

# Konzepte für praxisnahe Bildungsmodule in der Mikrosystemtechnik

Karsten Schischke, Fraunhofer IZM, Berlin, Deutschland

Ralf Kerl, ZEMI – Zentrum für Mikrosystemtechnik, Berlin, Deutschland

Claudia Kalisch, Universität Rostock, Rostock, Deutschland

## Kurzfassung

Die Mikrosystemtechnik deckt ein so breites Technologiespektrum ab, dass in Aus- und Weiterbildung sehr individuelle Konzepte und Angebote gefragt sind. Zu einzelnen Technologiebereichen sind Bildungsangebote - wenn auch in geringer Zahl - verfügbar, Querschnittsthemen mit spezifischer MST-Ausrichtung werden allerdings so gut wie gar nicht abgedeckt. Daher werden derzeit im Vorhaben „Mikrosystemtechnik-Ausbildung in Nord-Ostdeutschland“ Bildungsmodule zu den Themenfeldern ‚Kosten‘, ‚Umwelt‘ und ‚Qualität‘ konzipiert, die gezielt die Einbindung von MST-Unternehmen anstreben.

## 1 Einleitung

Seit Dezember 2002 wird vom BMBF das Vorhaben MANO – Mikrosystemtechnik-Ausbildung in Nord-Ostdeutschland gefördert, um die Akteure in der MST-Ausbildung zu vernetzen, gemeinsam Synergieeffekte in der Aus- und Weiterbildung zu nutzen und innovative Bildungskonzepte zu entwickeln [1].

Neben einer fundierten fachlichen Ausbildung sind für den Bereich Mikrosystemtechnik insbesondere technologie- und disziplinübergreifende Kenntnisse aufgrund des Querschnittscharakters der MST gefragt. Daher ist in MANO die Entwicklung praxisnaher Bildungsmodule für bestimmte, besonders relevante Querschnittsthemen geplant.

Mikrotechnologen und Ingenieure in der MST sind meistens hervorragend im Hinblick auf die Technologien ausgebildet. Erforderlich ist jedoch auch ein übergreifendes Verständnis von Prozesszusammenhängen. Ebenso sind bestimmte Themen wie Kostenbewusstsein, Umweltverträglichkeit, Qualitätssicherung für den Unternehmenserfolg unersetzlich. Diese werden aber nur selten in der Aus- und Weiterbildung mit gezieltem Bezug zur Mikrosystemtechnik angeboten. Diese Lücke zu schließen, ist die übergeordnete Zielsetzung für die nachfolgend beschriebene Konzeption praxisnaher Bildungsmodule im Rahmen von drei thematisch abgegrenzten Pilotprojekten.

Unter Pilotprojekt ist dabei eine abgestufte Vorgehensweise zu verstehen:

1. Durchführung eines Beratungsvorhabens mit jeweils einem MST-Unternehmen
2. Erarbeitung eines didaktischen Konzepts und von Lehrmaterial basierend auf den Erfahrungen der Beratungsvorhaben
3. Durchführung praxisorientierter Bildungsveranstaltungen zu den bearbeiteten Themen

## 2 Das Konzept: Von der Beratungspraxis zu praxisnahen Bildungsmodulen

Es wurden Themenfelder identifiziert, die für Unternehmen zunehmend strategische Bedeutung haben, für die es aber (zumindest in der Region) noch keine Beratungs- bzw. Qualifizierungsangebote gibt. So fehlen beispielsweise Qualifizierungsangebote, die betriebswirtschaftliche und ökologische Fragen oder das Thema des Qualitätsmanagements für den Bereich Mikrosystemtechnik aufgreifen. Umweltthemen sind aufgrund gesetzgeberischer Initiativen auf EU-Ebene für viele Unternehmen neu.

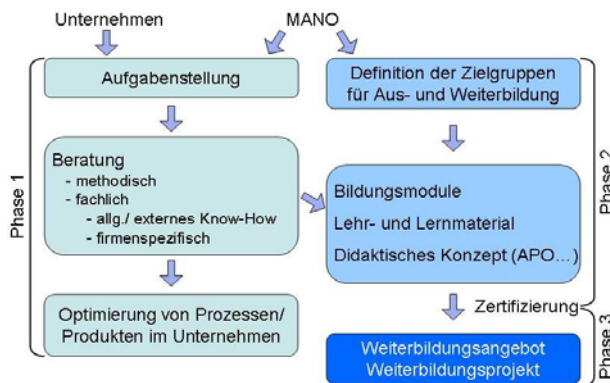
Zu den identifizierten Themenfeldern zählen

- Kostenoptimierung von Technologien / Prozessen / Prozessfolgen
- Öko-Design von MST-Produkten
- Qualitätssicherung / -management in der MST

Diese Themen werden in einem partnerschaftlichen Beratungsvorhaben zwischen Forschungs- / Hochschuleinrichtungen und Unternehmen aufgegriffen und an aktuellen Prozessen der beteiligten Unternehmen konkretisiert. Ein Ergebnis dieser Beratungsvorhaben sind optimierte Prozess- und Produktionsabläufe im Unternehmen. Die Qualifizierung der beteiligten Unternehmensmitarbeiter stellt darüber hinaus einen erwünschten Nebeneffekt dar, wobei sich diese Form der Weiterbildung durch Praxisnähe und einem Learning-by-doing-Effekt auszeichnet. Dieser gesamte Beratungs- und Optimierungsprozess stellt die Phase 1 des Gesamtvorhabens dar (siehe **Bild 1**).

