

Fördervorhaben 16SV1846

„Ausbildungsnetwork zur Förderung der Mikrosystemtechnik in
Niedersachsen **mst**bildung“

Abschlussbericht
über den Projektzeitraum 01.12.2002 bis 31.12.2005

Antragsteller

Universität Hannover
Institut für Mikrotechnologie
Prof. Dr.-Ing. Hans-Heinrich Gatzert
Schönebecker Allee 2
30823 Garbsen

Garbsen, Januar 2006

Inhaltsverzeichnis

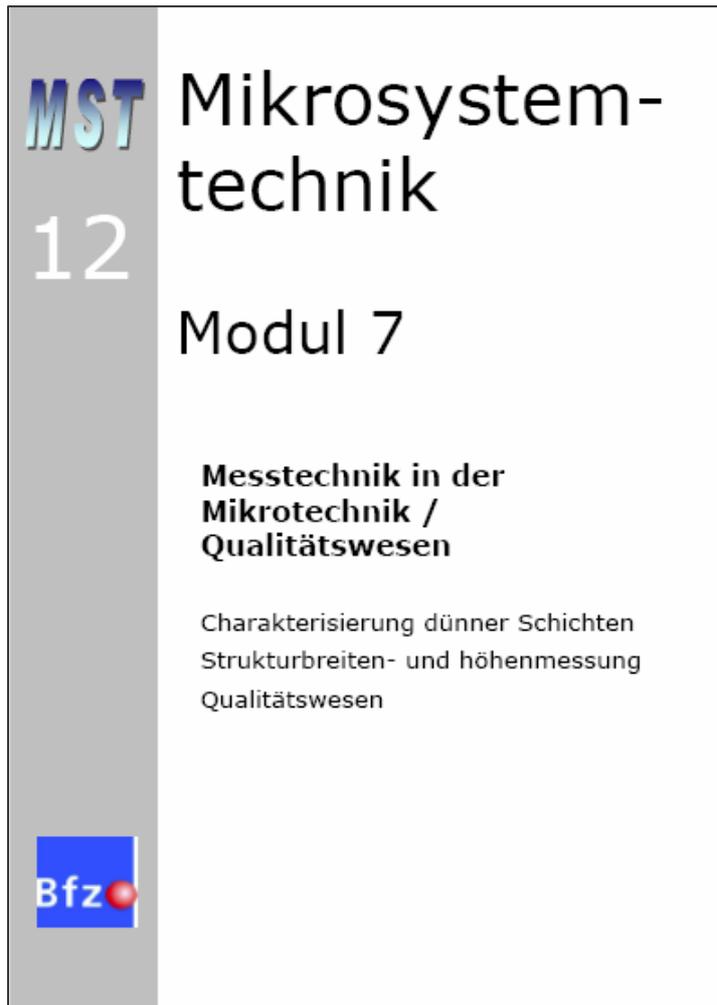
1. Überregionale Themenfeldkoordination „Lehr-/Lernmaterialien“	1
1.1 Workshops	2
1.2 Vorhaben	3
1.3 Eingabemaske der Datenbank.....	4
1.4 Beispiel für den Suchbegriff „Sensoren“	4
1.5 Erfassungsbogen Lehr-/Lernmaterialien der Mikrosystemtechnik	5
1.6 Ausblick	6
2. Good Practice-Beispiele	7
2.1 Expertenpool.....	7
2.2 Internetbasierte Lehr- und Lerneinheiten	9
3. Bericht des Ausbildungsnetzwerks	12
3.1 Ausgangsposition: Region, Partner, Zielvorstellungen.....	12
3.2 Inhaltliche Arbeitsschwerpunkte	13
3.3 Erzielte Ergebnisse	15
3.4 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	19
4. Ausblick für 2006-2007 (und darüber hinaus).....	20
4.1 Fortsetzung der laufenden Projekte	20
4.2 Neue Projekte	22

1. Überregionale Themenfeldkoordination „Lehr-/Lernmaterialien“

Mit Ablauf des Jahres 2004 endete die zweijährige überregionale Koordinationstätigkeit des VDI/VDE Innovation und Technik GmbH für die sechs bundesweit geförderten Aus- und Weiterbildungsnetzwerke (AWNETH) in der Mikrosystemtechnik (MST) und wurde an die Netzwerke selbst übergeben. Während der ersten zwei Jahre der Netzwerkarbeit wurden die Arbeitsschwerpunkte der einzelnen Netzwerke konkretisiert und Kommunikationswege untereinander hergestellt. Bei einer Vielzahl von Aufgaben konnte eine inhaltliche Schnittmenge identifiziert werden. An die Stelle der den Netzwerken übergeordneten Koordination des VDI/VDE Innovation und Technik GmbH trat mit Beginn des Jahres 2005 eine nach Themenfeldern unterteilte Koordination. Diese Themenfelder werden von den sechs Netzwerken gemeinsam bearbeitet. Zu Beginn der geänderten Koordination wurden auf einer gemeinsamen Sitzung die fünf Themenfelder „Strategie“, „Gewerbliche Ausbildung von Mikrotechnologen / Mikrotechnologinnen“, „Nachwuchsaktivitäten“, „Weiterbildung“ und „Lehr-/Lernmaterialien“ definiert. Die Federführung der einzelnen Themenfelder obliegt dabei jeweils dem Netzwerk, das die dazu erforderlichen spezifischen Kompetenzen aufweist. Für das Themenfeld Lehr- und Lernmaterialien übernahmen das Essener Netzwerk learn-mst und das niedersächsische Netzwerk **mstbildung** gemeinsam die Koordination. Im Folgenden werden die bisherigen Tätigkeiten vorgestellt und ein Ausblick auf die künftigen Aktivitäten gegeben. Das Netzwerk **mstbildung** besitzt langjährige Erfahrungen im Bereich akademischer sowie gewerblicher Ausbildung war regelmäßig bei den jeweils im Oktober stattfindenden Forumstagen zur Hochschulausbildung in der MST und der Ausbildung von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen vertreten. Neben der Präsentation der Aus- und Weiterbildungsaktivitäten im eigenen Netzwerk wurde die Gelegenheit zum Austausch mit anderen Netzwerken und Fachleuten genutzt.

Das Netzwerk learn-mst konzentriert sich auf die Umschulung von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen in der Fachrichtung Mikrosystemtechnik. Das Umschulungskonzept basiert auf dem Trainee-Konzept mit einem hohen Anteil selbstgesteuerter Lernphasen insbesondere in der langen betrieblichen Trainee-Phase. Schwerpunkt des Projektes ist die Entwicklung entsprechender Selbstlernmaterialien für die Umschulung/Ausbildung. Diese Selbstlernmaterialien liegen z. Zt. in Form von 9 Modulen mit insgesamt 17 Lerneinheiten vor. Der einzelne Lehrbrief besteht aus dem reinen Informationsteil mit entsprechenden Übungsaufgaben und einem Vertiefungsteil. Für die Grundlagen von Physik, Chemie und Elektrotechnik sind noch entsprechende Lerneinheiten in der Entwicklung bzw. Testphase.

Deckblattansicht eines Lehrbriefes.



1.1 Workshops

Bereits im März 2004 wurde in Zusammenarbeit des Instituts für Mikrotechnologie, dem Forschungszentrum L3S und dem Zentrum für Didaktik der Technik der Universität Hannover ein Workshop zum Thema „Innovative Lehr- und Lernmaterialien“ organisiert durchgeführt. Dazu kamen Vertreter der bundesweit geförderten Netzwerke im deutschen Pavillon auf der Expo-Plaza zusammen, berichteten über eigene Aktivitäten im Bereich Lehr- und Lernmaterialien und diskutierten den möglichen Austausch bzw. die gemeinsame Nutzung auch unter rechtlichen Aspekten. Weitere Themen des Workshops waren der technische Support sowie die didaktische Gestaltung der Materialien.

Im Februar 2005 fand in Essen ein zweiter Workshop statt, der sich mit Qualitätsaspekten innovativer Lehr-/Lernmaterialien befasste. Zentrale Themen dieses Workshops waren Standards, Teletutor/-tutorin und das Referenzmodell DIN PAS 1032-1.

1.2 Vorhaben

Die Entwicklung und Erprobung innovativer Lehr- und Lernmaterialien für die Aus- und Weiterbildung im Bereich der MST ist eines von fünf zentralen Themen der Aus- und Weiterbildungsnetzwerke. Innerhalb dieses Themenfeldes sollen Aktivitäten und Erfahrungen der einzelnen Netzwerke bei der Entwicklung bzw. dem Einsatz von Lehr- und Lernmaterialien in der Aus- und Weiterbildung in der MST diskutiert, erfasst und koordiniert werden.

