehr als der Idee, mit Berufsschullehrpersonen Unterrichtseinheiten zum Thema Nanotechnologie zu entwickeln und durchzuführen. Das war ein bisschen wenig, um jemanden zur Mitarbeit zu motivieren! Alles war neu, es gab keine Lehrbücher, keine Erfahrungsberichte aus der Berufsschulpraxis, das Thema war nicht lehrplanrelevant, es gab kaum Anwendungsbeispiele dieser Technologie in der Praxis und die ganze Arbeit sollte erst noch von den Lehrpersonen praktisch im Alleingang bewältigt werden. Einziger Hoffnungsschimmer war die Prognose, dass dieser Technologie eine grosse Zukunft bevor steht. Zu unserem Glück sahen das auch ein paar Lehrkräfte des BZ Uzwil so: Erich Thür, Marlies Iselin und Gallus Glanzmann beteiligten sich von Beginn an mit Begeisterung und grossem Engagement am Projekt. Die von ihnen entwickelte online-learning Unterrichtseinheit⁷ ist ein exemplarisches Beispiel für eine allgemeine, praxis-orientierte Einführung in das Thema Nanotechnologie. Die Lernenden arbeiten nach einer Einführung durch die Lehrpersonen in Kleingruppen und erfüllen Aufträge (Internetrecherche zu Nanotechnologie-Anwendungen, Messungen mit dem Rasterkraftmikroskop AFM, Arbeit mit dem AFM-Modell). Es beteiligten sich auch Berufslernende des BZ Uzwil an unserem Stand an der 1. Nanofair in St. Gallen. Offenbar hatten die Lernenden kaum Berührungängste mit dem Hightech AFM-Mikroskop und waren fasziniert von dieser neuen Technologie. Unser Stand wurde rege besucht, die Rückmeldungen waren durchwegs positiv.

Die Suche nach Lehrkräften erwies sich als zäh; wir sahen, dass es wohl nicht ganz ohne weitergehende Hilfestellungen von unserer Seite gehen würde. Wir suchten nach geeigneten Materialien, die sich ohne grossen Aufwand in den Unterricht einbauen liessen und die Nanotechnologie veranschaulichten. Wir fanden Experimente zum Lotuseffekt, zur Herstellung von Farbstoffsolarzellen und entwickelten eigene kleine Lehrerdemonstrationen. Eine von uns gestaltete Präsentation führte auf sehr allgemeine Weise in das Thema ein, zeigte Anwendungsbeispiele aus der Praxis und klärte über Chancen und Risiken der Technologie auf. Das von uns erworbene Occasion-AFM-Mikroskop ergänzte die Sammlung auf ideale Weise. Wir besuchten Schulen, zeigten unsere Materialien und es begannen sich weitere Lehrkräfte aus der Deutsch- und Westschweiz für unser Projekt zu interessieren. Sicher hatte das auch damit zu tun, dass das Thema vermehrt in den Medien diskutiert wurde. Nanotechnologie wird langsam von einer breiten Öffentlichkeit wahrgenommen.

⁷ Die Unterrichtseinheit ist verfügbar unter: www.bzuzwil.ch > Knowledge factory Icon auswählen > Name: student, Passwort: nano

Nun begannen auch die Fragestellungen berufsfeldspezifischer zu werden: Dentalassistentinnen wollten mehr über Nanokomposite in Füllmaterialien erfahren, Zimmerleute informierten sich über Holzschutzmittel auf Nanobasis und Augenoptiker interessierten sich für nanobeschichtete Brillengläser usw. Natürlich versuchten wir zu helfen, vermittelten Kontakte zu Spezialistinnen und Spezialisten aus Forschung und Wirtschaft. Häufig vertieften wir uns selber in das Thema und suchten nach verständlichen Erklärungen. So entstand bis Projektende eine vielfältige Sammlung an Materialien und ein breites Netzwerk.

Eine Frage, die während der Projektarbeit immer wieder aufgetauchte, war: „Wieso schreibt ihr kein Lehrbuch *Nanotechnologie im Berufsschulunterricht?*“ Offenbar bestand seitens der Lehrerschaft ein Interesse nach fertigen Unterrichtsmaterialien in gedruckter Form. Das verständliche Bedürfnis nach konkreten Beispielen für den eigenen Unterricht war gross. Der Wunsch nach einem Nanotechnologie-Lehrbuch liess sich, wenn überhaupt, nur mit sehr grossem Aufwand verwirklichen. Wir sind keine Spezialisten für Nanotechnologie, das Gebiet ist bereits heute unüberschaubar gross. Uns fehlt auch das berufsfeldspezifische Fachwissen. Ein solches Projekt liess sich allenfalls in breiter Kooperation mit Spezialistinnen und Spezialisten aus Forschung, Wirtschaft und Bildung verwirklichen. Dazu fehlen uns nicht nur die Ressourcen, sondern auch die Erfahrung. Wir denken, dass mit der Neulancierung der Internetseite ein effizienterer Weg gewählt wurde. Die Seite lässt sich problemlos aktualisieren und erweitern. Informationen können spezifisch ausgewählt und für den eigenen Unterricht angepasst werden. Die Vernetzung mit anderen Anbietern wird sichtbar.

Zum Schluss möchte ich noch einen Aspekt ansprechen, der mir besonders aufgefallen ist. Es war sehr schwierig, Kooperationspartner zu finden. Offenbar ist es einfacher, alles selber zu machen und sich im Alleingang zu profilieren. Gerade in Zeiten des Geldmangels wäre es angebracht, die Ressourcen besser zu nutzen und eine Zusammenarbeit zu suchen. Aber vielleicht lässt sich die Schwierigkeit, Kooperationspartner zu finden, auch anders erklären: Damit man als Partner wahrgenommen wird, muss man sich bereits einen gewissen Namen gemacht haben. Das ist dem SIBP in Bezug auf den berufsbildungsspezifischen Umgang mit neuen Technologien (mit Ausnahme von IT) noch nicht gelungen. Vielleicht kann dies ja noch durch das beharrliche Weiterverfolgen des eingeschlagenen Weges nachgeholt werden.

2.3.8 Aus der Perspektive der Evaluation

Marianne Rupf, ruma Seminar GmbH

In meiner Rolle als Evaluationsverantwortliche mache ich als erstes einige Gedanken zur Evaluation. Insbesondere reflektiere ich die Evaluationstätigkeit aus dem Blickwinkel der Effektivität und der Effizienz. Der zweite aufgegriffene Punkt befasst sich mit der gewählten operativen Vorgehensweise und thematisiert aufgrund der Beobachtungen die Bottom-up-Strategie.

Effektivität und Effizienz der Evaluation

Der Evaluation wurde in diesem Projekt eine wichtige Rolle zugesprochen und dafür entsprechend finanzielle Ressourcen zur Verfügung gestellt. Dass sie effektiv war oder mit anderen Worten, dass durch den Einsatz einer professionellen Evaluation „das Richtige tun“ erfolgt, ist aus zwei Perspektiven nachvollziehbar:

- Ob sich der zeitliche und finanzielle Aufwand einer Evaluation gelohnt hat, ist aus einem Blick in die Zukunft zu thematisieren. Mit dem Projekt NANO-4-SCHOOLS ist erst der erste Schritt eingeleitet worden, um ein Fach wie Nanotechnologie an den Berufsfachschulen zu etablieren. Nanotechnologie ist im Rahmen der „Technological Literacy“ ein besonders geeignetes Thema, um die Technologieverständnis auf Berufsfachschulniveau zu fördern. Es braucht jetzt weitere Vorgehensschritte. Die wissenschaftliche Evaluation der Pilotunterrichtseinheiten und abgesicherte Fakten

bilden ein Fundament, auf welchem weiter aufgebaut werden kann und das für eine Weiterführung einer „Technological Literacy“ steht.

- Ein weiterer Aspekt der Effektivität, welcher insbesondere eine professionelle, unabhängige Evaluation, durchgeführt von einer neutralen Person befürwortet, betrifft den multikulturellen Ansatz im Projekt. Eine fließende Kommunikation ist in Projektorganisationen immer gefordert, in intersprachlichen Projekten jedoch besonders. Mit einer unabhängigen Evaluation, deren Ergebnisse als Scharnierfunktion zwischen der französisch- und der deutschsprachigen Landeskultur ausgelegt werden können, ist eine kommunikationserleichternde Basis gewährleistet. Nebst den individuellen Meinungen und Eindrücken existiert auch eine objektive Datenbasis. Die Diskussionen werden ergebnisorientiert geführt und weitere Vorgehensschritte werden schneller geplant.

Unter Effizienz ist „etwas richtig tun“ zu verstehen. Ein besonderer Aspekt in der Vorgehensweise der Evaluation soll herausgegriffen werden. Es handelt sich um die Qualität der Interpretationen und der Schlussfolgerungen. Bildungs- und Evaluationserfahrung in der Evaluationsperson können Interpretationen tiefgründiger, praxisnaher und weniger lehrbuchkonform machen. Gerade bei einem Projekt wie das vorliegende, in welchem das Unbekannte eher die Regel als die Ausnahme ist, wurden Interpretationen zu hilfreichen Orientierungen, welche die Projektgruppe auf Schwachstellen und schwierige Punkte in der Unterrichtsumsetzung aufmerksam machen konnten.

Wäre dagegen eine ausführliche Erstinterpretation im Evaluationsbericht nicht erwartet worden, hätte diese Aufgabe dafür stärker vom ganzen Projektteam wahrgenommen werden müssen. Es hätten sich sicherlich ebenso hilfreiche Orientierungspunkte ergeben, nur aber nicht in der gleichen Effizienz, da Gruppenprozesse bekanntlich zeitintensiv sind.

Sicher auch im direkten Zusammenhang mit der Professionalität der Evaluation, aber nicht nur, steht das kooperative Verhalten der mitwirkenden Lehrkräfte der Pilotschulen. Auch Evaluationsnovizen, welche die wissenschaftliche Erhebung mit der gleichen Sorgfalt und mit Engagement durchgeführt hätten, hätten auf ein kooperierendes Verhalten der Lehrpersonen zählen können.

Operative Vorgehensweise

Dem Projekt lag die Philosophie zugrunde, ein neues Fach wie Nanotechnologie an der Basis zu entwickeln, also mit Lehrpersonen aus Berufsfachschulen. Dies einerseits, um keine abgehobenen Unterrichtseinheiten zu erhalten und andererseits, um eine Breitenwirkung zu erzielen. Personen aus der Projektorganisation sollten dabei eine vermittelnde und unterstützende Rolle in Bezug auf die fachlichen wie didaktischen Impulse einnehmen. Eine Orientierung an diesem Grundsatz weist Parallelen mit Organisationsentwicklungsansätzen auf, die unter anderem den Merksatz „Betroffene zu Beteiligten machen“ betonen und sich der Bottom-up-Vorgehensweise verpflichten. Diesem humanistischen Ansatz ist man im Grundtenor während der ganzen Projektzeit treu geblieben. Abweichungen mussten aber in der Rollenausübung vorgenommen werden, indem Mitglieder des operativen Projektteams zusätzlich zur vermittelnden Rolle auch vermehrt Aufgaben der eigentlichen Unterrichtsentwicklung zu übernehmen hatten. Zu dieser Anpassung führte, dass bei Berufsschullehrkräften das Fachwissen erst aufzubauen war und dass die Bedeutung eines Bereichs „Technological Literacy“ an den Berufsfachschulen noch nicht die gewünschte Dringlichkeit erreicht hatte.

Eine Schlussfolgerung, die aus den beobachteten Vorgehensweisen zu ziehen wäre, betrifft die operative Projektorganisation. Sind obenerwähnte oder ähnliche Situationen anzutreffen, wäre im frühen Stadium der Projektplanung auch eine Vorgehensweise in Betracht zu ziehen, die nach dem Top-down-Prinzip vorgeht. Mitwirkende Pilotschulen wären bereits beim

Projektstart bekannt und gehörten dem operativen Projektteam an. Dadurch wäre nach wie vor gewährleistet, dass der Unterricht auf einem Niveau, welches den Berufslernenden entspricht, vorbereitet wird. Die Breitenwirkung wäre dagegen erst in einem zweiten, grossen Schritt anzuzielen. In dieser zweiten Phase wäre intensiv nach aussen zu kommunizieren, wohingegen in der ersten Phase die Berufsschullandschaft und andere Gruppen mit wenig, aber gezielter Information zu bedienen wären.

2.4 Konklusion

Die zu Beginn des Projekts *Nanotechnologie in der Berufsbildung* vorhandene Überzeugung, dass die Thematik Nanotechnologie auf der Stufe der Berufslehren zu behandeln ist, hat am Ende des Projekts in keiner Weise nachgelassen. Im Gegenteil, durch die gemachten Projekterfahrungen, durch die in der Wirtschaft zunehmende Bedeutung von Problemlösungen im Nanometerbereich, durch die internationale Relevanz des Projekts, durch die motivierenden Rückmeldungen der Berufslernenden selbst und durch das wachsende Interesse bei den Berufsschullehrpersonen ist nach wie vor eine befürwortende Einstellung anzutreffen, das Thema Nanotechnologie an Berufsfachschulen weiter zu fördern und zu bearbeiten.

Die Projektorganisation und die Projektvorgehensweise haben sich bewährt. Insbesondere wenn man die anspruchsvollen Ausgangsbedingungen und die angetroffenen Umstände mitbedenkt, ist ein erfolgreiches Projektergebnis zu verzeichnen. Mit dem damaligen Wissensstand wurde die Aufgabe erfolgreich angegangen.

Wäre hypothetisch betrachtet, das Projekt *Nanotechnologie in der Berufsbildung* heute auf der Basis der gemachten Erfahrungen anzugehen, würde vermutlich die Projektstrategie leichte Veränderungen erfahren. Damit ist nicht gemeint, dass eine andere Projektstrategie den idealen Weg verkörpern würde und sich nur Vorteile ergäben. Gegenüber der eingesetzten Strategie gewichtet der untenstehende Vorschlag einfach bestimmte Bereiche anders, wodurch jedoch an anderer Stelle mögliche Verluste entstehen könnten.

Im Rahmen der vorgestellten Aufbau- und Prozessorganisation und aus einer zusammengestellten Sammlung der Evaluationskommentare und lässt sich folgende Projektstrategie skizzieren:

In der Aufbauorganisation ist die gewählte Struktur beizubehalten, einzig das operative Projektteam ist um die Pilotschulen und um eine Informationsfunktion zu ergänzen (siehe Abbildung 7).

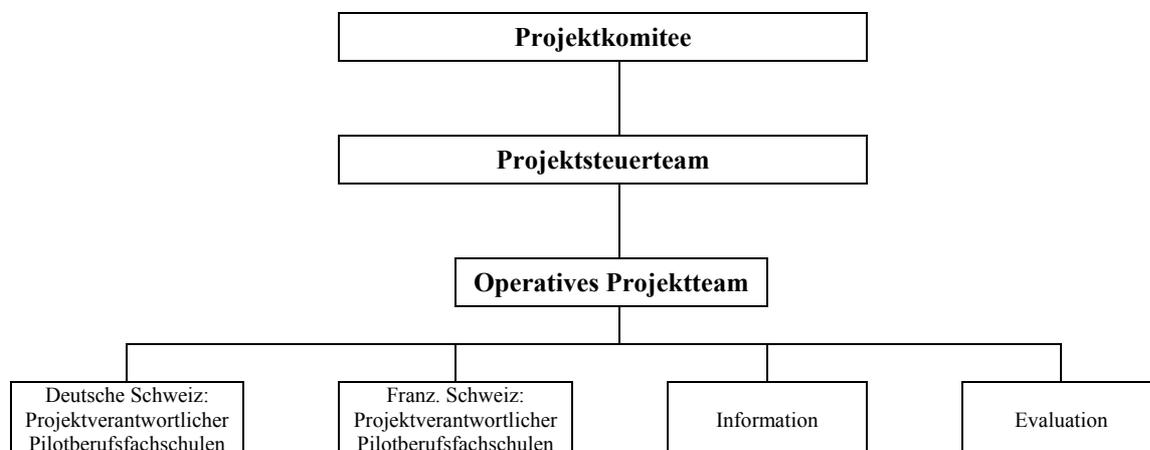


Abbildung 7: Erweiterte Aufbauorganisation

Die sprachregionalen Projektgruppen (deutsche Schweiz, französische Schweiz) setzen sich aus einem Projektverantwortlichen und einer kleineren Anzahl mitwirkender Lehrkräfte der Pilotschulen zusammen. Dies würde bedeuten, dass bereits bei Projektstart die mitwirkenden Lehrkräfte bekannt sind. Eine Pilotgruppe würde sich dann mit den Lerninhalten und Lernzielen im regelmässigen Austausch mit den sprachregionalen Projektverantwortlichen und in periodischen Treffen mit dem Projektkomitee auseinandersetzen. Die Kooperationsabsicht mit geeigneten Partnern wäre möglicherweise deutlicher zu signalisieren, wobei bereits erwähnte Schwierigkeiten nicht wegzuräumen sind.

Der Funktion der Information wird eine explizite Rolle eingeräumt, wodurch ihr im Organigramm ein separater Stellenwert zugesprochen wird. Damit wird der Informationsprozess strategischer und dadurch ausdrücklicher wahrgenommen, ähnlich der Evaluationsfunktion. Was während den beiden Projektjahren an zahlreichen Informationstätigkeiten ausgeübt worden ist und was für die nächste Zukunft geplant ist, würde ebenso anfallen, aber eindeutiger in das Licht der Informationsfunktion gerückt werden.

Das Projekt wäre zusätzlich mit einem Top-down-Ansatz zu flankieren. Damit ist gemeint, dass das Thema Nanotechnologie mit einem relevanten Bezug zum Rahmenlehrplan zu positionieren wäre. Dass damit eine verbindliche Verankerung im Lehrplan angestrebt würde, wäre in Anbetracht des aufwändigen Prozedere für Rahmenlehrplanänderungen zu weit gegriffen. Doch würde die Nähe zum Rahmenlehrplan dem Thema eine grössere Dringlichkeit verleihen.

