Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien – Bestands- und Bedarfserhebung in Österreich

neuberger research, Mag. Robert Neuberger Markt- und Meinungsforschung
3s Unternehmensberatung GmbH, Dr. Stefan Humpl
RSI-Consulting, Dr. Rudolf Schamschule, MBA

AutorInnen:
Dr. Stefan Humpl, Mag. Robert Neuberger, MMag. Sigrid Nindl, Mag. (FH) Maria Magdalena Öller, Dr. Rudolf Schamschule, MBA

Wien, Dezember 2006

Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien – Bestands- und Bedarfserhebung in Österreich

Ein Kooperationsprojekt von:

neuberger research, Mag. Robert Neuberger Markt- und Meinungsforschung
3s Unternehmensberatung GmbH, Dr. Stefan Humpl
RSI-Consulting, Dr. Rudolf Schamschule, MBA

AutorInnen:
Dr. Stefan Humpl, Mag. Robert Neuberger, MMag. Sigrid Nindl, Mag. (FH) Maria Magdalena Öller, Dr. Rudolf Schamschule, MBA

MitarbeiterInnen:
Monika Auzinger, Mag. Florian Holzinger, Dr. Michaela Jonach, Mag. Monika Prokopp, Daniel Rössler, Parissa Yazdani-Biuki

Grafik, Layout:
Mag. Thomas Vesely

Wien, Dezember 2006

Inhalt

Abstract ..... **xii**

Management Summary (D) ..... **xiv**

Management Summary (E) ..... **xxiii**

1 Einleitung **1**
1.1 Projekthintergrund 1
1.2 Definitionen von Nanowissenschaften und Nanotechnologien 3
1.3 Aufbau der Studie 3

2 Aus- und Weiterbildung **5**
2.1 Aus- und Weiterbildungsangebot im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien 5
2.1.1 Aus- und Weiterbildungsangebot an höheren technischen (Bundes-) Lehranstalten 6
2.1.2 Aus- und Weiterbildungsangebot an Fachhochschulen 7
2.1.3 Aus- und Weiterbildungsangebot an Universitäten 9
2.1.4 Geplante Aus- und Weiterbildungsangebote im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien 12
2.2 Nanothemen in der Aus- und Weiterbildung 14
2.3 Qualifikationen 20
2.3.1 Eingangsqualifikationen 20
2.3.2 Vorbildung der SchülerInnen bzw. Studierenden 22
2.3.3 Ausgangsqualifikationen 25
2.3.3.1 Höhere technische (Bundes-)Lehranstalten 26
2.3.3.2 Fachhochschulen 28
2.3.4 Qualifikationslevels 32
2.4 Nachfrage bei nanorelevanten Aus- und Weiterbildungsangeboten 35
2.4.1 Allgemeine Studierendennachfrage im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien 35
2.4.2 Geschlechtsspezifische Nachfrage 37

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2.4.3 Nachfrage ausländischer SchülerInnen bzw. Studierender 39
2.5 Kooperationen im nanorelevanten Aus- und Weiterbildungssektor 42
2.5.1 Situation an den höheren technischen (Bundes-)Lehranstalten 43
2.5.2 Situation an den Fachhochschulen 45
2.5.3 Situation an den Universitäten 46
2.6 Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien 2000 – 2010 52
2.6.1 Allgemeine Entwicklung der Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien 53
2.6.2 Bedeutungsentwicklung in Relation zu Bundesland, Thema und Qualifikation 54
2.7 Potenziale und Optimierungsmöglichkeiten 58
2.7.1 Potenziale des Angebots 58
2.7.2 Optimierungsmöglichkeiten auf interner Ebene 60
2.7.3 Optimierungsmöglichkeiten auf externer Ebene 62
2.7.4 Optimierungspotenziale bei Förderabläufen 64

3 Unternehmenssektor und dessen Bildungsnachfrage 69
3.1 Einleitung 69
3.2 Ergebnisse der qualitativen ExpertInnenbefragung 69
3.2.1 Einleitung 69
3.2.2 Trends bei der wirtschaftlichen Umsetzung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien 71
3.2.3 Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien 74
3.2.4 Qualifikationsmuster in Nanowissenschaften und Nanotechnologien 77
3.2.5 Interne und externe Weiterbildung 91
3.2.6 Vorschläge zur Verbesserung des Aus- und Weiterbildungsangebotes in Österreich und Förderungswünsche aus Sicht der ExpertInnen 94
3.3 Ergebnisse der quantitativen Firmenbefragungen 97
3.3.1 Affinität der österreichischen Wirtschaft zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien – Struktur nach Betriebsgröße, Branchen und regionaler Verankerung 97
3.3.2 Status und Trends der Aktivitäten zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien 104
3.3.3 Nanowissenschaften und Nanotechnologien – Technologiefelder und Anwendungsgebiete 105
3.3.4 F&E-Kooperationen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien 112

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

3.3.5 Segmentierung der Unternehmen, nanobezogene Beschäftigung und Bildungsstruktur 114
3.3.6 Aufbau der Nanoqualifikationen in Unternehmen 133
3.3.7 Ergebnisse der Vorerhebung 135
3.3.8 Einschätzung der Nanorelevanz durch bereichsfremde Firmen verwandter Branchen 139

4 Beispiele internationaler Maßnahmen 144
4.1 Einleitung 144
4.2 Gesamteuropäische Ebene 146
4.3 Deutschland 147
4.3.1 Maßnahmen in Deutschland – Hintergrund 147
4.3.2 Beispiele für Förderungen in Deutschland 149
4.4 Schweiz 154
4.5 Weitere internationale Beispiele von Fördermaßnahmen für nanorelevante Aus- und Weiterbildungen 157
4.5.1 Niederlande 157
4.5.2 Dänemark 158
4.5.3 Frankreich 158
4.5.4 Schweden 158
4.5.5 Finnland 159
4.6 Resümee 160

5 Kernergebnisse, Handlungsoptionen, Szenarien 165
5.1 Einleitung 165
5.2 Gegenüberstellung Angebot und Nachfrage Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien 165
5.3 Handlungsoptionen aus Sicht der Aus- und Weiterbildungsträger 171
5.3.1 Aufbau von Lehrkompetenz auf Hochschulebene 171
5.3.2 Einrichtung neuer Studienangebote im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien 172
5.3.3 Anerkennung von Vorkenntnissen aus verwandten Aus- und Weiterbildungsbereichen, Förderung von individuellen und modularen Studienmodellen 174
5.3.4 Etablierung anwendungsorientierter Aus- und Weiterbildungen auf Berufsbildungsebene 175
5.3.5 Förderung von Top-Level-Personal, Etablierung mittel- und langfristiger Personalentwicklungskonzepte im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien 177

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

5.3.6 Infrastrukturelle Zusammenarbeit im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien 178
5.3.7 Förderung des gezielten internationalen Wissenstransfers 179
5.3.8 Förderung von Lehrinfrastruktur auf Sekundarebene 180
5.3.9 Förderung von Nano-Aus- und Weiterbildung für MitarbeiterInnen in Unternehmen 182
5.3.10 Begrenzte Mitarbeit an Nano-Forschungsprojekten 183
5.3.11 Förderung des Wissenstransfers von Bildungseinrichtungen an Unternehmen 184
5.3.12 Förderung des Wissenstransfers von Unternehmen an Bildungseinrichtungen 186
5.3.13 Förderung des Wissenstransfers von SpezialistInnen an Unternehmen 186
5.3.14 Informationsmedien zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich 187
5.4 Szenarien 189
5.4.1 Einleitung 189
5.4.2 Mitteleinsatz-Nutzen-Profil und Wechselwirkungen der Maßnahmenbündel 192
5.4.3 Vergleich der Maßnahmenbündel – erwarteter Nutzen und Mitteleinsatz, Extremszenarien 198
5.4.4 Auswertung der Szenarienanalyse 203

6 Empfehlungen 206
6.1 Einleitung 206
6.2 Überblick 206
6.3 Erhobene Handlungsoptionen ohne Empfehlungen 209
6.4 Empfehlungen zur Entwicklung der österreichischen Hochschullandschaft im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien 210
6.4.1 Empfehlung A1: Verstärkte Positionierung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Hochschulwesen 211
6.4.2 Empfehlung A2: Förderung von Nano-Diplomarbeiten und -Dissertationen 213
6.4.3 Empfehlung A3: Informationskampagnen zur Verbreitung des Zugangs von BildungsinteressentInnen und Unternehmen 215
6.5 Empfehlungen für das Sekundarschulwesen 217
6.5.1 Empfehlung B1: Vorbereitung des technischen berufsbildenden Schulwesens auf die kommende Anwendungsorientierung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien 217

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

6.5.2 Empfehlung B2: Steigerung der Awareness bei allen SchülerInnen der Sekundarstufe für Nanowissenschaften und Nanotechnologien 219
6.6 Ergänzende Empfehlungen 221
6.6.1 Empfehlung C1: Informationskampagne „Österreichische Unternehmen lernen von erfolgreichen österreichischen Nano-Vorreitern“ 221
6.6.2 Empfehlung C2: Gemeinschaftliche Nutzung von Nano-Ausbildungsinfrastruktur 222

7 Anhang: Methodik 223
7.1 Methodik der Erhebungen im Aus- und Weiterbildungssektor 223
7.1.1 Ermittlung nanorelevanter Aus- und Weiterbildungsanbieter 223
7.1.1.1 Recherche nanorelevanter Aus- und Weiterbildungsangebote 223
7.1.1.2 Ergänzungen der Recherche 225
7.1.1.3 Ergebnis von Recherche und Ergänzung: Grundgesamtheit der Erhebung 226
7.1.2 Ergebnisse der Kontaktierungen 226
7.1.3 Durchführung der Erhebung 229
7.1.4 Relevanz der Begriffsdefinition „Nano“ 231
7.2 Methodik der Erhebungen bei Unternehmen 233
7.2.1 Methodik der qualitativen Erhebung 235
7.2.2 Methodik der quantitativen Erhebungen 237
7.3 Methodik der Erhebungen bei internationalen ExpertInnen 240
7.4 Interviews mit nationalen BildungsexpertInnen 241

8 Literatur 243

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabellen

Tabelle 2.1 Korrelation der behandelten Nanothemen 19
Tabelle 3.1 Erforderliche methodische und soziale Kompetenzen für Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Überblick 85
Tabelle 3.2 Nanoaffine Unternehmen nach Wirtschaftsabschnitten 99
Tabelle 3.3 Nanoaffine Unternehmen in den Wirtschaftsabschnitten D „Sachgütererzeugung“ und K „Unternehmensnahe Dienstleistungen“ nach Wirtschaftsabteilung; Anzahl der Unternehmen je Wirtschaftsabteilung mit zumindest zehn oder mehr nanoaffinen Unternehmen 101
Tabelle 3.4 Nanobezug der einschlägigen Aktivitäten von 2000 bis 2010 105
Tabelle 3.5 Anwendungsfelder der Nanowissenschaften und Nanotechnologien 109
Tabelle 3.6 Anwendungsfelder der Nanowissenschaften und Nanotechnologien – Kombinationen 111
Tabelle 3.7 Segmentierung der Nanotechnologie-Unternehmenslandschaft nach wirtschaftlicher Bedeutung der Nanotechnologie für das Unternehmen 115
Tabelle 3.8 Segmentierung der nanoaffinen Firmen 2005 und 2010, aktuell und erst zukünftig nanoaktive Firmen im Vergleich 117
Tabelle 3.9 Beschäftigte in Nano-Aufgabenfeldern nach Technologiefeld, in % der einschlägigen Beschäftigung der Referenzjahre 2000, 2005 und 2010 im Vergleich (Mehrfachnennungen zu Technologiefeldern) 121
Tabelle 3.10 MitarbeiterInnen mit Aufgaben im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien, nach formellem Bildungsabschluss und Fachrichtung, in % der Unternehmen, 2005 129
Tabelle 3.11 MitarbeiterInnen mit Aufgaben im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien, nach formellem Bildungsabschluss und Fachrichtung, in % der Unternehmen, 2010 130
Tabelle 3.12 MitarbeiterInnen mit Aufgaben im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien, erwartete Paarungen an Hochschulfachrichtungen im Unternehmen, in % der Unternehmen, 2010 131
Tabelle 4.1 Grobbewertung der einzelnen Maßnahmenbeispiele 162
Tabelle 5.1 Bildungseinrichtungen (A) und bereits in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktive Unternehmen (N) im Vergleich nach Technologiefeldern, in % des Technologiefeldes (Mehrfachnennungen) 167
Tabelle 5.2 14 Maßnahmenbündel 189

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 5.3 Beispiel für ein in den Szenarien bewertetes Maßnahmenbündel 194
Tabelle 5.4 Berechnung des Mitteleinsatz-Niveaus pro Maßnahmenbündel 195
Tabelle 5.5 Optimale Förderung aufgrund der Mitteleinsatz-Nutzen-Relation je Maßnahmen nach Frist 204
Tabelle 7.1 Grundgesamtheit und Stichprobe der quantitativen Unternehmenserhebungen..... 237

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildungen

Abbildung 1 Nanotechnologie-Unternehmen nach Segment – 2000, 2005 und 2010 xv
Abbildung 2 Unternehmen, die sich derzeit oder zukünftig mit Nanowissenschaften und Nanotechnologien beschäftigen, nach Bundesland und Betriebsgrößenklasse, absolut xvi
Abbildung 3 Schätzung der absoluten Veränderung der Beschäftigten in Nanowissenschaften und Nanotechnologien nach Bildungsebene – 2000, 2005 und 2010 xvii
Abbildung 4 Regionale Verteilung der Qualifikationsniveaus xviii
Abbildung 5 Ableitung von Empfehlungen xxi
Scheme 1 Businesses with nanotechnological focus in 2000, 2005 and 2010 xxiii
Scheme 2 Businesses with nano-activities (actual or planned, in absolute numbers) xxiv
Scheme 3 Estimation of absolute changes in nano-employment xxv
Scheme 4 Regional distribution of qualification levels xxvi
Scheme 5 Recommendations xxviii
Abbildung 2.1 Behandelte Nanothemen im Aus- bzw. Weiterbildungsangebot 15
Abbildung 2.2 Nanothemen und ihre Verteilung nach Bundesländern 18
Abbildung 2.3 Verteilung der Aus- und Weiterbildungsangebote auf Qualifikationslevels 32
Abbildung 2.4 Regionale Verteilung der Qualifikationsniveaus 33
Abbildung 2.5 Qualifikationsniveaus in Relation zu behandelten Nanothemen 34
Abbildung 2.6 Nachfrage in Relation zu den Qualifikationslevels 36
Abbildung 2.7 Nachfrage weiblicher SchülerInnen bzw. Studierender 38
Abbildung 2.8 Nachfrage weiblicher SchülerInnen bzw. Studierender je Qualifikationslevel 39
Abbildung 2.9 Nachfrage ausländischer SchülerInnen bzw. Studierender 40
Abbildung 2.10 Nachfrage ausländischer SchülerInnen bzw. Studierender je Qualifikationslevel 41
Abbildung 2.11 Bedeutungsentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien 2000 – 2010 54
Abbildung 2.12 Bedeutungsentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf Bundesländer-Ebene 55
Abbildung 2.13 Bedeutungsentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Relation zu behandelten Nanothemen 56

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 2.14 Bedeutungsentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Relation zum Qualifikationslevel 57
Abbildung 3.1 Betriebsgröße nach Tätigkeitsfeldern in Prozent 71
Abbildung 3.2 Umsatzentwicklung im Bereich Nanotechnologie bis 2010 nach Tätigkeitsbereichen in Prozent 75
Abbildung 3.3 Beschäftigungsentwicklung im Bereich Nanotechnologie bis 2010 nach Tätigkeitsbereichen in Prozent 77
Abbildung 3.4 Besteht in Österreich ein Mangel an Nanotechnologie-SpezialistInnen, die bereits im Ausland verfügbar sind? (nach Tätigkeitsbereichen in Prozent) 88
Abbildung 3.5 Nanoaffine Unternehmen nach Betriebsgrößenklasse 98
Abbildung 3.6 Unternehmen, die aktuell oder zukünftig im Nanobereich aktiv sind, nach Bundesland und Betriebsgrößenklasse, absolut 102
Abbildung 3.7 Bereits nanoaffine Unternehmen, nach Bundesland und Betriebsgrößenklasse, absolut 103
Abbildung 3.8 Nanoaffine Unternehmen mit zukünftiger Nanoaktivität, nach Bundesland und Betriebsgrößenklasse, absolut 104
Abbildung 3.9 Verwendung der Erkenntnisse aus Nanowissenschaften und Nanotechnologien 106
Abbildung 3.10 Verwendung der Erkenntnisse aus Nanowissenschaften und Nanotechnologien nach Nanotechnologie-Feld in Prozent der Firmen mit Angaben zu Umsetzungsplänen 107
Abbildung 3.11 Verteilung der Nanoaktivitäten je Nanotechnologie-Feld und Bundesland, in Prozent aller nanoaffinen Unternehmen/Institutionen 108
Abbildung 3.12 Kooperationen mit Forschungseinrichtungen 113
Abbildung 3.13 Nanotechnologie-Unternehmen nach Segment – 2000, 2005 und 2010 116
Abbildung 3.14 Betriebe mit Nanobeschäftigten und Nanobeschäftigte, Index 2005=100%, und durchschnittliches jährliches Wachstum 118
Abbildung 3.15 Nanobeschäftigung nach Segmenten, Anteil der einschlägigen Beschäftigung des Segmentes in den Referenzjahren 2000, 2005 und 2010 119
Abbildung 3.16 Beschäftigte mit Nanotechnologie-Bezug – Anteil der Betriebsgrößenklassen in Prozent für die Jahre 2000, 2005 und 2010 120
Abbildung 3.17 Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben, in Prozent des Gesamtbestandes – 2005, 2010 122
Abbildung 3.18 Schätzung der Veränderung der Bildungsstruktur nach Bildungsebene – 2000, 2005 und 2010 123

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.19 Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben nach Nanotechnologie-Firmensegmenten, 2005 125
Abbildung 3.20 Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben nach Nanotechnologie-Firmensegmenten, 2010 126
Abbildung 3.21 Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben nach Betriebsgrößenklassen, 2005 127
Abbildung 3.22 Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben nach Betriebsgrößenklassen, 2010 127
Abbildung 3.23 Funktionsebenen der Nanobeschäftigten, 2005 und 2010 im Vergleich 132
Abbildung 3.24 Arbeitsbereiche der Nanobeschäftigten, 2005 und 2010 im Vergleich 133
Abbildung 3.25 Methoden zum Aufbau von betrieblichen Nanoqualifikationen, in % der RespondentInnen 134
Abbildung 3.26 Quellen externer Weiterbildung der Unternehmen 135
Abbildung 3.27 Einschätzung des eigenen Wissensstandes zu Aspekten der Nanotechnologie in Österreich, nach Nanotechnologie-Aktivität 137
Abbildung 3.28 Informationswünsche zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien 138
Abbildung 3.29 Einsatz von Nanotechnologie in der eigenen Branche 141
Abbildung 3.30 Bewertung von Gründen, sich für Nanotechnologie-Einsatzmöglichkeiten zu interessieren 142
Abbildung 3.31 Bewertung von Aussagen zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien 143
Abbildung 5.1 Bildungseinrichtungen und bereits in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktive Unternehmen im Vergleich nach Bundesländern, absolut 166
Abbildung 5.2 Geschätzte Beschäftigung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien nach Qualifikationsebene – 2000, 2005 und 2010 169
Abbildung 5.3 Einbindung der Szenarien ins Untersuchungsmodell 190
Abbildung 5.4 Einbindung der Szenarien ins Untersuchungsmodell 191
Abbildung 5.5 Mitteleinsatz-Nutzen-Profil der einzelnen Maßnahmenbündel nach Förderintensität und Fristigkeit 196
Abbildung 5.6 Nutzen und Mitteleinsatz bei mittlerem und starkem Fördereinsatz – kurzfristig 200
Abbildung 5.7 Zusatznutzen und Mitteleinsatz bei mittlerem und starkem Fördereinsatz – mittelfristig 201
Abbildung 5.8 Nutzen und Mitteleinsatz bei mittlerem und starkem Fördereinsatz – langfristig 202

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 5.9 Mitteleinsatz-Nutzen-Profil ausgewählter Szenarien: 1. durchgehend mittlerer Fördermitteleinsatz, 2. günstiger Fördermitteleinsatz und 3. durchgehend starker Fördermitteleinsatz 205
Abbildung 7.1 Ergebnisse der telefonischen Kontaktaufnahme 227
Abbildung 7.2 Ergebnisse der Kontaktaufnahme über E-Mail 228
Abbildung 7.3 Gesamtergebnis der Kontaktaufnahme 229
Abbildung 7.4 Erhebungsdesign der empirischen Untersuchungen im Unternehmenssektor 235

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abstract

Nanowissenschaften und Nanotechnologien gelten als die Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Ihnen wird nicht nur ein sehr großes Potenzial für technologischen Fortschritt und Entwicklung zugeschrieben, sondern auch ein hohes Umsatzpotenzial für die Zukunft attestiert. Die Innovationen und Anwendungen von Nanotechnologie können in sehr unterschiedlichen (ökonomischen) Bereichen festgestellt werden. Zwar beruhen Innovationen und Veränderungen oftmals auf dem Einsatz nanotechnologischer Materialien und Verfahren, allerdings ist ihr Einsatz auf den ersten Blick nicht immer erkennbar. Der Nanotechnologie wird daher der Status einer „enabling technology" zugesprochen, die durch neuartige Effekte und Eigenschaften von Materialien Innovationen ermöglicht.

Nanowissenschaften und Nanotechnologien spielen auch im österreichischen Technologiesektor bereits eine nicht mehr zu vernachlässigende Rolle. Das hohe erwartete wirtschaftliche Wachstum, welches durch internationale Studien bestätigt wird, führt zu einer steigenden Nachfrage nach neuen Querschnittsausbildungen dieser jungen Technologien in Österreich. Dieser Sektor ist primär forschungsgetrieben und von sehr hoch qualifizierten MitarbeiterInnen besetzt. Das Firmenpotenzial ist regional und inhaltlich hoch diversifiziert und die wirtschaftlichen Kompetenzen sind noch nicht ausreichend durch Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten fundiert.