Folgende Arbeitspakete wurden für das Themenfeld Lehr-/Lernmaterialien definiert:

- Erstellung eines Kriterienkatalogs von den Themenfeldkoordinatoren learn-mst und **mstbildung** und gemeinsame Abstimmung mit den anderen Netzwerken
- Erhebung der in allen Netzwerken vorhandenen und genutzten Lehr- und Lernmaterialien mit Hilfe des Kriterienkatalogs
- Ausschreibung für die Programmierung der Datenbank (als Unterauftrag)
- Erstellung eines Faltblatts

Die Aufgabe der Koordination konzentrierte sich für das Jahr 2005 auf eine systematische Erfassung und Analyse der in den Netzwerken eingesetzten Lehr- und Lernmaterialien. Das Ergebnis soll Form einer öffentlich zugänglichen Datenbank allen Interessierten für die Recherche zur Verfügung gestellt werden.

Derzeit erfolgt die Programmierung der Datenbank. [Die Durchführung erfolgt durch das Regionale Rechenzentrum für Niedersachsen \(RRZN\) im Rahmen eines Unterauftrags.](#) Das RRZN unterstützt die Universität Hannover bei der Erfüllung ihrer Aufgaben durch Bereitstellung einer leistungsfähigen Infrastruktur für Informations- und Verarbeitungsdienste in Forschung, Lehre und Verwaltung. Als Software für die Programmierung wurde die TYPO3 ausgewählt. TYPO3 ist ein vom RRZN entwickeltes leistungsfähiges Content Management System (CMS) für anspruchsvolle Web-Auftritte und findet zunehmend Verbreitung im Hochschulbereich. Die Nutzung dieser Open-Source-Software ist kostenlos und der Quellcode frei verfügbar.

TYPO3 bietet alle Merkmale eines modernen CMS wie:

- Trennung von Inhalt und Layout
- detaillierte Verwaltung der Benutzerrechte
- Administration und Bearbeitung über Web-Browser
- Datenbankintegration
- automatische Erstellung von Navigationsleisten, Sitemaps und Menüs
- integrierte Suchfunktionen
- erweiterbar um Foren, Veranstaltungskalender, Newsletter, Projektdokumentationen usw.

1.3 Eingabemaske der Datenbank



Aus- und Weiterbildungsnetzwerke



Datenbank Lernmaterialien	Datenbank Lehr- und Lernmaterialien Suchbegriff (leeres Suchfeld liefert alle Einträge) <input type="text" value=""/> <input type="button" value="Suche"/> Suche verfeinern <input checked="" type="radio"/> keine <input type="radio"/> Autor <input type="radio"/> Titel <input type="radio"/> Verlag Sortierung nach <input checked="" type="radio"/> Autor <input type="radio"/> Titel <input type="radio"/> Verlag <input type="radio"/> Jahr Typ <input type="text" value="netzbasierendes Lehr-/Lernarrangement"/> Neueintrag/Aktualisierung <input type="text" value=""/>
	Ihre Auswahl ergab 9 Treffer 1-6 7-9 >> BiBB Verordnung Mikrotechnologie 1998 netzbasierendes Lehr-/Lernarrangement gewerblich, interessiert, Berufsschule Robin Sandvoß sandvoss@l3s.de Lernziele: Berufsverordnung Techn. Voraussetzungen: Web-Browser, Zugang zur Lernplattform ILIAS des L3S

1.4 Beispiel für den Suchbegriff „Sensoren“



Aus- und Weiterbildungsnetzwerke



Datenbank Lernmaterialien	Datenbank Lehr- und Lernmaterialien Suchbegriff (leeres Suchfeld liefert alle Einträge) <input type="text" value="Sensoren"/> <input type="button" value="Suche"/> Suche verfeinern <input checked="" type="radio"/> keine <input type="radio"/> Autor <input type="radio"/> Titel <input type="radio"/> Verlag Sortierung nach <input checked="" type="radio"/> Autor <input type="radio"/> Titel <input type="radio"/> Verlag <input type="radio"/> Jahr Typ <input type="text" value=""/> Neueintrag/Aktualisierung <input type="text" value=""/>
	Ihre Auswahl ergab 3 Treffer 1-3 L3S/ZDT Uni Hannover Mikrosysteme 2004 netzbasierendes Lehr-/Lernarrangement gewerblich, Berufsschule Robin Sandvoß sandvoss@l3s.de Lernziele: Grundlagen zu Mikrosystemen Schwerpunkte: Mikrosysteme, Sensoren, Messungen Hinweise: Verknüpft mit praktischem Einsatz des efm-Kits Techn. Voraussetzungen: Web-Browser, Zugang zur Lernplattform ILIAS des L3S L3S/ZDT Uni Hannover Drucksensoren 2005 netzbasierendes Lehr-/Lernarrangement

1.5 Erfassungsbogen Lehr-/Lernmaterialien der Mikrosystemtechnik

Funktion	
Literaturtyp / Informationstyp (z.B. <i>Buch, Handlungsanweisung, Apparatur, e-learning-Sequenz....</i>)	Buch
Titel	Mikrosystemtechnik
Autor / Hrsg.	U. Mescheder
Sprache	Deutsch
Erscheinungsjahr / Stand (x. <i>Auflage, überarbeitet...</i>)	2000
ISBN	3-519-06256-9
Verlag / Bezugsquelle (<i>Name / Adresse</i>)	B.G. Teubner Stuttgart
Preis	
Zielgruppe (<i>gewerblich, akademisch, interessiert; Lernvoraussetzungen</i>)	akademisch
Lernziele (<i>Grob- / Feinlernziele</i>)	
Inhaltliche Schwerpunkte (<i>Stichworte, Gliederung</i>)	Konzepte und Anwendungen
Technische Voraussetzungen (<i>Betriebssystem, Hardware-Ressourcen</i>)	
Erfahrungen / didaktische Hinweise (<i>Bearbeitungszeitraum, Eignung zum Selbstlernen, inkl. Übungsaufgaben ..., bei e-learning-Einheiten: tutorielle Begleitung, Lernkontrollen, Präsenzphasen..</i>)	
Ansprechpartner(in) für weitere Informationen (<i>Name, E-Mail, Telefon-Nr.</i>)	Robin Sandvoß sandvoss@l3s.de

1.6 Ausblick

Aufbauend [auf den während es Jahres 2005 erzielten Ergebnissen](#) ist geplant, ab 2006 folgende Arbeitspakete (AP) zu realisieren:

AP1: Systematischer Ausbau der Datenbank

- Integration der Datenbank auf die Plattform des VDI/VDE Innovation und Technik GmbH
- Testphase zur Erprobung und Optimierung der Funktionalitäten der Datenbank im Hinblick auf ihre „Nutzerfreundlichkeit“
- Konzeptentwicklung zur kontinuierlichen Aktualisierung
- fortlaufende Erfassung weiterer Lehr- und Lernmaterialien

AP2: GAP-Analysen

- Entwicklung eines gemeinsamen Kriterienkatalogs für die Analysen (z.B. methodisch-didaktisches Konzept der Materialien, berufsfeldübergreifende Materialien...)
- Durchführung und Dokumentation der Analysen
- Ableitung von Empfehlungen für die Neu- bzw. Weiterentwicklung von Materialien

AP3: Trends

- Diskussion aktueller Trends in der MST und ihres Einflusses auf die Aus- und Weiterbildung
- Konzeptentwicklung für eine zeitnahe Entwicklung von Lehr- und Lernmaterialien zu aktuellen Themenstellungen (z.B. in Kooperation verschiedener Partner)

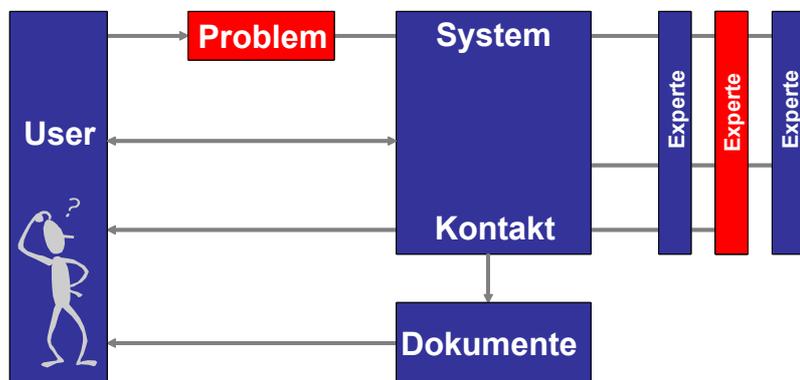
AP4: Außendarstellung

Eine netzwerkübergreifende gemeinsame Darstellung (über Internet, Poster, Flyer, Vorträge, Dokumentationen usw.) der in den Netzwerken erstellten Lehr- und Lernmaterialien und der Aktivitäten in diesem Themenfeld ist [vorgesehen](#).