In der oben skizzierten Aufbauorganisation wäre das Projekt weiter in zwei Phasen zu planen. Beide Phasen unterliegen den gleichen Projektzielen, nur dass die Gewichtung unterschiedlich ist. In der ersten Phase würden vor allem die Entwicklung der Unterrichtseinheiten und die Pilotdurchführungen vorangetrieben. Regler Austausch mit dem Projektkomitee, Evaluationsaufgaben und spezifische Informationstätigkeit wären im Gange. In der zweiten Phase wäre die Breitenwirkung zu planen. Evaluierete Unterrichtseinheiten wären einer breiteren Lehrerschaft bekannt zu machen. Nach wie vor wäre die Informationstätigkeit von Bedeutung. An Kongressen wäre über das Nano-Projekt zu informieren, in Artikeln über die erzielten Ergebnisse zu berichten, eine Website wäre aufzuschalten etc. Basierend auf konkreten Unterrichtsbeispielen und gestützt auf die Evaluationsberichte, wäre die Positionierung rund um den Rahmenlehrplan erneut aufzugreifen und zu präzisieren.

3 Erkenntnisse aus den evaluierten Unterrichtseinheiten

Marianne Rupf

3.1 Einleitung

Das dritte Kapitel befasst sich ausführlicher mit einem der formulierten Ziele des Projekts NANO-4-SCHOOLS, nämlich mit den entwickelten Unterrichtseinheiten. Es wird aufgezeigt, welche didaktischen Qualitäten die entwickelten Unterrichtseinheiten aufweisen, welches Ausmass an Lernmotivation im Fach Nanotechnologie festzustellen war und welches die Problembereiche sind, um ein Fach wie Nanotechnologie für Berufsfachschulen vorzubereiten.

Im zweiten Teil dieses Kapitels steht das Evaluationskonzept im Vordergrund. Der Rahmen, in welchem die Unterrichtseinheiten evaluiert werden, wird vorgestellt. Die dazu festgelegten

Kriterien für die drei Evaluationsdimensionen *didaktische Qualität*, *Lernmotivation* und *Wissensaufbau* werden ausführlicher erläutert.

Der dritte Teil gibt über die befragten Personen Auskunft und beinhaltet einen soziodemographischen Überblick über Klassen, die mitgemacht haben. Hier gilt es zu bemerken, dass alle Klassen zusammen betrachtet werden, obwohl die Unterrichtsprogramme zwischen fünf und neun Lektionen variierten und jede mitwirkende Berufsfachschule ein eigenes Unterrichtsprogramm aufsetzte, welches unterschiedlich ist, aber inhaltlich doch nicht allzu sehr variiert.

Der vierte Teil befasst sich mit der Qualität des Erhebungsinstruments.

Die weiteren Teile fünf, sechs und sieben berichten über die Ergebnisse der drei evaluierten Dimensionen. Im achten und neunten Teil werden die Erkenntnisse aus der Evaluation zusammengefasst und Schlussfolgerungen daraus abgeleitet.

3.2 Evaluationskonzept

3.2.1 Zweck und Ziel der Evaluation der Unterrichtseinheiten

Mit der Evaluation der Unterrichtseinheiten war ein Qualitätsnachweis zu erbringen. Die dazu festgelegten Dimensionen umfassen

- die methodisch-didaktische Qualität der durchgeführten Unterrichtseinheiten.
- die Lernmotivation bei den Berufslernenden.
- den erreichten Wissensaufbau.

Zusätzlich zur Dokumentation der didaktischen Qualität wurde die Evaluation für die beiden folgenden Zwecke verwendet:

- Den mitwirkenden Lehrpersonen eine Rückmeldung darüber zu geben, wie der Unterricht von den Berufslernenden eingeschätzt worden ist.
- Die erreichten Zwischenziele des Projekts NANO-4-SCHOOLS zu dokumentieren.

Evaluationsobjekt war die entwickelte Unterrichtseinheit. Nicht der gesamte Unterricht gelangte in den Fokus, sondern diejenigen Teile davon, die als „Produkt“ anderen Lehrpersonen weitergegeben werden können. Im Zentrum der Evaluation stand also die Unterrichtseinheit, das entwickelte Produkt. Vom Produkt ist beispielsweise das Lehrerverhalten abzugrenzen. Persönliche Lehrereigenschaften wie Erklärungsfähigkeit, Begeisterung für das Fach u.ä. lassen sich nicht weitergeben und variieren von Lehrperson zu Lehrperson, die mit dem Produkt unterrichtet. Solche persönlichkeitsbezogenen Lehrervariablen wurden deshalb nur am Rande abgefragt, was bedeutet, dass zentrale Moderatorvariablen fehlen könnten. Ebenfalls wurden Variablen wie die Persönlichkeit der Lernenden oder das Klassenklima ausgeklammert.

3.2.2 Evaluationsdimensionen

Die ausgewählten Evaluationsdimensionen gründen auf zwei Sichtweisen. Die Bereiche zur Gestaltung der Unterrichtseinheiten und die Formen zur Feststellung des Wissensaufbaus entsprechen einer didaktischen Perspektive, wohingegen die Komponente der Lernmotivation einer lernpsychologischen Sichtweise zugehörig ist. Beide interagieren miteinander.

Die Unterrichtseinheit resp. das entwickelte „Produkt“ wird mithilfe von didaktischen Qualitätsdimensionen greifbar gemacht, welche die Bereiche *Ziele*, *Inhalte*, *Unterrichts-*

methodik und *Medien / Lehrmittel* umfassen⁸. Im unten dargestellten Modell wird die Qualitätsdimension als Inputvariable (auch unabhängige Variable) definiert. Was der Lernprozess als Outputvariable dann hervorbringt, wird durch die Dimension des Wissensaufbaus (auch abhängige Variable) evaluiert. Der Wissensaufbau beinhaltet die neu gelernten Kompetenzen, welches anhand subjektiver Erinnerungsleistungen oder durch Wissenstests sichtbar gemacht wird. Als mitbestimmende Grösse ist die Lernmotivation deklariert, welche zwischen einer domänen- und einer kontextspezifischen Motivation unterscheidet.

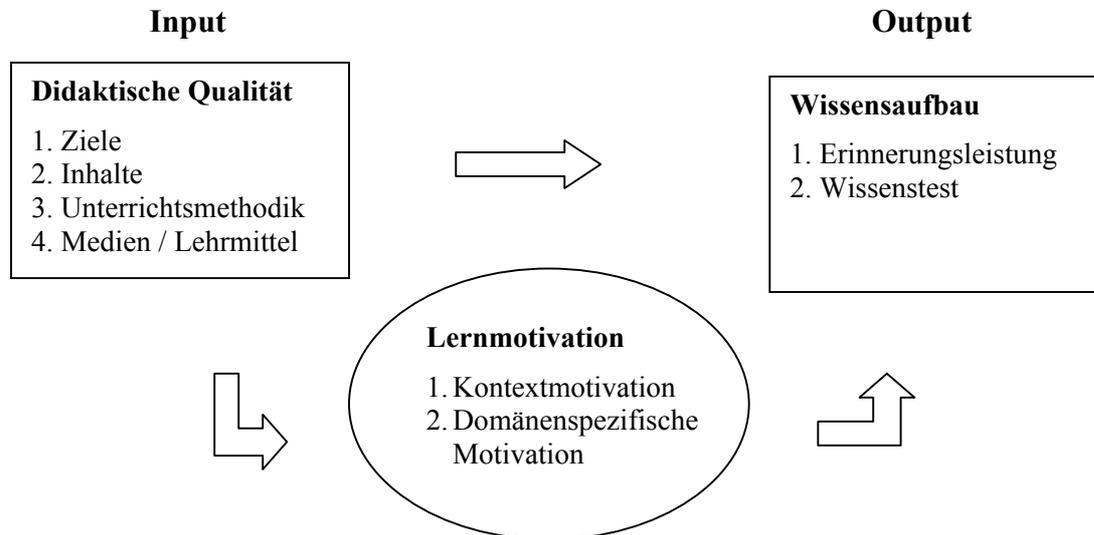


Abbildung 8: Evaluationsmodell

3.2.3 Didaktische Qualität

Was unter didaktischer Qualität von den Unterrichtseinheiten erwartet und evaluiert wurde, wird im folgenden mit den erwähnten vier Bereichen *Ziele*, *Inhalte*, *Unterrichtsmethodik* und *Medien/Lehrmittel* vorgestellt (siehe Abbildung 9).

Ziele

Die spezifischen Unterrichtsziele sollen erstens transparent sein und zweitens Schwerpunkte aufweisen (1. Transparenz, 2. Schwerpunkte). Sie sollen dem Bildungsniveau der Berufslernenden entsprechen und sollen drittens für diese Zielgruppe von Bedeutung sein (3. Bedeutsamkeit).

Inhalte

Inhaltsangaben sind in gewissen Zielformulierungen bereits implizit vorhanden. Trotzdem erscheint es angebracht, sich an einigen Richtlinien zu orientieren, die ausschliesslich auf die Inhaltsdimension fokussieren.

Erstens sind Inhalte praxisnah zu wählen, so dass die Berufslernenden sie mit konkreten Anwendungsfeldern verbinden können (1. praxisnah). Zweitens haben sie sich an technischen und gesellschaftlichen Problemstellungen auszurichten, von denen die Berufslernenden umgeben sind (2. problemorientiert). Die Schwerpunkte sollen drittens exemplarisch sein, d.h. die Lerninhalte ermöglichen Einsichten in die Grundstruktur und in weitere Stoffgebiete. Sie sollten so beschaffen sein, dass sie für eine grosse Anzahl ähnlich gelagerter Sachverhalte repräsentativ sind (3. exemplarisch). Da Nanotechnologie Wissen aus Biologie, Chemie und

⁸ Richtungsweisend für die Festlegung der Qualitätsbereiche war ein Vortrag von Prof. Dr. P. Labudde, gehalten am Nanosymposium vom 22./23. April 2003 in Zollikofen.

Physik vereint, ergibt sich eine ideale Ausgangslage für Vernetzungsaspekte. Die Schwerpunkte sollten deshalb viertens so gewählt sein, dass fächerübergreifende Stoffvermittlung möglich wird (4. fächerübergreifend). Fünftens sollte der Inhalt so festgelegt sein, dass er am Vorwissen der Berufslernenden anknüpft (5. an Vorwissen anknüpfend bzw. zielgruppengerecht).

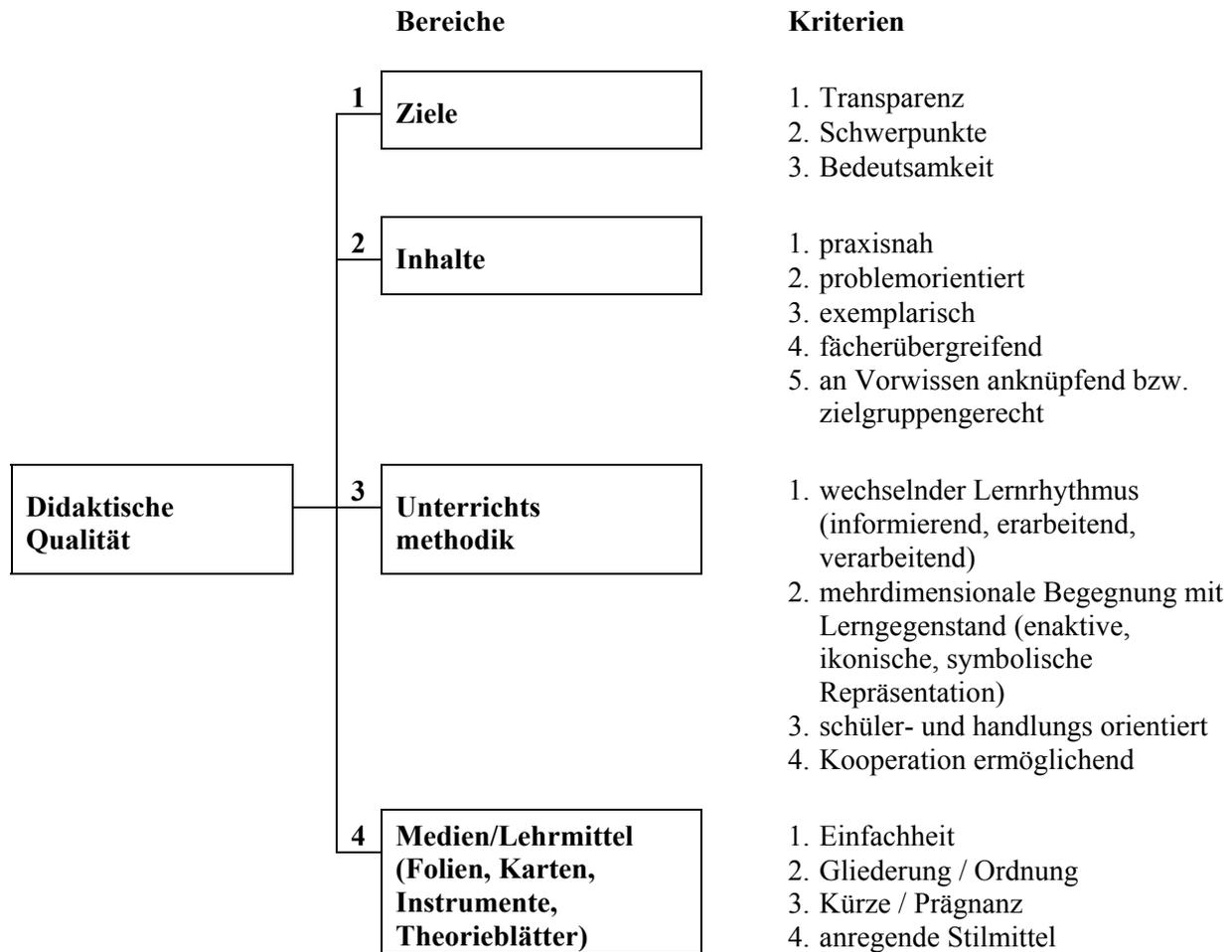


Abbildung 9: Kriterien der didaktischen Qualität

Unterrichtsmethodik

Der Bereich der Unterrichtsmethodik soll sich an folgenden vier Prinzipien orientieren: Erstens sollte ein wechselnder Lernrhythmus zum Tragen kommen. Eher informatorische Unterrichtsphasen sind mit eher erarbeitenden und verarbeitenden abzuwechseln (1. wechselnder Lernrhythmus). Dem Prinzip der mehrdimensionalen Begegnung mit dem Lerngegenstand sollte zweitens entsprochen werden (2. mehrdimensionale Begegnung mit Lerngegenstand). Damit ist gemeint, dass ein Lernziel durch eine enaktive, ikonische und symbolische Repräsentationen angestrebt wird. Enaktiv begegnen die Berufslernenden dem Lerngegenstand, wenn sie ihn ausprobieren können, ihn handelnd kennenlernen und selbst Hand anlegen können. Die ikonische Repräsentation beinhaltet die Darstellung der Merkmale und Wesenszüge in verbildlichter Form mit Skizzen, Schemata, Filmen usw. Die symbolische Repräsentation geschieht, wenn das Ganze ausführlich mit Worten erklärt und beschrieben wird. Die mehrfache Repräsentation trägt dazu bei, dass das Wissen möglichst bleibend im Langzeitgedächtnis abgespeichert wird. Drittens ist ein schüler- und handlungsorientierter Unterricht anzustreben. Gelegenheiten, selbständig zu arbeiten und sich insbesondere selbständig Informationen zu beschaffen, unterstützen diese Forderung (3. schüler- und

handlungsorientiert). Es sollten viertens Unterrichtsformen eingesetzt werden, die Kooperation und Kommunikation innerhalb der Klasse ermöglichen (4. Kooperation ermöglichend).

Medien/Lehrmittel

Als Medien gelten beispielsweise Folien, Powerpoint-Präsentationen, Filmen, Karten oder Instrumente. Mit dem gezielten Einsatz von Visualisierungshilfen ist das Lernen von Nanotechnologie zu erleichtern und die Lernwirkung der eingesetzten Unterrichtsmethoden zu unterstützen.

Für die Beurteilung der Medien wurden folgende Kriterien festgelegt, welche die vier Verständlichmacher nach Schulz von Thun (2002) umfassen:

1. Die eingesetzten Medien / Lehrmittel zeichnen sich durch eine verständliche Sprache aus (1. Einfachheit).
2. Die Aussage ist so einfach wie möglich darzustellen. Die Information ist klar gegliedert und übersichtlich festgehalten (2. Gliederung / Ordnung).
3. Die Information ist in der Länge gerade richtig (nicht zu lang und zu kurz), doch so, dass sie noch verständlich ist (3. Kürze / Prägnanz).
4. Anregende Stilmittel sind zu integrieren. Je ansprechender die Gestaltung (Farbe, Form, Bilder), desto attraktiver wirkt es (4. anregende Stilmittel).

Ein Lehrmittel stand nicht zur Verfügung. Die Funktion eines Lehrmittels haben Theorieblätter übernommen.

3.2.4 Lernmotivation

Die Dimension *Lernmotivation* bezieht sich auf das Motivationsmodell des adaptiven Lernprozesses nach Boekaerts (2002) und gliedert sich in eine kontextspezifische und eine domänenspezifische Motivation (siehe Abbildung 10).

Boekaerts geht davon aus, dass die Lernmotivation in starkem Masse durch Kontextfaktoren beeinflusst wird. Nicht nur stabile Persönlichkeitsfaktoren wie intrinsische oder extrinsische Motivation oder domänenspezifisches Interesse wirken auf das Lernengagement, sondern vor allem auch wie Lernende die Aufgabengestaltung und damit zusammenhängende Faktoren einschätzen. Ein mittelmässiges Interesse am Thema Nanotechnologie kann wohl auf die Stärke des Lernengagements hinweisen. Nach Boekaerts Motivationsmodell wird jedoch die Lernabsicht wesentlich von Kontextkomponenten bestimmt. Empfinden Lernende beispielsweise ein Experiment, bei dem sie selbst tätig sein können, als ansprechend und spannend, wird sich dies auf ihr Lernengagement positiv auswirken. Die aufgabenbezogene Zuneigung fällt ebenso ins Gewicht wie das interessenbezogene Persönlichkeitsmerkmal.

Die von Boekaerts festgelegten Kontextfaktoren, welche die Lernmotivation beeinflussen, bestimmen im vorliegenden Fall die Evaluationskriterien. Dazu zählen:

1. die persönliche Relevanz der Aufgabe bzw. des Lernstoffes
2. das subjektive Kompetenzerpfinden in der gestellten Aufgabe
3. die Aufgabenattraktivität
4. die Lernabsicht und damit verbundene Emotionen.