In der Phase 2, die sich unmittelbar an die Beratungserfahrungen anschließt, fließen Vorgehensweise sowie erarbeitete Inhalte die Gestaltung von Bildungsmodulen ein. Diese wiederum können dann – in der dritten Phase - von den MANO-Partnern auf den unter-

schiedlichen Ebenen der Aus- und Weiterbildung eingesetzt werden. Den beteiligten Unternehmen stehen sie als Handreichung für betriebsinterne Entwicklungs- und Bildungsprojekte zur Verfügung.



**Bild 1** Ablauf eines Pilotprojektes

### 3 Die Beratungspraxis

Die Beratungsphase startet mit einer für das Unternehmen relevanten Fragestellung aus den nachfolgend beschriebenen Themenkomplexen.

#### 3.1 Thema 1: Kostenoptimierung von Technologien / Prozessen / Prozessfolgen

Die internen Fertigungskosten ("Cost of Ownership") und auch die Kosten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg sind für den Markterfolg eines Mikrosystems entscheidend. Gerade jedoch wenn in einem Unternehmen eine neue Technologie eingeführt oder das Zusammenwirken mit Zulieferern oder nachfolgenden Bestückern neu strukturiert wird, fehlt den Unternehmen häufig die Erfahrung, kostenseitig dieses Vorhaben zu bewerten. Daher wird durch MANO-Experten die Vorgehensweise zur Kostenkalkulation MST-spezifischer Fertigungsketten herausgearbeitet. Ein besonderer Schwerpunkt wird gelegt auf die Relevanz von Kostenarten, die gewöhnlich in den Gemeinkosten aufgehen: Verbrauchsmaterialien, Prozesschemikalien, Inanspruchnahme von Infrastruktureinrichtungen, Energiekosten. Durch diesen Ansatz werden einerseits gleichzeitig Umweltfragen berücksichtigt und ein neuer Blick auf Kostenstrukturen ermöglicht. Im Ergebnis wird das Verständnis für Produktionskosten nachhaltig verbessert.

#### 3.1.1 Vorschläge für Aufgabenstellungen

Folgende Aufgabenstellungen bieten sich – beispielsweise – für die Durchführung der Beratungsvorhaben zum Thema Kostenoptimierung an:

##### (1) Prozesskettenoptimierung

Ausgehend von einer geplanten, neuen Fertigungslinie werden die wesentlichen – technologischen – Kostenfaktoren analysiert, um daraus Empfehlungen für einen kostenoptimierten Aufbau der Linie abzuleiten.

##### (2) Investitionsplanung - Einzelanlage

Ausgehend von einer einzelnen, neu zu beschaffenden Anlage, die in eine bestehende Fertigungslinie einzupassen ist, wird eine Bedarfsanalyse, Marktrecherche Bewertung der Fertigungskosten vorgenommen, um die zu treffende Investitionsentscheidung vorzubereiten. Insbesondere die Auswirkungen der neuen Anlage auf bestehende Prozesse ist zu analysieren – ggf. sind bestehende Prozesse anzupassen.

##### (3) Unternehmensübergreifende Kostenanalyse

Als Zulieferer von MST-Komponenten hat das Design der eignen Komponenten auch Auswirkungen auf die Fertigungstechnologien, die der Kunde für die Weiterverarbeitung bzw. Montage anwenden kann. Bezieht man diese beim Kunden auftretenden Kostenwirkungen in die eigene Komponentengestaltung mit ein (ggf. mit Auswirkungen auf die eigenen Fertigungsprozesse), so lassen sich ggf. Kostenvorteile für das Gesamtsystem realisieren.

##### (4) Umsetzung von Forschungsergebnissen in die Serienfertigung

Die Technologieentwicklung in der Mikrosystemtechnik verläuft rasant, so dass es für die für Produktionsprozesse verantwortlichen Mitarbeiter in den Unternehmen aufwändig ist, auf dem neuesten Stand zu bleiben. Zudem sind z. T. umfangreiche Transferarbeiten notwendig, um Forschungsergebnisse in betriebliche Praxis zu integrieren. Weitere Anpassungen sind notwendig, um Forschungsergebnisse für einen Einsatz in der Serienfertigung aufzubereiten. Der Fokus richtet sich für diese Aufgabenstellung insbesondere auf die Minimierung der Fertigungskosten. Dementsprechend ist eine Prozesskostenanalyse und -simulation erforderlich.