2. Good Practice-Beispiele

2.1 Expertenpool

Innerhalb des niedersächsischen Netzwerks **mstbildung** hat uni transfer, die Forschungs- und Technologiekontaktstelle der Universität Hannover, die Aufgabe des Wissens-(Technologie-)transfers in Form der Entwicklung eines internet-gestützten Expertenpools übernommen. Mit Hilfe dieses Expertenpools soll ein Fragesteller, der im Bereich Mikrosystemtechnik (MST) eine bestimmte fachliche Problemlösung benötigt, direkt zu einem oder auch mehreren passenden Experten geleitet werden. Ein angesprochener Experte entscheidet, ob er Kontakt mit dem Fragesteller aufnehmen und in welchem Umfang und zu welchen Konditionen er sein Wissen weitergeben möchte. Auf diese Weise wird der direkte, persönliche Kontakt zwischen einer fragenden Person und einem oder mehreren Spezialisten hergestellt. Eine Nutzerverwaltung soll den seriösen Umgang mit dem Werkzeug und die wissenschaftliche Qualität sichern. In der Abbildung ist das Konzept des Expertenpools grafisch veranschaulicht.



Konzept des Expertenpools

Um die technische Lösung kostengünstig verwirklichen zu können, orientierte sich uni transfer an bereits existierenden internetbasierten Systemen. Durch die Mitwirkung als Experten in bereits bestehenden Pools - wie z.B. bei „Wer weiß was?“ zur Lösung von Software-Problemen - bestand bereits Erfahrung mit der Effektivität und Nutzung solcher Systeme. Darauf aufbauend wurden Kriterien für den Expertenpool für das Fachgebiet der MST erarbeitet, der demzufolge folgende Anforderungen erfüllen soll:

- direkte Kontaktherstellung zwischen Fragestellern und Experten
- Fragestellung in Form einer Freitextmail ohne Fixierung auf spezielle Suchbegriffe
- einfache Bedienung für Fragesteller und Experten
- Unterscheidung von registrierten und nicht registrierten Nutzern (Auswirkung: unterschiedliche Informationstiefe)
- Hinweise auf Publikationen zur angefragten Thematik und wo sie erhältlich sind
- Informationen / Hinweise zu Daten, die anderswo zur Verfügung stehen
- Struktur des Expertenpools: modular aufgebautes System, das eine flexible Anpassung an sich verändernde oder erweiternde Ansprüche ermöglicht

Eine technische Lösung, die diese speziellen Anforderungen erfüllt, stand zum Zeitpunkt des Projektbeginns kommerziell noch nicht zur Verfügung. Es konnte lediglich auf einige technische Grundmodule zurückgegriffen werden, die aber entsprechend erweitert und angepasst werden mussten. Das System sollte zukünftig erweiterbar sein, d.h. weitere Hauptthemen und Schlüsselwörter sollen ohne Probleme eingefügt werden können. Durch Recherchen in Medien wie diversen Ausbildungsinformationen, Hinweisen des MST-Newsletters oder Fachpublikationen zur Mikrotechnologie wurden weitere Inhalte und Schlüsselwörter ermittelt.

Der Expertenpool ist mit Ablauf der ersten Förderphase technisch realisiert und online verfügbar. Zugang besteht über die Leitseite des Projektes <http://www.mst-bildung.de> sowie direkt über die Adresse <http://www.mst-experte.de>. Eine Anpassung der Seiten des Expertenpools an das Layout der Netzwerkhomepage von **mst**bildung führt zu einem „Wiedererkennungseffekt“. Bei Aufruf des Pools wird zwischen Gästen und registrierten Nutzern unterschieden. Foren zum Erfahrungsaustausch stehen zur Verfügung (für Gäste: nur Leserecht; für registrierte Nutzer: aktive Beiträge möglich), und Anfragen per Stichwort und Assoziationen sind möglich. Bei der Suchanfrage erfolgen Hinweise zu vorhandenen Dokumenten mit der Option zur Einsicht in eine kurze Inhaltsangabe, die als pdf-Files heruntergeladen werden können. Parallel zum Verweis auf die im Pool katalogisierten Dokumente werden Kontaktdaten zu einem oder mehreren Experten, die zur Beantwortung der Frage vom System ausgewählt werden, einschließlich Kurzprofil gegeben. Der Experte erhält dann eine E-Mail mit der Anfrage in seiner persönlichen To-do-Liste. Das System speichert die Anfragen und Antworten zur späteren Auswertung. Auf diese Liste bereits gegebener Antworten kann später zugegriffen werden, um Redundanzen zu vermeiden.

Der Expertenpool bietet somit folgende Funktionalitäten:

- Einloggen als „Gast“ (ohne Registrierung, nur Recherche nach statischen Dokumenten, kein Hinweis auf und keine Vermittlung zu Experten)
- Einloggen als registrierter Nutzer: Zugang zu Experten
- Assoziationen zu Schlüsselwörtern, die es erlauben, Fragen als Freitext zu formulieren, ohne an bestimmte Suchbegriffe gebunden zu sein
- Archiv mit verfügbaren statischen Dokumenten zur Beantwortung von häufig wiederkehrenden Fragen; Dokumente als kurze Zusammenfassungen und pdf-Files vorhanden
- Stellen einer Freitext- oder Stichwortanfrage zur Erstinformation; liefert Hinweise auf passende Archivdokumente und mögliche Experten
- Angabe der passenden Experten mit Kurzprofil und Angabe des Kompetenzgrades (laut Selbstauskunft des Experten)
- Auswahl eines oder mehrer Experten und Möglichkeit der Präzisierung durch Mailanfrage
- automatische E-Mail-Benachrichtigung des ausgewählten Experten, dass eine Anfrage in seiner To-do-Liste eingegangen ist
- Expertenantwort per E-Mail an den Fragesteller

- automatische Speicherung der Fragen / Antworten zur späteren Auswertung

Weitere Module des Expertenpools:

- Vergabe unterschiedlicher Rechte für registrierte und nicht registrierte Nutzer, Experten, Fragesteller und Administrator (Nutzerverwaltung sichert Seriosität der Inhalte)
- Diskussionsforen zum Erfahrungsaustausch; u.a. Hilfe zum Expertenpool
- weitere thematische Kataloge
- Links zu Projektpartnern bzw. anderen MST-Netzwerken
- aktuelle Informationen zum Expertenpool
- Projektträger und Impressum

Der Expertenpool stellt in seiner fertigen Form ein schnelles Medium zur Beantwortung fachlicher Fragen dar. Er ergänzt damit das bisherige Aus- und Weiterbildungsangebot und wird vor allem mittelfristig an Bedeutung gewinnen, wenn die Anzahl der Ausbildungsbetriebe wächst.

2.2 Internetbasierte Lehr- und Lerneinheiten

Innerhalb des Projektes, welches das Forschungszentrum L3S und das Zentrum für Didaktik der Technik (ZDT) der Universität Hannover gemeinsam durchgeführten, werden in Kooperation mit den Berufsbildenden Schulen Neustadt am Rübenberge sowie mit den Unternehmen und Instituten, die an diesem Modellvorhaben beteiligt sind, netzbasierte geschäftsprozessorientierte Lehr-/Lernarrangements gestaltet und erprobt. Die Lehr-/Lernarrangements enthalten für den Ausbildungsberuf des Mikrotechnologen / der Mikrotechnologin typische Aufgaben- und Problemstellungen. Die Arrangements dienen den Auszubildenden dazu, ihr deklaratives und prozedurales Wissen zu erweitern. Die Erweiterung des Wissens erfolgt mit Unterstützung der von der Universität Köln entwickelten Lehr-/Lernplattform ILIAS (Integriertes Lern-, Informations- und Arbeitskooperations-System).

Diese Lehr-/Lernplattform stellt eine einheitliche Umgebung für das internetbasierte Lehren und Lernen bereit und wird vom Forschungszentrum L3S betrieben. Gemeinsam mit dem ZDT werden Unterrichts-



Innovative Lernumgebung auf der internetbasierten Lehr-/Lernplattform ILIAS

materialien und Informationen zur Mikrosystemtechnik erarbeitet und den Lehrkräften, Ausbildern und Auszubildenden der beteiligten Netzwerkpartner zur Verfügung gestellt. Die Abbildung zeigt exemplarisch die Lernumgebung auf der Plattform ILIAS.

Die am Geschäftsprozess orientierten Lehr- und Lernarrangements werden vom L3S, ZDT und von Studierenden im Studiengang Lehramt an berufsbildenden Schulen (BBS) erstellt und an den Lernorten erprobt. Die Studierenden sind an der Projektierung im Rahmen ihres Studiums beteiligt, in die sowohl Ausbilder in den ausbildenden Betrieben und Instituten als auch die Lehrkräfte der BBS eingebunden sind. Auf diese Weise ergibt sich für die Studierenden eine fachlich-technologische und eine methodische Qualifizierung "near-the-job".