Anstelle eines ausgesprochen aufgabenbezogenen Settings wird mehr von einem fachgestalteten Setting die Rede sein. Die Fragen beziehen sich auf Lernaktivitäten des ganzen Faches, auf das Fach selbst oder auf das Thema und nicht auf eine einzelne Aufgabe.

Damit handelt man sich das Problem ein, dass Fragen zum Thema oder zum Fach wiederum mit einer domänenspezifischen Motivation kollidieren.

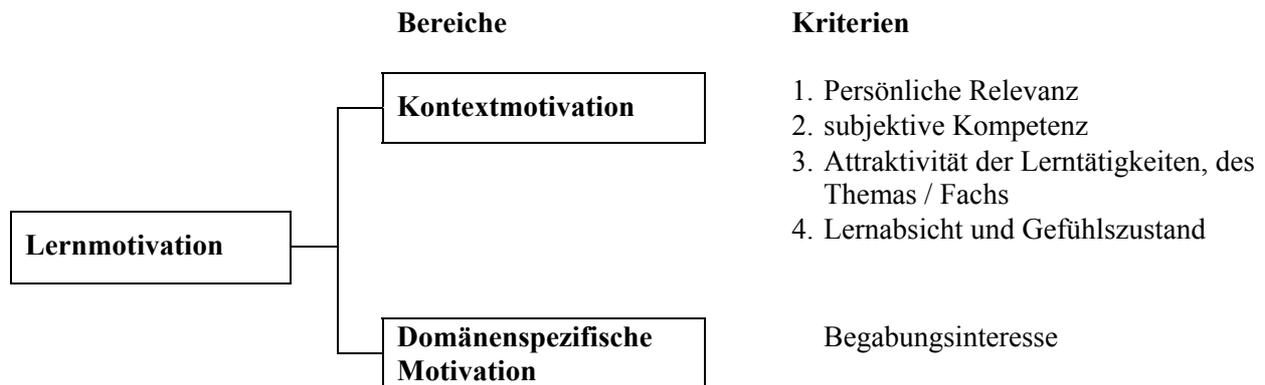


Abbildung 10: Kriterien der Lernmotivation

3.2.5 Wissensaufbau

Die Dimension *Wissensaufbau* ist ein Ausdruck dessen, was aus dem erlebten Unterricht im Langzeitgedächtnis abgespeichert worden ist. Den Bedeutungsgehalt erkennen, Vorstrukturierungen (Überblick, Lernziele), Informationen visuell und verbal darbieten sowie aktives Lernen sind nach Gage/Berlinger (1986) Methoden zur verbesserten Gedächtnisleistung. Mit anderen Worten: die im vorliegenden Fall mit der Dimension *didaktische Qualität* angestrebten Qualitätsmassnahmen sollten sich auch in der Behaltensleistung der Berufslernenden positiv bemerkbar machen.

Ausgehend von einem Modell des Langzeitgedächtnisses, welches einen bewussten, deklarativen Teil und einen nicht bewussten, prozeduralen Teil umfasst (Eysenck & Keane, 1995), sind Erinnerungsleistungen beider Teile möglich. Das bewusste Gedächtnis umfasst „know that“ oder Faktenwissen (z.B. Grösse eines Nanometers). Das „know how“ ist charakteristisch für das prozedurale Gedächtnis (z.B. Oberflächen abtasten mit Rasterkraftmikroskop) und bezieht sich auf das Wissen von gelernten Tätigkeiten (siehe Abbildung 11).

Die Erinnerungsleistung wurde durch eine subjektive Selbsteinschätzung erhoben. Eine Leistungsprüfung dieser Art lässt zwar einige Rückschlüsse auf die Qualität der Unterrichtseinheiten zu. Verbindliche Aussagen über den Aufbau von neuem Wissen sind jedoch nur beschränkt möglich.

Mit dem Instrument des Wissenstests resp. der Lernkontrolle konnte das neu erworbene Wissen zusätzlich abgefragt werden. Die Ergebnisse der Lernkontrollen geben Auskunft darüber, wie gut die durch die Lernziele formulierten Absichten erreicht worden sind. Da noch kein allgemein gültiges Curriculum existiert, sondern erste Schritte erst durch dieses Projekt lanciert worden sind, erstellte jede Lehrperson ein eigenständiges Curriculum. Die Prüfungsgestaltung hatte sich demzufolge nach den Unterrichtsinhalten und -zielen zu richten, die jede einzelne Lehrperson formuliert hatte. Oder mit anderen Worten: die Lehrperson führte am Schluss der Unterrichtseinheit einen Wissenstest durch, mit dem sie den erreichten Wissensaufbau auf den verschiedenen Lernzieltaxonomiestufen (verstehen; erklären; anwenden; Zusammenhänge erkennen; bewerten) prüfte.

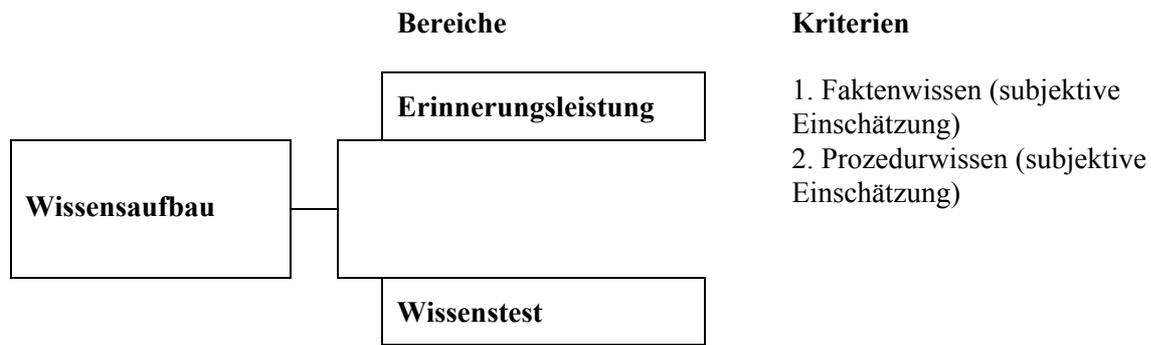


Abbildung 11: Kriterien des Wissensaufbaus

3.2.6 Erhebungsinstrument

Als Evaluationsmethode kam der schriftliche Fragebogen im Umfang von vier Seiten zum Einsatz (siehe Anhang). Der erste Teil *Unterricht* widmete sich der didaktischen Qualität und verwendete die Likertskala (1 – stimme gar nicht zu; 2 – stimme eher nicht zu; 3 – unentschieden; 4 – stimme eher zu; 5 – stimme völlig zu). Die Fragen operationalisierten die Kriterien des Qualitätsbereichs soweit es die gängige Semantik der Berufslernenden zulässt. Ob beispielweise die Unterrichtsinhalte exemplarisch sind, ist für einen Experten bestimmt zu beantworten. Für Berufslernende dagegen muss die Frage anders formuliert sein. Der mehrmals eingegangene Kompromiss zugunsten von Fragen, die für Berufslernende verständlich sind, führte zwar zur Vereinfachung, aber auch zu Formulierungen, welche die Abgrenzung der Kriterien untereinander erschwerten.

Die letzten drei Fragen unter *Unterricht* konnten von der Lehrperson für eigene Fragestellungen benutzt werden.

Der zweite Teil des Fragebogens erfasste die *Lernmotivation* der Berufslernenden. Zum Einsatz kam eine Adjektivskala (Beispiel: 1 – gar nicht begeistert; 2 – nicht so begeistert; 3 – begeistert; 4 – sehr begeistert).

Im dritten Teil des Fragebogens *Erinnerungsleistung* wurde nach dem Wissensaufbau gefragt. Thematisch eher breit formulierte Fragen prüften mit einer Punkteskala, wie intensiv die Inhalte im Gedächtnis abgespeichert wurden. Zusätzlich bestand in diesem Teil für die Lehrpersonen die Möglichkeit, einen spezifisch auf die Inhalte ausgerichteten separaten Wissenstest zu platzieren.

Der Motivations- und der Erinnerungsteil fokussierten weniger die Unterrichtseinheiten als solches als vielmehr das damit verbundene individuelle Erleben und Verhalten der Berufslernenden im Nanotechnologieunterricht.

Der Fragebogen umfasste 29 Fragen zur didaktischen Qualität und 15 Fragen zur Lernmotivation. Die Anzahl der Fragen zur Erinnerungsleistung variierte. In der Regel waren es sieben Fragen.

Demographische Angaben wurden am Beginn des Fragebogens erfragt. Der Fragebogen war in der letzten Unterrichtsstunde von den Berufslernenden auszufüllen. Von den Lehrpersonen, die den Unterricht durchführten, wurde der gleiche Fragebogen (mit angepassten Formulierungen) ebenfalls beantwortet. Der dritte Teil (Wissensaufbau) wurde durch die Aufforderung ersetzt, sich zu offenen Fragen (Rückblick, Ausblick) zu äussern.

3.3 Befragte Personen

Insgesamt wurden 21 Klassen mit total 336 Berufslernenden unterrichtet. Zum Evaluationszeitpunkt in der letzten Unterrichtsstunde konnten Vereinzelte nicht mehr anwesend sein, weshalb der Auswertung schlussendlich 321 Fragebogen zugrunde liegen. Die Berufslernenden absolvierten folgende Ausbildungen:

Tabelle 2: Berufslehre – Lehrjahr – Anzahl Personen

Berufslehre/ Ausbildung:	Lehrjahr	Anzahl unterrichtete Personen	Anzahl Fragebogen
Konstrukteur/in mit Berufsmatura	2. Lehrjahr	36	36
	1. Lehrjahr	22	22
Polymechaniker/in mit Berufsmatura	2. Lehrjahr	59	59
	2. Lehrjahr	22	22
Elektroniker/in	3. Lehrjahr	8	8
	4. Lehrjahr	15	12
Informatiker/in	2. Lehrjahr	16	12
Automatiker/in	2. Lehrjahr	21	21
Dentalassistentin	1. Lehrjahr	15	15
	2. Lehrjahr	13	13
med. Praxisassistentin	1. Lehrjahr	26	26
	2. Lehrjahr	35	35
Vollzeitjahr Berufs- maturität	4. Lehrjahr	20	18
Technikerschule		28	22
Total		336	321

In den Klassen der Ausbildung zur medizinischen Praxisassistentin und zur Dentalassistentin waren einzig Frauen vertreten. In allen anderen Klassen waren die Berufslernenden grösstenteils männlich. Die exakte Verteilung ist der nachfolgenden Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Berufslehre und Geschlecht

Berufslehre	Geschlecht		Total
	männlich	weiblich	
Automatiker/in	21		21
BM/Konstr./Polym.	18	4	22
BM/Konstrukteur/in	20	2	22
Berufsmat. Vollzeit	18		18
Dentalassistentin		28	28
Elektroniker/in	20		20
Informatiker/in	12		12
Konstrukteur/in	30	6	36
MPA med.Praxisass.		61	61
Polymechaniker/in	50	7	57*
Technikerschule	22		22
Total	211	108	319

* Zwei Personen markierten ihr Geschlecht nicht.

Anmerkung: BM bedeutet Berufsmaturität

Die altersmässige Verteilung ist der folgenden Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Alter und Häufigkeit

Alter	Häufigkeit	Prozent
16 Jahre	31	9.6
17 Jahre	85	26.5
18 Jahre	83	25.9
19 Jahre und mehr	115	35.8
Fehlende Angaben	7	2.2
	321	100

3.4 Ergebnisse didaktische Qualität

3.4.1 Zufriedenheitsgrad

Die Zufriedenheit der Berufslernenden mit der didaktischen Qualität (Frage 28) gibt einen ersten allgemeinen Eindruck über das neue Fach Nanotechnologie. Als ein eher generelles Mass zum Unterricht beinhaltet der Zufriedenheitsaspekt verschiedene Facetten rund um den Unterricht, auf die im Einzelnen später in diesem Kapitel eingegangen wird.

Mit einem Gesamtmittelwert von 3.88 (Skala 1 – 5) ist ein bemerkenswertes Ergebnis erzielt worden. Umgerechnet auf Prozentwerte könnte man auch sagen, dass dies einem Zufriedenheitsgrad von 77.6 % entspricht.

Die Häufigkeitsverteilung der Frage 28 zur Unterrichtszufriedenheit ist in der Abbildung 12 abgebildet.

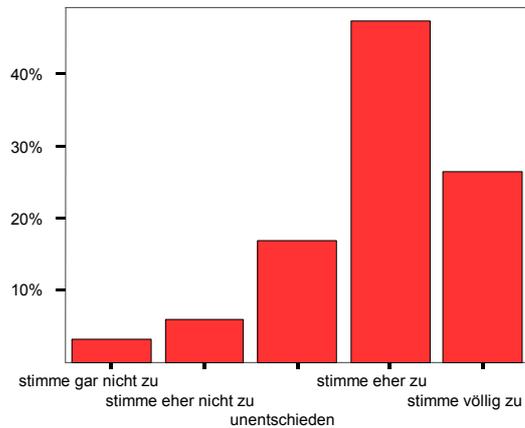
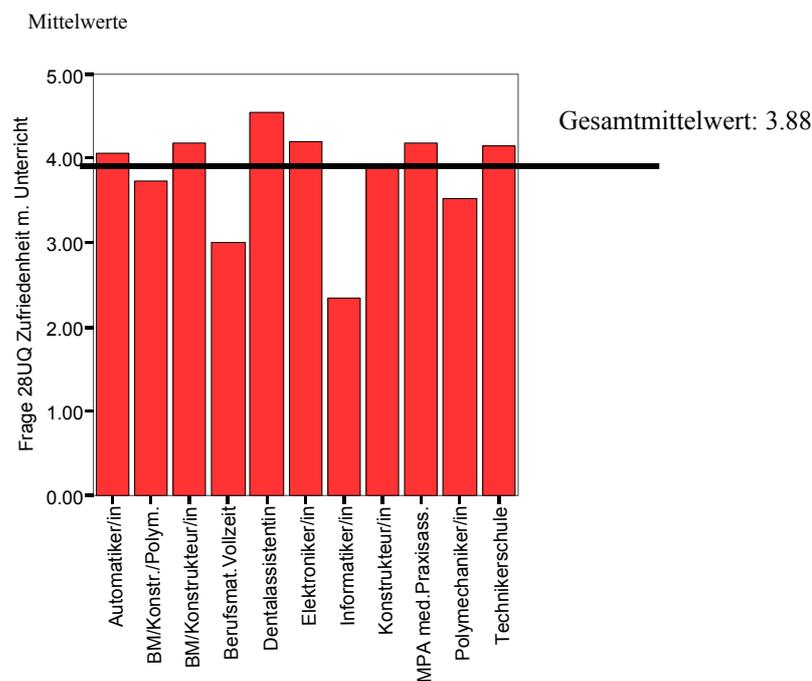


Abbildung 12: Zufriedenheit mit dem Unterricht

Da der Unterricht in Klassen mit verschiedenen Berufslehren durchgeführt wurde, stellt sich die Frage nach berufsgruppenspezifischen Unterschieden. Der Abbildung 13 ist zu entnehmen, dass die Unterrichtszufriedenheit bei neun Berufsgruppen um den Wert von 4.0 liegt. Bei zwei Gruppen fällt die Zufriedenheit dagegen merklich tiefer aus. Die tieferen Werte sind aber vermutlich nicht auf das Fach Nanotechnologie zurückzuführen, sondern lassen sich anders erklären. Die Lehrperson teilte mit, dass der Unterricht bei den Informatiker/innen zeitlich zu knapp bemessen war, weshalb die Zeit zum Experimentieren fehlte. Zur Klasse im Vollzeitjahr Berufsmaturität wurde von der Lehrperson ergänzt, dass unterschiedlichste Berufsgruppen (Automatiker, Informatiker, Schneider, Möbelschreiner, Polymechaniker, Elektroniker) vertreten waren, was es ausgesprochen schwierig machte, die Lernenden berufsbezogen anzusprechen.



Anmerkung: BM bedeutet Berufsmaturität

Abbildung 13: Berufsgruppenspezifische Unterrichtszufriedenheit

3.4.2 Bewertung der Unterrichtseinheiten und Stärken/Schwächenprofil

In der Tabelle 5 sind die Mittelwerte aller Fragen zur didaktischen Qualität aufgeführt. Die Spalte *Fragen* zeigt auf, durch welche Fragen im Fragebogen die einzelnen Kriterien operationalisiert werden. Wenn ein Kriterium durch mehr als eine Frage operationalisiert wird, ist in der Spalte *Mittelwerte* der Mittelwert aller Fragen aufgelistet und erst in der Spalte *Mittelwerte pro Frage* sind die Mittelwerte für jede einzelne Frage aufgeführt.

Die Fragen zur Lehrperson sowie die aufgabenspezifische Frage sind zusätzliche Kriterien ausserhalb der vier Unterrichtsbereiche. Deren Mittelwerte sind am Schluss der Tabelle aufgeführt.

Tabelle 5: Mittelwerte Fragen didaktische Qualität

	Bereiche	Kriterien	Fragen	Mittelwerte	Mittelwerte pro Frage
1	Ziele	1. Transparenz 2. Schwerpunkte 3. Bedeutsamkeit <i>Bereich</i>	1;2;13 7;17 26	3.69 3.77 3.54 3.69	1:4.04; 2:3.51; 13: 3.52 7: 3.77; 17:3.77
2	Inhalte	1. praxisnah 2. problemorientiert 3. exemplarisch 4. fächerübergreifend 5. an Vorwissen anknüpfend bzw. zielgruppengerecht <i>Bereich</i>	9;18;21 27 15 16;22 4; 23	3.46 3.67 4.22 3.2 3.6 3.54	9:3.13; 18:3.89; 21:3.37 16:3.25; 22:3.15 4: 3.39; 23: 3.81
3	Unterrichtsmethodik	1. Wechselnder Lernrhythmus (informierend, erarbeitend, verarbeitend) 2. mehrdimensionale Begegnung mit Lerngegenstand (enaktive, ikonische, symbolische Repräsentation) 3. schüler- und handlungsorientiert 4. Kooperation ermöglichend <i>Bereich</i>	14;25 8 10;24 3;6;	3.45 3.98 3.88 3.93 3.78	14:3.8;25:3.11 10:3.95:24: 3.81 3: 3.98; 6: 3.88
4	Medien / Lehrmittel (Folien, Karte, Instrumente, Theorieblätter)	1. Einfachheit 2. Gliederung/Ordnung 3. Kürze/Prägnanz 4. anregende Stilmittel <i>Bereich</i>	5;12;19	4.04 4.04	5: 4.16; 12: 3.95; 19: 4.02
	Lehrperson		11;20	4.39	11: 4.4; 20: 4.38
	Aufgabenspezifisches		29	4.07	

Anmerkung: Die Antwort im Fragebogen *stimme gar nicht zu* wurde mit 1, *stimme eher nicht zu* mit 2, *unentschieden* mit 3, *stimme eher zu* mit 4 und *stimme völlig zu* mit 5 codiert.