Die österreichische Aus- und Weiterbildungslandschaft für Nanowissenschaften und Nanotechnologien ist v.a. durch Hochschulangebote geprägt. Auf Ebene der Sekundarstufe werden nanorelevante Themen nur im Sinne genereller Informationen bzw. in ersten spezifischen Anwendungsbereichen erwähnt. Auf Postsekundarebene ist das Angebot deutlich differenzierter. Der Qualifikationsbestand ist für den aktuellen Arbeitsmarkt strukturell unzureichend.

Mittelfristig ist durch den beginnenden „Umsetzungsschub" von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Unternehmen von einem wachsenden Personalbedarf auszugehen, der Druck auf die Aus- und Weiterbildung erzeugt. Der Beschäftigtenstand in Nanowissenschaften und Nanotechnologien soll sich bis 2010 mehr als verdoppeln und wird die Aus- und Weiterbildungseinrichtungen vor quantitativ und qualitativ neue Herausforderungen stellen. Personalmangel wird auf allen Ausbildungsebenen erwartet, die höchsten Personalzuwachsraten dürften in Qualifikationsprofilen mit hoher Anwendungs- und Umsetzungsorientierung zu erwarten sein.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Basierend auf den ermittelten Marktdaten für Angebot und Nachfrage an Aus- und Weiterbildung in Nanotechnologie-Themen wurden mittels Szenarientechnik und Vergleich mit bisherigen nationalen wie internationalen Förderinitiativen Empfehlungen für zukünftige Fördermaßnahmen in Österreich abgeleitet. Diese Handlungsoptionen spannen einen Bogen von der interdisziplinären Schwerpunktsetzung an Hochschulen, dem Wissenstransfer für Unternehmen über die Kanalisierung von Lehrinfrastruktur bis hin zu Awareness-Building-Aktivitäten.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Management Summary (D)

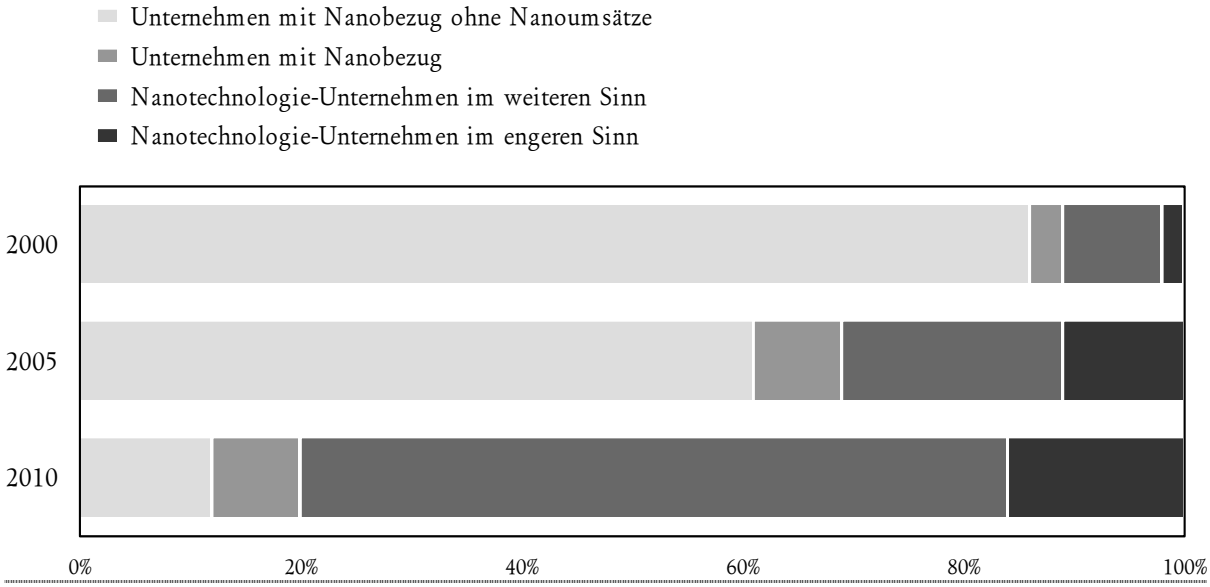
Die Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien ist in Österreich eng an die Forschungs- und Entwicklungslandschaft gekoppelt. Als kleine Volkswirtschaft mit hohem Potenzial der Technologieadaptierung ist trotz eines im europäischen Vergleich späten Einstiegs in diese hoch diversifizierte Hightech-Landschaft eine aktive Kerngruppe von Unternehmen und Bildungseinrichtungen entstanden. Nanotechnologie in Österreich befindet sich im erweiterten Aufbaustadium und bedarf als Hochtechnologie zum einen substanzieller Betreuung bei der Gründung von Kernkompetenzen und Netzwerken sowie zum anderen vor allem Quellen des Know-hows und Humanressourcen.

Grundvoraussetzungen für die Etablierung von Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten für Nanowissenschaften und Nanotechnologien sind im österreichischen Bildungssystem gegeben, es stellt sich daher eher die Frage nach der konkreten Ausformulierung derartiger Bildungsangebote. Diese müssen auf die Anforderungen der internationalen Entwicklungen sowie der heimischen Akteure hin passend entwickelt werden.

Nanotechnologie wird von den österreichischen Unternehmen dieser Branche mittelfristig als Betätigungsfeld mit großem Wachstumspotenzial eingeschätzt. Dies zeigt sich deutlich in der Erwartung steigender Umsätze österreichischer Unternehmen in nanorelevanten Geschäftsfeldern sowie im prognostizierten Anstieg der Beschäftigungsentwicklung in diesem Sektor.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 1
Nanotechnologie-Unternehmen nach Segment – 2000, 2005 und 2010



Quelle: Eigene Erhebung

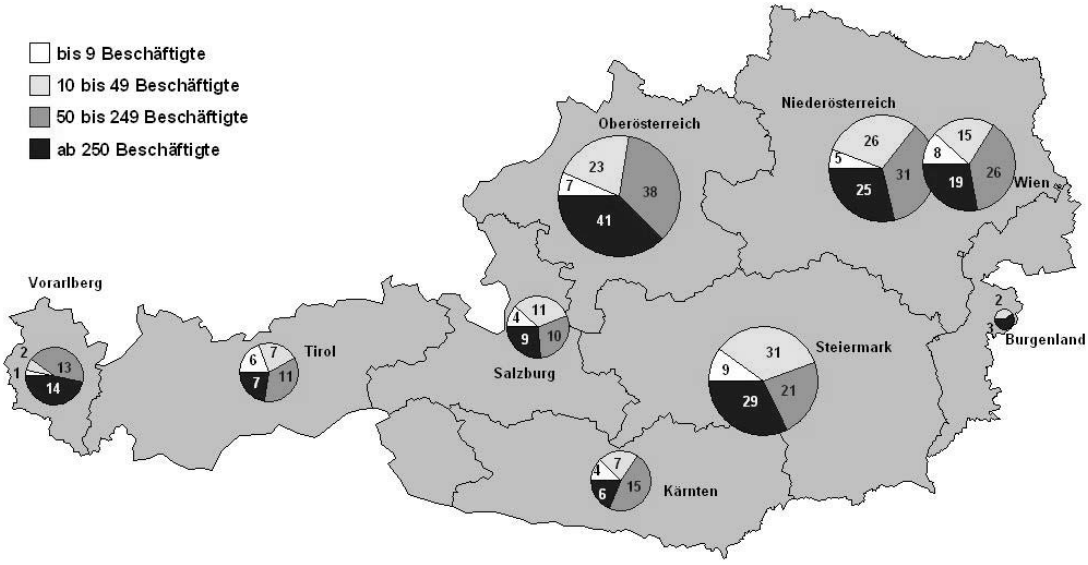
In Österreich ist der Übergang von der Entwicklung zur Produktion und Anwendung mittelfristig zu erwarten. Für 2010 gibt die Unternehmensszene an, nicht mehr nur in Forschung und Entwicklung, sondern auch signifikant in der Herstellung und Anwendung von Nanotechnologie tätig zu sein. Trotz dieser Euphorie werden bei der Entwicklung von Nanotechnologie Unsicherheiten und Risiken gesehen, die aus Sicht der Befragten aber mit dem Übergang von der Entwicklung zur Produktion, also mit dem wirtschaftlichen Take-off der Nanotechnologie, überwunden werden sollen.

Neben der Intensivierung der Produktion wird weiterhin auch die Grundlagenforschung im Bereich Nanotechnologie ihre wichtige Rolle nicht verlieren. Daher sind für die Beschäftigungsentwicklung zwei Trends absehbar:

Einerseits steigt der Bedarf an hoch qualifizierten wissenschaftlichen Fachkräften für Forschung und Entwicklung und andererseits wird eine stark zunehmende Nachfrage nach technischen Fachkräften mit unterschiedlichem Ausbildungsniveau (HTL-, FH-, aber auch UniversitätsabsolventInnen) erwartet. Diese werden vor allem für die Überführung der Forschungsergebnisse in die Herstellung von industriell gefertigten Produkten sowie für die Anpassung der Produktionsabläufe an die Notwendigkeiten der neuen Technologien verantwortlich sein. In der Folge werden betriebswirtschaftliche und organisatorische Kompetenzen zunehmend an Bedeutung gewinnen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 2
Unternehmen, die sich derzeit oder zukünftig mit Nanowissenschaften und Nanotechnologien beschäftigen, nach Bundesland und Betriebsgrößenklasse, absolut



Quelle: Eigene Erhebung

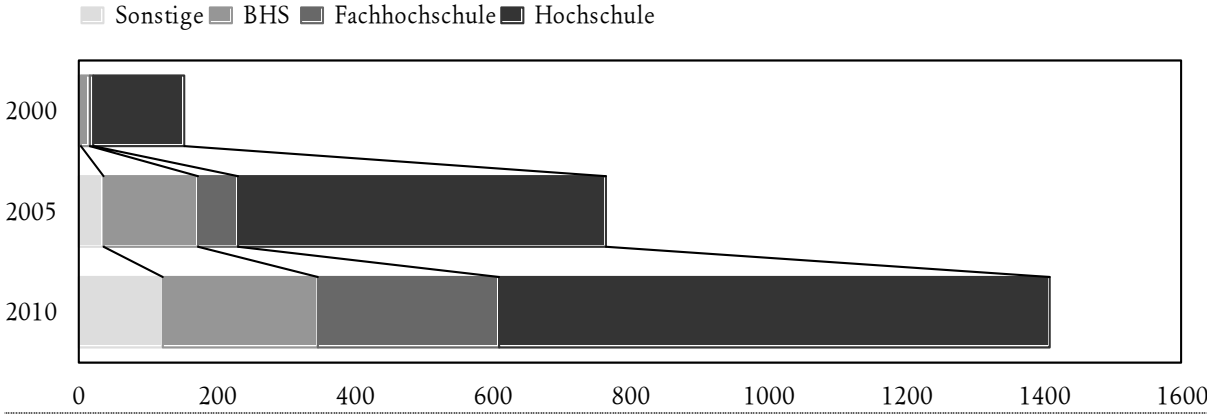
*) Nur Firmen mit Angaben zur Betriebsgrößenklasse (n=486)

Die in einer Online-Befragung kontaktierten Firmen beschäftigen derzeit über 750 Personen im Aufgabenfeld Nanotechnologie; ihre kumulierten Einschätzungen ergeben für 2010 rund 1.400 MitarbeiterInnen mit einschlägigen Tätigkeiten. Mittelfristig ist somit von etwa einer Verdoppelung des einschlägigen Beschäftigtenstandes auszugehen.

Bis 2010 wird sich die Bildungsstruktur von MitarbeiterInnen im Aufgabenfeld Nanowissenschaften und Nanotechnologien deutlich wandeln. Der Anteil der UniversitätsabsolventInnen in einschlägigen Tätigkeiten wird von 70% auf rund 60% fallen, FachhochschulabsolventInnen werden ihren Anteil in etwa verdoppeln und zirka 20% erreichen. Der Anteil an einschlägig qualifiziertem Personal aus berufsbildenden höheren Schulen soll 2010 bei in etwa 15% stagnieren (Restanteil: andere Qualifikationsebenen). Absolut gesehen, wird die Beschäftigtenzahl in jeder Bildungsebene zunehmen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3
Beschäftigten in Nanowissenschaften und Nanotechnologien nach Bildungsebene, absolut – 2000, 2005 und 2010

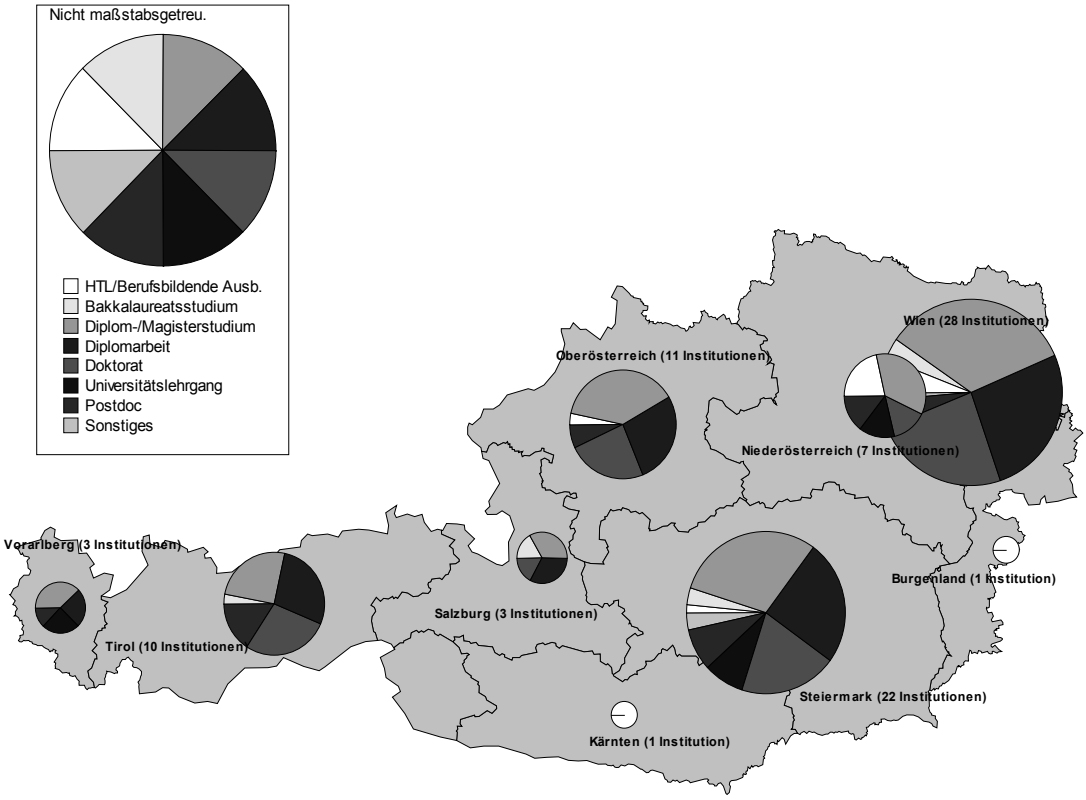


Quelle: Eigene Berechnungen

Die österreichische Aus- und Weiterbildungslandschaft für den Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien ist vor allem durch Hochschulangebote geprägt. Insbesondere in den regionalen Ausbildungszentren Wien, Steiermark, Oberösterreich und Tirol wurden an den dortigen Hochschulen (Universitäten und Fachhochschulen) bereits vermehrt nanorelevante Aus- und Weiterbildungsangebote etabliert, wobei vor allem eine Konzentration auf dieses Thema in späteren Studienabschnitten, im Rahmen von Diplomarbeiten, Dissertationen, oder auch im Rahmen von Postdoc-Programmen erfolgt.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 4
Regionale Verteilung der Qualifikationsniveaus



Quelle: 3s-Erhebung (n=87)

*) Ein Interviewpartner aus Salzburg gab ein, keinerlei nanorelevante Ausbildung, sondern ausschließlich Forschung auf dem Gebiet zu betreiben.

Auf Ebene der Sekundarstufe finden bislang Lehrinhalte aus Nanowissenschaften und Nanotechnologien nur in Ausnahmefällen Aufnahme. Meist handelt es sich dabei um sehr spezialisierte technische Ausbildungen oder um recht allgemeine Informationen zum Thema Nanowissenschaften und Nanotechnologien, um dieses breiteren Bildungsschichten erstmals zugänglich zu machen. Dies ist ein deutliches Indiz dafür, dass die Umsetzungskapazitäten von nanorelevanten Forschungsergebnissen derzeit kaum auf die notwendigen Humanressourcen treffen können.

Die wichtigsten Themen innerhalb der Nanowissenschaften und Nanotechnologien in der österreichischen Aus- und Weiterbildungslandschaft sind vor allem „Nanomateria-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

lien“, mit denen sich annähernd drei Viertel aller nanorelevanten Aus- und Weiterbildungsangebote beschäftigten, gefolgt von „Analytik & Metrologie“ sowie „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“.

Kooperationen sowohl mit Unternehmen als auch mit in- und ausländischen Ausbildungs- und Forschungseinrichtungen wurden von nahezu allen InterviewpartnerInnen als treibende Kraft für die Weiterentwicklung von nanorelevanten Themen in der Aus- und Weiterbildung angesehen. Gerade Kooperationen über „klassische Kooperationsschienen hinweg“ – etwa zwischen technischen und naturwissenschaftlichen Instituten – werden als zielführend für die Forcierung des notwendigen interdisziplinären Knowhows im Nanotechnologie-Bereich angesehen. Zum Teil wurde jedoch auch klar, dass sich aufgrund der spezifischen Konkurrenzsituation vieler österreichischer Aus- und Weiterbildungsstätten auch Hemmnisse für Kooperationen ergeben. Die Rolle der NANO Initiative sowie der relevanten Verbundprojekte und Clusteraktivitäten wurde von vielen InterviewpartnerInnen als wesentlich für die Etablierung von nutzbringenden Kooperationen über Institutionsgrenzen hinweg angesehen.

Vergleichbar der erwarteten wirtschaftlichen Entwicklung von Nanotechnologie wird auch im Aus- und Weiterbildungssektor davon ausgegangen, dass sich bis 2010 die Beschäftigung mit diesem Thema deutlich intensivieren wird. So ist in vielen Bereichen die Etablierung eigener Studienschwerpunkte bis hin zu eigenständigen Studienprogrammen und Studiengängen bereits in Planung.

Optimierungspotenziale für die Aus- und Weiterbildung im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien wurden sowohl auf interner als auch auf externer Ebene gesehen. So wurde häufig die Problematik von hohem Verwaltungsaufwand bei der Antragstellung für nanorelevante Förderungen angesprochen, der – aufgrund des nicht entsprechend qualifizierten Personals – kaum bewältigt werden könnte. Aber auch die teilweise unzureichende Ausstattung, die zu geringen Perspektiven für High Potentials oder die generell notwendige Optimierung von Förderabläufen seien zum Teil Hemmnisse für eine bessere Entwicklung des Aus- und Weiterbildungsangebots. Vor allem in der Zusammenarbeit mit Unternehmen werden manche der Förderabläufe als hemmend angesehen: Beklagt wurden ein zu hohes Risiko, zu lange Dauer bis zur Umsetzung, teils unklare Richtlinien oder Änderungen von finanziellen Vereinbarungen für die Unternehmen.

Der Vergleich des Aus- und Weiterbildungsangebots mit dem konkreten Personalbedarf in Unternehmen und Forschungseinrichtungen zeigt in der derzeitigen Situation vor allem regionale Vernetzungen von Aus- und Weiterbildungsangeboten und Unternehmen, die zur Nachfragedeckung von höchst qualifiziertem Personal beitragen. Vor allem

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

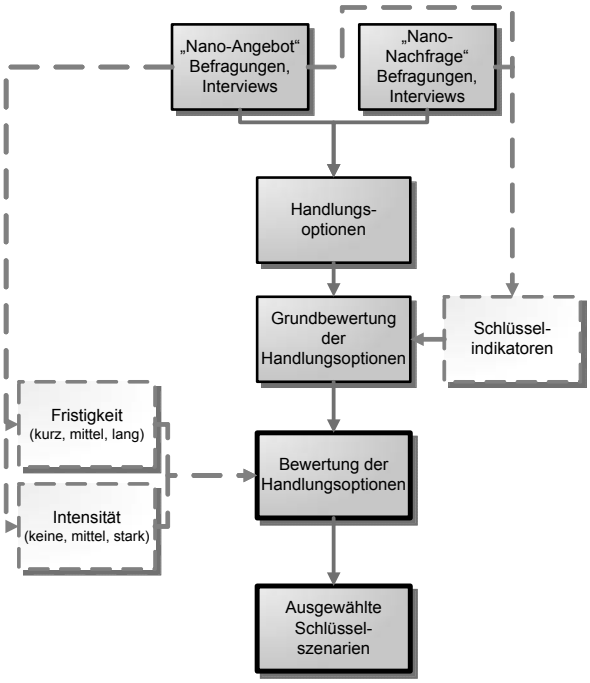
für die Zukunft scheint sich jedoch durch die derzeit von Unternehmensseite beginnende „Umsetzungsorientierung“ von Nanowissenschaften und Nanotechnologien eine deutliche Personalsteigerung abzuzeichnen, die die Anforderungen an das Aus- und Weiterbildungssystem erhöhen wird. So dürfte der Personalbedarf auf allen Qualifizierungsebenen in den nächsten Jahren deutlich zunehmen, insbesondere auf Fachhochschul- und Universitätsebene wird sogar mit einem deutlichen Personalmangel zu rechnen sein, sollte das Aus- und Weiterbildungssystem auf diese Signale nicht angemessen reagieren.