2.2.1 Lehr-/Lernarrangement „Fotolithografischer Prozess“

Dieses berufspraktische Lehr-/Lernarrangement wurde von zwei Studenten des Studienganges Lehramt an berufsbildenden Schulen erprobt. Es umfasst für Auszubildende des Berufes Mikrotechnologe / Mikrotechnologin die ausbildungsspezifische Aufgabe, im Rahmen eines fotolithografischen Prozesses ein Siliziumsubstrat im Reinraum eines betrieblichen Ausbildungspartners zu reinigen, Fotolack aufzubringen und das Ergebnis zu kontrollieren.

Die für die Arbeitsplanung notwendigen Kenntnisse konnten die Auszubildenden mit Hilfe der vom L3S entwickelten Lerneinheit erwerben, die auf der Lehr-/Lernplattform ILIAS abgelegt ist. Diese Einheit enthält sowohl allgemeine physikalische als auch anlagenspezifische Informationen multimedialer Art, die für die Durchführung des Arbeitsauftrages relevant sind. Das berufspraktische Lehr-/Lernarrangement ist so gestaltet, dass die Schüler in der Berufsschule eine Einweisung in die Nutzung der Lehr-/Lernplattform sowie die Arbeitsaufgabe selbst erhielten. In ihren Ausbildungsbetrieben konnten die Auszubildenden die für die Ausführung der Aufgabe notwendigen Kenntnisse erwerben und den Arbeitsplan erstellen. Dazu benutzten sie die auf ILIAS in einem virtuellen Klassenzimmer abgelegten Lerneinheiten. Zur Kommunikation untereinander verwendeten die Auszubildenden die Funktionen Chat und E-Mail. Die Auszubildenden führten die Arbeitsaufgabe im Reinraum des Instituts für Mikrotechnologie der Universität Hannover aus und kontrollierten das Arbeitsergebnis. Abschließend reflektierten sie in der Berufsschule den Prozess der Problemlösung und erörterten Möglichkeiten der Verbesserung. Mit Hilfe der Lehr-/Lernplattform gelang es allen Auszubildenden, den gestellten Arbeitsauftrag erfolgreich umzusetzen.

2.2.2 Lehr-/Lernarrangement „Grundlagen der geometrischen Optik“

Als Vorbereitung zu einem Lehrgang am Laser Zentrum Hannover e.V. wurde eine Lerneinheit zu den Grundlagen der geometrischen Optik erarbeitet und erprobt. In diesem Lehr-/Lernarrangement wurden alle wesentlichen Elemente der Optik behandelt, die für ihr grundlegendes Verständnis und eine weiterführende Auseinandersetzung mit der Laseroptik notwendig sind. Alle Materialien sind auf ILIAS verfügbar und wurden von den Auszubildenden in Eigenarbeitsphasen selbstständig erarbeitet.

Nach Absprache mit dem Laser Zentrum wurden auch hier wiederum praktische Bezüge zu konkreten Tätigkeiten gegeben, indem exemplarisch [der](#) Umgang mit und

die Funktionsweise von optischen Komponenten und Aufbauten ausführlich mit Hilfe von Videosequenzen und Animationen erläutert wurden. Durch die Erarbeitung der Informationen über die Plattform waren die Auszubildenden in der Lage, ihre Kenntnisse im [sich anschließenden Lehrgang zu diesem Lernarrangement](#) zu erweitern und praktisch umzusetzen.

2.2.3 Lehr-/Lernarrangement „Drucksensoren“

Ein weiteres Lehr-/Lernarrangement wurde im Rahmen eines fachdidaktischen Projektes innerhalb des Studienganges Lehramt an berufsbildenden Schulen in Kooperation mit den BBS Neustadt a. Rbge. erarbeitet, erprobt und evaluiert. Die Auszubildenden sollten eine praxisrelevante Problemstellung zum Thema Drucksensoren lösen. Dazu sind Kenntnisse über Aufbau, Funktion und Herstellung von piezoresistiven Silizium-Membran-Drucksensoren notwendig, die mit Hilfe der netzbasierten Lerneinheit erworben werden konnten.

2.2.4 Lehr-/Lernarrangement „Dotierung“

Als Vorbereitung für einen Praxislehrgang am Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik der Universität Hannover wurde eine Einheit zum Thema Dotierung erarbeitet und in Kooperation mit den BBS Neustadt a. Rbge. erprobt und evaluiert. Das Lehr-/Lernarrangement diente dazu, die Auszubildenden in die Thematik der Halbleiter, speziell der Dotierung, einzuführen und sie gezielt auf die praktische Tätigkeit im Rahmen eines begleitenden Kurses vorzubereiten. Dazu wurden umfangreiche Bild- und Videodaten zu Prozessen im Labor zusammengestellt und in die Lerneinheit integriert. Dadurch ergab sich für die Auszubildenden bereits in der Informations- und Lernphase die Möglichkeit, sich mit der realen Laborumgebung und den zu verwendenden Anlagen und Prozessen vertraut zu machen. Der hohe Praxisbezug und reale Problemstellungen bildeten eine ideale Grundlage für den anschließenden Laborkurs.

2.2.5 Lehr-/Lernarrangement zum Match X-Baukasten

Im Rahmen einer Staatsarbeit innerhalb des Studienganges Lehramt an berufsbildenden Schulen wurde in Kooperation mit den BBS Neustadt a. Rbge. das berufspraktische Lehr-/Lernarrangement „Einführung in Mikrosysteme“ projektiert und evaluiert. Innerhalb dieses Lehr-/Lernarrangements hatten die Auszubildenden die Aufgabe, mit Hilfe des von der Firma efm-systems GmbH entwickelten und dem Netzwerk vom VDI/VDE zur Verfügung gestellten modularen Baukastensystems „Match X Didaktik“ einen Beschleunigungssensor zu montieren, zu kalibrieren und zu erproben. Um die Wirksamkeit des Lehr-/Lernarrangements festzustellen, wurden umfangreiche Daten erhoben und innerhalb einer Staatsarbeit ausgewertet.

Sämtliche Medien zu den vorgestellten Einheiten sind in die Lehr-/Lernplattform ILIAS eingestellt.

3. Bericht des Ausbildungsnetzwerks

3.1 Ausgangsposition: Region, Partner, Zielvorstellungen

3.1.1 Region

Die Aktivitäten des Ausbildungsnetzwerks zur Förderung der Mikrosystemtechnik **mstbildung** sind darauf ausgerichtet, eine langfristige Etablierung der Mikrosystemtechnik (MST) in Niedersachsen zu erreichen. Daher hat das Netzwerk während der dreijährigen Phase der Anschubfinanzierung in den Jahren 2003-2005 die nötige Infrastruktur geschaffen, um Betrieben den Einstieg und die Durchführung der gewerblichen Ausbildung zum Mikrotechnologen / zur Mikrotechnologin zu erleichtern.

3.1.2 Netzwerkpartner

Das niedersächsische Ausbildungsnetzwerk ist ein Zusammenschluss von Firmen und von im Bereich MST tätigen Institutionen, Hochschuleinrichtungen sowie von Trägern beruflicher und berufsbegleitender Aus- und Weiterbildung. Partner des Ausbildungsnetzwerks sind:

Firmen

- Continental AG
- ILFA Industrieelektronik
- Meditech Electronic GmbH
- Sennheiser electronic GmbH & Co. KG
- WABCO GmbH & Co. OHG

Universitäten, Fachhochschulen und Forschungseinrichtungen

- TU Braunschweig, Institut für Mikrotechnik
- TU Clausthal, Institut für Physik und Physikalische Technologien
- Fakultät Naturwissenschaften und Technik der Fachhochschule Göttingen, Institut für Mechatronik und angewandte Photonik
- Forschungszentrum L3S
- Laser-Laboratorium Göttingen e.V.
- Laser Zentrum Hannover e. V.
- Universität Hannover, Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik
- Universität Hannover, Institut für Mikrotechnologie
- Universität Hannover, uni transfer
- Universität Hannover, Zentrum für Didaktik der Technik

Öffentliche Einrichtungen und Weiterbildungsinstitutionen

- Berufsbildende Schulen Neustadt am Rübenberge
- Gesellschaft für berufliche Qualifizierung Hannover e.V.
- Hannover Region Entwicklungs- und Beratungsgesellschaft für Beschäftigung mbH
- PhotonicNet GmbH, Kompetenznetz Optische Technologien
- Physikalisch Technische Bundesanstalt, Braunschweig
- Region Hannover, Fachbereich Schulen / BBS

3.1.3 Zielvorstellungen

Das Ausbildungsnetzwerk wurde zur Stärkung der Kompetenz auf dem Gebiet der MST in Niedersachsen gegründet und dient zur Gewährleistung einer nachhaltigen Entwicklung der regionalen MST-Kompetenz durch die Durchführung von Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen. Um die gewerbliche Ausbildung und die berufliche Weiterbildung in diesem Bereich zu unterstützen, verfolgte das Ausbildungsnetzwerk während der dreijährigen Anschubfinanzierung schwerpunktmäßig die drei Ziele Anwerbung/Förderung von Nachwuchs, Ausbildung und Wissenstransfer zwischen den Akteuren.