Im Stärken/Schwächenprofil in Tabelle 6 wird mit *genügend* ⊕, *mittel bis gut* ⊕⊕, oder *gut bis sehr gut* ⊕⊕⊕ signalisiert, wie gut die Unterrichtseinheiten die Kriterien der didaktischen Qualität erfüllt haben. Die tiefsten Werte fallen in die Bewertungskategorie *genügend* erfüllt, die höchsten in die Kategorie *gut bis sehr gut* erfüllt und die dazwischen liegenden in die Kategorie *mittel bis gut* erfüllt, welches zu folgenden Abstufungen der Mittelwerte führt:

- Mittelwert ≤ 3.4 Unterrichtskriterium ist *genügend* erfüllt
- Mittelwert > 3.4 < 3.8 Unterrichtskriterium ist *mittel bis gut* erfüllt
- Mittelwert ≥ 3.8 Unterrichtskriterium ist *gut bis sehr gut* erfüllt

Ein Plus wird als eine *genügende* Erfüllung gewertet und steht für die Mittelwerte ≤ 3.4. Zudem ist damit signalisiert, dass bezüglich diesen Unterrichtskriterien noch am meisten Verbesserungspotential besteht und der grösste Handlungsbedarf vorhanden ist oder es sich um kleinere Schwächen im Unterrichtsprogramm handelt. Zwei Plus widerspiegeln den Bereich der erzielten Mittelwerte zwischen 3.4 und 3.8. Die Qualitätskriterien werden als *mittel bis gut* erfüllt erachtet. Vereinzelt Verbesserungen sind noch angebracht. Drei Plus entspricht den Mittelwerten ≥ 3.8. Kriterien mit einer Drei-Plus-Qualifikation gelten als *gut bis sehr gut* erfüllt. Sie sind auf der höchsten Stufe positioniert und es besteht der geringste Handlungsbedarf. Sie weisen auf die Stärken der entwickelten Unterrichtseinheiten hin.

Tabelle 6: Stärken/Schwächenprofil der Unterrichtseinheiten

Bereiche	Kriterien	Erfüllung der Kriterien
1 Ziele	1. Transparenz	(mittel bis gut) gut bis sehr gut ⊕⊕⊕
	2. Schwerpunkte	mittel bis gut ⊕⊕
	3. Bedeutsamkeit	mittel bis gut ⊕⊕
2 Inhalte	1. praxisnah	genügend (mittel bis gut) ⊕
	2. problemorientiert	mittel bis gut ⊕⊕
	3. exemplarisch	gut bis sehr gut ⊕⊕⊕
	4. fächerübergreifend	genügend ⊕
	5. an Vorwissen anknüpfend bzw. zielgruppengerecht	mittel bis gut ⊕⊕
3 Unterrichtsmethodik	1. Wechselnder Lernrhythmus (informierend, erarbeitend, verarbeitend)	mittel bis gut ⊕⊕
	2. mehrdimensionale Begegnung mit Lerngegenstand (enaktive, ikonische, symbolische Repräsentation)	gut bis sehr gut ⊕⊕⊕
	3. schüler- und handlungsorientiert	gut bis sehr gut ⊕⊕⊕
	4. Kooperation ermöglichend	gut bis sehr gut ⊕⊕⊕
4 Medien / Lehrmittel (Folien, Karten, Instrumente, Theorieblätter)	1. Einfachheit	} gut bis sehr gut ⊕⊕⊕
	2. Gliederung/Ordnung	
	3. Kürze/Prägnanz	
	4. anregende Stilmittel	
Engagement / Vorbereitung Lehrperson		gut bis sehr gut ⊕⊕⊕
Spezifisches: Messen mit Rasterkraftmikroskop AFM		gut bis sehr gut ⊕⊕⊕

Nachstehend werden die Schwächen und Stärken der verschiedenen Bereiche der didaktischen Qualität kommentiert und durch die Daten aus Tabelle 5 und, wenn angebracht, durch detaillierte Verteilungswerte zusätzlich erläutert.

3.4.3 Ziele

Die entwickelten Unterrichtseinheiten weisen für den Bereich *Ziele* einen mittleren Erfüllungsgrad auf. Das Kriterium der Transparenz (1. Transparenz) gilt als „gut bis sehr gut“ erfüllt. Dies wird insbesondere durch Frage 1 (Mittelwert: 4.04), nach welcher den Inhalten gut zu folgen war, begründet. Doch gilt es auch zu bemerken, dass Klarheit bei den formulierten Lernzielen fehlte (Frage 2: Mittelwert: 3.51) und der rote Faden nicht immer ersichtlich war (Frage 13: Mittelwert 3.52). Dies führte zu einer zweiten in Klammer aufgeführten „mittel bis gut“-Beurteilung.

Das Kriterium Schwerpunkte (2. Schwerpunkte) gilt als „mittel bis gut“ erfüllt. Die Schwerpunkte waren nur zum Teil nachvollziehbar (Frage 7: Mittelwert: 3.77) und die Struktur und Systematik in den Unterrichtseinheiten könnte noch besser werden (Frage 17: Mittelwert: 3.77).

Das Kriterium Bedeutsamkeit (3. Bedeutsamkeit) ist ebenfalls „mittel bis gut“ erfüllt. Den entwickelten Unterrichtseinheiten ist zwar eine gewisse Lebensnähe zuzusprechen (Frage 26: Mittelwert: 3.54), doch eine für die Berufslernenden persönliche Relevanz wäre erst noch zu erreichen.

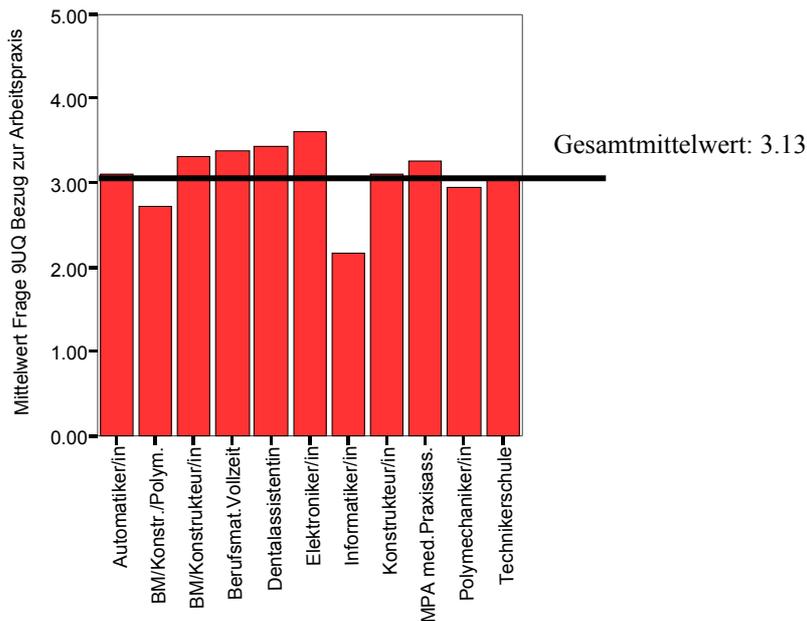
3.4.4 Inhalte

Beim zweiten Bereich *Inhalte* verzeichnen die Unterrichtseinheiten einige Schwächen, aber auch gut und sehr gut erfüllte Kriterien bzw. Stärken.

Die Unterrichtseinheiten scheinen genügend Praxisnähe aufzuweisen (1. praxisnah). Die Berufslernenden konnten das neue Wissen nur annähernd mit ihrer Arbeitstätigkeit verbinden (Frage 9: Mittelwert: 3.13) und waren der Meinung, dass das neue Fach mit ihrer betrieblichen Tätigkeit wenig Berührungspunkte biete (Frage 21: Mittelwert 3.37).

Die Frage nach passenden Beispielen aus dem Alltag (Frage 18) erhielt dagegen einen bedeutend höheren Mittelwert von 3.89. In den entwickelten Unterrichtseinheiten ist das Kriterium der Nähe zur Arbeitspraxis im Vergleich zu den anderen beiden Kriterien am schwächsten erfüllt.

Dieses Ergebnis ist tendenziell unabhängig von der beruflichen Ausrichtung der Lehre. Bei allen Berufsgruppen ist ein ähnliches Beurteilungsverhalten zu verzeichnen (siehe Abbildung 14). Weder können sie einem angemessenen Praxisbezug zustimmen noch lehnen sie ihn ab. Festzustellen ist eine Beurteilungstendenz zu „unentschieden“.



Anmerkung: BM bedeutet Berufsmaturität

Abbildung 14: Praxisbezug zur Berufslehre

Der auffallend tiefe Wert bei den Informatiker/innen ist unter dem Vorbehalt aufzunehmen, dass für den Unterricht, wie bereits erwähnt, nicht ganz ideale Voraussetzungen vorhanden waren.

Das Prinzip der Problemorientierung (2. problemorientiert) ist in den Unterrichtseinheiten „mittel bis gut“ erfüllt. Die Berufslernenden hatten den Eindruck, dass Nanotechnologie anhand von realen, lebensnahen und alltäglichen Problemstellungen vermittelt worden ist (Frage 27: Mittelwert: 3.67).

Als eine Stärke hat sich im Inhaltsbereich das dritte Kriterium (3. exemplarisch) hervorgetan. Die Bewertung fiel auf „gut bis sehr gut“ erfüllt. Die Unterrichtseinheiten sind durch einprägsame Beispiele gestaltet worden (Frage 15: Mittelwert: 4.22). Ihnen kann ein exemplarischer Wert zugesprochen werden, weil in ihnen die technische oder wirtschaftliche Bedeutung deutlich zum Ausdruck kommt.

Der fächerübergreifende Aspekt (4. fächerübergreifend) ist nur „genügend“ erfüllt und daher eher auf der Seite der Schwäche anzusiedeln. Die Unterrichtseinheiten dürften diesem Aspekt noch stärker gerecht werden. Der Zusammenhang mit anderen Fächern (Frage 16: Mittelwert 3.25) war für die Berufslernenden nur teilweise ersichtlich. Nur 42.5 % bzw. 136 Personen kreuzten „stimme zu“ oder „stimme völlig zu“ an. Am häufigsten wurde die Antwort „unentschieden“ gewählt (119 Personen bzw. 37.1 %).

Frage 22 zeigt ein ähnliches Bild (Mittelwert, 3.15). Wissen aus anderen Fächern war nur beschränkt integrierbar (siehe Abbildung 15).

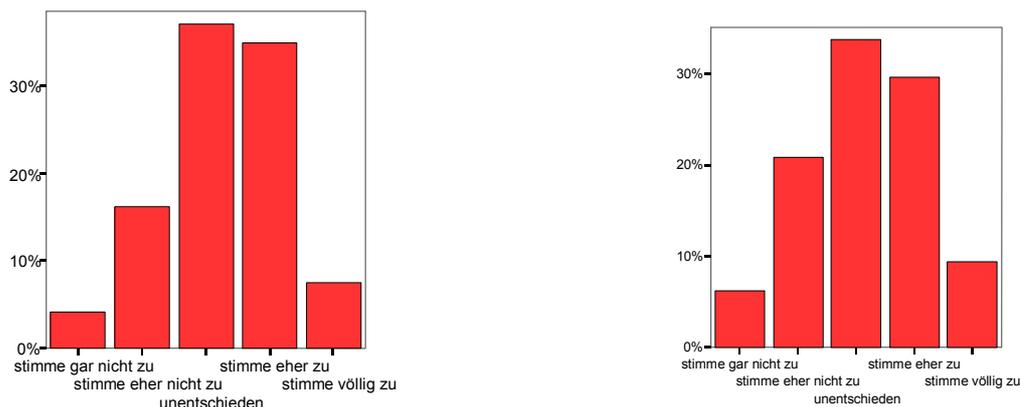
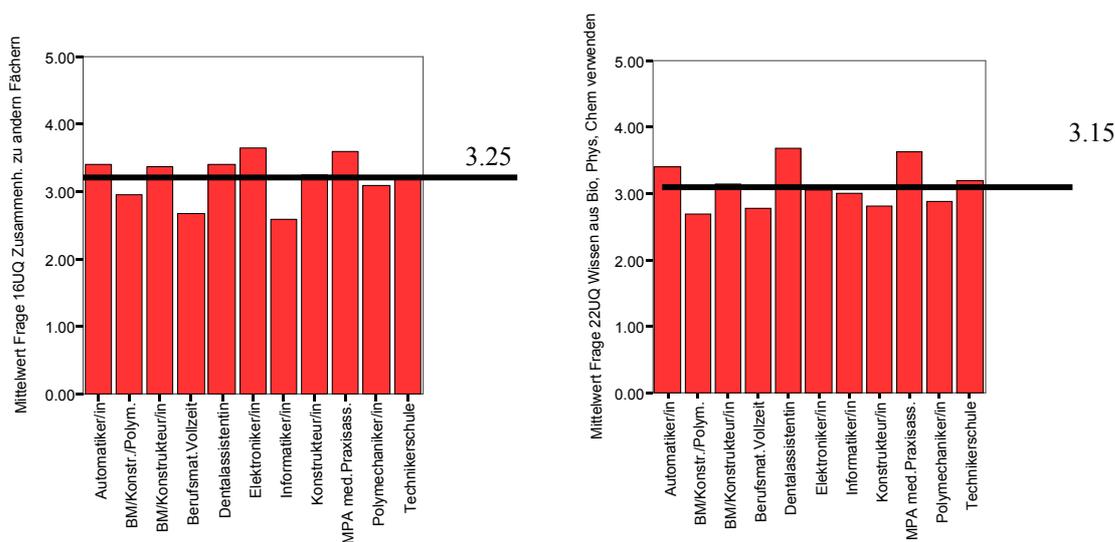


Abbildung 15: Verteilung Fragen 16 und 22
Zusammenhang zu anderen Fächern und zum Vorwissen

Beim fächerübergreifenden Aspekt zeigt sich wie auch beim Praxisbezug keine berufsspezifische Ausprägung. Der fehlende fächerübergreifende Aspekt wurde von allen Berufsgruppen nahe beim Mittelwert 3.0 eingeschätzt (siehe Abbildung 16).



Anmerkung: BM bedeutet Berufsmaturität

Abbildung 16: Fächerübergreifender Unterricht bezogen auf die Berufslehre

Ferner ist festzustellen, dass die Inhalte der Unterrichtseinheiten auf das Niveau der Berufslernenden abgestimmt sind. Das Kriterium der Zielgruppenbezogenheit (5. an Vorwissen anknüpfen) ist „mittel bis gut“ erfüllt. Die Berufslernenden waren einerseits der Meinung, dass sie die Thematik der Nanotechnologie mit dem bestehenden Wissen nur beschränkt verbinden konnten (Frage 4: Mittelwert 3.39). Auch wenn ein Teil der Berufslernenden den Inhalt nicht mit dem Vorwissen verknüpfen konnte, so waren sie andererseits eher der Meinung, dass der Unterricht auf ihr Niveau ausgerichtet war (Frage 23: Mittelwert 3.81).

3.4.5 Unterrichtsmethodik

Als Stärke hat sich bei den entwickelten Unterrichtseinheiten der Bereich *Unterrichtsmethodik* hervorgetan. Aus Tabelle 6 ist zu entnehmen, dass drei der festgelegten Kriterien

eine Drei-Plus-Bewertung erzielt haben und einzig das Kriterium des Lernrhythmus in den Zwei-Plus-Bereich fällt.

Das Kriterium des wechselnden Lernrhythmus (1. wechselnder Lernrhythmus) ist „mittel bis gut“ erfüllt. Für die Berufslernenden wären noch mehr Übungsgelegenheiten angebracht gewesen (Frage 25: Mittelwert 3.11). Doch waren sie auch der Meinung, dass der Unterricht abwechslungsreich war (Frage 14: Mittelwert 3.8).

Das Kriterium der mehrdimensionalen Begegnung mit dem Lerngegenstand (2. mehrdimensionale Begegnung) gilt als „gut bis sehr gut“ erfüllt. Frage 8, die das Kriterium der anschaulichen Vermittlung erfragte, erhielt einen hohen Mittelwert von 3.98. Ausdrücklich auf dieses Didaktikprinzip bezog sich einzig die Frage 8, die sich auf die ikonische und allenfalls auf die symbolische Repräsentation bezog, nicht aber auf die enaktive.

Beizufügen ist, dass insbesondere im Unterrichtsteil, welcher das Rasterkraftmikroskop (AFM) zum Inhalt hatte, das enaktive Prinzip realisiert wurde. Die Evaluationsergebnisse brachten denn auch regelmässige Zustimmung der Lernenden hervor, dass die Lernschritte rund um das AFM interessant und sehr interessant waren (Frage 29: Mittelwert 4.07). 77 % waren der Ansicht, dass es sich bei dieser Aufgabe um keine langweilige Angelegenheit handelte (siehe Abbildung 17). Der gleiche Sachverhalt lässt sich auch für den Unterrichtsteil feststellen, welcher das Herstellen einer Grätzelzelle verfolgte. In einigen wenigen Klassen kam diese Unterrichtseinheit zum Einsatz. Der Mittelwert belief sich auf 4.46, was bedeutet, dass die selbständige Produktion einer Grätzelzelle von den Berufslernenden als sehr interessant erachtet worden ist. Diese Lernsequenz baut ebenfalls auf dem Prinzip der mehrdimensionalen Begegnung mit dem Lerngegenstand auf.