Die ermittelten Marktdaten für die Nachfrage österreichischer Unternehmen nach Aus- und Weiterbildung zu nanotechnologierelevanten Themen wurde dem vorhandenen und zukünftig geplanten Angebot gegenübergestellt. Aus diesen Ergebnissen wurden Handlungsoptionen für den Fördergeber abgeleitet und Schlüsselindikatoren zu deren Bewertung identifiziert:

- „Nano“-Beschäftigung: Der Indikator „Nano“-Beschäftigung spiegelt den Impact der Maßnahmen auf die Nachfrage nach „Nano“-Qualifizierten am Arbeitsmarkt wieder.
- „Nano“-Bildungswesen bzw. –Bildungseinrichtungen: Der Indikator „Nano“-Bildungswesen bzw. –Bildungseinrichtungen ist ein Maß für die Auswirkung der jeweiligen Maßnahmen auf die Angebotssituation im nanorelevanten Ausbildungssektor.
- „Nano“-Awareness Building: Der Indikator „Nano“-Awareness Building bewertet die Maßnahmen nach dem Beitrag zur gesellschaftspolitischen Bewusstseinsbildung zu Nanothemen.
- „Nano“-Wirtschaftspotenzial: In diesen Indikator wird die Erwartung der Marktteilnehmer betreffend des wirtschaftlichen Impacts der Maßnahmen projiziert.
- „Nano“-Arbeitsmarkt: In diesem Indikator wird die Auswirkung der Maßnahmen auf das Gleichgewicht zwischen dem Angebot an Nano-Qualifikationen im Ausbildungssektor (abgebildet in „Nano“-Bildungswesen bzw. –Bildungseinrichtungen) und der Nachfrage an derart Qualifizierten am Arbeitsmarkt (abgebildet in „Nano“-Beschäftigung) bewertet.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 5
Ableitung von Empfehlungen



Quelle: Eigene Darstellung

Die Handlungsoptionen wurden mittels Szenariotechnik hinsichtlich ihres positiven Einflusses auf die Schlüsselindikatoren bewertet und daraus für verschiedene Fristigkeiten (kurz, mittel, lang) die günstigste Intensität des Mitteleinsatzes (keine, mittel, stark) abgeleitet.

Aus den Handlungsoption werden Empfehlungen und ergänzende Maßnahmen herausgearbeitet. Empfohlen werden vor allem wettbewerbliche Maßnahmen, um die erfolgsversprechendsten Proposals in die Umsetzung einzubinden.

Ein erster Block an Empfehlungen betrifft die Entwicklung der österreichischen Hochschullandschaft (Universitäten und Fachhochschulen) für Nanowissenschaften und Nanotechnologien:

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

- Empfehlung A1: Verstärkte Positionierung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien an Universitäten und Fachhochschulen zur stärkeren mittelfristigen Etablierung von dem Arbeitsmarkt entsprechenden Humanressourcen
- Empfehlung A2: Förderung von Nano-Diplomarbeiten und Dissertationen zur kurzfristigen Überbrückung des Personalbedarfs bis zum Greifen von Empfehlung A1.
- Empfehlung A3: Informationskampagnen zur Verbreiterung der Nachfrage nach Aus- und Weiterbildung im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien sowie entsprechende Entwicklung von Arbeitsmärkten in Unternehmen.

Der zweite Block von Empfehlungen richtet sich an das berufsbildende und allgemeinbildende Sekundarschulwesen, um zeitgerecht auf den erwarteten Schub in Richtung Anwendungsorientierung zu reagieren und breite Awareness für die alle Lebensbereiche umfassende Durchdringung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu schaffen.

- Empfehlung B1: Vorbereitung des technischen Schulwesens (auf Ebene der höheren und mittleren technischen Lehranstalten sowie auf relevanter Berufsschulebene) auf die kommende Anwendungsorientierung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien
- Empfehlung B2: Schaffung einer breiten Awareness für Nanowissenschaften und Nanotechnologien durch groß angelegte Informationsoffensiven und Basis-Integration im gesamten höheren Sekundarschulwesen (AHS-Oberstufen, berufsbildende mittlere Schulen, berufsbildende höhere Schulen).

Ergänzende Empfehlungen beinhalten den Ausbau der gemeinschaftliche Nutzung der infrastrukturellen Basis für Aus- und Weiterbildungen auf allen Ebenen sowie die Stärkung der Positionierung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in der österreichischen Unternehmenslandschaft.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

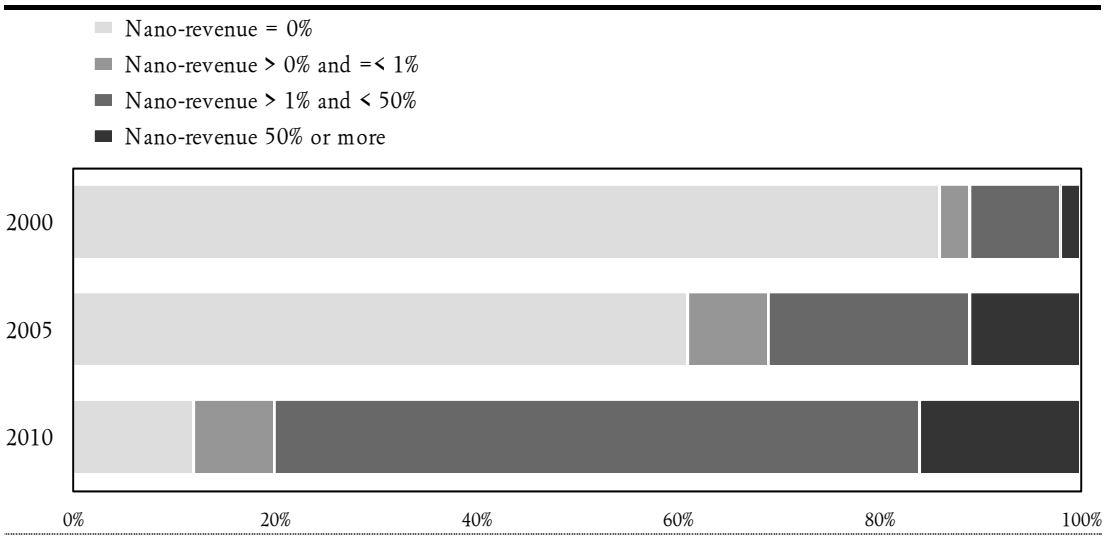
Management Summary (E)

In Austria, nanotechnology-related education and training is closely connected to the existing R&D – institutions. Even though Austria's economy is relatively small, focused activities have supported the formation of a highly productive core nano-team. Currently, nanotechnology can be considered a high growth field in R&D as well as in businesses, where substantial support is needed to encourage future developments.

According to our polls and interviews, all necessary conditions are given for a successful deployment of nano related studies. Further refinements are considered necessary in the reconciliation of national and international supply and demand and in the fine tuning and development of nano related studies.

Due to its high midterm growth potential, Austrian businesses regard nanotechnology as an interesting future market. Expected substantial growth in profit as well as employment clearly reflects these expectations.

Scheme 1
Businesses with nanotechnological focus in 2000, 2005 and 2010



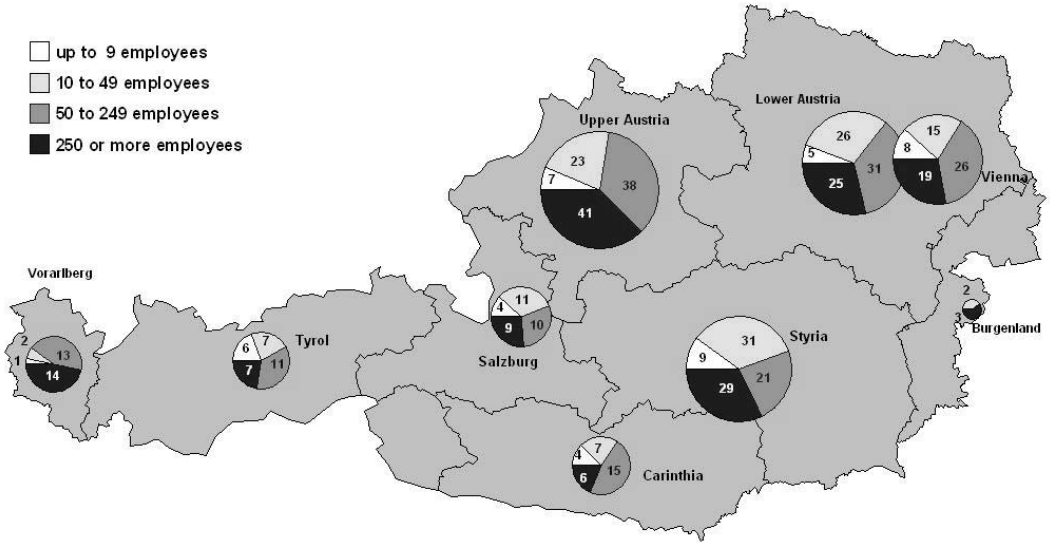
Source: Own poll

Polls show the changeover from R&D to industrial production as imminent. Going to 2010, Austrian businesses expect a significant deployment of nano products and nano production technologies. In addition to the projected increase in nano production, intensified fundamental nano research is expected. Based on this, two main developments can

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

be extrapolated: Demand for highly qualified personnel for R&D positions will increase steeply, combined with additional demand of engineering personnel (graduates from vocational upper secondary schools, universities for applied sciences and research universities). The demand for the latter is based on the demand for projects transferring research into marketable applications and products as well as for the deployment of nano related process innovations. Additional administrative and economic skills will become increasingly important for key personnel.

Scheme 2
Businesses with nano-activities (actual or planned, in absolute numbers)



Source: Own poll

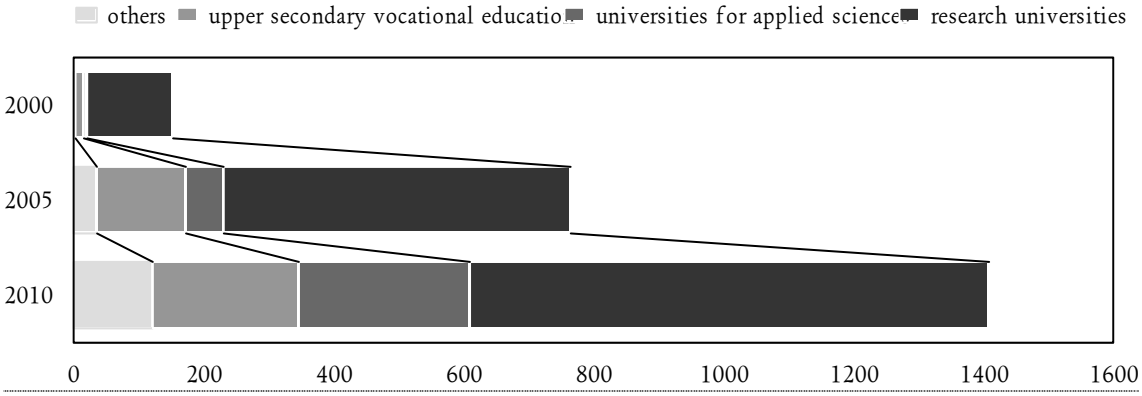
An additional online poll yielded more than 750 personnel with nano related duties. For 2010, approx. 1.400 nano-employees are expected for these businesses, effectively doubling nano-employment.

Distinct changes on the educational level are expected up to 2010 for nano related job profiles. University graduates will slightly decrease from 70% to 60%. The quota of graduates from universities of applied sciences will double to approx. 20%. Nano education at (upper) secondary level is expected to reach 15% till 2010.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Scheme 3

Estimation of absolute changes in nano-employment

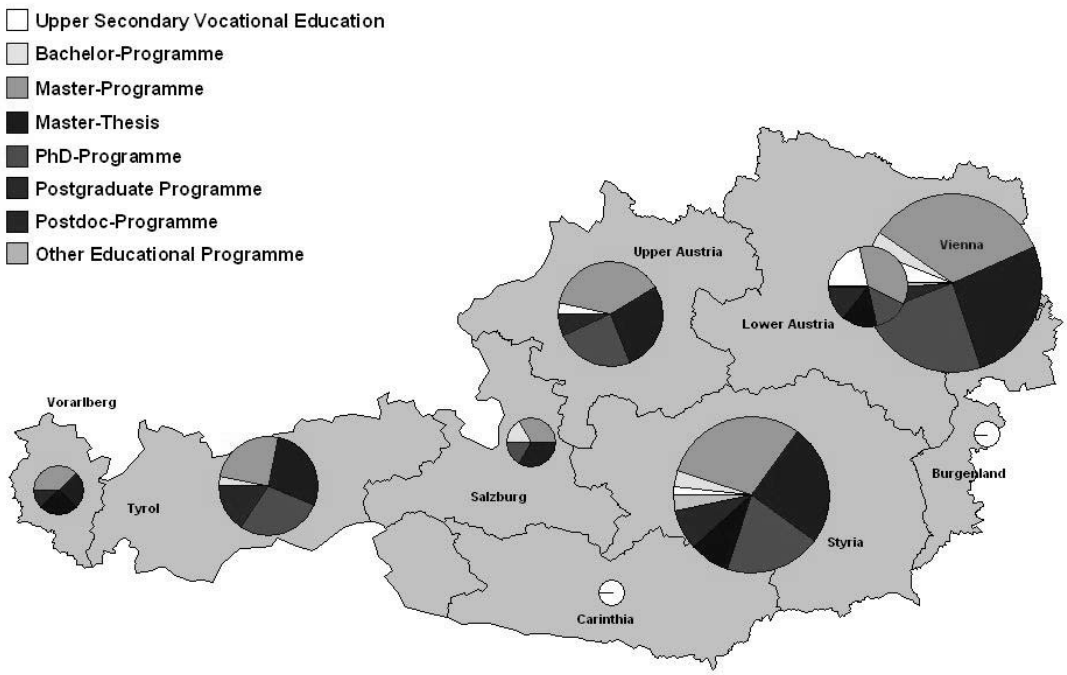


Source: Own poll

For nano related topics, education and training is dominated mainly by universities, with well developed centres in Vienna, Styria, Upper Austria and the Tyrol. Presently, most programmes focus on advanced students as well as students preparing Master and PhD Theses and on Postdoc programmes.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Scheme 4
Regional distribution of qualification levels



Source: Own poll

At secondary level, nano related content is rather the exception than the rule. If any, nano related content is found either in specialised technical schools, or it is basic nano information, indicating a lack of nano qualified teaching personnel at these institutions as well as insufficient resources.

From an educational point of view, the currently most relevant topic in nanotechnology – with roughly 75% of institutions focussing on it - is nanomaterials, followed by analytics and metrology, and nanobiotechnology and nanomedicine. Nearly all interviewees indicated national and international co-operation between business and research and educational institutions – with a special focus on the formation of interdisciplinary teams – as the key success factor for the flourishing of nano activities. Nevertheless, the competition between these institutions is perceived as a barrier for the successful implementation of nano products and processes. Activities of the Austrian NANO Initiative were

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

widely mentioned in the polls as an essential bridging factor supporting the formation of fruitful larger scale co-operations.

As in the business sector, nano related employment in educational institutions is expected to increase significantly within the next years until 2010. Programmes with nano related research focus as well as applied nano related study programmes are currently being planned or developed for establishment during the next few years.

Asked for potentials for further refinement and optimization potential, interviewees stated the complex administrative necessities associated with nano related grant programmes. Shortage of infrastructural resources, lacking perspectives for high potentials as well as the general need for an optimization of grant procedures concerning risk, slow grant approval procedures and unclear guidelines and unforeseen changes in the financial agreements were given as further limiting factors.

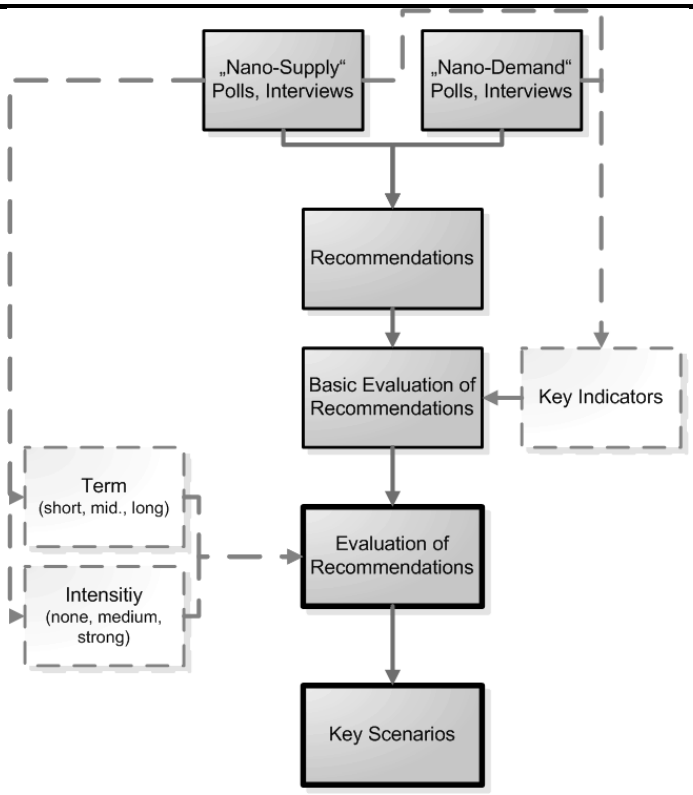
Comparison of supply and demand for nano relevant education and training programmes shows mainly regional imbalances. These imbalances could be reduced via networking initiatives. In combination with the intesifying trend towards industrial application, a strong increase in the demand for nano education is predicted for the foreseeable future. More personnel will be required for all levels of qualification, up to a scarcity of nano specialists with university degrees.

Market data concerning the demand for nano related education and training was correlated to existing and planned programmes. Key indicators were identified from poll data. These key indicators were used to evaluate the impact of derived recommendations

___ “nano“ employment: This indicator reflects the impact of the measures on the demand of “nano-qualified” personnel at the labour market
___ “nano“ education: This indicator stands for the effects of measures on the supply of relevant educational programmes
___ “nano“ awareness: This indicator rates the measures on their contribution to social awareness building about nano topics
___ “nano“ economic potential: In this indicator expectations from the measures are projected on market impact
___ “nano“ employment imbalance: This indicator stands for the equilibrium between supply and demand in nano employment

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Scheme 5
Recommendations



Source: Own diagram

The recommendations were compared via a scenario-approach, with the positive impact on the key indicators as the differentiating indicator. Thus, the best approach for grant intensity was estimated for the short, mid and long term.

The final recommendations were derived via a Scenario- and Evaluation process. To favour proposals with a high success probability, the given recommendations are mainly of competitive nature.

The first three recommendations concern the dispersion of nanosciences and nanotechnology in and into Austrian universities and universities of applied sciences.

- Recommendation A1: Increased dissemination of nanosciences and nanotechnology in and into Austrian universities and universities of applied sciences.
- Recommendation A2: Promotion of nano-related theses (Master and PhD) as a short and midterm complement for the long term impact of recommendation A1.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Recommendation A3: Information and awareness activities to increase the demand for nano-related education and training programmes as well as the industrial personnel demand.

Two further recommendations focus on the secondary level. In anticipation of an increasing industrial applicability of nanotechnological advances, a broad awareness campaign covering the secondary level is deemed necessary.

___ Recommendation B1: Priming of technical secondary schools for applied nano technologies (educational content, etc.).
___ Recommendation B2: Awareness building for nanosciences and nanotechnology – information diffusion into upper secondary education institutions.

Additional recommendations cover the facilitation of efficient co-use of technical infrastructure necessary for education and training purposes as well as general awareness building activities.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

1 Einleitung

Nanowissenschaften und Nanotechnologien erreichen mittlerweile einen internationalen Status, der – vergleichbar z.B. mit Mikrotechnologie und Biowissenschaften in den vergangenen fünfzehn Jahren – einen substanziellen Beitrag zu wissensbasierten Produkten und Dienstleistungen in Österreich leisten kann. Aus einem interdisziplinären Wissenschaftsansatz entwickelt sich eine faszinierende und stark wachsende Technologiebasis, die derzeit im Bildungssystem, in der Forschung und Entwicklung sowie in der Wirtschaft eine entsprechende Verankerung sucht.

In ihrem Aktionsplan für Nanowissenschaften und Nanotechnologien sieht die Europäische Kommission bei den interdisziplinären Humanressourcen die Notwendigkeit für eine kreatives Vorgehen in Europa. Aus Sicht der Kommission geht die interdisziplinäre Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Nanowissenschaften und Nanotechnologien über herkömmliche Konzepte hinaus; sie entwickelt sich rasch weiter und in ihr kommt der Interdisziplinarität eine entscheidende Rolle zu.

Die Kommission fokussiert in ihrem Aktionsplan zu einschlägigen Fragen der Humanressourcen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf die Förderung der Vernetzung und die Bekanntmachung von „Best Practice"-Beispielen in der allgemeinen und beruflichen Bildung. Des Weiteren wird untersucht, wie sich die Entwicklung relevanter unterstützender Tätigkeiten am besten fördern lässt, insbesondere durch die speziell vorgeschlagene neue Generation von Programmen im Bereich allgemeiner und beruflicher Bildung.

1.1 Projekthintergrund

Vor diesem Hintergrund wird in der vorliegenden Studie eine Bestands- und Bedarfserhebung der Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich entsprechend dem Projektauftrag der Österreichischen NANO Initiative, Programmlinie 3, Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen, präsentiert. In der vorliegenden Studie werden vor allem die folgenden Aspekte behandelt:

- die qualitative und quantitative Erhebung der in Österreich existenten Maßnahmen zur Aus- und Weiterbildung für Nanowissenschaften und Nanotechnologien
- die Erhebung des Bedarfs für weitere Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen in Österreich für entsprechende Zielgruppen

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ die Ausarbeitung eines Aus- und Weiterbildungskonzepts auf Basis eines Maßnahmenkatalogs

Ein Vergleich nanorelevanter Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen mit ausgewählten Ländern soll weiteren Aufschluss über Chancen, notwendige Maßnahmen und Synergien ergeben.