Werbemaßnahmen an Schulen und Universitäten und bei öffentlichen Veranstaltungen sowie die Durchführung praxisnaher Projekte sollten dazu dienen, bei Jugendlichen frühzeitig das Interesse an Ausbildung und Tätigkeit in der MST zu wecken. Im Bereich der Ausbildung kooperierten die Netzwerkpartner bei der Durchführung lehrstättenübergreifender Lehrgänge für Auszubildende und der gemeinsamen Erarbeitung von Lehr- und Lernmaterial. Der Wissenstransfer im Ausbildungsnetzwerk zielte vor allem auf die Erweiterung der MST-Kompetenz in Unternehmen ab. Hierzu entwickelte das Ausbildungsnetzwerk mit dem internetbasierten Expertenpool eine Infrastruktur, die es Unternehmen ermöglicht, bedarfsorientiert mikrotechnologisches Fachwissen zu erarbeiten.

3.2 Inhaltliche Arbeitsschwerpunkte

Die Aufgaben der einzelnen Partner im Netzwerk waren sehr vielfältig. Das Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik, das Institut für Mikrotechnik der TU Braunschweig, das Laser Zentrum Hannover e.V. und das Institut für Mikrotechnologie der Universität Hannover waren verantwortlich für die Durchführung der Ausbildung und der Ansprache von Nachwuchskräften für die MST.

Das Forschungszentrum L3S und das Zentrum für Didaktik der Technik unterstützten die Erweiterung der Fachkompetenz der Lehrkräfte und Ausbilder durch die Gestaltung geschäftsprozessorientierter Lehr-/Lernarrangements und die Erprobung netzbasierter berufspraktischer Lehr-/Lernarrangements.

Im Bereich Anwerbung und Förderung von Nachwuchs waren vor allem das Institut für Mechatronik und angewandte Photonik, das Institut für Physik und Physikalische Technologien und das Laser-Laboratorium Göttingen durch den Aufbau und die Durchführung von Schülerlaboren und die Betreuung von Facharbeiten zu Themen der MST aktiv und bildeten somit Schnittstellen zwischen Schule und Hochschule. Die grundlegende Aufgabenstellung dieser Partner war das Heranführen von Schülern und Schülerinnen an die MST, das Erkennen und Fördern technischen Verständnisses, die Darlegung von Berufsmöglichkeiten und die Entwicklung einfach umzusetzender Versuche und Lehrmaterialien.

Das Institut für Mechatronik und angewandte Photonik brachte Teilnehmern die MST anhand einfacher Beispiele aus dem Alltag nahe. Die Fachkompetenz des Instituts für Physik und Physikalische Technologien auf dem Gebiet Mikrooptik wurde zum Aufbau von Schülerexperimenten genutzt, während sich das Laser-Laboratorium auf Versuche zur Lasertechnik im mikrosystemtechnischen Umfeld konzentrierte.

Werbemaßnahmen für die MST und den Beruf des Mikrotechnologen / der Mikrotechnologin waren Informationsstände bei öffentlichen Veranstaltungen wie z.B. der „Go for High Tech“ auf der jeweils im Frühjahr alljährlich stattfindenden Hannover Messe, dem „Tech-Buffer“ der Universität Hannover (Bild 1), der Braunschweiger AOK-Berufsstarterbörse und der „Göttinger Woche“. Institutsbesichtigungen und praktische Vorführungen erfolgten im Rahmen von Hochschulinformationstagen. Jüngere Altersgruppen konnten über die Beteiligung an der KinderUniHannover (KUH) erreicht werden.



Bild 1: Schülerinnen in Reinraumkleidung beim Tech-Buffer 2005

Das von 2001 bis 2003 laufende Projekt „step in - mentoring & mobilität“ der TU Braunschweig sollte speziell Frauen für technische Berufe motivieren. Schülerinnen und Studentinnen konnten dabei durch die Teilnahme an einem Mentoring persönlich von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen beraten und über mögliche Studiengänge und Vertiefungsrichtungen wie die Mikrotechnik informiert werden. Das Institut für Mikrotechnik beteiligte sich im Rahmen dieses Projektes u.a. am „Mobilitätssommercamp“ im Jahr 2003, bei dem Oberstufenschülerinnen verschiedene technische Institute kennenlernen konnten. Bild 2a,b zeigt Teilnehmerinnen am Mobilitätssommercamp 2003 im Reinraum des Instituts für Mikrotechnik der TU Braunschweig.



Bild 2a,b: Teilnehmerinnen am Mobilitätscamp 2003, TU Braunschweig

Anfang 2004 startete das Projekt „emento - E-Mentoring and more“. Schwerpunkt ist der Kontakt und Austausch von Schülerinnen der Sekundarstufe II, Studentinnen technischer Fachrichtungen und Fachfrauen aus Wissenschaft und Wirtschaft untereinander.

uni transfer nahm sich des Wissenstransfers in Form der Entwicklung eines internetgestützten Expertenpools an. Ein Fragesteller, der im Bereich MST eine bestimmte fachliche Problemlösung benötigt, wird direkt an passende Experten verwiesen, mit denen er per E-Mail in Kontakt treten kann. Außerdem erhält er Hinweise zu in einem Pool verfügbaren Dokumenten.

Der Expertenpool ergänzt das konventionelle Aus- und Weiterbildungsangebot, das üblicherweise in Form von Kursen oder Informationsveranstaltungen stattfindet, und wirkt auch nach der Beendigung von Kursen, Praktika etc. weiter. Der Expertenpool wurde als Good Practice-Beispiel ausgesucht. Das zugrunde liegende Konzept und die Funktionen des Pools werden dort ausführlich erläutert.

3.2.1 Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen

In der Region Hannover kooperiert das Ausbildungsnetzwerk mit der ortsansässigen Arbeitsagentur und der Industrie- und Handelskammer Hannover. Darüber hinaus besteht Kontakt zur Landesinitiative Mikrosystemtechnik in Niedersachsen.

In Braunschweig arbeitet das Institut für Mikrotechnik mit dem Referat für Psychologie und dem Gleichstellungsbüro der TU Braunschweig, der HBK Braunschweig, der FH Braunschweig/Wolfenbüttel sowie der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt zusammen.

In Göttingen bestehen Kontakte zwischen den dortigen Netzwerkpartnern zum Experimentallabor für junge Leute e.V. (XLAB) und Schulen der näheren Umgebung.

Darüber hinaus ist die enge Zusammenarbeit der Partner untereinander von zentraler Bedeutung. Regelmäßige gemeinsame Veranstaltungen und Arbeitsgruppentreffen gewährleisten einen intensiven Austausch. Die Definition der Inhalte und die Ausarbeitung der im Ausbildungsverbund durchgeführten Lehrgänge erfolgt in enger Zusammenarbeit mit der BBS Neustadt a. Rbge..

3.3 Erzielte Ergebnisse

Im Folgenden werden die wesentlichen während der Jahre 2003-2005 von den Partnern im Netzwerk gemeinsam erarbeiteten Ergebnisse, unterteilt nach den zentralen Arbeitsschwerpunkten des Netzwerks, vorgestellt.

3.3.1 Ausbildung

Die gewerbliche Ausbildung zum Mikrotechnologen / zur Mikrotechnologin konnte innerhalb des Netzwerks zum Schuljahr 2003/2004 aufgenommen werden, wozu die Berufsschule in Neustadt a. Rbge. eine eigene Berufsschulklasse einrichtete. Dies ist ein großer Fortschritt, da die Auszubildenden des Berufes Mikrotechnologe / Mikrotechnologin in der Region Hannover zuvor berufsbildende Schulen außerhalb des Landes Niedersachsen besuchen mussten.

Ausgebildete Berufsschullehrer mit dem Schwerpunkt im Bereich MST standen nicht zur Verfügung. Der Unterricht wird von Lehrkräften mit der Lehrbefähigung für die beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik, Metalltechnik und Verfahrenstechnik durchgeführt. Daher bestand ein Projekt begleitender Ausbildungs- und Fortbildungsbedarf für die eingesetzten Lehrkräfte, der im Netzwerk durch das Forschungszentrum L3S und das Zentrum für Didaktik der Technik gedeckt wird.