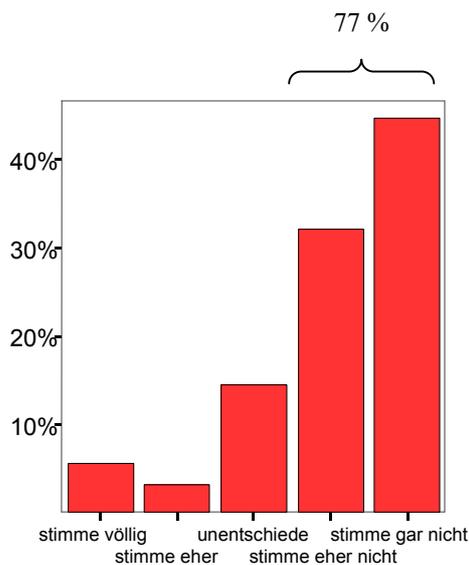
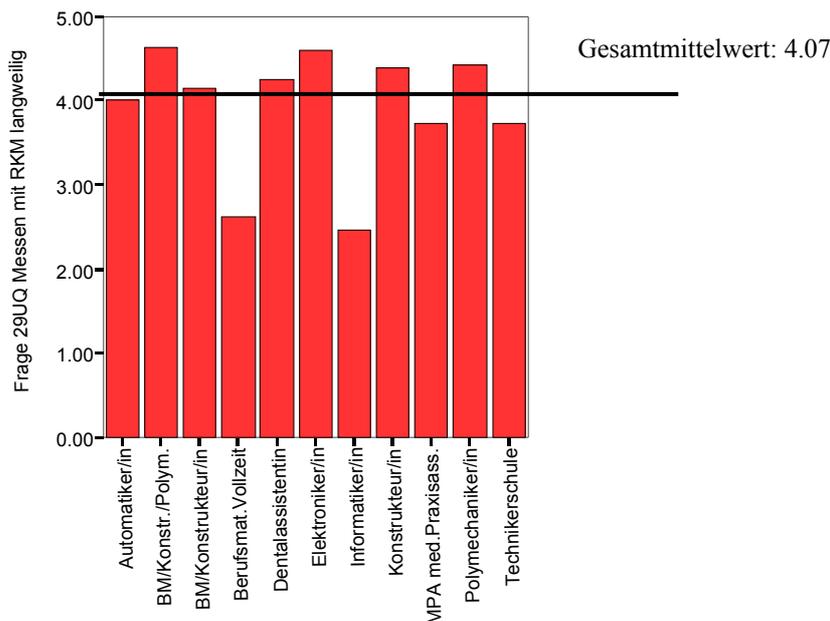


Abbildung 17: Verteilung Frage 29 Messen mit Rasterkraftmikroskop

In der nachfolgenden Abbildung 18 ist bezüglich der Aufgabe am Rasterkraftmikroskop (Frage 29) die Verteilung nach Berufslehre aufgezeigt. Die berufsgruppenbezogenen Werte halten sich auf der hohen Stufe von 4.0, mit Ausnahme der Gruppe „Berufsmaturität Vollzeit“ und „Informatiker“. Auf die besonderen Unterrichtsumstände dieser beiden Klassen ist bereits hingewiesen worden.

Mittelwerte



Anmerkung: BM bedeutet Berufsmaturität

Abbildung 18: Frage 29 Messen mit Rasterkraftmikroskop bezogen auf die Berufslehre

Die Unterrichtseinheiten erfüllen das Kriterium einer schüler- und handlungsorientierten Themenbehandlung „gut bis sehr gut“ (3. schüler- und handlungsorientiert). Der hohe Lernendenbezug erweist sich somit als eine Stärke der entwickelten Unterrichtseinheiten. Frage 10, die nach der Selbsttätigkeit fragte, weist mit einem Mittelwert von 3.95 auf. Und Frage 24 bestätigte den Einsatz verschiedener Sozialformen (Mittelwert: 3.81).

Ebenfalls erfüllen die Unterrichtseinheiten das Kooperationskriterium in einem hohen Ausmass (4. Kooperation ermöglichend) und der erreichte Erfüllungsgrad lautet „gut bis sehr gut“. Erwiesen hat sich dies aus den beiden Mittelwerten der Fragen 3 und 6. Die Berufslernenden waren der Meinung, dass Gelegenheiten für ein Miteinander-Lernen gegeben waren (Mittelwert: 3.98) und dass sie sich genügend einbringen konnten (Mittelwert: 3.88).

3.4.6 Medien / Lehrmittel

Gemäss Tabelle 6 erfüllen die eingesetzten Medien die Verständlichkeitskriterien in hohem Ausmass („gut bis sehr gut“). Unter anderem handelt es sich bei den eingesetzten Medien um Auszüge aus der CD-ROM SIBP „NANO-4-SCHOOLS“ oder dem Videofilm „Nanotechnologie“ der European Commission. Die Berufslernenden empfanden das Bildmaterial als ansprechend (Frage 5: Mittelwert 4.16), die abgegebenen Unterlagen als verständlich (Frage 12: Mittelwert 3.95) und die eingesetzten Schemata und Skizzen als nützlich (Frage 19: Mittelwert 4.02).

3.5 Ergebnisse Lernmotivation

3.5.1 Skalenbildung

Die Lernmotivation wird über die vier Dimensionen *Interesse am Fach*, *Engagement für das Fach*, *Befindlichkeit im Fach* und *motivierende Lernaktivität* ausgewertet. Die vier Dimensionen entstanden aus einer inhaltlich sinnvollen Kombination der Frage, die sich auf das zugrundeliegende Motivationskonzept und auf statistische Auswertungen stützte. Die Fragen 3 und 8 wurden wegen Interpretationsschwierigkeiten ausgeschlossen.

Tabelle 7 zeigt die Zusammensetzung der Dimensionen und die erreichten Zuverlässigkeitswerte.

Tabelle 7: Dimensionen der Lernmotivation mit Fragen und Zuverlässigkeitswert

Dimension	Frage-Nr.	Stichworte	Cronbach Alpha
Interesse am Fach	1	Begeisterung über Nanotechnologie	.75
	2	Nützlichkeit des Gelernten	
	9	Interesse, mehr zu lernen	
Engagement für das Fach	4	Wie gut in Lernaktivitäten?	.74
	5	Engagement in Lernaktivitäten	
	6	Wie wichtig, bei Aufgaben gut zu sein?	
Befindlichkeit im Fach	11	Gefühl des Wohls	.77
	12	entspanntes Gefühl	
	13	kein Stressgefühl	
	14	keine Langeweile	
	15	Gefühl des Sicherseins	
Motivierende Lernaktivitäten	7	interessante Lernaktivitäten	.59
	10	motivierende Lernaktivitäten	

3.5.2 Dimensionen der Lernmotivation: Konzept und empirische Befunde

Die theoretisch vorgeschlagenen Dimensionen nach dem Motivationskonzept des adaptiven Lernprozesses nach Boekaerts (2002) weichen teilweise von den empirisch gewonnenen ab.

Das *Interesse am Fach* ist als domänenspezifische Motivation zu betrachten, aber auch als ein kontextinduziertes Interesse. Zur Zuneigung, die durch die Begabung und das generelle Interesse an dieser Domäne existiert, ist auch ein Interesse miteinzubeziehen, welches durch die Aufgaben erst geweckt worden ist.

Die Dimension *Engagement für das Fach* widerspiegelt dagegen eine Komponente aus dem Theorieansatz, nämlich das Kriterium der subjektiven Kompetenz. Eine vollständige Bestätigung des theoretischen Ansatzes ist mit der Dimension *Befindlichkeit im Fach* festzustellen, welches das Kriterium der Lernabsicht und den Gefühlszustand betrifft.

Die Dimension *motivierende Lernaktivitäten* entspricht ebenfalls annähernd der konzeptionellen Auslegung und betrifft im Motivationsmodell das Kriterium der Attraktivität der Lern-tätigkeiten, des Themas / Fachs.

3.5.3 Interesse am Fach – Engagement – Befindlichkeit - Lernaktivität

Für alle vier untersuchten Motivationsdimensionen ist festzustellen, dass die Gesamtmittelwerte keine Spitzenwerte erreichen (Skala 1-4). *Interesse am Fach* erzielt einen Mittelwert von 2.63, *Engagement für das Fach* 2.81, *Befindlichkeit im Fach* 3.02 und *motivierende Lernaktivitäten* 2.74 (siehe Abbildung 19 und Tabelle 8).

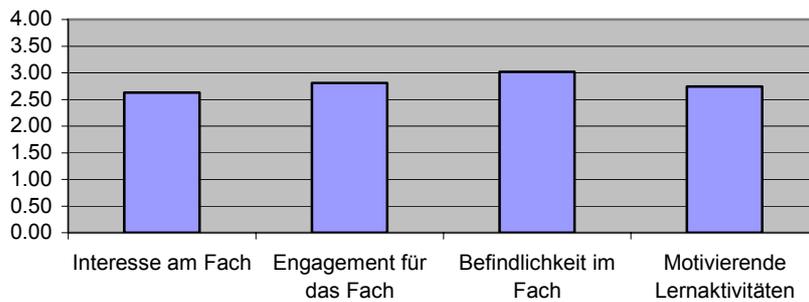


Abbildung 19: Mittelwerte der Lernmotivation

Tabelle 8: Mittelwerte Berufsgruppe und Dimensionen der Lernmotivation

Berufslehre/ Ausbildung: Skala 1 - 4	Interesse am Fach	Engage- ment	Befindlich- keit	Motivierende Lernaktivität	Anzahl N
Automatiker/in	2.33	2.89	2.88	2.71	18-19
BM/Konstr./Polym.	2.77	2.63	3.03	2.79	21-22
BM/Konstrukteur/in	2.96	2.86	3.33	2.95	22
Berufsmaturität Vollzeitjahr	2.31	2.92	2.71	2.55	18
Dentalassistentin	2.10	3.30	3.29	2.61	13
Elektroniker/in	3.06	2.83	3.05	2.87	8
Informatiker/in	2.22	2.36	2.43	2.16	12
Konstrukteur/in	2.84	2.79	3.14	2.80	36
MPA med. Praxisassistentin	2.58	2.94	3.16	2.95	52
Polymechaniker/in	2.66	2.68	2.85	2.67	58
Technikerschule	2.71	2.75	3.09	2.65	21-22
Gesamtmittelwert	2.63	2.81	3.02	2.74	

Anmerkung: BM bedeutet Berufsmaturität

Zum Vergleich der Beurteilungen zwischen den verschiedenen Berufslehren ist anzumerken, dass bei den Dentalassistentinnen und bei den Elektroniker/innen von je einer Klasse keine Beurteilungen vorlagen.

Zudem ist festzuhalten, dass alle vier Dimensionen mittel bis hoch miteinander korrelieren (siehe Tabelle 9), was bedeutet, dass sie zusammenhängen.

Tabelle 9: Korrelationswerte zwischen den Dimensionen der Lernmotivation

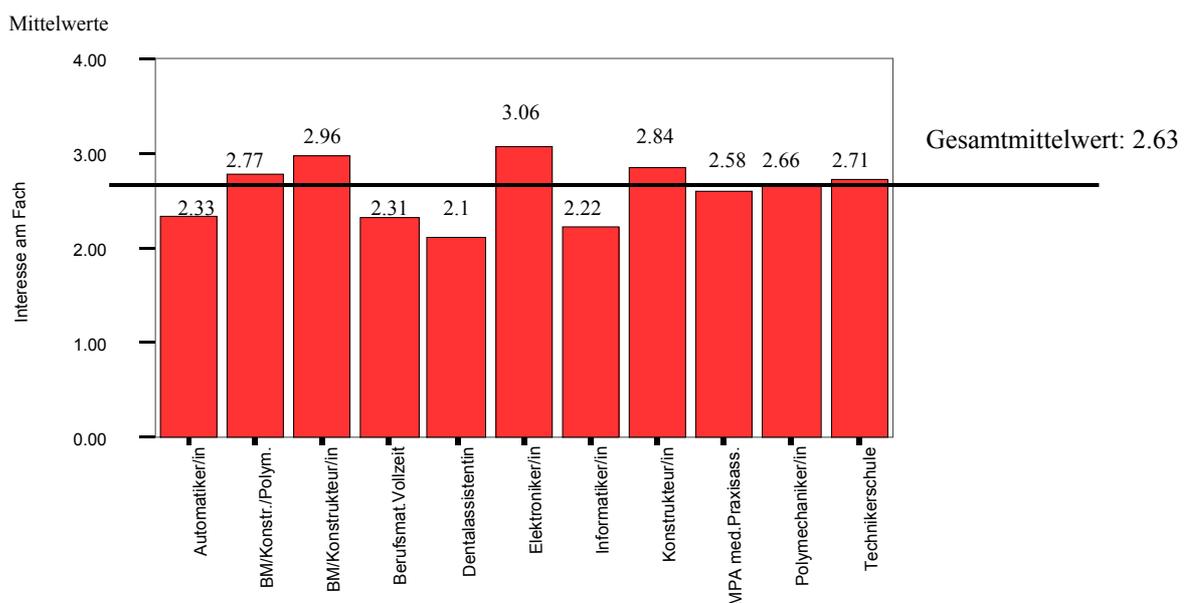
	Interesse am Fach	Engagement für das Fach	Befindlichkeit im Fach
Interesse am Fach			
Engagement für das Fach	.36**		
Befindlichkeit im Fach	.38**	.43**	
Motivierende Lernaktivitäten	.57**	.61**	.44**

** p ≤ 0.01; zweiseitige Signifikanz

Nach absoluten Zahlen betrachtet fällt das *Interesse am Fach* bei den einzelnen Berufsgruppen unterschiedlich hoch aus (siehe Abbildung 20). Den höchsten Wert von 3.06 verzeichneten die Elektroniker/innen. Ähnlich hoch fällt das Interesse bei den BM/Konstrukteur/innen (2.96) und bei den Konstrukteur/innen (2.84) an. Die beiden tiefsten Werte sind bei den Dentalassistentinnen (2.1) und den Informatiker/innen (2.22) festzustellen.

Der tiefe Wert bei den Dentalassistentinnen fällt besonders auf, da von dieser Klasse ein hoher Zufriedenheitsgrad von 4.38 resp. 88 % zu verzeichnen war. Dieser anscheinende Widerspruch kann damit erklärt werden, dass in dieser Klasse eine der bedeutenderen Lerntätigkeiten, nämlich die Aufgabe am Rasterkraftmikroskop, nicht wunschgemäß stattfinden konnte, weil das Messgerät nicht einwandfrei funktionierte. Auf die besonderen Umstände bei der Klasse der Informatiker/innen ist bereits hingewiesen worden.

Berücksichtigt man die beiden situationsspezifischen Gegebenheiten, kann von einem Interesse am Fach ausgegangen werden, welches nicht berufsgruppenspezifisch ist, sondern von verschiedenen Berufsgruppen als ähnlich empfunden wird.



Anmerkung: BM bedeutet Berufsmaturität

Abbildung 20: Interesse am Fach bezogen auf die Berufslehre

Für die anderen drei Dimensionen der Lernmotivation sind ebenfalls keine berufsspezifischen Besonderheiten vorhanden. Weder beim Engagement, noch bei der Befindlichkeit oder der motivierenden Lernaktivität unterscheiden sich die verschiedenen Berufsgruppen merklich. Ein einzig auffallender Unterschied in der Grössenordnung von einem Punkt hat sich für alle drei Bereiche zwischen dem tiefsten Wert, welcher zur Informatikergruppe gehörte, und dem jeweils höchsten Wert ergeben. Dass die Klasse der Informatiker/innen mit nicht mit idealen Unterrichtszuständen konfrontiert war, ist bereits mitgeteilt worden.

3.6 Ergebnisse Wissensaufbau

Der dritte Teil der Evaluation zur Erinnerungsleistung variierte in Form und Durchführung.

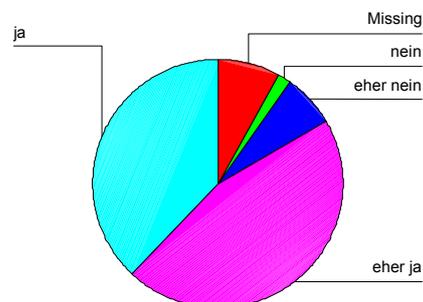
Die subjektive Einschätzung des Wissensaufbaus wurde nicht in allen Klassen erhoben. So wurde in einigen Klassen einzig ein bewerteter, aber nicht benoteter Wissenstests am Ende des Nanounterrichts durchgeführt. In anderen Klassen wiederum wurde über die subjektive Erinnerungsleistung nach dem Wissensaufbau gefragt. Was erinnert werden sollte, war aber von den Unterrichtszielen abhängig. Deshalb galten nicht für alle Klassen die gleichen Fragen.

Allerdings gibt es drei Fragen, die in den meisten Klassen erhoben wurden (bei 267 Berufslernenden). Sie beinhalteten die subjektive Einschätzung darüber, ob sie

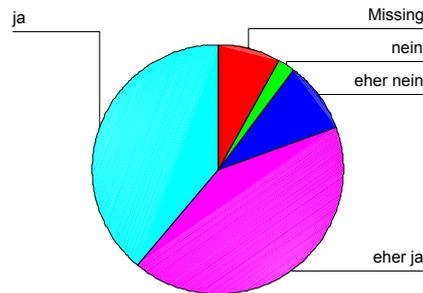
- einen anschaulichen Grössenvergleich nennen können, um einen Nanometer zu erklären.
- Alltagsbeispiele aufzählen können, die durch nanotechnologische Gegebenheiten bestimmt sind.
- die Funktionsweise eines Rasterkraftmikroskops AFM erklären können.

Die Berufslernenden waren mehrheitlich davon überzeugt, dass sie das Wissen zu den obigen Punkten aufgebaut hatten. Nur einige wenige antworteten mit „nein“ oder „eher nein“. Frage a) erreichte eine Zustimmung von 91 %, Frage b) von 89 % und Frage c) von 79 % (siehe Abbildung 21).