Darüber hinaus sollen folgende Aspekte hinsichtlich der Definition von Maßnahmen betrachtet werden:

___ Das gesamte Bildungssystem in Österreich sollte berücksichtigt werden.
___ Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen, die sich besonders an in Unternehmen tätige TechnikerInnen und ForscherInnen richten, sollten behandelt werden – entsprechendes Know-how in Firmen sollte rechtzeitig auf- und ausgebaut werden.
___ Im Bereich der Fachhochschulen und Hochschulen sowie den höheren technischen Lehranstalten: Vertiefende Lehrveranstaltungen sollten berücksichtigt werden, insbesondere für Studierende des zweiten Studienabschnittes in verschiedenen naturwissenschaftlichen und technischen Studienrichtungen, beispielsweise Physik, Chemie, Biologie, Werkstoffwissenschaften, Elektrotechnik und Maschinenbau.
___ Der Nachwuchs im wissenschaftlichen Bereich sollte begleitet werden: Entwicklung spezieller, interdisziplinär ausgerichteter Ausbildungen im Bereich „Nano“.
___ Bei der Aus- und Weiterbildung ist die internationale Mobilität zu berücksichtigen, etwa durch die aktive Nutzung einschlägiger Programme im Ausland, EU-relevanter Programme (z.B. Marie Curie) oder die Öffnung der nationalen Maßnahmen für Teilnehmende aus dem Ausland.
___ Themen wie z.B. Gesundheit und Sicherheit sind im Zuge der Betrachtung der Aus- und Weiterbildungslandschaft zu berücksichtigen.
___ Den FTE-Verbundprojekten kommt eine besondere Rolle in der Aus- und Weiterbildung zu, vor allem für NachwuchsforscherInnen: Sie sollten deshalb in der Erhebung Berücksichtigung finden.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

1.2 Definitionen von Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Was ist ein Nanometer (nm)?

Zitat "Nanotechnology for Engineers": J. Brugger (LMIS-1) & P. Hoffmann (IOA): 2005/06

"a few seconds after you shaved …
… your beard has grown again 10 nm"

"the continental drift …
… moves tectonic plates the same speed, namely that of 3-30 nm/sec"

Die Grundbegriffe der vorliegenden Untersuchung – „Nanowissenschaften" und „Nanotechnologien" – können wie folgt definiert werden:

Nanowissenschaften:
"... is the study of phenomena and manipulation of materials at atomic, molecular and macromolecular scales, where properties differ significantly from those at a larger scale".

Nanotechnologien:
"... are the design, characterization, production and application of structures, devices and systems by controlling shape and size at nanometre scale".

Diese Definitionen wurden auch für die Abgrenzung von Nanotechnologien und Nanowissenschaften und in der vorliegenden Studie bzw. in den relevanten Erhebungen verwendet. Dennoch wurde von manchen Seiten in der Erhebung auf die Definitionsschwierigkeiten von Nanowissenschaften und Nanotechnologien explizit hingewiesen, an anderen Stellen wurde auch vermerkt, dass nicht alles, was sich derzeit „Nano" nennt, auch tatsächlich „Nano" ist. In der Methodik wird diesem Definitionsproblem ein eigener Abschnitt gewidmet.

1.3 Aufbau der Studie

Die vorliegende Studie basiert auf umfangreichen Erhebungen im Aus- und Weiterbildungssektor (Kap. 2), im Unternehmenssektor (Kap. 3) und im internationalen Umfeld (Kap. 4). In diesen Erhebungen wurden sowohl das Angebot als auch der Bedarf an Qualifikationen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien analysiert, wobei

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

auch Potenziale für die Weiterentwicklung von Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten für Nanowissenschaften und Nanotechnologien betrachtet wurden. Insbesondere in der internationalen Analyse wurde versucht, Beispiele für „gute Praxis“ zu identifizieren, wobei hier vor allem die Aspekte Ressourceneinsatz und Effizienz der Maßnahmen im Hinblick auf die Zielorientierung berücksichtigt wurden.

Der wesentliche analytische Schritt in der vorliegenden Studie liegt in der Gegenüberstellung von Angebot und Bedarf, der strukturierten Ableitung von Handlungsoptionen auf Basis der umfangreichen Erhebungen sowie der Szenarienableitung in Kapitel 5. Diese stellt die Grundlage für die Formulierung von Empfehlungen (Kapitel 6) für zukünftige Fördermaßnahmen im Bereich der Aus- und Weiterbildung für Nanowissenschaften und Nanotechnologien unter Berücksichtigung der im Projekthintergrund angeführten Aspekte dar.

Im Anhang wird detailliert auf die Erhebungs- und Analysemethoden (Kapitel 7) eingegangen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2 Aus- und Weiterbildung

2.1 Aus- und Weiterbildungsangebot im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien

In diesem Kapitel wird thematisiert, welche Aus- bzw. Weiterbildungsangebote im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien bzw. damit vernetzten Themenfeldern derzeit in Österreich zur Auswahl stehen. Aufgrund ihrer strukturellen wie organisatorischen Unterschiede werden dabei

1. höhere technische (Bundes-)Lehranstalten (inkludiert auch Fachschulen, Kollegs und zum Teil Berufsschulen),
2. Fachhochschulen und
3. Universitäten (inkludiert auch Technische und Medizinische Universitäten u.a.)

gesondert dargestellt. Diese Struktur wird, sofern angebracht, auch in den nachfolgenden Kapiteln beibehalten.

Zu den InterviewpartnerInnen zählten insgesamt elf Abteilungsvorstände an HTL bzw. HTBLA, acht Bereichsverantwortliche von Fachhochschulen und 67 von Universitäten. Eine weitere Person fällt, einer Forschungsgesellschaft angehörend, in die Kategorie „Sonstiges“. Der Schwerpunkt nanorelevanter Angebote findet sich in Wien, 32% der Befragten (28 Personen) gehören dortigen Aus- bzw. Weiterbildungsinstitutionen an. Steiermark (25% bzw. 22 Personen), Oberösterreich (13% bzw. elf Personen) und Tirol (12% bzw. zehn Personen) sind weitere Bundesländer, in welchen sich gehäuft nanorelevante Angebote finden. 8% (sieben Personen) entfallen auf Niederösterreich, 5% (vier Personen) auf Salzburg, 3% auf Vorarlberg (drei Personen), der Rest mit jeweils 1% auf Burgenland und Kärnten (jeweils eine Person).

Bei dieser Verteilung muss berücksichtigt werden, dass sich durch vereinzelte Mehrfachbefragungen unterschiedlicher wichtiger AnsprechpartnerInnen, welche denselben Institutionen zugehören, leichte Verzerrungen ergeben können.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2.1.1 Aus- und Weiterbildungsangebot an höheren technischen (Bundes-) Lehranstalten

Durch die Recherche und Befragung von Ansprechpersonen in Abteilungen bzw. Ausbildungsschwerpunkten von HTL bzw. HTBLA, Fachschulen und Kollegs zeigte sich, dass in folgenden Schwerpunkten (allerdings nicht bei jedem Anbieter der angeführten Schwerpunkte) nanorelevante Inhalte behandelt werden:

___ Automatisierungstechnik
___ Biomedizinische Technik
___ Chemieingenieurwesen
___ Chemische Analytik
___ Elektronik
___ Fertigungstechnik
___ Keramik, Glas- und Baustofftechnik
___ Kunststofftechnik
___ Maschinenbau
___ Maschineningenieurwesen
___ Mechatronik
___ Präzisionstechnik
___ Textilchemie
___ Umwelttechnik
___ Werkstoffingenieurwesen
___ Werkstoffkunde

Nanowissenschaften und Nanotechnologien werden im Rahmen dieser Schwerpunkte nur punktuell thematisiert. Es gibt keine Schwerpunktbereiche, die sich explizit diesem Thema widmen, allerdings existieren themenverwandte Ausrichtungen (z.B. Kunststofftechnik, Werkstoffingenieurwesen).

Die Vermittlung nanorelevanter Inhalte fokussiert auf theoretische Grundlagen im Rahmen themenverwandter Lehrveranstaltungen. Praxisbezogene Angebote, wie z.B. Diplomarbeiten im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu verfassen, gibt es derzeit nur vereinzelt; von einem Interviewpartner wurden z.B. Arbeiten zu Nanofüllstoffen und Nanotubes genannt. Insgesamt gibt es allerdings kaum Aus- und Weiterbildungsangebote auf dieser Ebene, bei welchen Nanowissenschaften und Nanotechnologien mittlere Bedeutung erreicht.

Eine Intensivierung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Lehrplan wird von den befragten Personen im Wesentlichen von zwei Faktoren abhängig gemacht: Zum einen fehlt es derzeit an Kooperationen mit „Nanofirmen“, durch welche solche Inhalte

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

gefördert werden. Zum anderen bedarf es für eine pädagogische Vermittlung auch entsprechender Lehrmaterialien zum Thema Nanowissenschaften und Nanotechnologien, auf deren Basis der Unterricht stattfinden kann:

Nanowissenschaften und Nanotechnologien an HTL, HTBLA
Zitate von ExpertInnen
„Inwieweit das noch ausgebaut wird bzw. in Richtung Nanotechnologie geht, hängt von den Firmen aus der Umgebung ab, das wird auf den Bedürfnissen dieser Firmen aufbauen […], weil ja z.B. die Abschlussarbeiten unserer Schüler dann bei den Firmen gemacht werden. Wenn dort ein Bedarf besteht an Nanotechnologie, dann wird es auch bei uns in diese Richtung gehen." (INT5)
„Das Problem ist: Wir haben keine approbierten Schulbücher für den Bereich Nanotechnik. Unterlagen, wonach wir Lehrer uns darauf vorbereiten können, fehlen. Das macht es schwierig, den Nanobereich zu intensivieren." (INT9)
„Nano ist bei uns kein Gegenstand von Lehrveranstaltungen, wird darin nur am Rande erwähnt. Aber es ist ein Thema im Rahmen der Diplomarbeiten vom Abschlusslehrgang." (INT19)

2.1.2 Aus- und Weiterbildungsangebot an Fachhochschulen

An folgenden kontaktierten Fachhochschul-Studiengängen werden nanorelevante Inhalte im Lehrplan (in unterschiedlichem Ausmaß) behandelt:

___ Bio- und Umwelttechnik
___ Biomedizinisches Ingenieurwesen (Medical Engineering, Medical Information Systems, Cellular & Tissue Engineering)
___ Biotechnische Verfahren (Naturstofftechnik, Bioanalytik und Monitoring)
___ Biotechnologie (Biomedizin, Bioanalytik, Werkstoffchemie)
___ Material- und Verarbeitungstechnik (Kunststofftechnik, Metallische Werkstoffe)
___ Medizinische und Pharmazeutische Biotechnologie
___ Mikrotechnik
___ Verfahrens- und Umwelttechnik

Darüber hinaus gibt es das Angebot eines berufsbegleitenden postgradualen Masterprogramms. Da es sich um das einzige Fachhochschul-Studienprogramm handelt, welches

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

„Nano“ im Titel trägt, wird an dieser Stelle auch auf die konkrete Bezeichnung und die Anbieter eingegangen: Das fünfsemestrige Masterprogramm mit dem Titel „MNT – Micro- and Nanotechnology“ schließt mit dem „Master of Science (Micro- and Nanotechnology“, kurz „M.Sc.“, ab. Dabei handelt es sich um ein internationales Kooperationsprojekt der Fachhochschule Vorarlberg mit der Interstaatlichen Hochschule für Technik Buchs (NTB), der Zürcher Hochschule Winterthur (ZHW) und der EMPA – einer Forschungsinstitution im Bereich der Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETH) in der Schweiz – im Rahmen der EUREGIO Bodensee. Als Zugangsvoraussetzungen gelten ein abgeschlossenes technisches oder naturwissenschaftliches Studium und nach Möglichkeit mindestens einjährige Berufspraxis.

Wie aus obiger Auflistung ersichtlich, gibt es kein explizites Nano-Ausbildungsangebot auf Bachelor- oder Master-Ebene, wohl aber einige thematisch damit verwandte Angebote, wie z.B. die Studiengänge „Material- und Verarbeitungstechnik“, „Medizinische und Pharmazeutische Biotechnologie“, „Biotechnische Verfahren“ oder „Biotechnologie“.

Nanowissenschaften und Nanotechnologien an Fachhochschulen

Zitate von ExpertInnen

„Nanowissenschaften als Name kommt in unserer Ausbildung nicht direkt vor, aber indirekt im Werkstoffbereich.“ (INT4)

„[Die] inhaltliche Ausbildung ist generalistisch, keine Einrichtung hätte allein das Angebot so breit machen können. [Das ist eine] Kooperation mit NTB, EMPA – die sind groß in Nano –, ZHW (Chemie, Biochemie).“ (postgraduales Masterprogramm)[1]

„Nano wird im Rahmen der Lehrveranstaltungen behandelt, z.B. bei den Zellkulturtechniken, da spielt es eine Rolle bzw. wird es in Zukunft eine Rolle spielen. Da werden Grundlagen vermittelt. Das spielt in den Bereich hinein bzw. unsere Absolventen, wenn sie im Bereich der Forschung unterkommen.“ (INT13)

„Nano wird in einer Vorlesung behandelt [...]. Die wird es ab April in englischer Sprache geben, sie wird gerade von mir zusammengestellt.“ (INT57)

Zum Teil gibt es im Rahmen dieser Studiengänge bereits einzelne Lehrveranstaltungen, die schwerpunktmäßig das Thema „Nano“ behandeln. Insgesamt sind Nanowissenschaften und Nanotechnologien aber eher noch ein Thema der Forschung als ein Thema der Lehre.

1 Hier wurde die interne Dokumentationsnummer des Zitats zwecks Anonymisierung der Aussage weggelassen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2.1.3 Aus- und Weiterbildungsangebot an Universitäten

An Universitäten (inkl. Technische, Medizinische u. a. Universitäten) finden sich in folgenden Studienangeboten nanorelevante Aus- oder Weiterbildungsinhalte:

___ Biochemie
___ Biotechnologie
___ Chemie
___ Doktoratsstudium der medizinischen Wissenschaft
___ Doktoratsstudium der montanistischen Wissenschaften
___ Doktoratsstudium der Naturwissenschaften
___ Doktoratsstudium der technischen Wissenschaften
___ Erdwissenschaften
___ Elektrotechnik
___ Elektrotechnik und Informationstechnik
___ Fertigungstechnik
___ Humanmedizin
___ Industrieller Umweltschutz, Entsorgungstechnik und Recycling
___ Informatik
___ Kunststofftechnik
___ Lebensmittel- und Biotechnologie
___ Maschinenbau
___ Mechatronik
___ Medizin
___ Molekulare Biologie
___ Molekulare Biowissenschaften
___ Pharmazie
___ Physik
___ Technische Chemie
___ Technische Physik
___ Verfahrenstechnik
___ Werkstoffwissenschaft

An den Universitäten gibt es bereits ein vielfältiges Aus- und Weiterbildungsangebot im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien. In der Lehre reicht das Angebot derzeit von einzelnen Lehrveranstaltungen, die sich am Rande mit nanorelevanten Themen beschäftigen, über spezifische Nanovorlesungen oder -seminare bis hin zu Studienschwerpunkten, die dem Thema „Nano“ gewidmet sind. Der Schwerpunkt des nanorelevanten Angebots liegt insgesamt in der universitären Ausbildung ab dem zweiten Studienabschnitt.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Der Fokus der Auseinandersetzung mit nanorelevanter Thematik liegt eindeutig auf dem Bereich der Forschung. Dies wirkt sich auf nanorelevante Aus- und Weiterbildungsangebote in Form einer Dominanz der forschungsgeleiteten Lehre aus: Gegenüber vereinzelten Aus- und Weiterbildungsangeboten, die „Nano“ explizit im Titel tragen, gibt es zahlreiche Möglichkeiten – auch im Zusammenhang mit geförderten Nano-Projektclustern –, Diplomarbeiten oder Dissertationen in diesem Bereich zu verfassen. Darüber hinaus werden mit Postdoc-Stellen weitere Sonderangebote mit Nanobezug ausgeschrieben, die ausschließlich auf postgradualer Ebene angeboten werden. Im Gegensatz zu ebenso postgradualen Universitätslehrgängen (siehe weiter unten) weisen diese jedoch kein eigenes Curriculum auf.

Punktuell werden auch interdisziplinäre sowie öffentliche Vortragsreihen abgehalten, in welchen über nanorelevante Forschungsthemen referiert wird. Ein Anbieter nannte zudem eine Weiterbildung für LehrerInnen allgemein und berufsbildender höherer Schulen, die einmal im Jahr angeboten wird.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Nanowissenschaften und Nanotechnologien an Universitäten
Zitate von ExpertInnen
„Im Moment ist Nanoscience als eigenes Schwerpunkt-Fach vermerkt, soll aber später zu einem eigenen Master-Studiengang werden. Wir bieten im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien ca. 20 Vorlesungen und Übungen an. Die Ausbildung wird mit der Diplomarbeit abgeschlossen. Wir haben uns bemüht, dass man auch entsprechende Diplomarbeiten in dem Bereich schreiben kann." (INT26)
„Es gibt zahlreiche Lehrveranstaltungen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien, es ist ein Schwerpunkt bei uns, weil unser Auftrag ist, in dem Bereich zu arbeiten. Wir haben's vor einiger Zeit nur noch nicht Nano genannt, sondern elektronische/optoelektronische Eigenschaften – auch das ist Nanotechnologie, wir entwickeln uns da automatisch hinein." (INT27)
„Wir beschäftigen uns in der Forschung mit Nano, in der Lehre nicht speziell. Wir konzentrieren uns auf die Forschung, Teilaspekte werden aber im Rahmen unserer Lehrveranstaltungen behandelt – das heißt, gesicherte Forschungsergebnisse fließen in den Unterricht ein." (INT50)
„Wenn wir von Schulung sprechen – eine der wichtigsten Aufgaben sind Diplomarbeiten, Dissertationen und Postdocs. Die werden bei uns momentan fast nur im Bereich Nanotechnologie gemacht, weil wir da auch viele Industriekooperationen dazu fahren." (INT53)

Ein postgraduales Ausbildungsangebot fokussiert derzeit sehr stark auf Nanowissenschaften und Nanotechnologien und trägt „Nano" auch als einzige universitärer Studiengang im Titel: In Kooperation von Technischer Universität Graz, Universität Graz und Joanneum Research Forschungsgesellschaft m.b.H. wird der berufsbegleitende Universitätslehrgang „MAS Nanotechnologie – Nanoanalytik" angeboten. Er dauert vier Semester und schließt mit dem akademischen Titel „Master of Advanced Studies (Nanotechnologie)" ab. Als Zulassungsbedingung gilt der Abschluss eines einschlägigen Bakkalaureats-, Magister- oder Diplomstudiums. Als Zielgruppe werden vor allem berufstätige TechnikerInnen gesehen, die eine Qualifikation im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien anstreben.[1]

1 Dieses Studienangebot wurde zum Zeitpunkt der Erhebung abgehalten. Derzeit ist nicht sicher, ob es wieder zustande kommt.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Nanorelevante Aus- und Weiterbildungsangebote finden sich vor allem an Universitäten in Wien, der Steiermark, Oberösterreich und Tirol. Auf Basis der verstärkten Nanoforschung im Rahmen geförderter Projektcluster werden auch Lehrveranstaltungen, Diplomarbeiten, Dissertationen und Postdoc-Stellen angeboten bzw. ausgeschrieben.

In Bezug auf die thematische Ausrichtung ist das Angebot technikdominiert, im Vordergrund steht das Thema der Nanomaterialien (vgl. Pkt. 2.2). Mit der geplanten Umstellung auf das zweigliedrige Studiensystem sind auch vielerorts nanorelevante Spezialisierungsangebote im Masterstudium geplant, worauf nachfolgend eingegangen wird.

2.1.4 Geplante Aus- und Weiterbildungsangebote im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Zahlreiche der befragten Anbieter gaben zum Zeitpunkt der Erhebung (Februar bis Mai 2006) an, für die Zukunft konkrete Aus- bzw. Weiterbildungsangebote im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu planen. Vor allem universitäre Anbieter konnten diese bereits konkretisieren. Mit der Ausnahme eines Studienschwerpunkts wollen Universitäten in Zukunft verstärkt Masterstudiengänge, die auf nanorelevante Themen fokussieren, anbieten. Folgende geplante Angebote wurden von den InterviewpartnerInnen beispielhaft genannt:

- Masterstudiengang „Nano- und Materialwissenschaften“ (geplant an der Universität Innsbruck ab WS 2008/09)
- Masterstudiengang „Advanced Materials“ als interdisziplinäres Studienangebot (geplant ab WS 2008/09 an der Universität Innsbruck). Weiters ist ein Studienschwerpunkt „Advanced Materials“ an der Universität Innsbruck zum Teil über entsprechende Forschungsinitiative schon vorhanden, eine stärkere Verankerung in der Lehre in interdisziplinären Lehrveranstaltung in Zukunft geplant.
- Masterstudiengang „Nanoscience and -technology“ als interdisziplinäres Studienangebot, das derzeit als Studienschwerpunkt im Rahmen des Studiums der Technischen Physik an der Universität Linz verankert ist.
- Masterstudiengang „Technische Chemie/Materialchemie“ (seit dem WS 2006/07 an der Technischen Universität Wien implementiert, an zumindest einem weiteren Standort in Österreich geplant)
- Masterstudiengang „Technische Chemie/Werkstofftechnologie und Werkstoffanalytik“ (seit dem WS 2006/07 an der Technischen Universität Wien implementiert)
- Masterstudiengang „Technische Chemie/Biotechnologie und Bioanalytik“ (seit dem WS 2006/07 an der Technischen Universität Wien implementiert)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

- Masterstudiengang „Technische Chemie/Chemische Prozesstechnik“ (seit dem WS 2006/07 an der Technischen Universität Wien implementiert)
- Masterstudiengang „Technische Chemie/Synthese“ (seit dem WS 2006/07 an der Technischen Universität Wien implementiert)
- Masterstudiengang „Materialwissenschaften“ (seit dem WS 2006/07 als fakultätsübergreifender Masterstudiengang an der Technischen Universität Wien implementiert)
- Masterstudiengang „Materialchemie“ (geplant ab WS 2007/08)
- Einrichtung eines Forschungszentrums im Nanobereich „Nanosurface-Engineering-Center“ an der Montanuniversität Leoben (Aufnahme des Vollbetriebs bis Mitte 2007 geplant)

Geplante Aus- und Weiterbildungsangebote im Bereich „Nano“ bei Universitäten
Zitate von ExpertInnen
„Ein Masterstudium wird ‚Werkstofftechnologie und Werkstoffanalytik‘ sein. Und in dem Zusammenhang werden wir auch Lehrveranstaltungen zur Herstellung und Charakteristik von nanostrukturierten oder aus Nanopartikeln hergestellten Werkstoffen zum Thema haben.“ (INT15) *„Ein Magisterstudium Nano- und Materialwissenschaften ist in Planung, das baut auf dem zukünftigen Bakkalaureat [...] auf.“ (INT37)*

Auf Ebene der HTL bzw. HTBLA wurde einzig von einem Interviewpartner angegeben, in Zukunft eine Praktikumseinheit zum Thema „Nanotechnologie im Chemiebereich“ einzuführen:

Geplante Aus- und Weiterbildungsangebote im Bereich „Nano“ bei HTL, HTBLA
Zitat eines Experten
„Wir versuchen, in Zukunft eine eigene Praktikumseinheit dafür einzuführen, mit der Dauer von ein bis zwei Tagen, wo Versuche im Labor durchgeführt werden sollen zur Herstellung von nanotechnologischen Beschichtungen, z.B. Solgel. Das ist im Aufbau. [...] Da ist eine Kooperation [Anm.: mit einem Forschungsinstitut] geplant für diese Praktikumseinheit zum Thema der chemischen Nanotechnologie bzw. Nanotechnologie im Chemiebereich.“ (INT6)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Von anderen Anbietern wurde eine Einrichtung nanorelevanter Angebote nicht ausgeschlossen, aber eine Orientierung an den Bedürfnissen kooperierender Firmen eingeräumt:

Zur Bedeutung von Firmenkooperationen für nanobezogene Angebote bei HTL, HTBLA
Zitat eines Experten
„Im Herbst soll das [Anm.: der neue Schwerpunkt ‚Kunststofftechnik und Mechatronik'] eingeführt werden. Für dieses Ausbildungsangebot wurden bereits auch Gespräche mit ihnen (Anm.: Firmen) geführt [...]" (INT5)

Vonseiten der Fachhochschulen wurden keine weiteren derzeit geplanten Studiengänge oder Schwerpunkte genannt, die in Zukunft auf Nanowissenschaften und Nanotechnologien fokussieren sollen. Ein Gesprächspartner gab eine Vorlesung in englischer Sprache an, in welcher Nano ab dem Sommersemester 2006 als Schwerpunktthema im Rahmen eines bestehenden Diplomstudiengangs im Bereich Biotechnologie behandelt wird.