Zur Qualifizierung der Lehrkräfte wurden zu Projektbeginn 2003 drei Lehrgänge von unterschiedlichen Netzwerkpartnern für die Berufsschullehrer und die -lehrerin der Berufsbildenden Schulen Neustadt a. Rbge. sowie für betriebliche Ausbilder angeboten. Die jeweils ein- bis zweiwöchigen Kurse fanden im Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik (das zu der Zeit noch den Namen Institut für Halbleitermaterialien und Werkstoffe trug), im Institut für Mikrotechnik und im Institut für Mikrotechnologie statt. Im ersten zweiwöchigen Lehrgang zum Fachgebiet Halbleitertechnologie fertigten die Teilnehmer mikroelektronische Bauelemente, charakterisierten sie und lernten die notwendigen Prozessschritte zur Herstellung einer integrierten Schaltung kennen. Im zweiten einwöchigen Lehrgang wurde ein Schwingungssensor aus Silizium unter Anwendung wesentlicher Basistechnologien der Silizium-Bulk-Mikromechanik hergestellt und im dritten zweiwöchigen erfolgte die Fertigung des Stators eines Mikromotors, wobei grundlegende Prozesse der Dünnschichttechnik erlernt wurden (Bild 3). Diese praktischen Lehrgänge ergänzten die Ausbildung des Lehrpersonals rechtzeitig vor Beginn der Ausbildung.



Bild 3: Berufsschullehrer und -lehrerin während eines Lehrgangs



Bild 4: Auszubildende und Ausbilder während eines lehrstättenübergreifenden Lehrgangs im Reinraum des Instituts für Mikrotechnologie

Begleitend zum Berufsschulunterricht wurden lehrstättenübergreifende Lehrgänge zu den Lernfeldern der Ausbildungsverordnung durchgeführt (Bild 4) und begleitende Materialien entwickelt.

In Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum L3S und dem Zentrum für Didaktik der Technik entstanden Unterrichtseinheiten, die den Auszubildenden, Ausbildern und Lehrkräften über das internetgestützte Lehr- und Informationssystem ILIAS zugänglich sind.

Während der ersten Förderphase wurden Lehr- und Lernarrangements zu den Themen Fotolithografischer Prozess, Grundlagen der geometrischen Optik, Drucksensoren und Dotierung entwickelt und an der Berufsschule bzw. in den Ausbildungsbetrieben erprobt und anschließend ausgewertet. Ein weiteres Modul entstand unter Nutzung des Baukastensystems Match-X von der Firma efm-systems GmbH. Diese Lehr-/Lernarrangements sind in einem Good Practice-Beispiel näher beschrieben.

Die vom Forschungszentrum L3S und dem Zentrum für Didaktik der Technik erarbeiteten Lehr- und Lerneinheiten bildeten auch die Grundlage für die im Ausbildungsverbund durchgeführten lehrstättenübergreifenden Lehrgänge.

Für den Jahrgang, der im Sommer 2003 mit der Berufsausbildung begann, wurden folgende Lehrgänge abgehalten:

- Reinraumlehrgang an d. Physikalisch-Technischen Bundesanstalt: 07.11.2003
- Praxisveranstaltung „Belackung“ am Institut für Mikrotechnologie: 26.11.2003; Vor- und Nachbereitungsphase in der Berufsschule: 14.11.-05.12.2003
- Grundlagen der Elektrotechnik bei Sennheiser electronic: 23.-25.02.2004
- Messtechnik am Laser Zentrum Hannover: 15.-17.03.2004
- Lasertechnik am Laser Zentrum Hannover: 19.-21.04.2004
- Anwendung fototechnischer Verfahren am Institut für Mikrotechnologie: 23.-27.08.2004
- Erstellung von Schichten am Institut für Mikrotechnik: 20.-24.09.2004
- Elektrische Eigenschaften von Halbleitern und Bauelementen am Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik: 6.-8.12.2004
- Veränderung der Leitfähigkeit durch Dotierungsverfahren am Institut für Materialien und Bauelemente der Elektronik: 13.-15.06.2005
- Einhaltung von Qualitätsstandards bei Sennheiser electronic: 15.-19.08.2005
- Beschreibung von Mikrosystemen am Institut für Mikrotechnik: 27.09.2005

3.3.2 *Nachwuchsanwerbung und -förderung*

Das Laser-Laboratorium Göttingen bot ein zweiwöchiges Schülerpraktikum für die 12. Jahrgangsstufe an. Bild 5 zeigt einige Schüler während dieses Praktikums. Die Experimente behandeln Themen im Schnittpunkt von Lasertechnik und Mikrosystemtechnik wie Lasertechnik, Lichtleitfasern, Optischer Abstandssensor und Optisches Mikrofon, Miniaturisiertes Laserfluorimeter und LIDAR (Light Detection And Ranging). Teilnehmer und Teilnehmerinnen am Praktikum konnten für ihre an

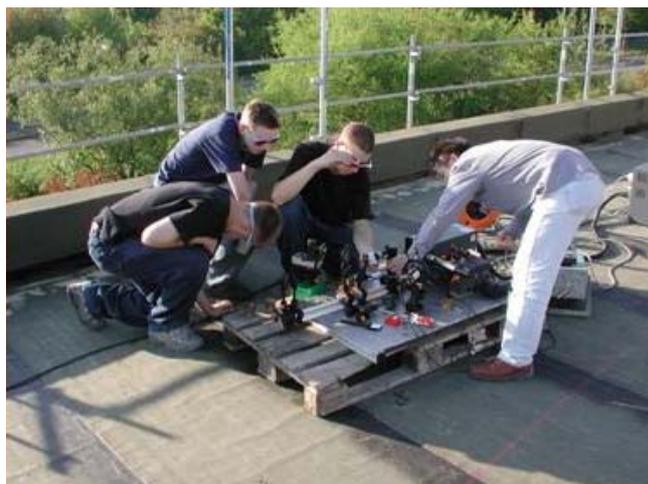


Bild 5: Teilnehmer am Schülerpraktikum des Laser-Laboratoriums Göttingen

der Schule anzufertigenden Facharbeiten Themen des Praktikums nutzen und werden dabei wissenschaftlich betreut. Darüber hinaus bestand die Möglichkeit, für ein bis zwei Wochen in den Ferien den Wissenschaftlern und Technikern „über die

Schulter zu schauen“. Für mehrere Physik-Leistungskurse niedersächsischer Schulen wurden Laborführungen veranstaltet, um den Schülern aktuelle Projekte und typische Arbeitsweisen in einem Forschungsinstitut zu vermitteln.

Im Mikroskopielabor der Fakultät für Naturwissenschaften und Technik wurde eine Druckerpatrone des Tintenstrahlprinzips genauer unter die Lupe genommen. Die Mikromaterialbearbeitung mittels eines Excimerlasers stellt exemplarisch ein Werkzeug zur Erzeugung kleinster Strukturen vor. Als Anschauungsobjekt diente ein menschliches Haar mit einem Schriftzug, der die Größenordnungen der Mikromaterialbearbeitung aufzeigt. Um diesen Versuch für Schüler besonders ansprechend zu gestalten, konnten Blenden selbst gestaltet und mit einem Nd:YAG-Laser hergestellt werden.

Ein weiterer Themenkomplex war die Lasermaterialbearbeitung von Holz. Diese Mikrobearbeitung und Oberflächenablation verschiedener Holzsorten ermöglichte Schülern und Schülerinnen einen mikroskopischen Einblick in die heterogene Holzmatrix. Gleichzeitig lernten sie einige Mikroskopietechniken kennen. Mittels einer Plasmabehandlung der Holzoberflächen können die Holzoberflächen hydrophobe oder hydrophile Eigenschaften annehmen, was sich mit einfachen Versuchen eindrucksvoll zeigen ließ.

Über die hydrophoben Eigenschaften von Materialien lässt sich der Bogen zur Nanotechnologie spannen. Dieser Effekt wird seit einigen Jahren intensiv erforscht, da sich für den Alltag interessante Anwendungen, wie z.B. selbstreinigende Oberflächen ergeben. Mit Hilfe eines Rosenkäfers (Kohlblattes, Lotusblattes) wird der Lotuseffekt erläutert und demonstriert. Dazu wird die Oberflächenstruktur unter verschiedenen Mikroskopen betrachtet (Lichtmikroskop, Elektronenmikroskop, Atomkraftmikroskop), wobei eine Vorstellung der Größenordnungen vermittelt wird.

Am Institut für Physik und Physikalische Technologien existiert ein Experimentierplatz mit Linsen, Spiegeln, Gittern und einer CCD-Kamera zur Ausmessung von Intensitätsprofilen. Ein einfacher modularer Aufbau erlaubt das Experimentieren mit optischen Grundelementen. Im Praktikum wurden im Umgang mit verschiedenen Linsen, Spalten und Spiegeln erste Schritte für abbildende Aufbauten erlernt. Über einen Versuch mit Lichtbeugung am Gitter und der Bestimmung der Lichtwellenlänge erfährt man, welchen optischen Einfluss Mikrostrukturen haben. Im „Optischen Labyrinth“ muss ein Laserstrahl über verschiedene Hindernisse mit Hilfe von Linsen, Blenden und justierbaren Spiegeln zu einem Detektor geführt werden. Am Ziel wird die Qualität der Justage mit einem Photoempfänger gemessen. Das Thema Datenübertragung bietet verschiedene Teilversuche, die einerseits mit einfachem handwerklichem Geschick, andererseits mit aufwändiger Technik durchgeführt werden können. Der Aufbau zur faseroptischen Datenübertragung umfasst die Faserbearbeitung, das Ein- und Auskoppeln von Licht in Fasern und die Modulation von Licht mit elektromechanischen Elementen.