Frage a) Grössenvergleich nennen („ja“ und „eher ja“ = 91 %)



Frage b) Alltagsbeispiele aufzählen („ja“ und „eher ja“ = 89 %)



Frage c) Funktionsweise Rasterkraftmikroskop AFM erklären („ja“ und „eher ja“ = 79 %)

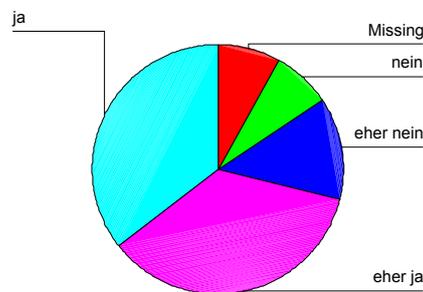


Abbildung 21: Wissensaufbau

Zum Wissensaufbau sind zudem über eine weitere Frage, die ebenfalls öfters gestellt worden war, Ergebnisse vorhanden. Auf die offene Frage „Welche Inhalte können Sie aufzählen?“ sind von den Berufslernenden mit Abstand am häufigsten die Stichworte *AFM* und *Anwendungen* genannt worden. Wenn der Unterricht als Schwerpunkt die Herstellung einer Grätzelzelle verfolgte, wurde dieser Begriff anstelle von AFM am häufigsten aufgeführt.

3.7 Interpretation und Schlussfolgerungen

3.7.1 Didaktische Qualität und Wissensaufbau

Die Bewertung der Unterrichtseinheiten (zusammengefasst in Tabelle 6) verdeutlicht, dass beim inhaltlichen Bereich zusätzliches Gestaltungspotential besteht und insbesondere dort anzusetzen ist.

Nanotechnologie erweist sich noch nicht als ein praxisnahes Fach, von welchem sich für die Berufslernenden ohne weiteres ein Transfer in ihre Lehrlingspraxis ergibt. Vielmehr steht für zahlreiche Produkte mit nanotechnologischer Verarbeitung der grosse Durchbruch zur Marktreife erst noch an. Die nanotechnologische Anwendung befindet sich noch nicht an der Schwelle zur Serienproduktion. Dies mag ein Grund für den noch fehlenden Praxisbezug sein. Nichts desto trotz scheint die Innovationskraft des Themas die Berufslernenden zu faszinieren. Dies zeigt sich beispielsweise an Aufgaben rund um das Messgerät AFM oder am Beispiel der Grätzelzellenproduktion oder des Lotuseffekts. Sie sind handlungsorientiert

konzipiert und kommen deshalb gut an. Damit einher geht auch die Verständnisbildung von Nanotechnologie. Durch ihren exemplarischen Charakter verdeutlichen die Aufgaben diverse Aspekte der Nanotechnologie und machen die Grössenstrukturen anschaulich. Da aber die Anwendungsreife den Höhepunkt erst noch erleben wird, sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt praxisbezogene, exemplarische Aufgabenbeispiele eben auch rar.

Wenn dem Einsatz des Rasterkraftmikroskops (AFM) die didaktische Tür zugesprochen wird, welche die Nanowelt für das menschliche Vorstellungsvermögen öffnet, so kommt dabei den Proben, die mit dem AFM abgetastet werden können, eine wichtige Bedeutung zu. Die passenden Proben zu finden, verlangte ein didaktisches Auge. Für Dentalassistentinnen war es die Zahnoberfläche, für die Polymechaniker/innen die kratzfeste Oberfläche eines Metalls, für die Informatiker/innen die CD-Rille, für die Elektroniker/innen die mit Zinnoxid beschichtete, stromleitende Glasoberfläche.

In einer sorgfältig zusammengestellten Messprobenkollektion, aufgereiht in einem handlichen Kleinkoffer, bieten die Messproben den didaktischen Schlüssel zwischen der Berufswelt der Lernenden und den durch das AFM zugänglich gemachten Nanogrössen. Dass dadurch der Lernaktivität ein zusätzlicher Reiz verliehen wird, ist nachvollziehbar. Ein relevanter Praxisbezug wäre hier zu orten. Weil die Nanoeffekte aber noch nicht offensichtlich genug sind, sind die Berufslernenden in den beruflichen Interessen oder im vernetzten Denken jedoch zu stark gefordert, als dass der relevante Bezug zur Arbeitspraxis leicht zu erkennen wäre.

Der fächerübergreifende Aspekt mag bei der ersten Begegnung mit dem neuen Wissen für die Berufslernenden noch nicht bewusst erkenntlich sein, obwohl er in der Thematik impliziert ist. Beispielsweise eignet sich die Thematik der Grätzelzelle ausgezeichnet dazu (siehe Kapitel 4.3). Möglicherweise ist die Lernkapazität durch den Aufbau des prozeduralen Wissens (wissen wie beispielsweise eine Grätzelzelle hergestellt wird) absorbiert. Vermutlich wäre bei einer späteren, vertiefteren Begegnung mit nanotechnologischen Aufgaben mehr Lernkapazität für den Aufbau des deklarativen Wissens (Faktenwissen) frei.

Schlussfolgerungen

Aus den obigen Darlegungen ist zu schliessen, dass das pragmatische Vorgehen, Nanotechnologie berufsschulgerecht zu unterrichten, indem nach exemplarischen und handlungsorientierten Aufgabenbeispielen gesucht worden ist, ein gangbarer und didaktisch überzeugender Weg. Letztlich waren es vor allem auch die handlungsorientierten Inhalte wie beispielsweise das Messen mit dem AFM, die sich als Output hervortaten.

„Kenntnisse der Nanometerskala“ war mehrfach ein Lernziel. Doch wurde die Nanometerskala unter den erinnerten Inhalten bedeutend weniger oft genannt als das AFM. Vielleicht verlangt dieses Lernziel vielmehr faktenorientierte deklarative Wissensaneignung als prozedurales Wissen und wird daher von den Berufslernenden als anstrengender empfunden. Eine weitere Schlussfolgerung könnte deshalb darin bestehen, die Berechnungsthematik didaktisch noch besser aufzubereiten. Mit Berechnungsaufgaben liesse sich zugleich auch eine zweite didaktische Forderung einlösen, nämlich an bestehendes (mathematisches) Vorwissen anzuknüpfen.

3.7.2 Lernmotivation

Das Interesse am Fach erreichte einen Mittelwert von 2.63 oder umgerechnet ein Niveau von 66%. Heisst dies nun, dass Nanotechnologie als spannendes oder als langweiliges Fach erachtet wird?

Selbstverständlich lässt sich diese Frage einfach beantworten, wenn wir einen maximalwertgeleiteten Massstab zugrunde legen (ähnlich einer Notenskala). Bei einer Skala mit 4 als beste Bewertung, wäre 2.63 ein zufriedenstellendes, aber kein gutes Ergebnis. Die Antwort auf die

Frage nach „gut“ oder „schlecht“ ist aber nicht alleine über die Maximalwert-Orientierung zu suchen.

Eine andere Beurteilungsbasis geht davon aus, dass diese Thematik bei den Berufslernenden kaum bekannt ist, und dass ein Interesse dafür erst zu wecken ist. Aus diesem Blickwinkel betrachtet, handelt es sich um eine erfolgreiche Sache, da es gelungen ist, das Interesse zu wecken.

Ein weiteres Bezugssystem könnte den Vergleich mit anderen Fächern aufnehmen. Zu prüfen wäre, wie das Interesse an Nanotechnologie im Vergleich zum Interesse an einer anderen an der Berufsfachschule unterrichteten Thematik dasteht. In einer selbstständigen Vertiefungsarbeit (SVA) am SIBP von Fringeli (2003) wurden die Interessen bei 212 Personen in der Lernendenausbildung Polymechniker/in für verschiedene Fächer erhoben. Die SVA hatte die Unbeliebtheit des Faches Chemie zum Thema. Die von Fringeli erstellte Beliebtheitskala wird auf die in dieser Untersuchung eingesetzte Skala von 1 bis 4 umgewandelt und ergibt folgende Beliebtheitsgrade:

Mathematik:	76 %
Geschichte:	60 %
Physik:	59 %
Englisch:	59 %
Chemie:	48 %
Deutsch:	49 %

Nanotechnologie:	66 %

Nach diesem Vergleich gehört das Fach Nanotechnologie zu den interessanteren Fächern. Für eine repräsentative Aussage bräuchte es aber noch weitere Untersuchungsergebnisse.

Zum Interesse am Fach ist ferner der Zusammenhang zur Berufslehre von Interesse. Die Befragten kommen aus mindestens acht verschiedenen Berufslehren und zwei Typen der Technikerschule (Mechanik und Technik). Nanotechnologie scheint kein polarisierendes Fach zu sein, das von den einen geliebt und von den anderen gehasst wird. Vielmehr ist es eine Thematik, die didaktisch so gestaltet werden kann, dass sie bei Personen in unterschiedlichen Berufslehren Anklang findet.

Wenn wir davon ausgehen, dass Berufslernende für Nanotechnologie eher von kontext-bezogenen Kriterien motiviert werden und wegen der Neuheit des Fachs nicht so sehr ein bewusstes domänenspezifisches Interesse vorhanden ist, kommt der Gestaltung der Lernaktivitäten eine grössere Bedeutung zu. Auf diesen Sachverhalt weist das Motivationsmodell der adaptiven Lernprozesse nach Boekaerts (2002) hin. Danach wird beim Lernenden die Lernmotivation durch gut strukturierte, lebhaft und interessante Lernaktivitäten stimuliert.

Beim evaluierten Nanotechnologie-Unterricht wurden die erlebten Lernaktivitäten von den Berufslernenden zwar nicht als sehr motivierend oder sehr interessant bezeichnet, aber doch annähernd interessant. Dass das Interesse am Fach im Zusammenhang mit den motivierenden Lernaktivitäten steht, ist folglich naheliegend. Statistisch wird dies zudem mit einem eher signifikanten Korrelationskoeffizienten von .57 untermauert (siehe Tabelle 9). Der Schluss ist deshalb naheliegend, dass es gelungen ist, ein Interesse an Nanotechnologie über die Unterrichtseinheiten zu wecken.

Der Zusammenhang zwischen Interesse und Lernaktivität wird in Untersuchungen aber auch widerlegt. Die Untersuchung von Fringeli (2002) jedenfalls kam zum Schluss, dass das Fach Chemie ausgesprochen stark domänenspezifisch ist und dass spannende Lernaktivitäten keinen markanten Interessenschub auszulösen vermögen. Um die erste Auslegung eindeutiger

favorisieren zu können, wären weitere Untersuchungsergebnisse zum Zusammenspiel zwischen den verschiedenen Dimensionen der Lernmotivation nötig.

Miteinzubeziehen ist immer auch das Verhalten der Lehrperson. Auch wenn das Lehrerverhalten in der vorliegenden Evaluationsstudie nicht im Vordergrund stand, so kam es doch deutlich zum Vorschein. Die beiden Fragen zur Lehrperson (Engagement und Vorbereitung der Lehrperson) verzeichneten die höchsten Mittelwerte aller Fragen zur didaktischen Qualität. Es ist anzunehmen, dass von der Faszination der Lehrperson für das Thema gewisse Funken auf die Berufslernenden überggesprungen sind, wodurch die Begeisterung für das Thema positiv beeinflusst wurde.

Schlussfolgerungen

Die Thematik Nanotechnologie ist durch ihren innovativen Gehalt und durch das Neuland an technologischem Wissen kraftvoll genug, um bei den Berufslernenden das Interesse zu wecken. Dabei ist die Berufsgruppe von untergeordneter Bedeutung. Lernende aus unterschiedlichen Berufslehren sind für das Thema zu begeistern.

Eine domänenspezifische Motivation für das Fach ist miteinzubeziehen. Es ist jedoch vor allem auch anzunehmen, dass das Interesse am Fach durch motivierende Lernaktivitäten gefördert wird. Dies bedeutet, dass ein interessanter, abwechslungsreicher und handlungsorientierter Unterricht bei den Lernenden zu einem motivierten Lernverhalten führt.

3.8 Zusammenfassung

Der dritte Teil des Berichts *Nanotechnologie in der Berufsbildung – NANO-4-SCHOOLS Eine Projektbilanz* informiert über die Ergebnisse der evaluierten Unterrichtseinheiten. Die Unterrichtseinheiten wurden mit einem Fragebogen evaluiert, welcher am Ende des Unterrichts von den Berufslernenden auszufüllen war. Die Unterrichtseinheiten wurden bezüglich der Didaktischen Qualität (Ziele, Inhalte, Unterrichtsmethodik, Medien) bewertet. Zudem wurde die Lernmotivation bei den Berufslernenden erhoben und es wurde abgefragt, welches nanotechnologische Wissen aufgebaut worden war.

Insgesamt 321 Berufslernende haben den Fragebogen ausgefüllt. Sie repräsentierten verschiedene Berufslehren, von der Lehre als Polymechniker/in bis zur Lehre als Dentalassistentin.

Die Unterrichtseinheiten erzielten einen hohen Zufriedenheitsgrad von 88%. Zur didaktischen Qualität war folgendes festzustellen: Vereinzelt sind die Lernziele noch eindeutiger auszuarbeiten, damit für die Lernenden die Schwerpunkte besser erkennbar werden. Inhaltlich hat sich gezeigt, dass den Unterrichtseinheiten ein hoher exemplarischer Wert zukommt. Was inhaltlich weniger gut bewerkstelligt werden konnte, war der angemessene Bezug zur praktischen Tätigkeit der Lernenden sowie die eindeutige Vernetzung mit anderen Fächern oder das Anknüpfen an bestehendes Wissen. Unterrichtsmethodisch wiesen die erarbeiteten Unterrichtseinheiten das angestrebte didaktische Niveau auf. Die Berufslernenden setzten sich mit dem neuen Stoff über verschiedene Lernphasen hinweg auseinander. Einher mit einem wechselnden Lernrhythmus ging eine mehrdimensionale Repräsentation des Lernstoffes. Ebenfalls waren die Unterrichtseinheiten so gestaltet, dass sie kooperierendes Verhalten der Lernenden integrierten und stark handlungsorientiert waren. Die eingesetzten Medien wurden als nützlich beurteilt.

Bezüglich der Lernmotivation hat sich gezeigt, dass das Fach Nanotechnologie bei den Berufslernenden das Interesse zu wecken vermag. Ferner war festzustellen, dass das Fach von den verschiedenen Berufslehren als etwa gleich interessant eingestuft wurde. Die anderen drei Komponenten der Lernmotivation *Engagement für das Fach*, *Befindlichkeit im Fach* und *motivierende Lernaktivitäten* ergaben ähnliche Werte wie das *Interesse am Fach* und befinden

sich auf einer Bandbreite von 66% bis 76%. Dies ist so auszulegen, dass die Thematik durch exemplarische Inhalte und engagiertes Lehrverhalten bei den Berufslernenden Anklang findet, dass diese eine gewisse Bereitschaft zeigen, sich mit der Thematik auseinander zu setzen, und dass sie das Fach und die gewählte Vermittlung mit angenehmen Gefühlen verbinden.

Die Wirkung der didaktischen Qualität findet mitunter ihren Ausdruck im aufgebauten Wissen über Nanotechnologie bei den Berufslernenden. Gemäss einer subjektiven Einschätzung fühlten sich drei Viertel der Berufslernenden in der Lage, Nanotechnologie mit Anwendungsbeispielen zu erklären, einen verständlichen Grössenvergleich zu nennen oder die Funktionsweise eines Rasterkraftmikroskops zu beschreiben.

Die Evaluation der Unterrichtseinheiten hat gezeigt, dass sich für das Bestimmen der Inhalte und für die didaktische Umsetzung insbesondere exemplarische Beispiele und eine starke Handlungsorientierung als geeignet erweisen. An Faszinationsgehalt fehlt es dem Fach Nanotechnologie nicht. So neu das Fach noch ist, um von domänenspezifischen Motivationen bei den Lernenden auszugehen, so sehr ist es auch geeignet, durch motivierende Lernaktivitäten eine Kontextmotivation zu bewirken.

4 Exemplarische Unterrichtsbeispiele

Martin Vonlanthen

Im folgenden Kapitel werden drei exemplarische Unterrichtsbeispiele zum Thema Nanotechnologie beschrieben. Eine Herausforderung der Projektarbeit bestand darin, handlungsorientierte Zugänge zur Nanodimension und ihren Phänomenen und zu schaffen.

4.1 Die Natur macht's vor – ein möglicher Einstieg in das Thema Nanotechnologie im Berufsschulunterricht

Eine der Schwierigkeiten der Didaktik der Nanodimension ist das Begreifbarmachen neu auftretender Eigenschaften nanostrukturierter Produkte. Wie wird ein Lack kratzfest und schmutzabweisend? Unter welchen Bedingungen können Kunststoffe Strom leiten?

Die Beantwortung solch komplexer Fragestellungen kann und soll im Berufsschulunterricht nicht über einen theoretischen Zugang (z.B. über die Quantenchemie) erfolgen. Dazu fehlen allen Beteiligten (Lernende und Lehrende) die nötigen Grundlagenkenntnisse. Schon eher können Praxisbeispiele den Lernenden die Phänomene der Nanodimension näher bringen. Folgendes exemplarische Beispiel zeigt einen möglichen Einstieg auf.

Wieso bleiben die Blätter vieler Pflanzen auch nach starker Verschmutzung sauber? Einfache Experimente zu diesem als „Lotus-Effekt“ bekannten Phänomen (Barthlott et al., 2002) zeigen das didaktische Potential dieser Technologie: der Lotus-Effekt lässt sich eindrücklich am getrockneten Lotusblatt demonstrieren. Die Lernenden suchen auf dem Schulhausareal selber nach weiteren Pflanzen, die wasser- und schmutzabweisende Oberflächen besitzen. Sie versuchen mit einfachen Mitteln, solche Oberflächen herzustellen und untersuchen technische Produkte mit Lotus-Effekt (z.B. Textilgewebe, Fassadenfarbe) auf ihr Selbstreinigungsverhalten. Wie lässt sich eine natürlich gewachsene mikro- resp. nanostrukturierte Lotusblattoberfläche auf eine künstlich hergestellte Oberfläche übertragen? Kann man die Oberflächenstrukturen sichtbar machen? Lässt sich die Natur so einfach kopieren; welche weiteren Naturvorbilder könnten in technische Lösungen umgesetzt werden? Wo liegen die Grenzen dieser

Umsetzbarkeit? Diese und weitere Fragen werden im Unterricht angegangen und von den Lernenden z.T. selbständig beantwortet. Neben dem Experimentieren bilden Informationsbeschaffung (im Internet) und die Aufarbeitung der Erkenntnisse in einer kleinen Präsentation weitere wichtige Arbeitsschritte.