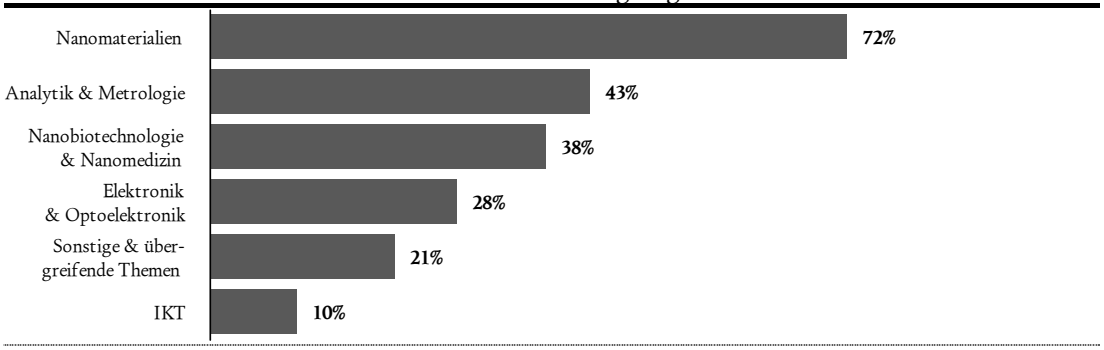
2.2 Nanothemen in der Aus- und Weiterbildung

Die InterviewpartnerInnen wurden befragt, welche Nanothemen mit ihrem Aus- bzw. Weiterbildungsangebot abgedeckt werden. Um eine Zuordnung zu erleichtern, standen sechs Kategorien zur Auswahl: „Nanomaterialien", „Analytik & Metrologie", „Nanobiotechnologie & Nanomedizin", „Elektronik & Optoelektronik", „Informations- und Telekommunikationstechnologie" sowie „sonstige & übergreifende Themen", um Themenbereiche zu berücksichtigen, die keiner der vorherigen Kategorien zugeordnet werden konnten.[1] Um Schwerpunktthemen zu erfassen, wurden die Befragten gebeten, jeweils die beiden wichtigsten Kategorien anzugeben. Den Anbietern war eine derartige Fokussierung nicht immer möglich, vereinzelt wurden alle Themen angegeben, was in den Auswertungen berücksichtigt wurde.

1 Diese Kategorien wurden bereits in anderen Studien herangezogen, vgl. dazu z.B. Friedewald, M.; Roloff, N. (2005): Nanowissenschaften und Nanotechnologie in Österreich

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 2.1
Behandelte Nanothemen im Aus- bzw. Weiterbildungsangebot



Quelle: 3s-Darstellung (n=87)

*) Mehrfachnennungen möglich

Das Thema „Nanomaterialien“ dominiert die österreichische Aus- bzw. Weiterbildungslandschaft im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien (vgl. Abb. 2.1): 63 von 87 befragten Anbietern nannten „Nanomaterialien“ als Schwerpunktthema.

Nanomaterialien
Zitat eines Experten
„Wir beschäftigen uns mit Nanostrukturen im weitesten Sinne, speziell dort, wo nanokristalline Materialien zum Einsatz kommen oder polykristalline Strukturen. Im Bereich der Materialien beschäftigen wir uns also mit metallischen, keramischen Materialien sowie mit organischen, anorganischen Kompositen. Das stellt den einen großen Bereich dar, die Materialien.“ (INT7)

„Analytik & Metrologie“ mit 43% (37 Nennungen) sowie „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“ mit 38% (33 Nennungen) stellen ebenso relevante Themen in der österreichischen Nanolandschaft dar.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Analytik & Metrologie – Nanobiotechnologie & Nanomedizin
Zitate von ExpertInnen
„[Zur] Analytik: Wir entwickeln nanooptische Biosensoren mit einem Verfahren, das zusammen mit Physikern aus Graz entwickelt wurde, darauf haben wir ein Weltpatent. Es werden Metallcluster mit Edelmetall gebildet, die auf Biomoleküle aufgebracht werden, damit kann man Biorekognition testen, z.B. eine Gensonde am Chip oder stabile Sensoren, mit denen die Messung beliebig wiederholbar ist; miniaturisierte Biorekognition, da gibt es verschiedene Möglichkeiten, alles, was man nachweisen will, zu messen." (INT20, Analytik & Metrologie)
„In unserer Forschung geht es vor allem um neue Arzneiformen, um Schutz- und Transportformen. Das heißt, es geht um die Verpackung von Arzneimitteln in Liposomen, die über Haut und Lunge verteilt werden. Das hat den Vorteil, dass man nicht stechen muss. Man kann Depots ansetzen und eine verzögerte Abgabe erzeugen. Verabreicht man die Arzneimittel hingegen mit der Nadel, muss man das immer überdosieren, damit man die richtige Wirkung hat. Das führt bei vielen Leuten zu Nebenwirkungen, zu Überdosierungserscheinungen, z.B. Überkonzentrationserscheinungen bei Hormonen – das geht in diese Richtung." (INT11, Nanobiotechnologie & Nanomedizin)

„Elektronik & Optoelektronik" sind nur für rund ein Viertel der Aus- bzw. Weiterbildungsanbieter ein wichtiges Thema (28% bzw. 24 Nennungen). Neun Nennungen (10%) gab es für den Bereich „Informations- und Telekommunikationstechnologie" im Nanoskalenbereich.

Elektronik & Optoelektronik – Informations- und Telekommunikationstechnologie
Zitate von ExpertInnen
„Der Bereich Elektronik, Optoelektronik ist am stärksten, v. a. Optosensorik, Sensorik in der Elektronik." (INT41, Elektronik & Optoelektronik)
„Informations- und Telekommunikationstechnologie wird auch bei uns gemacht. ‚Informationselektronik' wird in einem neu zu schaffenden Studiengang angeboten." (INT26, Informations- und Telekommunikationstechnologie)

Für 21% der Anbieter (18 Nennungen) stellen „sonstige bzw. übergreifende Themen" einen Schwerpunkt in ihrem Angebot dar. Mehrfachnennungen gab es dabei für Mikro-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

und Nanomechanik, Werkstoffprüfung sowie chemische Nanotechnologie bzw. technische Chemie im Bereich der Analytik.

Weitere nanorelevante Themen, die unter diesem Punkt genannt wurden, sind:

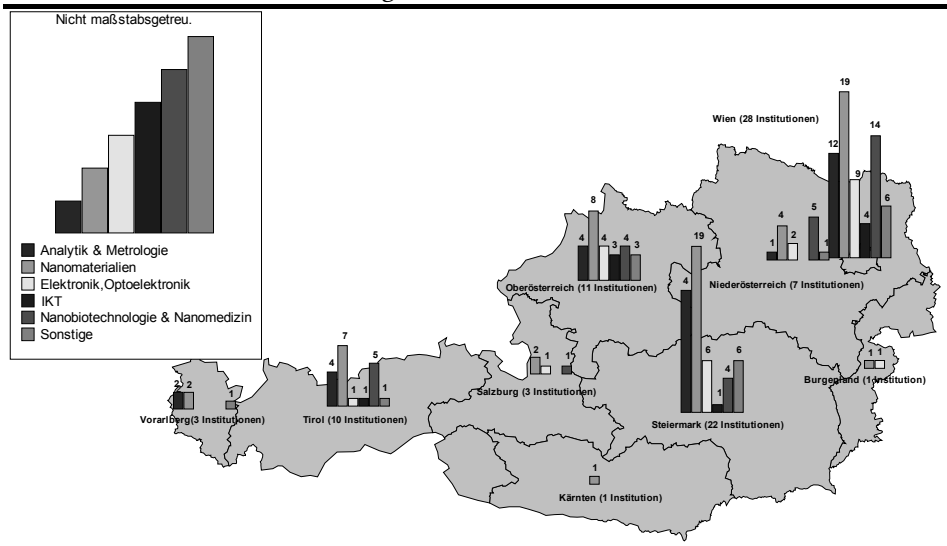
- Werkstoffe: Beschichtungen, nanostrukturierte Polywerkstoffe, polymere Nanokomposite, Kohärenzeigenschaften, Metallografie
- Messen & Analysieren: Messtechnik für Umweltschutz, miniaturisierte Analysesysteme, Messen von Beschichtungen und Reaktionen im Nanoskalenbereich
- Methodik & Konstruktion: Herstellung von Nanopartikeln, Design von RNA-Molekülen
- Anwendungen: Feindisperser, Nanosprays für Abgasreinigungsverfahren, textile Anwendungen der Nanotechnologie, Solarzellen, Detektoren, elektronische Schaltungen für den Halbleiterbereich, Nanomechanik
- Robotik, computerorientierte theoretische Physik, Aerosol- und Umweltphysik, Nanoaerosole
- Standardisierung und Normenwesen im Bereich der Nanotechnologie

Betrachtet man die Nanothemen nach ihrer regionalen Verteilung in Österreich (vgl. Abb. 2.2), zeigen sich bestimmte Schwerpunkte: So dominiert das Thema „Analytik & Metrologie“ in der Steiermark: 14 von 37 Angaben (38%) zu diesem Thema finden sich dort. Die Bereiche „Nanomaterialien“ (mit jeweils 30%) sowie „Elektronik & Optoelektronik“ (38% bzw. 25%) sind sowohl in Wien als auch in der Steiermark von großer Bedeutung. Nebst Wien (44%) beschäftigt man sich vor allem in Oberösterreich (33%) mit dem Thema „Informations- und Telekommunikationstechnologie“. Der Bereich „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“ ist überwiegend in Wien vertreten (42%).
Innerhalb der Bundesländer, in welchen sich gehäuft nanorelevante Aus- und Weiterbildungsangebote finden, dominiert das Thema „Nanomaterialien“: In Wien entfallen 30% aller Angaben auf diesen Bereich, in der Steiermark 38% und in Oberösterreich 31%. Einzig Niederösterreich stellt hier mit dem Schwerpunkt „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“, der mit 38% stärker als „Nanomaterialien“ mit 31% vertreten ist, eine Ausnahme dar.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 2.2

Nanothemen und ihre Verteilung nach Bundesländern



Quelle: 3s Erhebung (n=87)

*) Drei Anbieter (je einer aus Salzburg, Tirol und Wien) machten keine Angaben zu behandelten Nanothemen

**) Mehrfachnennungen möglich

Vergleicht man die Angaben zu Nanothemen miteinander (vgl. Tabelle 2.1), zeigt sich, dass die Kombination „Analytik & Metrologie“ und „Nanomaterialien“ am häufigsten angegeben wurde.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 2.1

Nanothemen – Kombinationen

	Analytik & Metrologie	Nanomaterialien	Elektronik & Optoelektronik	IKT	Nanobiotechnologie & Nanomedizin	Sonstige & übergreifende Themen
Analytik & Metrologie	37	30	12	5	17	7
Nanomaterialien	30	63	20	7	21	11
Elektronik & Optoelektronik	12	20	24	6	7	6
IKT	5	7	6	9	6	3
Nanobiotechnologie & Nanomedizin	17	21	7	6	33	3
Sonstige & übergreifende Themen	7	11	6	3	3	18

Quelle: 3s Erhebung (n=87)

*) Anzahl von gemeinsamen Nennungen

**) Grau hinterlegt sind die Gesamtnennungen innerhalb einer Kategorie

Weniger dominierende Nanothemen werden auch häufig mit jeweils einem dieser beiden Themen kombiniert: So gaben Befragte, die „Elektronik & Optoelektronik“ oder „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“ als Schwerpunktthema behandeln, auch gehäuft „Nanomaterialien“ oder „Analytik & Metrologie“ als weiteres wichtiges Thema in der Aus- und Weiterbildung bzw. forschungsgeleiteten Lehre an.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2.3 Qualifikationen

Dieses Kapitel setzt sich mit den Eingangsqualifikationen, d. h. den geforderten Qualifikationen für eine Ausbildung bzw. nachfolgende Tätigkeit im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien, sowie den Ausgangsqualifikationen, d. h. den in der Aus- bzw. Weiterbildung vermittelten nanorelevanten Qualifikationen, auseinander. Da Eingangsqualifikationen für die jeweiligen Aus- bzw. Weiterbildungsformen meist durch gesetzliche Regelungen vorgeschrieben sind, fokussiert die nachfolgende Betrachtung nicht auf formale Bildungsabschlüsse, sondern vielmehr auf die Einschätzung der InterviewpartnerInnen: Es wird erörtert, welche Qualifikationen die ExpertInnen als Grundlage für eine Aus- bzw. Weiterbildung in Nanowissenschaften oder Nanotechnologien als wichtig erachten und wie sie die Qualität der Vorbildung ihrer SchülerInnen bzw. Studierenden einschätzen. Des Weiteren werden nanorelevante Aus- bzw. Weiterbildungsangebote in Bezug auf deren Qualifikationslevel dargestellt.

Ein Qualifikationsprofil „des Nanotechnologen/der Nanotechnologin“ schlechthin lässt sich dabei vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Aus- bzw. Weiterbildungslevels sowie der thematisch unterschiedlichen Ausrichtungen der Angebote nicht erstellen. Es gilt des Weiteren zu berücksichtigen, dass von den InterviewpartnerInnen häufig nicht zwischen spezifischen fachlichen Qualifikationen und thematischen Qualifikationsbereichen differenziert wird.

2.3.1 Eingangsqualifikationen

2.3.1.1 Fachliche Kompetenzen

Die GesprächspartnerInnen waren sich einig, dass für eine Tätigkeit im nanowissenschaftlichen bzw. nanotechnologischen Feld eine fundierte naturwissenschaftliche Grundlagenausbildung erforderlich ist. Ein breites Basiswissen in Chemie, Physik, Biologie, Mathematik, Materialwissenschaften, Werkstoffkunde, Mechanik und/oder entsprechenden Umsetzungsfeldern (Medizin, Oberflächentechnik etc.) wird als geeignete Voraussetzung gesehen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Geforderte fachliche Kompetenzen
Zitate von ExpertInnen
„Wichtig ist ein solides Grundlagenwissen. Die Grundlagen der Physik, Mathematik und Mechanik sind am wichtigsten." (INT40)
„Aus meiner Sicht sind das die Grundlagen der Chemie, der Physik, der physikalischen Chemie, der Mechanik und Keramik." (INT45)
„Wichtig ist, dass das Thema Nanowissenschaften und Nanotechnologien sehr breit ist, man kann das dann aber anhand spezifischer Beispiele ausführen. Bei uns ist die Elektrochemie das Beispiel, an dem man das speziell erklären kann. Ansonsten braucht man in diesem Bereich eine sehr breite Ausbildung." (INT71)

Weitere Nennungen gab es zu fundiertem Wissen in Umsetzungsfeldern wie Medizin, Grundlagenwissen in Elektronik, Elektrotechnik, Erdwissenschaften, Mineralogie, Experimentalphysik, Mikroelektronik und Mikromechanik, Maschinenbau, Ingenieurgrundlagen, Quantenphysik, Oberflächenthermodynamik sowie Eigenschaften von Nanostrukturen und Nanomaterialien. Betrachtet man dies vor dem Hintergrund der jeweiligen thematischen Ausrichtungen der Aus- und Weiterbildungsangebote, lässt sich übergreifend feststellen, dass Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf fundierter Grundlagenausbildung im jeweiligen Fachgebiet aufbauen und somit nicht als Grundlagenwissenschaft per se verstanden werden.

2.3.1.2 Methodische Kompetenzen

Der fächerübergreifende Charakter der Nanowissenschaften und Nanotechnologien zeigt sich in der einheitlichen Forderung nach interdisziplinärem bzw. transdisziplinärem Wissen und Denken als Grundvoraussetzung, um in diesem Bereich tätig zu sein. Auch die Fähigkeit zu analytischem Denken wird als wesentlich hierfür gesehen.

Im Kontext der fachlichen Grundlagenausbildung, die unter Punkt 2.3.1.1 bereits thematisiert wurde, sollten sich Personen, die eine nanobezogene Ausbildung (und in der Folge eine Tätigkeit in diesem Bereich) anstreben, auch ein breites wissenschaftliches Methodenwissen und entsprechende Anwendungskompetenz (Laborerfahrung) aneignen, um dieses auch in der Praxis umsetzen zu können. Des Weiteren werden fundierte IT-Kenntnisse vorausgesetzt, vor allem Anwenderkenntnisse von Programmen zur Durchführung von Simulationsberechnungen etc.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Geforderte methodische Kompetenzen Zitate von ExpertInnen
„Besonders wichtig ist die interdisziplinäre Herangehensweise an Probleme von der Chemie über die Physik bis hin zu den Materialwissenschaften und Prozesstechnik. Dazu gehören auch Charakterisierungs- und Prozessmethoden inkl. Analytik." (INT49) *„Das interdisziplinäre Denken ist uns ganz wichtig. Auch die Fähigkeit zur interdisziplinären und internationalen Zusammenarbeit." (INT50)* *„Besonders wichtig ist einerseits das theoretische Grundlagenwissen und andererseits die Fähigkeit der praktischen Umsetzung, d. h. das auch bauen und messen zu können. Beides ist wichtig. Ohne die Theorie kann man nicht bauen, und praktische Fähigkeiten sind ohne die theoretischen Grundlagen auch nicht möglich." (INT60)* *„Beide Fragen beantworte ich klar mit ‚Interdisziplinarität." (INT68)*

2.3.1.3 Soziale Kompetenzen und Fremdsprachen

Die Tätigkeit in einem interdisziplinären Gebiet wie den Nanowissenschaften und Nanotechnologien setzt auch entsprechende soziale Kompetenzen voraus. Hier wurden Teamfähigkeit wie auch Kommunikationsfähigkeit genannt. Letzteres ist auch ein wichtiger Faktor, um beispielsweise Forschungsergebnisse wirksam an die Öffentlichkeit transportieren zu können. In einem Bereich, welcher kontinuierlichen Entwicklungen unterworfen ist, stellt auch die Bereitschaft und Offenheit, Neues zu lernen, den Wissensstand stets zu aktualisieren, einen wichtigen Erfolgsfaktor dar. Aufgrund der international vernetzten Forschungs- wie auch Lehrtätigkeit und den überwiegend englischsprachigen Fachmedien stellen fundierte Englisch-Kenntnisse eine weitere wichtige Voraussetzung dar, um im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien tätig sein zu können.

2.3.2 Vorbildung der SchülerInnen bzw. Studierenden

Wie in der Einleitung bereits angeführt, wurden die InterviewpartnerInnen auch nach der Qualität der Vorbildung ihrer SchülerInnen bzw. Studierenden befragt. So wurde

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

erhoben, ob diese Vorkenntnisse den Erwartungen bzw. Anforderungen der Lehrpersonen entsprachen.

Allgemein wichtig sind basale Kenntnisse in Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Deutsch und Englisch. Schwächen in Bezug auf die Vorbildung ihrer SchülerInnen bzw. Studierenden werden von den Befragten derzeit vor allem in Mathematik, logischem Denken, Physik und Chemie gesehen. Bemängelt wurde zudem die unzureichende Fähigkeit zur Vernetzung von Kompetenzen – für eine Ausbildung in einem interdisziplinären Feld wie Nanowissenschaften und Nanotechnologien eine unerlässliche Voraussetzung. Die Verantwortung wird auf davor liegende Bildungsbereiche gelenkt. Generell wird das sinkende Niveau in der naturwissenschaftlichen Vorbildung kritisiert.

2.3.2.1 Höhere technische (Bundes-)Lehranstalten

Das Ausbildungsniveau der Hauptschulen im ländlichen Raum wird von den Befragten tendenziell höher eingeschätzt als das im städtischen Raum. Dabei wurde zum Teil ein sinkendes Niveau in der vorangehenden Grundlagenausbildung bemängelt.

Vorbildung an HTL, HTBLA
Zitate von ExpertInnen
„Bei den Aufnahmekriterien fokussieren wir auf Deutsch, Englisch und Mathematik. Da sehen wir leider, dass die Qualifikationen in erschreckendem Maße immer schlechter werden. Wir müssen auf diesem Wissen aufbauen. Wenn keine Basis da ist, dann müssen wir nacharbeiten – das bedeutet wiederum, dass dann natürlich die Vermittlung von Fachinhalten kürzer kommt." (INT9)
„[Sie haben] oft Probleme im analytischen Denken und in Mathematik. Das Niveau ist allgemein gesunken, das ist ein gesellschaftliches Problem. Die Schüler werden nicht gefordert, sich zu konzentrieren, alles ist nur spielerisch, in Schule und Elternhaus." (INT24)

2.3.2.2 Fachhochschulen

Studierende an Fachhochschulen haben in Bezug auf ihre Vorbildung entweder eine höhere Schule oder einen fachlich entsprechenden Lehrberuf und einen Ergänzungslehr-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

gang absolviert. Die Verteilung der Herkunft in Bezug auf AHS, HTL oder HAK hängt von der inhaltlichen Ausrichtung des angebotenen Studiengangs ab, bei den Befragten dominieren AHS- und HTL-AbsolventInnen. Mit Ausnahme des HTL-Bereichs wurden zum Teil mangelhafte Grundlagenkenntnisse in Mathematik und logischem Denken festgestellt.