3.3.3 Wissenstransfer

In der ersten Phase des Projektes wurden die fachlichen Inhalte und der Themenkatalog unter Einbeziehung des Rahmenlehrplanes für das Berufsbild des Mikrotechnologen / der Mikrotechnologin, der Verordnung über die Berufsausbildung und die Befragung von Mikrotechnologen, Berufsschullehrern und beteiligten

Projektpartnern evaluiert. Aus diesen inhaltlichen Vorgaben wurden die technischen Anforderungen definiert und damit der Expertenpool konzipiert.

Die erforderlichen Programmier- und Anpassungsarbeiten wurden von uni transfer in Zusammenarbeit mit einem Softwareentwickler durchgeführt. Parallel zu diesen Arbeiten wurden eigene Dokumente erarbeitet, die Informationen zu häufig wiederkehrenden Fragestellungen aus der Mikrotechnologie liefern. Bereits im dritten Quartal 2003 wurde der Expertenpool in einer ersten Testversion im Internet öffentlich zugänglich. Seit Beginn des letzten Projektquartals (Oktober 2005) ist der Expertenpool mit allen geplanten Modulen und Erweiterungen voll lauffähig (Internetadresse: www.mst-experte.de). Das Layout entspricht dem der Leitseite des Ausbildungsnetzwerks **mstbildung** (www.mst-bildung.de), von der der Einstieg in den Pool ebenfalls möglich ist. Im Oktober 2005 konnte der Expertenpool auf dem Mikrosystemtechnik-Kongress in Freiburg und auf der BioTechnica in Hannover vorgestellt werden (Messestand mit Vorführung und Möglichkeit der Erprobung sowie Hinweis auf den Expertenpool und das Exponat in verschiedenen Vorträgen). Auf diesem Kongress konnten bundesweit Experten für die Aufnahme in den Pool gewonnen und der Pool Unternehmensvertretern, Lehrern, Hochschullehrern und Studenten vorgestellt werden.

3.4 Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die erstellten Ausbildungseinheiten und das für die lehrstättenübergreifenden Lehrgänge entwickelte Lehrmaterial steht weiterhin für die gewerbliche Ausbildung von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen zur Verfügung.

Die während der bisherigen Projektlaufzeit des Netzwerks **mstbildung** gewonnenen Kontakte zu Schulen werden aufrechterhalten und zur Ansprache von Nachwuchskräften für die MST genutzt.

Der Expertenpool wird auch nach Ablauf der Förderung weiterhin verfügbar sein und auch für die anderen AWNET geöffnet werden, da der Pool umso effektiver wird, je mehr Mikrotechnologen ihn nutzen und ihr Wissen und ihre Erfahrung einfließen lassen.

4. Ausblick für 2006-2007 (und darüber hinaus)

4.1 Fortsetzung der laufenden Projekte

Das grundlegende Ziel des Ausbildungsnetzwerkes zur Förderung der Mikrosystemtechnik, die für eine nachhaltige Stärkung der MST-Kompetenz in Niedersachsen notwendigen Strukturen aufzubauen, ist mit Ablauf der ersten Förderphase erreicht. Durch die Vernetzung von Hochschul- und Forschungsinstituten mit Ausbildungsbetrieben und den Berufsbildenden Schulen Neustadt a. Rbge. konnte eine Infrastruktur geschaffen werden, die alle für die Ausbildung von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen notwendigen Ressourcen bereitstellt. Hierdurch wird insbesondere auch klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) erleichtert, sich für die Einrichtung einer Ausbildungsstelle in diesem zukunftsweisenden Beruf zu entscheiden. **Drei Projektpartner schieden mit Ablauf des Jahres 2005 aus dem Netzwerk aus. Das Institut für Mikrotechnik der TU Braunschweig und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt entschieden sich, ihre Auszubildenden bereits ab dem Jahr 2005 zur Beruflichen Schule des Kreises Steinburg zu schicken und untergraben somit die zentrale Aufgabe des Netzwerks, ganz gezielt in Niedersachsen die gewerbliche Ausbildung zum Mikrotechnologen / zur Mikrotechnologin zu etablieren. Kernpunkt ist dabei, dass diese Ausbildung auch durch eine Niedersächsische Berufsbildende Schule begleitet wird. Das Institut für Physik und Physikalische Technologien der TU Clausthal zeigte kein Interesse an der weiteren Beteiligung und führte als Gründe das ungleiche Verhältnis von Arbeitsaufwand und Förderumfang sowie die relativ weite Entfernung zu den übrigen Netzwerkpartnern an.**

Für die Projektphase ab 2006 ist geplant, die im Rahmen des Ausbildungsverbunds durchgeführten Lehrgänge weiterzuentwickeln, so dass sie auch für die Aus- und Weiterbildung und Qualifizierungsmaßnahmen von betrieblichen Fachkräften genutzt werden können. Für die Finanzierung der Lehrgänge und Weiterbildungsmaßnahmen nach Auslauf der Förderung wird eine Vermarktung der Teilnahme an diesen Lehrgängen und der erstellten Lehrmaterialien angestrebt.

Während der ersten Förderphase des Netzwerks im Zeitraum 2003-2005 konnten fünf berufspraktische Lehr-/Lernarrangements vom Forschungszentrum L3S in Kooperation mit dem Zentrum für Didaktik der Technik gestaltet und in der Berufsschule bzw. in den Ausbildungsbetrieben erprobt werden. Die Lerninhalte der erstellten Arrangements wurden auf der Internetplattform ILIAS abgelegt. Wegen der räumlichen Verteilung der Netzwerkpartner und damit auch der Lernenden spielt das dezentrale Lernen über diese Lernplattform eine überaus wichtige Rolle. Die Auszubildenden arbeiten in der Berufsschule, im Ausbildungsbetrieb und auch von zu Hause aus an der Lösung ihrer Aufgaben- und Problemstellungen und nutzen dabei die vielfältigen Funktionen der Plattform. So greifen sie einerseits auf die bereitgestellten Unterlagen zurück, andererseits tauschen sie sich über die Kommunikationsmöglichkeiten Chat und E-Mail aus. Die Lehr-/Lernarrangements stehen über die Lernplattform auch in Zukunft zur Verfügung und können wiederholt für Ausbildungszwecke eingesetzt werden. Allen Netzwerkpartnern steht damit ein Pool an Lerneinheiten und Informationen zur Verfügung.

Um die geleistete Arbeit dauerhaft im Bereich der Ausbildung innerhalb des Netzwerks zu etablieren, sind im Zeitraum 2006/2007 Konzepte für die Weiterbildung

der Lehrkräfte zur eigenen Gestaltung von Lehr-/Lernarrangements unter Berücksichtigung des Geschäftsprozesses zu entwickeln, zu erproben und zu evaluieren. Dieser Ansatz geht davon aus, dass die Qualifizierung der Ausbilder "near-the-job" noch nicht dazu führen konnte, dass die Zielgruppe in der Lage ist, selbstständig netzbasierte Lehr-/Lernarrangements für die Mikrotechnologenausbildung zu gestalten, zu erproben und zu evaluieren. Hierzu gilt es, ein Weiterbildungskonzept zu erstellen und zu testen, das einerseits die Gestaltung weiterer netzbasierter Lehr-/Lernarrangements für die Ausbildung enthält; andererseits sind die Projektziele insbesondere auf die Qualifizierung der Ausbilder auszurichten. Dies erhält eine umso größere Bedeutung, als es im Fortsetzungszeitraum gelingen muss, die Anzahl der betrieblichen Partner im Ausbildungsnetzwerk und damit auch die Zahl der betrieblichen Ausbilder zu erhöhen. Hierdurch ergibt sich für bisher nicht an der Netzwerkarbeit beteiligte Ausbilder ein erweiterter Fort- und Weiterbildungsbedarf.