4.2 Das Rasterkraftmikroskop (AFM) im Berufsschulunterricht

Das Rasterkraftmikroskop (Atomic Force Microscope AFM), eine Weiterentwicklung des Rastertunnelmikroskops (Scanning Tunneling Microscope STM), ermöglicht das Sichtbarmachen von Oberflächenstrukturen im Nanometerbereich. Allerdings ist der Begriff *Mikroskop* hier eher irreführend. Eine feine Siliziumspitze befindet sich am Ende eines Silizium-Hebelarms (Federbalken) und rastert – ähnlich wie die Nadel eines Plattenspielers – Linie für Linie der zu untersuchenden Oberfläche ab. Man könnte das AFM also eher als „Blindenstock für die Nanowelt“ bezeichnen.

Das AFM erwies sich im Verlauf der Projektarbeit als wichtiger Schlüssel zum Verständnis der Nanodimension. Die selbständige Arbeit mit dem handlichen und recht einfach zu bedienenden Gerät faszinierte die Berufslernenden.

Auch wenn sich damit nicht Atome sehen lassen (viele Lernende äusserten diesen Wunsch zu Beginn des Unterrichts), so hilft es doch, bisher Verborgenes sichtbar zu machen. Wie sieht eine Oberfläche mit Lotus-Effekt aus? Wie viele Informationseinheiten (Bits) haben auf einer DVD Platz? Kann man die Leiterbahnebenen eines Mikrochips sehen? Sind Zähne an der Oberfläche glatt oder rau? Wie kommt das Farbenspiel eines Opals zustande? Diese und weitere Fragen wurden von den Lernenden gestellt, wobei eigene AFM-Messungen bei der Antwortfindung helfen. Dabei sind die Lernenden auch immer wieder auf Schwierigkeiten gestossen. Nicht alle Ideen liessen sich verwirklichen, und für viele Proben war unser AFM nicht das geeignete Instrument. Bilder liessen sich zwar schnell und in grosser Zahl produzieren. Bilden sie auch wirklich die reelle Situation ab oder sind es auf Berechnungen basierende Konstruktionen? Wie lassen sie sich interpretieren? Genau die Diskussion solcher Fragen stärkt die kritische Reflexionsfähigkeit und führt letztlich zu einem kompetenten Umgang mit Technik.

4.3 Die Grätzel-Solarzelle als Beispiel eines interdisziplinären Unterrichts

Ein letztes Beispiel zeigt einen weiteren praktischen Zugang zum Thema Nanotechnologie auf. Die Natur bedient sich einer äusserst effizienten Art, um Sonnenlicht in für die Organismen nutzbare chemische Energie umzuwandeln, der Fotosynthese. Diesen Vorgang nutzen Nanoforscherinnen und Forscher zur Herstellung von Farbstoffsolarzellen. Solche Solarzellen bilden eine billige und effiziente Alternative zu den klassischen Siliziumsolarzellen. Das Grundprinzip der Farbstoffsolarzelle stammt übrigens aus der Schweiz – Professor Michael Grätzel hat erste Versuche mit diesem Solarzelltypus vor 14 Jahren an der EPF Lausanne durchgeführt. Aus diesem Grund nennt man die Solarzellen auch Grätzel-Zellen. Nanokristallines Titandioxid bildet das Trägermaterial für organische Farbstoffmoleküle, diese Farbstoffmoleküle werden durch das Sonnenlicht zur Abgabe von Elektronen angeregt. Solche Solarzellen lassen sich ohne grossen apparativen und zeitlichen Aufwand im Unterricht herstellen (eine genauere Beschreibung dazu findet sich auf www.nanoforschools.ch). Am Projekt beteiligte Berufsschullehrpersonen haben dazu verschiedene Projektarbeiten durchgeführt. Neben dem Zusammenbau der Grätzel-Solarzellen ermittelten die Lernenden physikalische Daten unter verschiedenen Beleuchtungssituationen, fassten die Messresultate tabellarisch zusammen und stellten sie grafisch dar. Zum Schluss wurde von den Lernenden eine Dokumentation erstellt.

Der interdisziplinäre Charakter des Themas Grätzel-Solarzelle dokumentiert das Mindmap auf der nächsten Seite. Die Lernenden lernen dabei nicht nur das Potential der Nanotechnologie anhand eines aktuellen, konkreten Beispiels kennen, sie sind auch gefordert, bereits bestehendes Wissen (z.B. aus den Bereichen Informatik, Physik, Allgemeinbildung) im richtigen Kontext anzuwenden.

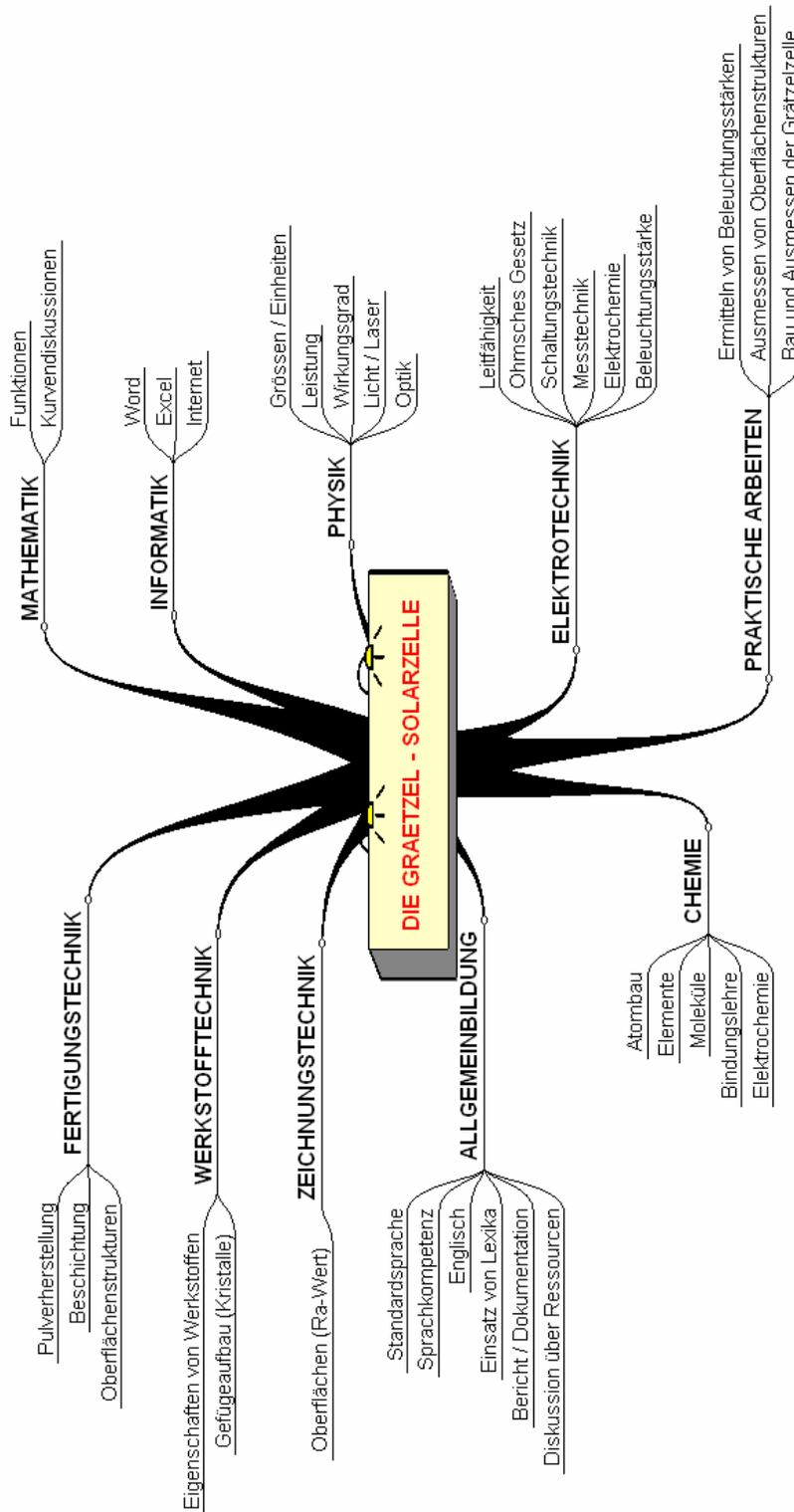


Abbildung 22: Die Grätzel-Solarzelle als fächerübergreifende Thematik (Mindmap von Daniel Rietschin, Berufsbildungsschule Winterthur)

5 Fazit und Ausblick

Marianne Rupf und Martin Vonlanthen

Die durch das Projekt *Nanotechnologie in der Berufsbildung* – NANO-4-SCHOOLS gemachten Erfahrungen zeigen, wie es möglich ist, aktuelle und komplexe Fragestellungen aus dem anspruchsvollen Bereich der Nanotechnologie auf der Stufe Berufsfachschule zu behandeln und dabei auch die Lernenden aktiv am Unterricht zu beteiligen. Was sich im Verlaufe der Projektarbeit auch gezeigt hat, sind Begegnungen mit grundlegenden Fragestellungen, auf die nachfolgend eingegangen wird:

- **Ist es sinnvoll, einen Themenbereich „Technologie-Verständnis“ zu institutionalisieren?** Nanotechnologie erweist sich als ein Unterrichtsthema mit vielseitigem Charakter und manifestiert sich als ein thematischer Aspekt rund um die Verankerung des Themas „Scientific Literacy“ und „Technological Literacy“. Zu überlegen ist, wie das Thema zu einem festen Bestandteil des Fach- und insbesondere des allgemein bildenden Unterrichts werden kann. Dass technologiebezogenen Fächern eine berufsbildnerische Bedeutung zukommt, ist anlässlich des Nano-Projekts mit seinen Resultaten deutlich hervorgetreten. Der Fachunterricht orientiert sich heute bereits an technik- und technologiebezogenen Fragestellungen. Eine Stärkung des Themas scheint im allgemein bildenden Unterricht angebracht, insbesondere eine Fokussierung auf die Diskussion um gesellschaftliche Auswirkungen neuer Technologien. Wünschenswert wäre aus Sicht des Projektteams, eine Verstärkung der Zusammenarbeit zwischen fach- und allgemein bildenden Lehrkräften, z.B. im Rahmen von fächerverbindendem Unterricht.
- **Wie soll nanotechnologisches Wissen vermittelt werden? Welches sind geeignete Nanotechnologie-Themen?** Der Unterricht darf sich nicht auf die Vermittlung von Kenntnissen und Expertenwissen beschränken. Vielmehr sollte eine handlungs- und erkenntnisorientierte, exemplarische Wissensvermittlung stattfinden. Dies gelingt, wenn der Unterricht am bereits vorhandenen Wissen der Lernenden, d.h. an der Alltagswelt anknüpfen kann. Genau das ist aber schwierig, weil viele nanotechnologischen Entwicklungen den Weg aus den Forschungslabors noch nicht gefunden haben und vorerst ohne Anwendungen in den Berufsfeldern, also für die Lernenden ohne Alltagsbezug bleiben. Dies wird sich zweifellos in den nächsten Jahren ändern. Ein Gang durch Fachgeschäfte zeigt schon heute, dass Nanotechnologie vereinzelt in Alltagsprodukten Anwendungen findet. Von funktionalen Textilien über Handy-Farbdisplays bis zu schmutzabweisenden Küchengeräten, immer zahlreicher werden die mit dem Begriff „Nano“ versehenen Produkte, die man in Verkaufsregalen findet. Diese Produkte eignen sich besonders zum Einstieg in das Thema.
- **Wie lässt sich die Nanodimension am besten erschliessen?** Natürlich soll im Verlauf des Unterrichts die Dimension mathematisch erschlossen werden: ein Nanometer gleich ein Milliardstel Meter (10^{-9} Meter). Im Vordergrund sollte aber ein anderer Zugang stehen: sehen heisst begreifen. Dieses einfache Prinzip gilt im besonderen für die Nanodimension. Bilder von Nanostrukturen (z.B. von Oberflächen) helfen, einerseits Phänomene zu verstehen, andererseits zeigen sie die Schönheit der atomaren – molekularen Welt. Die Möglichkeit zur selbständigen Arbeit mit dem AFM-Mikroskop wird von den Lernenden sehr geschätzt, auch wenn die Suche nach geeigneten Proben nicht immer leicht ist, die Aufnahmen viel Zeit benötigen und die Interpretation der Bilder keine leichte Sache ist. Durch diese praktische Arbeit erschliesst sich den Lernenden die Nanodimension einfacher. Im Verlauf der Projektarbeit ist umfangreiches Bildmaterial entstanden, welches auf www.nanoforschools.ch veröffentlicht ist.

- **Welches sind geeignete Unterrichtsgefässe für die Arbeit an (Nano)Technologie-Themen?** Gefässe wie z.B. Projektwochen sind besonders geeignet, um sich vertiefend und frei vom üblichen Lektionenrhythmus, interdisziplinär mit dem Thema Natur – Technik zu beschäftigen. Einzelne Berufsfachschulen haben hier bereits vielversprechende Versuche gestartet und führen regelmässig themenspezifische Projektwochen durch. Diese um den Aspekt „Neue Technologien“ zu erweitern, scheint ein wünschenswertes Anliegen.

Wie geht es weiter?

Wegen der zunehmenden Bedeutung von technologischen Fächern in der Berufsbildung ist folgendes vorzuschlagen:

- a) **Weiterentwicklung der Unterrichtsdurchführung**
Die vorhandenen prototypischen Unterrichtsdurchführungen für Nanotechnologie sind weiterzuentwickeln und den interessierten Berufsfachschulen zur Verfügung zu stellen. Konkret heisst das, dass die während der Projektzeit erarbeiteten Materialien (Präsentationen, Unterrichtseinheiten, Bilddokumentationen usw.) auf der Plattform www.nanoforschools.ch bereitgestellt sind. Auf der Web-Seite wird auch über alle weiteren geplanten Aktivitäten informiert. Weiterhin wird den Schulen auch das AFM-Mikroskop zur Verfügung stehen.
- b) **Lehrplangergänzung und aktuell gehaltene Unterrichtsmodule**
Im Kontext einer möglichen technologieausgerichteten Ergänzung der Lehrpläne der beruflichen Grundbildung sollten die fortentwickelten Unterrichtsprototypen auch zu einem späteren Zeitpunkt als aktuelle Unterrichtsmodule zur Verfügung stehen.
- c) **Aufbau von Fachkenntnissen beim Lehrkörper**
Es ist miteinzubeziehen, dass genügend Fachkenntnis beim Lehrkörper erst aufzubauen ist, damit für eine kompetente Unterrichtsdurchführung insbesondere die Lehrpersonen selbst sich als Kenner des Faches ausweisen können. Die in den letzten beiden Jahren lancierten Weiterbildungsveranstaltungen für Lehrpersonen („Einführung in die Nanotechnologie“, „Das Rasterkraftmikroskop im Berufsschulunterricht“ und „Nanotechnologie im Berufsschulunterricht – Ein Unterrichtsbeispiel“) sollen deshalb weitergeführt und bei Bedarf erweitert werden. Die steigende Zahl von Teilnehmenden zeigt, dass der eingeschlagene Weg in die richtige Richtung weist. Ebenfalls werden die Informationsveranstaltungen in den einzelnen Fachdidaktiken der A- und B-Studiengänge am SIBP weitergeführt. Die Auseinandersetzung mit neuen Technologien soll nach Möglichkeit zum festen Bestandteil der Ausbildung werden.
- d) **Netzwerk festigen**
Das im Verlauf der Projektarbeit entstandene Netzwerk soll gefestigt und ausgeweitet werden. Im Vordergrund steht der Aufbau eines Kompetenznetzwerkes „Neue Technologien“. Das Netzwerk soll für die Berufsbildung Kontakte zu Spezialistinnen und Spezialisten aus Fachhochschulen und Wirtschaft herstellen. In Zusammenarbeit mit IngCH (Engineers shape our future) sollen für Berufsfachschulen zugeschnittene Bausteine für Technologiewochen erarbeitet werden, analog zu den Technologiewochen für Gymnasien und Pädagogische Hochschulen. Solche Bausteine sollen einerseits die gesellschaftliche Bedeutung neuer Technologien beleuchten, andererseits aber auch praktische Informationen zu möglichen weiterführenden Qualifikationen im Bereich neuer Technologien (Fachhochschulstudiengänge, Berufsprofile) liefern. Natürlich gehören auch Betriebsbesichtigungen bei High-Tech Firmen dazu. Die während der Projektarbeit entstandenen Bausteine zur Nanotechnologie sollen in das Angebot integriert werden.

6 Gesamtzusammenfassung

Marianne Rupf

Das gesamtschweizerische Projekt *Nanotechnologie in der Berufsbildung* – NANO-4-SCHOOLS verfolgte die Ziele

- a) die Berufsbildung für die wirtschaftlichen, industriellen, technischen und gesellschaftlichen Entwicklungen im Nanometerbereich zu sensibilisieren.
- b) die Lehrpersonen in der Berufsbildung im Umgang mit neuen Instrumenten der Nanodimension vertraut zu machen.
- c) Unterrichtseinheiten für Nanotechnologie zu erarbeiten.
- d) das Erarbeiten von Know-how zur Förderung des Technologieverständnisses in der Berufsbildung.

Das Projekt mitfinanziert hat TOP NANO 21 (nationales Förderprogramm mit Industriebe teiligung), ein Programm der KTI des Bundesamtes für Berufsbildung und Technologie (BBT). Mitwirkende im Projekt waren das Schweizerische Institut für Berufspädagogik SIBP sowie die Abteilung für das Höhere Lehramt AHL⁹ der Universität Bern.

Die Nanotechnologie wird zuweilen als die wichtigste Technologie dieses angehenden Jahr hundert bezeichnet. Nanotechnologische Innovationen zeigen sich in Pfannen, die nicht mehr verschmutzen, in selbstreinigenden Fensterscheiben und Brillengläsern, in zu behandelnden Zahnoberflächen usw. Mit nanotechnologischen Verfahren gelingt es heute, Atome und Moleküle gezielt als Bausteine für neue technische Lösungen zu nutzen. Stoffe in der Grösse eines Milliardstel Meters (10^{-9} Meter) werden interessant, weil sie neue Eigenschaften zeigen.

Die in diesem Bericht erarbeitete Bilanz des etwas über zwei Jahre dauernden Projekts basiert zum einen auf den Erkenntnissen zum Projektvorgehen. In evaluativen schriftlichen Kommentaren äusserten sich alle Projektmitglieder zu ihnen relevant erscheinenden Sachver halten im allgemeinen Zusammenhang mit dem Projekt NANO-4-SCHOOLS. Zum anderen fundiert die präsentierte Projektbilanz auf den Ergebnissen von 321 befragten Berufslernenden, die einen Unterricht in Nanotechnologie erlebt haben, und damit verbunden, auf den Erkenntnissen der mitwirkenden Lehrpersonen der Pilotschulen.