Vorbildung an Fachhochschulen
Zitate von ExpertInnen
„Leider sinkt das Niveau der allgemeinen Matura, das ist nicht nur in Österreich so, sondern auch in Deutschland […]. Die Grundkenntnisse in Mathematik und Physik sind häufig immer weniger ausreichend vorhanden. Wir müssen das dann eben bei uns, in unserer Ausbildung, nachholen und den Studierenden in den ersten beiden Semestern diese Basiskenntnisse vermitteln." (INT1)
„Die Grundlagen könnten besser sein. Da gibt es vor allem Defizite in Mathematik. Und im logischen Denken und selbstständigen Erarbeiten, d. h. selbstständig an ein neues Thema heranzugehen, Probleme zu lösen." (INT57)

2.3.2.3 Universitäten

Wie unter Punkt 2.1.3 bereits erläutert, sind Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf universitärer Aus- bzw. Weiterbildungsebene häufig erst in späteren Studienabschnitten oder Masterstudien ein Thema. Als Voraussetzung für den Besuch nanorelevanter Lehrveranstaltungen gilt daher häufig der abgeschlossene erste Studienabschnitt oder das abgeschlossene Bakkalaureatsstudium. Allgemein bemängelt wurde die vorangehende naturwissenschaftliche Ausbildung vor allem in allgemein höher bildende Schulen: Kenntnisse in Mathematik, Chemie und Physik der Studierenden seien zum Teil sehr mangelhaft. Daher müsse man in entsprechenden Lehrveranstaltungen der ersten Semester häufig basales Wissen vermitteln, um zu versuchen, das unterschiedliche Ausbildungsniveau anzugleichen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Vorbildung an Universitäten Zitate von ExpertInnen
„Bei den Chemie-Studierenden haben wir große Probleme mit deren Mathematik-Vorkenntnissen. Es gibt zwar bei uns Einführungsvorlesungen in Mathematik, das reicht aber nicht aus. Zum Teil sind die Grundkenntnisse der AHS-Absolventen zu schlecht, da haben die HTLer die besseren Grundlagen. Ähnlich verhält es sich bei den Physik-Vorkenntnissen." (INT22) *„Wir merken die Kürzungen im Mittelschulbereich bei den naturwissenschaftlichen Fächern, Mathematik, Physik, Chemie. Die Leute haben keine ausreichenden Grundkenntnisse und brauchen nach der Matura einige Zeit, bis sie überhaupt richtig studieren können." (INT28)* *„Zur Vorbildung kann ich aber sagen, dass in allen naturwissenschaftlichen Bereichen das Problem ist, dass die Ausbildung von AHS-Absolventen sehr unterschiedlich ist: Leute, die einen guten Unterricht in Chemie, Physik hatten, stehen jenen gegenüber, die schlechten Unterricht hatten. […] Die HTL-Absolventen sind gut, wenn sie eine HTL absolviert haben, die eine einschlägige Ausrichtung hatte." (INT46)*

2.3.3 Ausgangsqualifikationen

Allgemein lassen sich die vermittelten Qualifikationen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien zusammenfassen als theoretisches Grundlagenwissen zu „Nano", Methodenwissen, d. h. theoretisches wie praktisches Wissen im Einsatz von Analysemethoden und -instrumenten, sowie die Umsetzung dieses Wissens in grundlagen- oder anwendungsorientierter Forschung (Universität, z. T. Fachhochschulen) bzw. in der Praxis (HTL, z. T. Fachhochschulen).

Da es derzeit noch an entsprechenden Produkten und Anwendungen fehlt, ist praxisorientierte Wissensvermittlung kaum möglich. Das Berufsbild „des Nanotechnikers/der Nanotechnikerin" existiert nicht und wird es – angesichts der interdisziplinären Ausrichtung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien –vermutlich auch in Zukunft nicht geben. Im Bereich der HTL bzw. HTBLA sieht man derzeit keine Möglichkeit, ein derartiges Ausbildungsprofil einzuführen, wohl aber versteht man die SchülerInnen als (unentdecktes) Potenzial für Firmen, konkrete nanorelevante Aufgaben anwendungsorientiert umzusetzen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2.3.3.1 Höhere technische (Bundes-)Lehranstalten

Die Vermittlung nanobezogener Inhalte wird nahezu in allen Schulen der Sekundarstufe versucht. Die Fokussierung auf HTL bzw. HTBLA in der Erhebung basiert auf dem anwendungsorientierten Charakter in Fächern mit Nanobezug. Die Kategorie HTL bzw. HTBLA inkludiert dabei jedoch auch immer an den gleichen Standorten angesiedelte Kollegs, Fachschulen und zum Teil auch Berufsschulen.

Im Bereich von HTL werden verschiedene Themen der Nanotechnologie meist im Rahmen des regulären Lehrstoffs auf theoretischer Ebene behandelt. Es wird versucht, den SchülerInnen Grundlagenwissen zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu vermitteln.

Vermittelte Qualifikationen im Grundlagenbereich
Zitate von ExpertInnen
„Bei uns wird den Schülern ein theoretisches Grundlagenwissen zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien vermittelt, leider noch nicht mehr. Aber das ist auch eine Finanzierungsfrage." (INT41)
„[Wir vermitteln] Grundwissen – Überblickswissen, dass man einmal was von Nano gehört hat. (INT 34)

Stehen in HTL nanoverwandte Themen wie z.B. Werkstoffe im Vordergrund, geht es um die Vermittlung von Methodenwissen und vor allem um die praktische Umsetzung anhand konkreter Projekte in Zusammenarbeit mit Firmen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Vermittelte nanorelevante Qualifikationen im Werkstoffbereich Zitate von ExpertInnen
„[Wir vermitteln] Kenntnisse über die Technologie der Werkstoffe und die Behandlung und Bearbeitung von Oberflächen. Physikalisch-chemische Grundlagen, Werkstoffeigenschaften, Praxisnähe." (INT 80) *„In einer HTL werden die Leute praxisnah ausgebildet. Gerade im Bereich Werkstoffprüfung ist es wichtig, dass sie das Erlernte auch praktisch anwenden können. Wir heben uns damit gerade von der universitären Ausbildung ab, wo diese praxisnahe Ausbildung nicht in dem Umfang wie bei uns gegeben ist." (INT 8)* *„[Wir vermitteln] grundlegende Kenntnisse im Bereich Werkstoffe (Oberflächenkunde, Chemie, Metallurgie) und im Bereich Mikroelektronik und Mikromechanik (in der Abteilung Mechatronik)." (INT 24)*

Als weitere nanoverwandte Bereiche wurden die Halbleitertechnik und die Oberflächtentechnik genannt, im Rahmen derer den SchülerInnen methodisches Know-how wie z.B. der Umgang mit Computersimulation, CAD oder entsprechenden Messgeräten vermittelt wird:

Vermittelte methodische Kompetenzen in der Halbleiter- und Oberflächentechnik Zitate von ExpertInnen
„AbsolventInnen, die später vor allem in der Halbleitertechnik arbeiten, haben damit zu tun. Da gibt's eh nur zwei Firmen in Österreich: austriamicrosystems und Infineon in Villach. Da können unsere AbsolventInnen im Schaltungsdesign bzw. -entwurf arbeiten und haben mit CAD, Computersimulation usw. zu tun. Und dann haben sie natürlich in der Praxis auch mit Anlagen zu tun." (INT 75) *„Direkt in Richtung Nanotechnologie machen wir nichts, sondern in Richtung Oberflächentechnik, Werkstoffprüfung. Wir haben z.B. ein Kontaktwinkelmessgerät, das Oberflächenspannung u.a. messen kann. Das ist im Bereich Labor. Im Bereich der praktischen technischen Ausbildung machen wir nichts." (INT8)*

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2.3.3.2 Fachhochschulen

Im Rahmen des postgradualen Studienprogramms der Fachhochschule Vorarlberg, das besonders auf Nanowissenschaften und Nanotechnologien fokussiert, werden laut eines Interviewpartners folgende Qualifikationen vermittelt:

Vermittelte Qualifikationen im postgradualen Masterprogramm der FH Vorarlberg
Zitat eines Experten
„Der Studiengang beschäftigt sich nicht ausschließlich mit Nanotechnologie, sondern übergreifend mit Mikro- und Nanotechnologie. Theorie, Praxis und neueste Forschungsergebnisse aus den Bereichen Technologie (PVD, CVD, Epitaxy, Lithography, Ätztechniken, LIGA ... (M&N)), Nano-Messtechniken (M&N), Nanomanipulation (N), Mikro- und Nanomechanik, funktionelle Oberflächen (N), deren Charakterisierung und Eigenschaften (N), Sensoren und Aktoren (eher M), Fibers (M), Waveguides und Mikrooptik (M), Design und Integration von Mikro- und Nanosystemen. Die Lehrinhalte schaffen für einen Einstieg in die Thematik die notwendigen Grundlagen, sind aber auch für bereits in dem Thema Beschäftigte aufgrund der Einbeziehung aktuellster Ergebnisse bestens geeignet."1

Darüber hinaus werden nanorelevante Qualifikationen an Fachhochschulen meist nur in Form von theoretischem Grundlagenwissen im Rahmen thematisch übergeordneter Vorlesungen behandelt.

Vermittelte nanorelevante Qualifikationen im Grundlagenbereich
Zitate von ExpertInnen
„Diese Ausbildung bereitet auf jeden Fall auf eine solche Tätigkeit vor. Die Absolventen kommen dann vor allem für den Bereich der Werkstoffe infrage, z.B. bei Lackfirmen, wo es um Dispersionen geht, im Nanometer-Bereich; bei der Wärmebehandlung, in der Beschichtungstechnik." (INT4)
„Den Studierenden werden theoretische Inhalte von Nanowissenschaften und Nanotechnologien vermittelt. In der Praxis im Umgang mit speziellen Methoden/Geräten haben wir nicht die Ausbildung. Es gibt aber ein Praxissemester, wo man das machen kann [...]" (INT13)

1 Hier wurde die interne Dokumentationsnummer des Zitats zwecks Anonymisierung der Aussage weggelassen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Bei einem befragten Anbieter wird in biophysikalischer Grundlagenbildung methodisches Wissen vermittelt, das auch nanorelevant ist: Die Studierenden erlernen beispielsweise den Umgang mit Laserrastermikroskopie und elektrischen Impendanzmessungen für die Charakterisierung von Nanoschichten. Durch die Teilnahme und Veranstaltung eines jährlich stattfindenden Kongresses, in welchem u.a. magnetische Eigenschaften von Mikro- und Nanoteilchen behandelt werden, erhalten die Studierenden Einblick in aktuelle Forschung und Umsetzung in medizinischen Anwendungen (z.B. „drug delivery"). Ein anderer Anbieter benannte Oberflächencharakterisierungsmethoden, die im Rahmen einer Vorlesung über miniaturisierte Analysesysteme vorgestellt werden: Atomkraftmikroskopie, „Scanning Tunneling Microscopy" (STM) und „Scanning Electron Microscopy" (SEM).

2.3.3.3 Universitäten

Universitäten sind durch die Breite des nanorelevanten Gesamtangebots charakterisiert, das jeweils in Bezug zur übergeordneten Ausgangswissenschaft bzw. -disziplin gesetzt ist. Gegenüber konkreten Aus- und Weiterbildungsangeboten dominiert jedoch die Auseinandersetzung mit Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf Ebene der Forschung bzw. der forschungsgeleiteten Lehre.

Im einzigen universitären (postgradualen) Studienprogramm, das „Nano" im Titel trägt und im Curriculum darauf ausgerichtet ist, liegt der Fokus der Wissensvermittlung auf der Analytikausbildung:

Vermittelte Qualifikationen im Universitätslehrgang „Nanotechnologie – Nanoanalytik"
Zitat eines Experten
„Der Schwerpunkt des Unilehrgangs liegt in der Analytikausbildung. Das interessiert die Industrie sehr. Es geht darum, zu verstehen, was man damit machen kann, um die Methoden später einsetzen zu können. Aus den Bereichen Pharmazie/Chemie, Grundlagen der Physik, Bionanotechnologie, die in die Nanotechnologie hineinspielen, ist damit alles abgedeckt."1

Vor allem im Bereich von Dissertationen und Postdocs bietet sich die Möglichkeit der Vertiefung eines nanorelevanten Themenbereichs in grundlagen- oder anwendungsorientierter Forschung. Gesicherte Erkenntnisse fließen in den Lehrbereich ein, hier vor allem

1 Hier wurde die interne Dokumentationsnummer des Zitats zwecks Anonymisierung der Aussage weggelassen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

nach dem ersten Studienabschnitt bzw. Bakkalaureatsstudium. Zum Teil sind durch ein entsprechendes Wahlfachangebot auch Vertiefungen in diesem Bereich und praktische Erprobung von Methodenwissen möglich. In Bezug auf in Zukunft geplante Masterstudiengänge wird das Schaffen eines gemeinsamen Vokabulars der Vertreter unterschiedlicher Ausgangsdisziplinen als wichtige Voraussetzung dafür gesehen, den interdisziplinären Charakter umsetzen zu können.

Als Ausgangspunkt des universitären Aus- und Weiterbildungsangebots zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien steht die Vermittlung von Grundlagenwissen. Dabei wurden von den InterviewpartnerInnen folgende Aspekte angeführt:

- Überblick über Nanowissenschaften und Nanotechnologien: Bereiche, Überlappungen
- Verständnis von Eigenschaften nanostrukturierter Materialien: mechanische, optische, magnetische Eigenschaften; Eigenschaften in technischen Abläufen
- Kenntnisse von Mikrostrukturen, elektronischen Strukturen
- Grundlagenwissen über Werkstoffe, z.B. Herstellung und Verarbeitung von nanostrukturierten Kunststoffen
- Grundlagen der Polymerphysik und Polymeranalytik
- Grundlagenwissen zur Analytik und Synthese von Nanomaterialien
- Verständnis atomarer Prozesse in Atom-, Molekül- und Festkörperphysik
- methodisches Grundlagenwissen

Eine wesentliche Rolle spielt die Vermittlung von nanorelevantem methodischen bzw. analytischen Wissen. Die Befragten führten eine Reihe von Instrumenten an, in deren Umgang die Studierenden jeweils geschult werden. Dazu zählen z.B. Rastertunnelmikroskopie, Rastersondenverfahren (z.B. Rastersondenmikroskopie), Massenspektrometrie, Einzelmolekülmikroskopie bzw. -spektroskopie, Elektronenmikroskopie, Atomkraftmikroskopie und Photoemissionenmikroskopie. Eine Reihe weiterer Methoden und Techniken, in welchen Studierende geschult werden, sind:

- Vakuumtechnik, Messtechnik
- synthetische Methoden: Herstellung von Verbindungen und Bestimmung ihrer Eigenschaften mittels optischen und elektrochemischen Methoden
- Synthese von Nanopartikeln
- chemische und physikalische Analyse von Nanopartikeln
- Analyse der biologischen Interaktionen von Nanopartikeln
- Metrologie von Partikeln, Nanometrologie
- numerische und experimentelle Werkstoffcharakterisierung auf kleinen Längenskalen

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Veränderung von elektrischen Eigenschaften im Nanometerbereich
___ Methoden der Bildbearbeitung am PC

Im Bereich der forschungsgeleiteten Lehre geht es in den Anfängen darum, die Grundlagen wissenschaftlicher Forschung kennen zu lernen und entsprechend umzusetzen. Im Bereich des Diplom- oder Magisterstudiums steht nach Aussage eines Interviewpartners die Grundlagenforschung im Vordergrund, während anwendungsorientierte Forschung erst mit postgradualen Angeboten in den Fokus tritt. Dabei wurde eine Vielzahl an Beispielen für nanorelevante Themen, die im Rahmen von Diplomarbeiten oder Dissertationen behandelt werden, genannt: Die Studierenden lernen z.B. durch Untersuchungen die Eigenschaften von Nanoteilchen, Nanomaterialien, speziell von Lacken kennen und entwickeln Methoden zur Synthese und Modifizierung von Nanostrukturen.

Beispiele für Nanothemen in der forschungsgeleiteten Lehre
Zitate von ExpertInnen
„Wir arbeiten an Impfstoffen – wir machen so genannte ‚Virusgeister'. Das sind Partikel, die aussehen wie Viren, aber keine Gene haben. Sie simulieren eine Virusinfektion – das ist wichtig für die Impfstoffherstellung. Ein Projekt, an welchem wir da beispielsweise arbeiten, ist ein EU-gefördertes Projekt zu HIV. Dabei geht es um somale verpackte Immunogene." (INT11)
„Es geht von Biophysik aus, es geht um DNA-Sequenzierung. Wir machen anorganische Substrate, eine chemische Gruppe maßschneidert Moleküle und nimmt die DNA-Sequenz auf, die Biophysik weist den Sequenzen Farbmarker zu. Da sind ganz verschiedene Bereiche tätig. Im Moment sind da auch drei oder vier Doktoranden eingebunden." (INT26)

Anwendungsbezogenes Wissen fokussiert auf das Kennenlernen der wichtigsten Anwendungsbereiche, z.B. von nanostrukturierten Materialien, Nanopartikeln in der Diagnostik oder pharmazeutischen Aspekten von Nanopartikeln. Weitere Themen, die von den InterviewpartnerInnen angeführt wurden, sind die Herstellung von nanofunktionellen Bauteilen und deren Anwendung, die Verarbeitung und Behandlung von Nanomaterie, z.B. von Lacken oder Füllmaterialien, oder auch die Entwicklung von Systemen zur Blutreinigung.

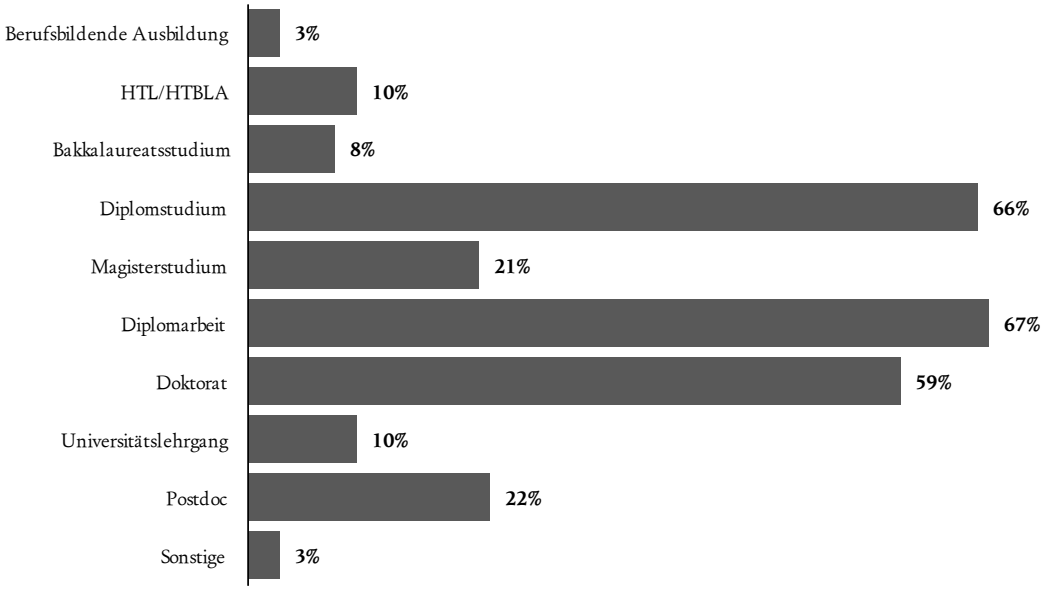
© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2.3.4 Qualifikationslevels

Bei den befragten Aus- und Weiterbildungsanbietern werden nanorelevante Qualifikationen auf unterschiedlichen Niveaus vermittelt (vgl. Abb. 2.3). Den Schwerpunkt von Angeboten mit thematischem Bezug zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien stellt das Diplomstudium (66% bzw. 57 Nennungen) dar. Hinzu kommt aufgrund der Neuorganisation der Studienstruktur das Magisterstudium[1]: 21% der Befragten (18 Nennungen) nannten ein nanorelevantes Angebot auf diesem Qualifikationsniveau.

Darüber hinaus spielt „Nano" eine gewichtige Rolle in forschungsgeleiteter Ausbildung, d. h. in Diplomarbeiten (67% bzw. 58 Nennungen) und im Doktoratsstudium (59% bzw. 51 Nennungen). Nanorelevante Postdoc-Stellen nannten 22% (19 Nennungen) der InterviewpartnerInnen.