Darüber hinaus ist es unerlässlich, weitere Lehr-/Lernarrangements zu erstellen, um ein möglichst breites Spektrum des Curriculums abdecken und erproben zu können. Dazu zählen insbesondere unterstützende Unterrichtsmaterialien für Lehrgänge im Ausbildungsnetzwerk. Dabei sollen als wesentliche Elemente Lernobjekte zum Einsatz kommen, die es den Lernenden ermöglichen, möglichst praxisbezogene, handlungsorientierte Kenntnisse zu erwerben und in realen Arbeits- bzw. Lernumgebungen einzusetzen. Diese Arrangements liefern aufgrund ihres "Best-Practice"-Charakters wichtige Erkenntnisse über den sinnvollen Einsatz netzbasierter Lernformen im Bereich der MST und sind in dieser Form Vorreiter für innovative Lernformen.

Nur durch die selbstständige experimentelle Auseinandersetzung mit ausgewählten Bereichen der MST gewinnen Schulabgänger bessere Entscheidungsargumente für Berufe in Naturwissenschaft und Technik. Um die Angebote für Schüler und Schülerinnen weiter auszubauen, sollen am Institut für Mechatronik und angewandte Photonik von 2006 an attraktive Exponate zu einer kleinen Sammlung zusammengefasst werden. Somit kann Schülern anschaulich das Arbeitsfeld der MST dargestellt werden. Die Anschaffung eines Experimentierkoffers für die Nanotechnologie soll ebenfalls dazu beitragen, das Angebot an Versuchen zu erweitern, die das Interesse an zukunftsweisenden Technologien weckt.

Am Laser-Laboratorium Göttingen ist eine Erweiterung des dortigen Angebots von Schülerexperimenten um die Themenbereiche Mikro- und Nanostrukturierung sowie diffraktive optische Elemente vorgesehen.

Die Forschungs- und Technologiekontaktstelle der Universität Hannover uni transfer hat innerhalb des Netzwerks die Aufgabe des Technologietransfers in Form der Entwicklung eines Internet gestützten Expertenpools übernommen. Ausgangssituation für diesen Expertenpool war zum Zeitpunkt der Gründung des Netzwerks die Aufgabenstellung, PC-Nutzern bei einer auftretenden Frage oder einem Problem auf dem Fachgebiet der Mikrotechnologie Hilfestellung durch einen (oder mehrere) geeigneten Experten zu bieten. Anhand einer fachlichen Frage, die in einer Maske im Internet eingetragen werden kann, soll der oder die passenden Experten herausgefunden und die gestellte Frage per E-Mail entsprechend weitergeleitet werden. Der auf diesem Weg benachrichtigte Experte nimmt in der von ihm gewünschten Form (in der Regel wiederum per E-Mail) Kontakt mit dem Fragenden auf, um die Problemstellung zu klären. Der Expertenpool wird nun in der zweiten

Förderphase in den Jahren 2006 und 2007 weiter ausgebaut und **bekannt** gemacht werden. Es ist zu erwarten, dass die Anzahl der Fragesteller zunehmen wird, wenn es mittelfristig bundesweit mehr Auszubildende gibt. Der Expertenpool wird vor allem an Bedeutung gewinnen, wenn eine wachsende Anzahl von Unternehmen ausbildet, die sich nicht der MST-Branche zuordnen, die dort angewandten Verfahren und Systeme aber nutzen. Gerade dann ist ein Medium für den Erfahrungs- und Wissensaustausch von unschätzbarem Wert, da sich diese neu für die Mikrotechnologie zu erschließenden Gebiete rasant und dynamisch entwickeln. Beispiele für diese „unkonventionellen“ Gebiete der MST sind die Mikrooptik, Mikrosensorik, Mikromechanik und Mikrofluidtechniken.

Nachdem im Laufe der ersten drei Jahre eine kritische Mindestanzahl an Experten gewonnen werden konnte, werden nun verstärkt Schüler, Auszubildende und potenzielle Fragesteller angesprochen, um einen effektiven fachlichen Austausch zu ermöglichen. Für die 2006 beginnende Projektphase sind folgende Erweiterungen des Pools geplant:

- Gewinnung weiterer Partner und Experten aus den unterschiedlichsten Anwender-, Entwickler- und Zulieferbranchen der Mikrotechnologie (z. B. Luft- und Verkehrstechnik, Qualitätssicherung, Mess- und Regeltechnik, Vakuumtechnik, Optik ...)
- Technischer Ausbau und Erweiterung des Expertenpools um die entsprechenden Kataloge
- Einrichtung der zugehörigen Foren für den Informations- und Erfahrungsaustausch
- Gewinnung entsprechender Experten aus den weiteren Branchen; vor allem aus Industriezweigen, die sich selbst primär nicht als der MST-Branche zugehörig fühlen, deren Verfahren und Produkte aber anwenden und entsprechendes Know-how entwickeln oder benötigen
- Integration von weiterem Informations- und Unterrichtsmaterial in den Expertenpool
- Intensive Aufklärungs- und Öffentlichkeitsarbeit für Unternehmen über die Bandbreite der MST, die fachliche Kompetenz der Ausgebildeten, das Berufsbild allgemein sowie über die Möglichkeiten, selbst Ausbildungsplätze anzubieten (Informationsveranstaltungen, Publikationen)
- Veröffentlichung von Stellenangeboten über den Expertenpool

4.2 Neue Projekte

Ein Schwerpunkt der Aktivitäten des Netzwerks **mstbildung** lag in der Projektphase von 2003 bis 2005 im Bereich der gewerblichen Ausbildung von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen. Von 2006 an kommt als weiterer Schwerpunkt auch das Angebot von Weiterbildungsmaßnahmen im Bereich MST hinzu. Mit diesem neuen Projekt „QualiFAnT“ (Qualifizierung von Fachkräften und Ausbildern in neuen Technologien) leistet das Netzwerk seinen Beitrag zum übergeordneten Ziel der sechs Aus- und Weiterbildungsnetzwerke, dem Transfer der MST in die Industrie und die Unterstützung bei der Aus- und Weiterbildung von Fachkräften. **QualiFAnT ist ein**

aus dem Europäischen Sozialfonds (ESF) gefördertes Vorhaben, das aus der Notwendigkeit zur Kofinanzierung des Ausbildungsnetzwerks entstand.

Die grundlegenden Ziele des Weiterbildungsprogramms QualiFAnT bestehen darin, betriebliche Ausbilder für die gewerbliche Erstausbildung zu qualifizieren sowie durch Umschulung von Facharbeitern den regionalen Fachkräftebedarf an Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen langfristig zu decken. Denn derzeit gibt es nur wenige Fachkräfte im Hochtechnologiebereich. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Firmen müssen sich das erforderliche Know-how selbst aneignen, meistens durch "Learning-by-doing". QualiFAnT bietet Unternehmen somit Unterstützung beim Einstieg in die gewerbliche Ausbildung sowie bei der Qualifizierung berufsfremder Fachkräfte, die in der eigenen Firma mikrotechnische Produkte fertigen, anwenden oder mikrotechnische Prozesse durchführen.

Die Kurse beginnen im Frühjahr 2006. Die Teilnehmer am Weiterbildungsprogramm QualiFAnT erhalten ein Zertifikat von der Industrie- und Handelskammer Hannover. In den Kursen werden Grundlagen der Chemie, der Elektrotechnik und der Optik/Lasertechnik vermittelt. Weitere Inhalte sind Erstellung und Strukturierung von Schichten, Halbleiter/Dotierung, Messtechnik, Photolithographie und Reinraumtechnik ergänzt durch technisches Englisch und Arbeitssicherheit/Umgang mit Gefahrstoffen. Die Kurse weisen einen hohen Praxisanteil auf, was dem Programm gegenüber anderen Weiterbildungsangeboten ein Alleinstellungsmerkmal verleiht. Derzeit werden Werbematerialien entwickelt, Pressemitteilungen erstellt und veröffentlicht, Betriebe angesprochen und eine Internetpräsenz unter www.qualifant2006.de eingerichtet.

Im Bereich Gender mainstreaming hat das Netzwerk gemeinsam mit dem Gleichstellungsbüro und dem Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik (Fakultät für Elektrotechnik und Informatik) der Universität Hannover sowie dem Verein „Frauen geben Technik neue Impulse e.V.“ ein Frauenförderprojekt beantragt und bewilligt bekommen. Die Aktivitäten des Ende 2005 angelaufenen Projektes FEET (Frauen entdecken und erleben Technik) sind zweigeteilt: Im ersten Schritt sollen insbesondere Schülerinnen auf technische Berufe aufmerksam gemacht werden, indem im Schulunterricht entsprechende Einheiten zur Berufsorientierung eingebunden werden. Der zweite Schritt sieht einen Transfer in das Grundstudium in der Art vor, dass Module speziell für Frauen angeboten werden. Die Koordination dieses Projektes liegt beim Institut für Mikrotechnologie. Im Rahmen des Programms ist ferner ein Mentoring vorgesehen. Hierbei sollen zum einen Schülerinnen in Form von Patenschaften mit Studentinnen in Kontakt gebracht werden; zweitens sollen Verbindungen zwischen Studentinnen und wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen (Doktorandinnen) hergestellt werden.