Nanotechnologie wird von den Berufslernenden als interessantes Thema aufgefasst, welches zu faszinieren vermag. AFM-Messungen, Lotuseffekt oder Grätzelzelle waren beispielsweise Unterrichtsinhalte. Sie waren exemplarisch, handlungs- und erkenntnisorientiert gestaltet, weshalb sie von den Berufslernenden auch gut aufgenommen wurden. Zu erkennen war aber auch die Schwierigkeit, nanotechnologische Inhalte mit der Berufspraxis der Berufslernenden zu verbinden. Ein direkter Bezug zur persönlichen Arbeitspraxis war von den Lernenden selten geäussert worden. Ersichtlich wurde eher, dass es sich um ein Querschnittsthema mit vereinzelter Praxisrelevanz, aber allgemein bildendem Charakter für alle Berufe handelt. Nanotechnologie hat sich als ein Unterrichtsthema erwiesen, welches interessante Möglichkeiten bietet, um für das Niveau von Berufslernenden gestaltet zu werden, und welches durch seinen innovativen Gehalt bei den Berufslernenden auf Interesse stösst.

Ebenfalls hat sich gezeigt, dass zu den nun vorhandenen Unterrichtsmodulen zusätzlich die Lehrer- und Lehrerinnenweiterbildung zu fördern ist. Diesem Anliegen wurde noch während der Projektzeit entsprochen, indem Einführungsseminare für Nanotechnologie interessierten Lehrpersonen angeboten wurden. Dies soll in Zukunft weitergeführt werden. In dieser Form

⁹ ab 1. September 2005: Pädagogische Hochschule Bern

ist Nanotechnologie als eine wählbare Thematik zu verstehen, die Lehrpersonen für Projekt-tage oder ähnliche Gefässe nutzen können.

Anders verhält es sich, wenn der Nanotechnologie lehrplanrelevanter Charakter zugesprochen werden soll. Das Thema wäre besonders geeignet, als Teil der „Scientific Literacy“ und der „Technological Literacy“ interpretiert zu werden. Für die Zukunft würde dies bedeuten, dass die Diskussion um ein Technologie-Verständnis als erweiterter Bereich im Rahmenlehrplan Allgemeinbildung dringend weiter zu führen ist.

Mit dem Projekt *Nanotechnologie in der Berufsbildung* – NANO-4-SCHOOLS sind aufschlussreiche Resultate und wertvolle Erfahrungen geschaffen worden, die dafür sprechen, das Thema Nanotechnologie in einem breiteren Umfeld zu positionieren. Im Zusammenhang mit anderen Projekterkenntnissen von ähnlich gelagerten Themen bietet es der Berufsbildung eine innovative Chance, die nicht übersehen werden sollte.

Literaturverzeichnis

- Barthlott, W., Cerman, Z., & Neinhuis, C. (2002). Der Lotus-Effekt: Selbstreinigende technische Oberflächen nach dem Vorbild der Natur. In A. Beck (Hrsg.), *Faszination Lebenswissenschaften*, (S. 3 – 12). New York: Wiley.
- Boekaerts, M. (2002). The on-line motivation questionnaire: a self-report instrument to assess students' context sensitivity. *New Directions in Measures and Methods*, 12, 77 – 120.
- Coradi, M., Denzler, S., Grossenbacher, S., & Vanhooydonck, S. (2003). Keine Lust auf Mathe, Physik, Technik? *Trendbericht SKBF Nr. 6. Schweizerische Koordinationsstelle für Bildungsforschung (SKBF)*. Aarau: SKBF.
- De Senerclens, M. (2005). Ein Plädoyer für die Zukunft: Technikverständnis als Teil der Allgemeinbildung. *zhwinfo* Nr. 25, Juni 2005, Zürcher Hochschule Winterthur.
- Dubs, R. (2002). Science Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*, (S. 69 – 82). Opladen: Leske und Budrich.
- Eysenck, M.W., & Keane, M.T. (1995). *Cognitive Psychology*. Hillsdale: Erlbaum.
- Fringeli, C. (2003). Weshalb ist die Chemie als Fach so unbeliebt und was kann dagegen unternommen werden? *Selbstständige Vertiefungsarbeit im Rahmen der Ausbildung zur Berufsschullehrperson am SIBP Zollikofen*: SIBP Schweizerisches Institut für Berufspädagogik.
- Gage, N. L., & Berliner, D.C. (1986). *Pädagogische Psychologie*. Weinheim: Beltz.
- Haenger, P., & Vonont A. (2004). Gen und Geist. Wie halten Sie es mit der Gentechnologie? *Horizonte*, März 2004, Schweizerischer Nationalfonds.
- Knopp, K. (2005). Nanotechnologie: Grosse Zukunft für kleine Dinge. *In bulletin spezial*, Credit Suisse, 8-15.
- Schallies, M. (1999). Biotechnologie und Gentechnik – Implikationen für das Bildungswesen. In M. Schallies & K.D. Wachlin (Hrsg.), *Biotechnologie und Gentechnik. Neue Technologien verstehen und beurteilen* (S. 25 – 37). Berlin: Springer.
- Schulz von Thun, F. (2002). *Miteinander reden 1*. Reinbek: rororo.
- Thommen, J.-P. (1996). *Betriebswirtschaftslehre Band I*. Zürich: Versus.

Anhang

Fragebogen



Ihre persönliche Meinung ist uns sehr wichtig.

LehrerIn Klasse

Ort Berufsschule Berufslehre als

In welchem Lehrjahr sind Sie? Datum

⇒ Bitte zutreffendes Feld ankreuzen. Nur ein Kreuz pro Aussage.

Geschlecht männlich weiblich

Unterrichtsbereich Fachunterricht Berufsmaturitätsunterricht

Welches Alter haben Sie? 16 Jahre 17 Jahre 18 Jahre 19 Jahre und mehr

Anzahl Unterrichtsstunden in Nanotechnologie bis 5 6 bis 10 11 und mehr

U n t e r r i c h t

	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	unent- schieden	stimme eher zu	stimme völlig zu
1. Ich konnte den Inhalten gut folgen.	<input type="checkbox"/>				
2. Für mich war klar, was wir in jedem einzelnen Unterrichtsblock lernen.	<input type="checkbox"/>				
3. Ich hatte genügend Gelegenheit, während des Unterrichts mit andern Schülern und Schülerinnen in Kontakt zu treten.	<input type="checkbox"/>				
4. Die Inhalte konnte ich mit meinem Vorwissen verknüpfen.	<input type="checkbox"/>				
5. Das gezeigte Bildmaterial (z.B. Folien, Film) ist ansprechend.	<input type="checkbox"/>				
6. Ich konnte mich genügend einbringen.	<input type="checkbox"/>				
7. Das Wichtige in den jeweiligen Schwerpunkten wurde von der Lehrperson nachvollziehbar herausgearbeitet.	<input type="checkbox"/>				
8. Der Stoff ist anschaulich vermittelt.	<input type="checkbox"/>				
9. Der Bezug zu meiner Arbeitspraxis ist angemessen.	<input type="checkbox"/>				
10. Ich konnte genügend selbst tätig sein.	<input type="checkbox"/>				
11. Die Lehrperson wirkte engagiert.	<input type="checkbox"/>				
12. Die erhaltenen Unterlagen sind verständlich.	<input type="checkbox"/>				
13. Der rote Faden war für mich ersichtlich.	<input type="checkbox"/>				
14. Den Unterricht fand ich abwechslungsreich.	<input type="checkbox"/>				
15. Die praktischen Beispiele sind einleuchtend.	<input type="checkbox"/>				

	stimme gar nicht zu	stimme eher nicht zu	unent- schieden	stimme eher zu	stimme völlig zu
16. Die Zusammenhänge zu andern Fächern sind ersichtlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Der Unterricht war systematisch und strukturiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Der Lernstoff beinhaltet passende Beispiele aus dem Alltag.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Die verwendeten Schemas/Skizzen waren nützlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Die Lehrperson war gut vorbereitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<hr/>					
21. Der Unterricht war an Praxisproblemen ausgerichtet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Was ich bereits in Biologie, Physik oder Chemie wusste, konnte ich jetzt wieder verwenden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Der Unterricht in Nanotechnologie war auf unser Niveau ausgerichtet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Es wurde zwischen Klassenunterricht, Gruppen- und Einzelarbeit gewechselt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Wir hatten genügend Gelegenheit, das zu Lernende zu üben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<hr/>					
26. Der Unterricht war lebensnah.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Der Unterricht ging von real gegebenen Problemen aus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Mit dem Unterricht bin ich zufrieden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Das Messen von Proben mit dem Rasterkraftmikroskop war langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fragen der Lehrperson					
30. ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<hr/>					
Im Unterricht Nanotechnologie hat mir besonders gefallen:	<p>.....</p> <p>.....</p>				
Nicht gut finde ich:	<p>.....</p> <p>.....</p>				



L e r n m o t i v a t i o n							
1. Wie begeistert sind Sie über Nanotechnologie?							
<input type="radio"/>	gar nicht begeistert	<input type="radio"/>	nicht so begeistert	<input type="radio"/>	begeistert	<input type="radio"/>	sehr begeistert
2. Als wie nützlich erachten Sie das Gelernte?							
<input type="radio"/>	gar nicht nützlich	<input type="radio"/>	nicht so nützlich	<input type="radio"/>	nützlich	<input type="radio"/>	sehr nützlich
3. Wie leicht waren die Inhalte zu verstehen?							
<input type="radio"/>	gar nicht leicht	<input type="radio"/>	nicht so leicht	<input type="radio"/>	leicht	<input type="radio"/>	sehr leicht
4. Wie waren Sie in den Lernaktivitäten?							
<input type="radio"/>	gar nicht gut	<input type="radio"/>	nicht so gut	<input type="radio"/>	gut	<input type="radio"/>	sehr gut
5. Wie engagiert zeigten Sie sich für die Lernaktivitäten?							
<input type="radio"/>	gar nicht engagiert	<input type="radio"/>	nicht so engagiert	<input type="radio"/>	engagiert	<input type="radio"/>	sehr engagiert
6. Wie wichtig ist es für Sie, bei den Aufgaben im Nanotechnologie-Unterricht gut zu sein?							
<input type="radio"/>	gar nicht wichtig	<input type="radio"/>	nicht so wichtig	<input type="radio"/>	wichtig	<input type="radio"/>	sehr wichtig
7. Als wie interessant empfinden Sie die erlebten Lernaktivitäten?							
<input type="radio"/>	gar nicht interessant	<input type="radio"/>	nicht so interessant	<input type="radio"/>	interessant	<input type="radio"/>	sehr interessant
8. In Nanotechnologie will ich Leistungen vollbringen, die							
<input type="radio"/>	knapp genügend	<input type="radio"/>	genügend	<input type="radio"/>	gut	<input type="radio"/>	sehr gut sind.
9. Wie interessiert sind Sie, über Nanotechnologie mehr zu lernen?							
<input type="radio"/>	gar nicht interessiert	<input type="radio"/>	nicht so interessiert	<input type="radio"/>	interessiert	<input type="radio"/>	sehr interessiert
10. Wie motivierend waren für Sie die Lernaktivitäten?							
<input type="radio"/>	gar nicht motivierend	<input type="radio"/>	nicht so motivierend	<input type="radio"/>	motivierend	<input type="radio"/>	sehr motivierend
Wie fühlen Sie sich in der Unterrichtseinheit Nanotechnologie?							
nicht wohl	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	wohl		
nicht entspannt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	entspannt		
gestresst	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	nicht gestresst		
gelangweilt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	nicht gelangweilt		
nicht sicher	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sicher		

Erinnerungsleistung

1. Unterrichtsstunden in Nanotechnologie: Welche Inhalte können Sie aufzählen?

1. Warum?
2. Warum?
3. Warum?
4. Warum?
5. Warum?

	nein	eher nein	eher ja	ja
2. Ich kann einem Kollegen bzw. einer Kollegin einen anschaulichen Grössenvergleich nennen, um einen Nanometer zu erklären.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Meinen Freunden kann ich Alltagsbeispiele aufzählen, die durch nanotechnologische Gegebenheiten bestimmt sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Mir sind heute Gefahren bekannt, die mit Nanotechnologie zu tun haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ich bin in der Lage, 3D-Messbilder eines Rasterkraftmikroskops zu interpretieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Meinem Lehrmeister kann ich die Funktionsweise eines Rasterkraftmikroskops erklären.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Welche allgemeinen Bemerkungen haben Sie zur Unterrichtseinheit Nanotechnologie?

.....

.....

Vielen herzlichen Dank für Ihr Mitmachen.

Projekt NANO-4-SCHOOLS, Marianne Rupf

SIBP Schriftenreihe / Cahiers de l'ISPPF / Quaderni ISPPF

- Nr. 1 Didaktikkurs I und II. Rahmenlehrplan für die deutschsprachige Schweiz, Zollikofen 1996 (vergriffen) / Neuauflage der Schriftenreihe Nr. 1, Zollikofen 2002
- Nr. 2d Zukünftiger Status des Instituts. Bericht der Arbeitsgruppe, Zollikofen 1996 (vergriffen)
- No. 2f Le statut futur de l'Institut. Rapport du groupe de travail, Zollikofen 1996 (épuisé)
- Nr. 3 Ausbildung in den Berufen der Haustechnik. Studie im Auftrag der Eidg. Berufsbildungskommission, Zollikofen 1996 (vergriffen)
- No. 4i La formazione commerciale duale: proposte di riforma, Zollikofen 1996
- Nr. 5 25 Jahre SIBP 1972 – 1997, Festschrift zum 25jährigen Bestehen des Schweizerischen Instituts für Berufspädagogik, Zollikofen 1997
- Nr. 6 Evaluationsbericht über die Ausbildung von Lehrkräften für den praktischen Unterricht, Zollikofen 1997
- Nr. 7 Umsetzung des Rahmenlehrplanes für den allgemeinbildenden Unterricht an den Berufsschulen, Zollikofen 1997 (vergriffen)
- Nr. 8 Sondermassnahmen für die berufliche Weiterbildung (1990 – 1996), Zollikofen 1997
- Nr. 9 Lernen in einer neuen Kultur und Sprache, Zollikofen 1998
- Nr. 10 Choreografien unterrichtlichen Lernens als Konzeptionsansatz für eine Berufsfelddidaktik, Zollikofen 2000
- Nr. 11 Berufspraktische Bildung – Dokumentation zur Impulstagung vom 12. Mai 2000, Zollikofen 2000
- Nr. 12 Integration oder Re-Integration – Dokumentation zur Tagung vom 8./9. Dezember 2000, Zollikofen 2001
- Nr. 13d Virtuelle Welten, Zollikofen 2001
- Nr. 13f Mondes Virtuels, Zollikofen 2001
- Nr. 14 Vereinbarkeit von Beruf und Familie – Dokumentation zu einem etwas andern SIBP-Kurs, Zollikofen 2001
- Nr. 15 Entwicklung und Evaluation von zwei Langzeit-Lehrgängen, Zollikofen 2002
- Nr. 16 Die Evaluation des DELV-Programmes bei Schülerinnen und Schülern in der beruflichen Ausbildung, Zollikofen 2002
- Nr. 17 Berufsbildung USA, Zollikofen 2002
- Nr. 18 Barriere Sprachkompetenz, Zollikofen 2002
- Nr. 19 Die Festlegung von Standards für die Ausbildung von allgemeinbildenden Lehrpersonen an Berufsschulen, Zollikofen 2003
- Nr. 20 Gendergerecht unterrichten an Berufsschulen, Zollikofen 2003
- Nr. 21 Lernbegleitung – Lernberatung – Coaching, Zollikofen 2003
- Nr. 22 Interkulturelle Kompetenzen für Auszubildende, Zollikofen 2003
- Nr. 23 Von der Anlehre zur zweijährigen beruflichen Grundbildung mit Attest, Zollikofen 2003
- Nr. 24 Erfahrungen mit E-Learning in der Berufsbildung: Das Projekt ICT.SIBP-ISPPF, Zollikofen 2004
- Nr. 25 Evaluation der dreijährigen Berufslehre „Hauswirtschafterin/Hauswirtschafter“, Zollikofen 2004 / Evaluation de l'apprentissage en trois ans de „gestionnaire en économie familiale“, Zollikofen 2004
- Nr. 26 Evaluation des Projekts „Von der Anlehre zur beruflichen Grundbildung mit Attest 2001-2004“, Zollikofen 2004
- Nr. 27 Beratung an Berufsfachschulen – Ausbildungskonzept und Praxis, Zollikofen 2005
- Nr. 28 Fächerübergreifender Unterricht in der Berufsbildung, Zollikofen 2005
- Nr. 29 ICT.SIBP-ISPPF – Un progetto d'innovazione – Un projet d'innovation

wird fortgesetzt / à suivre / seguirà

In Zusammenarbeit mit WBZ-CPS

(Schweizerische Zentralstelle für die Weiterbildung von Mittelschullehrpersonen)

- Kriterienkatalog Geschlechtergleichstellung in Unterrichtsgestaltung u. Schulentwicklung, Zollikofen/Luzern, 2000 (überarbeitete Auflage)

Auch als Online-Version zum Herunterladen auf: www.wbz-cps.ch/deutsch/forschung/folgeseiten/publikat.html

Bestellungen nehmen wir gerne SCHRIFTLICH (per Post oder Fax) oder online über unsere Homepage www.sibp.ch/index1.htm (F+E → Publikationen) bzw. e-mail: mediothek.sibp@bbt.admin.ch entgegen.

Besten Dank!



BESTELLTALON

Bitte senden Sie uns (gratis) an folgende Adresse:

Institution

Name/Vorname

Strasse

PLZ/Ort

Telefon und E-mail: (für allfällige Rückfragen, danke)

..... Ex. WBZ/SIBP **Kriterienkatalog** Geschlechtergleichstellung in Unterrichtsgestaltung und Schulentwicklung

..... Ex. der SIBP-Schriftenreihe Nummer

Talon bitte einsenden oder faxen an: SIBP, Postfach 637, 3052 Zollikofen / Fax: 031 323 77 77