Abbildung 2.3
Verteilung der Aus- und Weiterbildungsangebote auf Qualifikationslevels



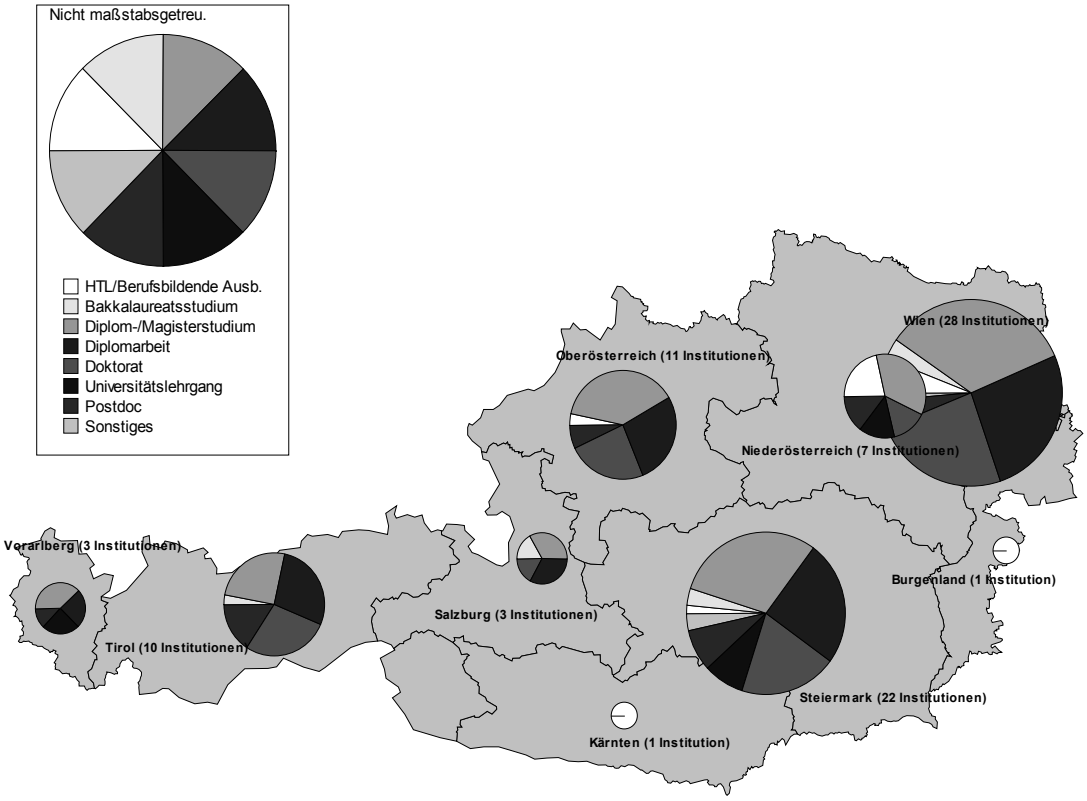
Quelle: 3s-Erhebung (n=87)

1 Mit der Unterzeichnung der sog. Bologna-Deklaration im Juni 1999 wurde auch in Österreich ein massiver Umbau der Architektur von Hochschulstudien eingeleitet: Bestehende Diplomstudien müssen bis zum Jahr 2010 durch zweigliedrige Studien (Bakkalaureats- und Magisterstudium) ersetzt werden. Die Diplomarbeit als integrativer Bestandteil eines Diplomstudiums wird dann als Abschluss eines Magisterstudiums verlangt. Derzeit dominiert an österreichischen Universitäten noch die Studienarchitektur des Diplomstudiums, in den kommenden Jahren wird diese jedoch durch die neue Studienarchitektur abgelöst werden.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Vergleichsweise gering fällt das Ausmaß nanorelevanter Aus- und Weiterbildungsangebote auf Ebene der berufsbildenden (3% bzw. 3 Nennungen) oder höheren Schulen (10% bzw. 9 Nennungen) sowie des Bakkalaureatsstudiums (8% bzw. 7 Nennungen) aus. Weitere 10% (9 Nennungen) gaben nanorelevante Universitätslehrgänge und 3% sonstige Angebote mit Nanobezug an.

Abbildung 2.4
Regionale Verteilung der Qualifikationsniveaus



Quelle: 3s-Erhebung (n=87)

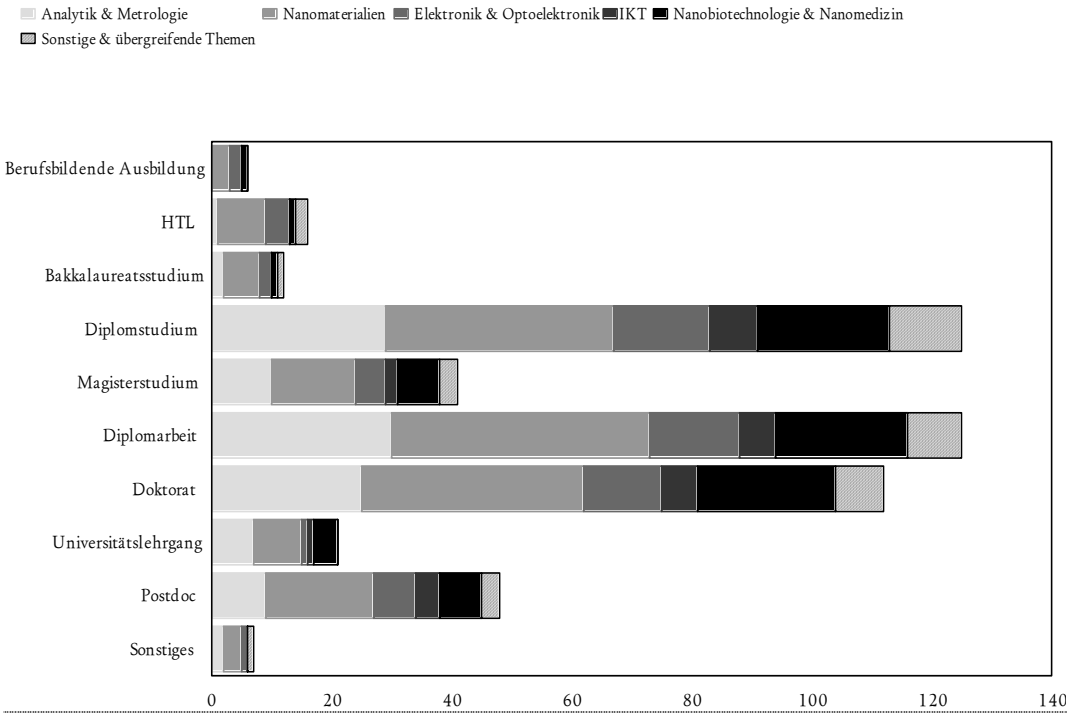
*) Ein Interviewpartner aus Salzburg gab ein, keinerlei nanorelevante Ausbildung, sondern ausschließlich Forschung auf dem Gebiet zu betreiben.

Die quantitativ am stärksten vertretenen nanorelevanten Angebote im Bereich des Diplomstudiums, der Diplomarbeit und des Doktoratsstudiums finden sich schwerpunktmäßig in Wien, Steiermark, Oberösterreich und Tirol (vgl. Abb. 2.4). Während Wien auch in den übrigen Qualifikationslevels zahlenmäßig mit Angeboten dominiert, wird hier kein Universitätslehrgang mit Nanobezug angeboten, wohl aber in der Steiermark, in Niederösterreich und in Vorarlberg. Mehrfachnennungen innerhalb eines Bundeslandes

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

in Bezug auf einen nanorelevanten Universitätslehrgang beziehen sich dabei meist auf dasselbe Weiterbildungsangebot, das unterschiedliche AnsprechpartnerInnen nannten.

Abbildung 2.5
Qualifikationsniveaus in Relation zu behandelten Nanothemen



Quelle: 3s-Erhebung (n=87)

In Bezug auf die Verteilung der Qualifikationslevels nach behandelten Nanothemen (Abb. 2.5) zeigt sich einmal mehr die Dominanz der Auseinandersetzung mit Nanomaterialien. Während die übrigen Themenbereiche erst ab dem Diplom- bzw. Magisterstudium verstärkt auftreten, durchdringt die Beschäftigung mit Nanomaterialien bereits darunter liegende Qualifikationsniveaus: Bei acht von neun befragten höheren technischen (Bundes-)Lehranstalten sowie sechs von sieben angebotenen nanorelevanten Bakkalaureatsstudien stellt dies einen Schwerpunkt dar. Auch auf Ebene der höchsten Qualifizierung, des Postdoc-Studiums, dominiert das Thema Nanomaterialien, auf das 18 von 19 Postdoc-Anbietern fokussieren. Auch bei jedem der übrigen Levels gab es die meisten Nennungen für die schwerpunktmäßige Auseinandersetzung mit Nanomaterialien, jedoch sind vor allem im Diplomstudium mit abschließender Diplomarbeit und im Doktoratsstudium auch „Analytik & Metrologie“, „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“ sowie „Elektronik & Optoelektronik“ – in dieser Reihenfolge absteigend – ein Thema.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2.4 Nachfrage bei nanorelevanten Aus- und Weiterbildungsangeboten

2.4.1 Allgemeine Studierendennachfrage im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Die InterviewpartnerInnen wurden des Weiteren nach ihrer Einschätzung der SchülerInnen- bzw. Studierendennachfrage in Bezug auf das jeweilige Aus- und Weiterbildungsangebot befragt.

Nachfrage an nanorelevanten Aus- und Weiterbildungsangeboten
Zitate von ExpertInnen
„Es gibt viele Interessenten dafür. Das Problem ist derzeit nur die Form der Durchführung. Wir wollen das in Zukunft in einzelnen Modulen planen. Um es der Zielgruppe der Berufstätigen leichter zu machen, weil die Personen, die so etwas machen, ansonsten auch ausgelastet sind, beruflich wie familiär." (ULG)[1]
„Nano liegt im Trend. In der Physik haben wir pro Jahr 150 Studierende, davon machen 50% Festkörperphysik. In nanorelevanten Lehrveranstaltungen sind im Jahr etwa 40 Studierende." (INT3, Universität)
„100 bis 120 pro Jahr beginnen das Studium der Chemie. […] Davon absolvieren rund fünf bis sechs Leute diese Wahlfächer. Das heißt, rund 10 bis 20 Prozent des gesamten naturwissenschaftlichen Potenzials besuchen diese Nano-Lehrveranstaltungen." (INT25, Universität)
„Die Nachfrage war zu Beginn schwieriger. Der Trend geht jetzt in Richtung Kunststoff. […] Die Materie war aber nicht so bekannt, als wir angefangen haben, daher hatten wir Anlaufschwierigkeiten. In der Zwischenzeit können wir die vom Landesschulrat bewilligten zwei Klassen problemlos füllen." (INT8, HTL)
„Wir haben eine Interessentendatenbank mit ständig 40-50 Personen, die wird auch laufend bereinigt. Derzeit 16 Studierende." (postgraduales Masterprogramm)

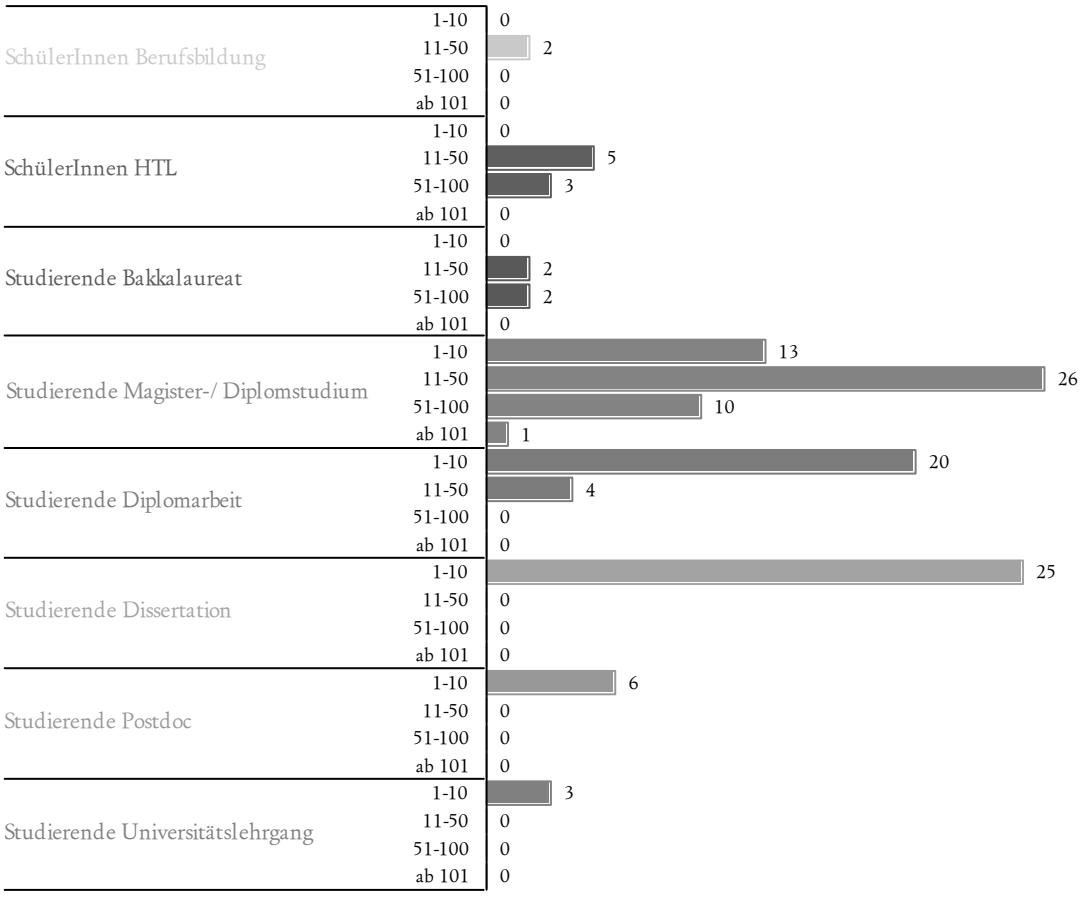
Diese Variable der Nachfrage muss vor dem Hintergrund des jeweiligen Ausbildungsangebots interpretiert werden. So können in HTL und Fachhochschulen aufgrund der schuli-

1 Hier wurde die interne Dokumentationsnummer des Zitats zwecks Anonymisierung der Aussage weggelassen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

schen Organisation des Angebots und der festgelegten Zahl an SchülerInnen bzw. Studienplätzen exakte quantitative Angaben gemacht werden. Bei den Universitäten beruhen quantitative Angaben zu HörerInnenzahlen bestimmter Vorlesungen oder Schwerpunkte größtenteils auf Erfahrungswerten. Nanorelevante Angebote gibt es dort meist erst nach dem ersten Studienabschnitt.

Abbildung 2.6
Nachfrage in Relation zu den Qualifikationslevels



Quelle: 3s-Erhebung (n=87)

Bei der Interpretation der Nachfrage in Relation zu den Qualifikationsniveaus (vgl. Abb. 2.6) müssen zwei Faktoren berücksichtigt werden: Zum einen konzentriert sich das nanorelevante Aus- und Weiterbildungsangebot auf die universitäre Ebene nach dem ersten Studienabschnitt (vgl. Pkt. 2.3). Anbieter aus diesem Bereich sind daher auch zahlenmäßig stärker unter den InterviewpartnerInnen vertreten als Befragte aus berufsbildenden

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

und höheren Schulen. Zum anderen weisen die jeweiligen Angebote unterschiedliche Beschränkungen im Hinblick auf die Studierendenzahlen auf: Durch die schulische Struktur sind berufsbildende Schulen und HTL bzw. HTBLA in Klassen mit beschränkten SchülerInnenzahlen organisiert. Ähnlich verhält es sich bei Fachhochschulen und Universitätslehrgängen mit einer festgelegten Aufnahmezahl von Studierenden je Jahrgang. Die Betreuungsintensität von DiplomandInnen, DissertantInnen sowie die Kostenintensität von Postdoc-Stellen führt zu einer Begrenzung, die von den personellen bzw. finanziellen Ressourcen des jeweiligen Instituts abhängt. Aus obiger Grafik ist ersichtlich, dass hier jeweils maximal bis zu zehn Personen je Studienjahr betreut werden.

Insgesamt zeigt sich eine verstärkte Nachfrage im Bereich Magister- oder Diplomstudium, Diplomarbeiten und Dissertationen zum Thema Nanowissenschaften und Nanotechnologien.

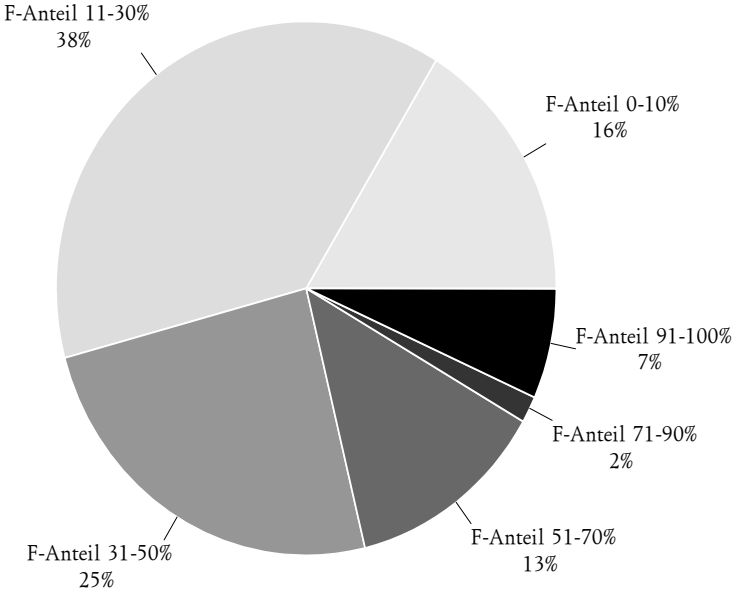
Betrachtet man die Nachfrage auf Bundesländer-Ebene, entsprechen diese Werte naturgemäß der regionalen Verteilung der Aus- bzw. Weiterbildungsangebote. Auf diese Daten wird nicht näher eingegangen, da sie auch vor dem Hintergrund zu verstehen sind, dass etliche der Befragten keine konkreten Angaben zur Nachfrage an ihren Aus- bzw. Weiterbildungsangeboten tätigen konnten. Betrachtet man dies auf Bundesländer-Ebene, würde dies zu dem verzerrten Bild führen, dass beispielsweise in Kärnten keinerlei Nachfrage nach nanorelevanten Angeboten besteht, obwohl dort ein solches existiert.

2.4.2 Geschlechtsspezifische Nachfrage

Der Frauenanteil variiert zwischen den einzelnen Aus- bzw. Weiterbildungsangeboten. In knapp über der Hälfte der Angebote liegt er bei maximal 30 Prozent, bei jedem vierten Anbieter zwischen 31 und 50 Prozent. Nur bei rund einem Fünftel der nanorelevanten Aus- und Weiterbildungsangebote ist die Nachfrage weiblicher SchülerInnen bzw. Studierender höher als die der Männer (vgl. Abb. 2.7).

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 2.7
Nachfrage weiblicher SchülerInnen bzw. Studierender

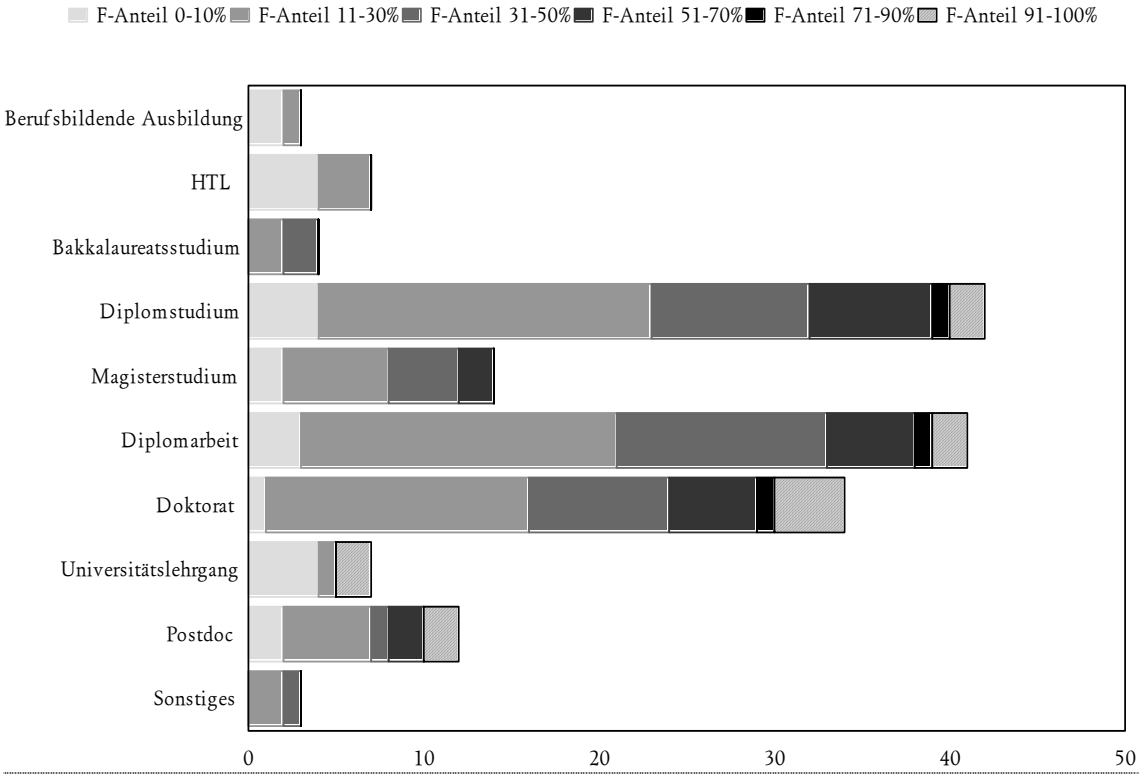


Quelle: 3s-Erhebung (n=61)

Hohe Frauenanteile wurden insbesondere in den Bereichen Biochemie und Pharmazie, Lebensmittel- und Biotechnologie genannt. Zum Vergleich: Der Frauenanteil an allen Studierenden an Universitäten in Österreich beträgt rund 52,8%, bei den Technischen Naturwissenschaften 19,4% und im Bereich der Technik (am Beispiel der Studienrichtungen Maschinenbau und Elektrotechnik) nur 8,2%. Die Frauenanteile in „nanorelevanten“ Studienrichtungen sind somit als relativ hoch zu bezeichnen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 2.8
Nachfrage weiblicher SchülerInnen bzw. Studierender je Qualifikationslevel



Quelle: 3s-Erhebung (n=61)

*) Angaben in absoluten Zahlen

In Abbildung 2.8 wird der Frauenanteil in Relation zum Qualifikationslevel gestellt. Hier zeigt sich, dass die Angebote nanorelevanter Aus- und Weiterbildungsinhalte auf Sekundarstufe männlich dominiert sind, der Anteil weiblicher SchülerInnen wurde hier mit bis zu maximal 30 Prozent angegeben. Dagegen erhöht sich der Frauenanteil in Aus- und Weiterbildungsangeboten nach dem zweiten Studienabschnitt, vor allem im Diplomstudium, bei Diplomarbeiten und Doktoratsstudien wurden vermehrt Anteile über 50% genannt.