##### (5) Konzeption von Qualitätssicherungsprozessen

Je nach Anforderungen an die Qualitätssicherung sind in einer Fertigungslinie entsprechende Inspektionsschritte vorzusehen. Hierfür ist eine Abwägung zwischen Prozesskosten und Qualitätssicherungsanforderungen vorzunehmen, um eine optimale QS-Strategie zu entwickeln.

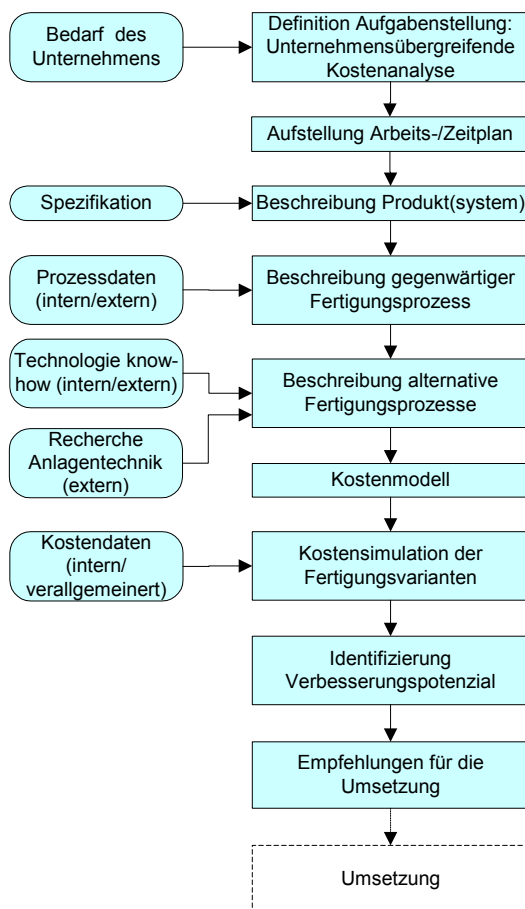
Weitere Aufgabenstellungen sind denkbar und mit dem jeweils beteiligten Unternehmen abzustimmen.

### 3.1.2 Exemplarischer Projektplan

Für die Aufgabenstellung „Unternehmensübergreifende Kostenanalyse“ (Machbarkeitsanalyse für alternative Bestückungsverfahren einer bestimmten optischen Komponente – Kostenvergleich) ist in **Bild 2** exemplarisch ein Projektplan aufgeführt, der die einzelnen Arbeitsschritte eines solchen Beratungsvorhabens verdeutlicht. In diesem Fall stellt das zu beratende Unternehmen die optische Komponente her – die Montage erfolgt jedoch im Gesamtsystem beim Kunden.

Deutlich wird die Bedeutung der internen Zuarbeit. Dementsprechend ist mit der Bearbeitung des Vorhabens ein erheblicher interner Erkenntnisgewinn gegeben (sowohl methodisch als auch inhaltlich zu den betroffenen technologischen Themen).

Die Umsetzung der empfohlenen Technologievariante kann Bestandteil des Vorhabens sein oder separat bearbeitet werden.



**Bild 2** Exemplarischer Projektplan

## 3.2 Thema 2: Öko-Design von MST-Produkten

Die Entwicklung von Mikrosystemen unterliegt vielfältigen Anforderungen hinsichtlich Umweltverträglichkeit – die Umstellung auf bleifreie Verbindungstechnik ist dabei der aktuellste Aspekt. In der Regel fehlt es jedoch an Kompetenzen, um mit diesem Thema innovativ umzugehen. In einem der geplanten Beratungsvorhaben können die Einflussmöglichkeiten auf die Umweltverträglichkeit analysiert werden.

Der Fokus wird dabei weiter gefasst als die Mikrosystemtechnik, zumal ein Öko-Design eher im Gesamtsystem-Zusammenhang zu sehen ist. Neben dem unmittelbaren Methodenwissen zum Öko-Design (wie gestalte ich unter Berücksichtigung sämtlicher Lebenswegphasen ein Produkt möglichst umweltverträglich?) kommt in diesem Pilotprojekt insbesondere auch die aktuelle EU-Umweltgesetzgebung zum Tragen, ebenso auch die Wettbewerbsvorteile, die sich durch Öko-Design erreichen lassen (Image, Kundenanforderungen, Produktinnovationen, Kosteneinsparungen etc..) – auch hier ist die Querverbindung zu Kostenaspekten aber auch zu Qualitätsfragen offensichtlich.

## 3.3 Thema 3: Qualitätssicherung / -management in der MST

Gemeinsam mit MST-Unternehmen werden im Rahmen eines weiteren Beratungsvorhabens die Anforderungen im Bereich der Qualitätssicherung bzw. übergreifend des Qualitätsmanagements sowie die diesbezüglichen internen Geschäftsprozesse analysiert. Je nach identifiziertem Bedarf wird auf bestimmte Ansätze, z.B. Statistische Prozesskontrolle, FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), QFD (Quality Function Deployment) fokussiert.

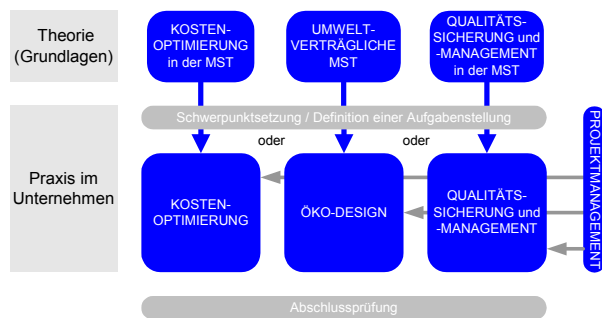
Die Beratungsphase endet mit konkreten Empfehlungen für Optimierungen – je nach vereinbarter Zielstellung –, ggf. kann auch die Umsetzung noch Teil des Beratungsvorhabens sein. Die Erfahrungen und erstellten Unterlagen stellen die Basis für die zweite Phase, die Entwicklung von Bildungsmodulen, dar.

## 4 Entwicklung von Bildungsmodulen und Durchführung von Bildungsveranstaltungen

Zielgruppe der zu entwickelnden Bildungsangebote sind für die Themenfelder Kosten und Qualität vorrangig ausgebildete Mikrotechnologe / -innen (und vergleichbar qualifizierte Seiteneinsteiger / -innen) mit mehrjähriger Berufspraxis, aber auch Ingenieure / -innen. Die Bildungsmodule eignen sich zudem zur

Integration in das MST-Studium bzw. in die Erstausbildung. Die Umweltthematik ist bevorzugt als Bildungskomponente in Erstausbildung und Studium zu verstehen.

Angestrebt wird, Theorie und Praxis in den Bildungsmodulen eng miteinander zu verzahnen. (siehe **Bild 3**). Sicherergestellt werden soll dies durch die Arbeit an konkreten praktischen Aufgabenstellungen. Nach einer theoretischen Einführung in das Thema und der Definition einer eindeutigen Aufgabenstellung bearbeitet der Mitarbeiter / die Mitarbeiterin (bzw. der / die Studierende im Rahmen eines Unternehmensaufenthalts) dieses selbstständig. Dabei steht ein Betreuer beratend zur Seite. Das hier angestrebte Weiterbildungskonzept lehnt sich insofern an das Modell der arbeitsprozessorientierten Weiterbildung an. [2]



**Bild 3** Weiterbildungsthemen und -module

Es werden Handreichungen erarbeitet, die – neben der Vermittlung von Grundlagen – auf eine Vorgehensbeschreibung abzielen, die vom Teilnehmer als Hilfestellung für die Bearbeitung einer praktischen Aufgabe verwendet werden können. Vergleichbar zum APO-Modell wird ein Referenzprozess beschrieben, der insbesondere das Projektmanagement strukturieren, aber keine fachlichen Details vermitteln soll.

Ziel ist neben der Herausbildung fachlicher Kompetenzen in den benannten Themenfeldern die Förderung des vernetzten Denkens, insbesondere im Hinblick auf die Analyse und Optimierung von prozessübergreifenden Aspekten. Darüber hinaus werden durch die Projektarbeit weitere Kompetenzen u.a. in den Bereichen Arbeitsorganisation, Kommunikation und Dokumentation erworben.

## 5 Weiteres Vorgehen – Unternehmensbeteiligung

Zurzeit befindet sich das dargestellte Weiterbildungskonzept noch in der Planungsphase. Um eine möglichst praxisingerechte Ausrichtung zu gewährleisten, wird bereits zu diesem frühen Zeitpunkt auf die Möglichkeit für Unternehmen zur Beteiligung hingewiesen:

Zum einen werden noch MST-Unternehmen gesucht, die an der Durchführung der o.g. Beratungsvorhaben interessiert sind und dabei von den Projekterfahrungen der MANO-Partner profitieren wollen. Des Weiteren sind die Unternehmen aufgerufen, ihren Aus- und Weiterbildungsbedarf zu artikulieren, um die Bildungskonzepte entsprechend ausrichten zu können.

## 6 Literatur

- [1] [www.M-A-N-O.net](http://www.M-A-N-O.net)
- [2] Ausführlicher zu dem arbeitsprozessorientierten Weiterbildungskonzept siehe <http://www.apo-it.de>