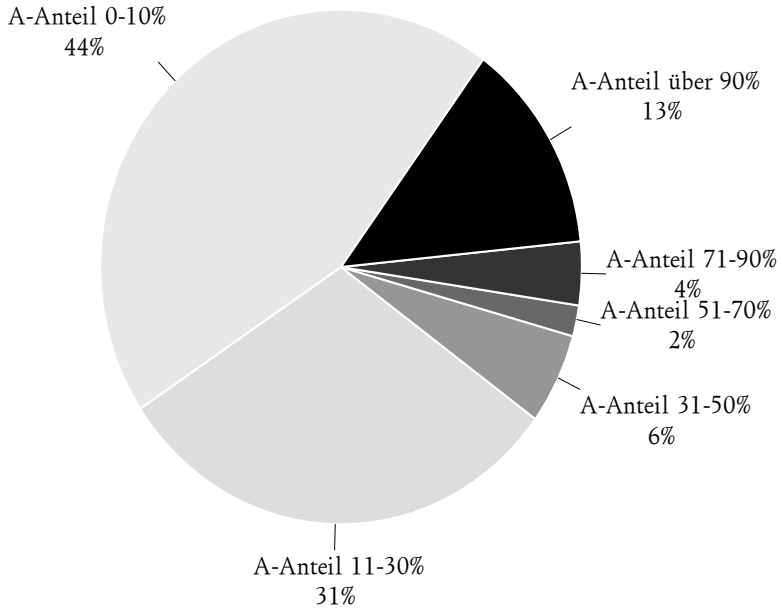
2.4.3 Nachfrage ausländischer SchülerInnen bzw. Studierender

Der Anteil ausländischer SchülerInnen bzw. Studierender ist in allen Kategorien vergleichsweise geringer als der Frauenanteil. Bei über der Hälfte der Angebote liegt er bei

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

unter zehn Prozent, nur bei etwa jedem achten Angebot umfasst der Anteil ausländischer SchülerInnen bzw. Studierenden mehr als 30 Prozent (vgl. Abb. 2.9).

Abbildung 2.9
Nachfrage ausländischer SchülerInnen bzw. Studierender

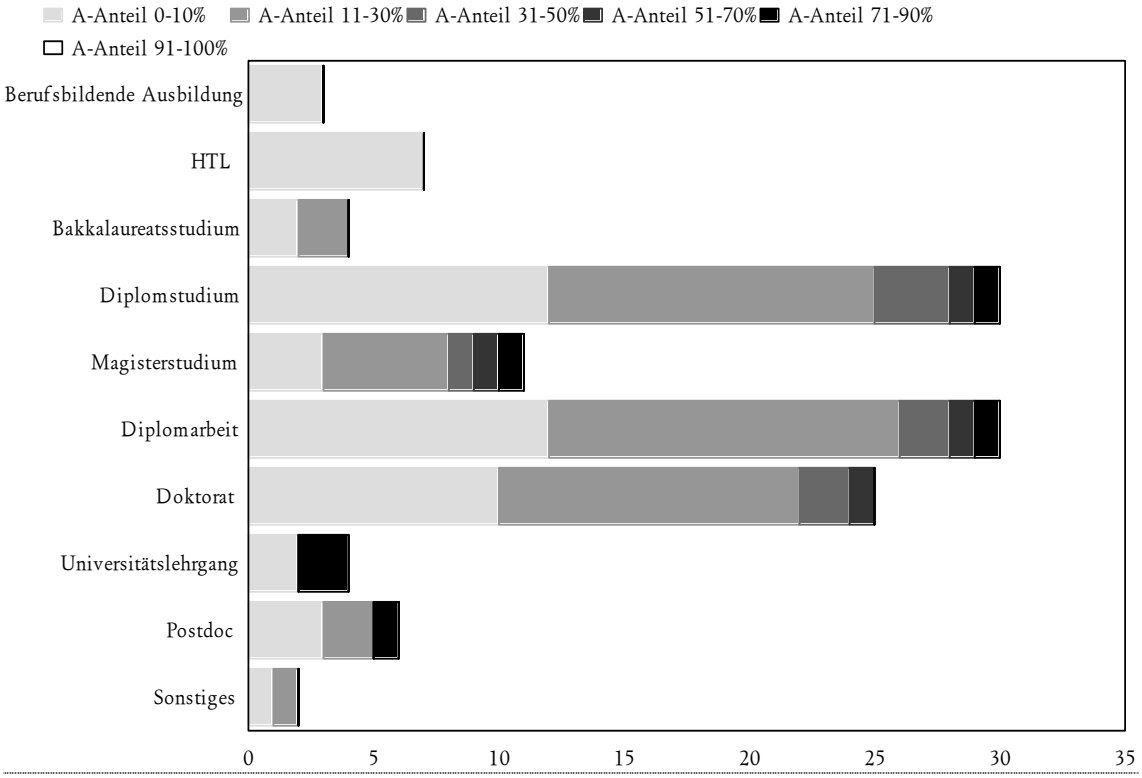


Quelle: 3s-Erhebung (n=45)

Der Anteil ausländischer Nutzer von nanorelevanten Aus- bzw. Weiterbildungsangeboten steigt mit der Ausbildungsebene, divergiert jedoch stark abhängig vom jeweiligen Ausbildungsangebot und dessen Nachfrage im Ausland: In HTL sind nahezu ausschließlich österreichische SchülerInnen (darunter aber auch solche mit migrantischem Hintergrund) vorzufinden (vgl. Abb. 2.10). An Fachhochschulen ist der Anteil ausländischer Studierender von internationalen Kooperationsprojekten bzw. Programmen mit Partneruniversitäten und den dadurch bedingten gegenseitigen Austausch von Studierenden (aufgrund der fixen Zahl an Studienplätzen) abhängig. Im Vergleich zu allen Studienangeboten ist der AusländerInnenanteil in etwa ähnlich hoch (AusländerInnenanteil bei allen Studierenden 16,0%, bei den Technischen Naturwissenschaften 15,1% und bei den Studienrichtungen Maschinenbau und Elektrotechnik zusammen 17,1%).

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 2.10
Nachfrage ausländischer SchülerInnen bzw. Studierender je Qualifikationslevel



Quelle: 3s-Erhebung (n=45)

*) Angaben in absoluten Zahlen

Höher ist der Anteil ausländischer Studierender im universitären Ausbildungsbereich. Der hohe Anteil im Diplom- und Magisterstudium ist auch durch die vermehrte Nutzung entsprechender Partnerprogramme zu erklären. Ausländische Studierende finden sich auch häufig im Bereich des Doktoratsstudiums und auf Postdoc-Ebene. Hier werden bestimmte Ausbildungsangebote aufgrund ihrer inhaltlichen Schwerpunktsetzung auf Nanowissenschaften und Nanotechnologien bewusst von ausländischen Studierenden gewählt. Im Bereich von Dissertationen und Postdocs ist die Nachfrage aus dem Ausland zum Teil weitaus höher als das Angebot, was die Befragten mit den eingeschränkten personellen und finanziellen Ressourcen der Universitäten erklären. Abhängig von bestimmten Kooperationen gibt es an manchen Universitäten auch eine Dominanz bestimmter Nationalitäten (z.B. Hauptanteil chinesischer Studierender an der Montanuni Leoben).

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Nachfrage von ausländischen Studierenden
Zitate von ExpertInnen
„Der Ausländeranteil ist bei den Diplomanden nicht so groß, bei den Doktoranden ist er größer, durch Programme, die auch international ausgeschrieben werden. Unsere Seminare werden immer auf Englisch abgehalten, auch die Diplomandenseminare. Der Anteil der ausländischen Studierenden liegt bei 10 Prozent, Tendenz steigend. Auch meine Vorlesungen halte ich auf Englisch. Wir schreiben das auch vor, das ist ein wichtiger Faktor, weil die Publikationen in dem Bereich [Anm.: Nanowissenschaften und Nanotechnologien] ausschließlich auf Englisch sind." (INT26)
„Es gibt wenige Ausländer im Studium, wenn man die Deutschen davon ausnimmt. Das ändert sich aber drastisch mit der Promotion, da liegt der Anteil typischerweise bei zwischen 20 und 30 Prozent." (INT42)
„Aus Indien/China kommen stets Anfragen von Leuten mit tollen Qualifikationen, die natürlich auch gerne herkommen würden, wenn sie hier leben könnten. Da bräuchte es dann z.B. Firmenkontakte, die das finanzieren. Wir sind da aber nicht die USA, das gibt es bei uns nicht. Für Fondsprojekte könnte man solche Leute holen. [...] Ich versuche aber, vor allem österreichische Studierende zu haben. [...] Es wäre prinzipiell kein Problem, ausländische Studierende hier zu haben, für eine gute Forschung. Aber es ist sicher, dass die nach ihrem Studium wieder fortfahren – und dann ist das keine zukunftsorientierte Strategie, weil das Know-how, das Wissen wieder abwandert. Aus dem EU-Ausland war bislang nicht viel Nachfrage da, daher sind die meisten österreichische Studenten. Derzeit haben wir einen Studenten polnischer Herkunft und eine Studentin aus der Türkei." (INT61)

2.5 Kooperationen im nanorelevanten Aus- und Weiterbildungssektor

Die AnsprechpartnerInnen aus dem Aus- bzw. Weiterbildungssektor wurden nach dem Bestehen von Kooperationen mit anderen Aus- bzw. Weiterbildungsanbietern befragt. Falls vorhanden, wurde zudem erhoben, welche Kooperationspartner es gibt und in welcher Form (z.B. (Lehr-) Veranstaltungen, Austausch von Lehrenden, gegenseitige Anerkennung von Ausbildungsinhalten) die Zusammenarbeit stattfindet.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Grundsätzlich sind Kooperationen gegeben, allerdings in unterschiedlicher Art und Weise. HTL kooperieren nahezu nur mit anderen HTL oder Fachhochschulen, kaum mit Universitäten, auch bei Fachhochschulen dominiert aufgrund der Vernetzung mit der Praxis die Zusammenarbeit mit Unternehmen. Darüber hinaus gibt es Partnerprogramme mit Hochschulen auf internationaler Ebene. Universitäten kooperieren kaum mit vorgelagerten Ausbildungsinstitutionen oder mit Fachhochschulen, sondern vor allem auf universitärer Ebene und auch mit Unternehmen, vor allem im Zusammenhang mit den geförderten Nano-Projektclustern. Die Zusammenarbeit verschiedener Institutionen auf universitärer Ebene ist meist forschungsorientiert, der Schwerpunkt nanobezogener Kooperationen liegt daher auf Diplomarbeiten, Dissertationen und Postdocs. Internationale Kooperationen gibt es erst im High-Level-Bereich. Gleichzeitig gibt es jedoch auch eine gewisse „Abschottung“ aufgrund der Konkurrenzbeziehungen von Institutionen, die das „Voneinanderlernen“ behindern. Es gibt nur wenige Kooperationen in der Entwicklung neuer Ausbildungs- oder Studienprogramme.

2.5.1 Situation an den höheren technischen (Bundes-)Lehranstalten

Hier spielen Kooperationen mit anderen Aus- bzw. Weiterbildungsanbietern eine untergeordnete Rolle und sind nur vereinzelt gegeben. In den befragten HTL stehen Firmenkooperationen im Vordergrund, v. a. im Zusammenhang mit praxisorientierten Diplomarbeiten mit Projektcharakter. Vorhandene Kooperationen im Aus- bzw. Weiterbildungsbereich existieren nahezu ausschließlich mit anderen HTL, Fachhochschulen oder sonstigen Weiterbildungsanbietern (z.B. WIFI, BFI). Es wurde zwar eine Kooperation mit einem Universitätsinstitut genannt, diese allerdings auf persönlicher Ebene.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Kooperationen an HTL, HTBLA

Zitate von ExpertInnen

„Im nächsten Jahr wollen wir auch in die Volkshochschule gehen und für zukünftige Schüler, d. h. 15-Jährige, Kurse anbieten. Da wollen wir z.B. Einführungs- oder Schnupperkurse anbieten, die für diese Gruppe interessant sind und Lust auf mehr machen, z.B. Informatik oder Netzwerkaufbau. Das interessiert sie vielleicht, so kann man sie früher an solche Probleme heranführen. Das alles steht unter dem Schlagwort ‚früher abholen und länger begleiten'. Mit solchen Kursen an der VHS wollen wir die Schüler bereits früher abholen. Unter Umständen wollen wir da auch bereits mit Hauptschulen zusammenarbeiten, vielleicht im Werkunterricht Projekte anbieten. Länger begleiten meint dann die Berufsweiterbildung über WIFI und BFI, die wir anbieten." (INT5)

„Bis jetzt gab es in dieser Hinsicht wenig. Es gibt eine bestimmte Kooperation unter den Versuchsanstalten, die in unserer HTL und in anderen HTL sind. Dabei handelt es sich aber eher um einen Informationsaustausch, weniger um Projekte." (INT6)

„Eher nicht, weil wir vom Niveau, vom Schultyp allein dastehen. Wir haben auch Gespräche mit Fachhochschulen geführt, das ist aber eine ganz andere Ebene. Viel wichtiger sind für uns Kooperationen mit einschlägigen Firmen, die sind für uns wichtig. Von dort kriegen wir fachliche Informationen – Stichwort: mangelndes Lehrbuch im Nanobereich. Wir machen viele Diplomarbeiten in Kooperation mit Firmen, es gibt oft auch Firmen, die das finanziell unterstützen." (INT9)

„Wir kooperieren eher mit Firmen, im Zuge der Diplomarbeiten. Wir haben öfter Diplomarbeiten im Mikrobereich, da gibt es zum Teil Kontakte mit deutschen Unis oder mit BMW, in Österreich eventuell mit der Montanuni Leoben. Welche Universitäten, das ist komplett unterschiedlich, hängt von den SchülerInnen ab. Die fragen an den Universitäten an, wenn sie z.B. Informationen brauchen, und kriegen da relativ viel." (INT34)

Kooperationen mit anderen HTL beziehen sich auf einen informellen Informationsaustausch unter den Lehrenden oder die Zusammenarbeit in Versuchsanstalten. An etlichen Fachhochschulen gibt es das Angebot der Anrechnung von Lehrinhalten der HTL für fachlich verwandte Bakkalaureatsstudiengänge. Darüber hinaus wurden die Vortragstätigkeit von Lehrenden der HTL an Fachhochschulen wie auch die gemeinsame Benutzung von Werkstätten oder Labors als Formen der Zusammenarbeit angeführt. Kooperationen mit Weiterbildungsanbietern wie WIFI oder BFI beziehen sich darauf, dass Lehrkräfte der HTL dort Kurse abhalten.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2.5.2 Situation an den Fachhochschulen

Bei den Fachhochschulen wurden unterschiedliche Kooperationen im Aus- bzw. Weiterbildungsbereich genannt, v. a. mit anderen Fachhochschulen, zum Teil auch mit Universitäten. So stellt das Masterprogramm „MNT – Micro- and Nanotechnology" – entsprechend der interdisziplinären Ausrichtung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien – ein Kooperationsprojekt dar (vgl. Pkt. 2.3.2), welches folgendermaßen gestaltet ist:

Kooperationsprojekt: Masterprogramm „MNT – Micro- and Nanotechnology"
Zitat eines Experten
„Partner sind: Neues Technikum Buchs, Zürcher Hochschule Winterthur und Empa. Mit der FHV [Anm.: Fachhochschule Vorarlberg] bilden diese drei Institutionen ein Netzwerk. Federführend am Masterstudiengang ist die FHV, jede Institution ist für ein Modul verantwortlich, die Lehrveranstaltungen wurden eigens für den Studiengang entwickelt (keine Anerkennung bereits existierender Lehrveranstaltungen) und werden von Dozenten der vier Organisationen und teilweise von externen Dozenten gehalten. Vortragsort ist abwechselnd zwischen den vier Partnerinstitutionen."[1]

Des Weiteren gibt es auch die Möglichkeit für Fachhochschul-Studierende, in Zusammenarbeit mit anderen Fachhochschul-Studiengängen oder Universitätsinstituten ihre Diplom- bzw. Magisterarbeit zu schreiben und somit, wenn gewünscht, einen stärkeren Nanofokus in ihre Ausbildung einzubringen. In Verbindung mit dem Angebot von Auslandssemestern kooperieren Fachhochschulen auch mit zahlreichen ausländischen Ausbildungsanbietern. Von zentraler Bedeutung sind auch bei den Fachhochschulen die Firmenkooperationen in Verbindung mit dem zu absolvierenden Berufspraktikum oder praxisorientierten Bakkalaureats- oder Magisterarbeiten.

1 Hier wurde die interne Dokumentationsnummer des Zitats zwecks Anonymisierung der Aussage weggelassen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Kooperationen an Fachhochschulen
Zitate von ExpertInnen
„Es gibt sehr viele Kooperationen mit Firmen. VOEST z.B. als größte Firma. [...] Mit VOEST war die Teilnahme an der [Österreichischen] NANO Initiative geplant, die Firmenpartner sind dann allerdings ausgestiegen. Es war ihnen zu wissenschaftlich, zu sehr im Bereich der Forschung verankert." (INT4) *„Im Bereich Analytik und Verfahrenstechnik gibt es eine Kooperation mit der Fachhochschule Krems. Wir bieten gegenseitig Vorlesungen an und vor allem praktische Übungen. Die Studenten aus Krems kommen zu uns und machen Übungen hier. Die Geräte sind bei uns und auch dort. Es erfolgt ein Austausch von Lehrenden, auch um mit den Geräten zu kooperieren. Das ist ein Schwerpunkt unserer Kooperationen." (INT57)*

Es gab auch zahlreiche Nennungen für Kooperationsprojekte im Rahmen des FH-Plus-Forschungsförderungsprogramms, im Rahmen welcher auch praxisorientierte Diplom- bzw. Magisterarbeiten finanziert werden können:

FH-Plus-Forschungsförderungsprogramm
Zitat eines Experten
„Wir sind im FH-Plus-Programm. Im Rahmen dieses Programms werden auch Diplomarbeiten bei Firmen geschrieben, z.B. Baxter, Octopharm, Boehringer, generell bei Technologieunternehmen im Raum Krems." (INT62+63)

2.5.3 Situation an den Universitäten

An den Universitäten sind zahlreiche Kooperationen im Aus- und Weiterbildungsbereich gegeben – sowohl mit inländischen wie auch mit ausländischen Anbietern. Diese werden von vielen Befragten als absolut notwendig für die Tätigkeit in einem interdisziplinären Gebiet wie Nanowissenschaften und Nanotechnologien gesehen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Zur Notwendigkeit von Kooperationen im Bereich Nanotechnologie
Zitate von ExpertInnen
„Wenn man bei den Nanostrukturen ankommt, ist es zwingend, dass man interfakultär tätig ist." (INT61) *„[...] Nanotechnologie ist ein interdisziplinäres Gebiet. Da sind alle, die in dem Bereich arbeiten, auf uniinterne Kooperationen und auch uniexterne Kooperationen angewiesen. Ohne Kooperationen geht fast keine Arbeit in dem Bereich, weil er methodisch so vielfältig ist, die dafür notwendige Infrastruktur kann ein kleines Institut allein nicht bereithalten." (INT7)*

Die Bandbreite der Kooperationen reicht von intrauniversitärer Zusammenarbeit verschiedener Institute bis hin zu regem Austausch von Studierenden mit ausländischen Partneruniversitäten. Inländische Kooperationen betreffen großteils die universitäre Ebene, es gibt vereinzelt Zusammenarbeit mit Fachhochschulen (z.B. Vortragende an Fachhochschulen, die von der Universität kommen; Diplomarbeiten, Dissertationen). Als Beispiel für Kooperationen mit anderen Aus- bzw. Weiterbildungsanbietern wurde eine nanospezifische Fortbildung für LehrerInnen genannt:

Nanorelevante Kooperationen mit anderen Aus- und Weiterbildungsanbietern
Zitat eines Experten
„Kooperationen [gibt es] mit dem Pädagogischen Institut des Bundes (Lehrerfortbildung für Nanotechnologie, hier gibt es noch Entwicklungsbedarf), Kolloquien mit zwei verschiedenen Unis, Workshops im Wissenschaftsbereich (weniger für Anwendungen)." (INT14)

Die Kooperation mit anderen Universitäten fokussiert auf Betreuungsangebote für DiplomandInnen und DissertantInnen (meist im Zusammenhang mit Forschungsprojekten, auf welchen die Zusammenarbeit der jeweiligen Institute oder Universitäten basiert) und einen Informationsaustausch durch Gastvorträge.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Interdiszplinäre und interfakultäre Kooperationen
Zitate von ExpertInnen
„Wir kooperieren mit den anderen Physik-Instituten an der TU, um den Stoff zu koordinieren. In Österreich gibt es Kooperationen mit der Uni Wien und der TU Graz, außerhalb von Österreich gibt es Kooperationen in der wissenschaftlichen Tätigkeit, hier sind Studierende im zweiten Abschnitt, etwa im Zuge von Diplomarbeiten, eingebunden. Kooperationen sind immer gemeinsame wissenschaftliche Projekte, zum Teil fächerübergreifend, uniübergreifend. Nanorelevante Projekte kommen da immer wieder vor." (INT3)
„Interne Zusammenarbeit, weil es ein interdisziplinäres Studium ist, mit Chemie und Mechatronik. Die Institute bieten Lehrveranstaltungen aus verschiedenen Bereichen, auch gemeinsame Seminare, etwa im Rahmen des [Österreichischen] NANO Forums. Auch Doktoratsprogramme sind fächerübergreifend." (INT43)

Mit dem Universitätslehrgang „MAS Nanotechnologie – Nanoanalytik" wird auch ein konkretes Weiterbildungsprogramm in Kooperation verschiedener Anbieter gestaltet (vgl. z. B. Pkt. 2.1.4). Es wurden auch andere Beispiele für Studiengänge, die auf der Zusammenarbeit verschiedener Universitäten basieren, genannt.

Ein spezielles Kooperationsprojekt gibt es zwischen der Technischen Universität Graz und der Universität Graz: Mit „NAWI Graz" soll in Zusammenarbeit der beiden Universitäten eine Abstimmung der Studieninhalte und die Entwicklung gemeinsamer Studienangebote erfolgen:

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Interuniversitäres Kooperationsprojekt: „NAWI Graz"
Zitat eines Experten
„Da gibt es die Kooperation mit der Uni Graz im Rahmen von ‚NAWI Graz'. In diesem Kontext werden auch all diese neuen Studienpläne entworfen. Das soll in einem großen Umfang gemeinsam gestaltet werden. Sonst gibt es auch Kooperationen, aber eher auf privater Basis, z.B. im Rahmen der Forschungsprojekte der einzelnen Leute. Das Studium soll gemeinsam angeboten werden, dadurch soll auch Geld gespart werden. Es soll damit dafür gesorgt werden, dass die Studenten beider Unis auf einem gleichen Level ausgebildet werden, das soll aneinander angeglichen werden – damit da nicht zwischen dem Chemie-Studium an der TU und dem auf der Uni unterschieden wird und gesagt wird, dort oder da seien sie besser ausgebildet. Die Studierenden werden die Lehrveranstaltungen also auf beiden Seiten besuchen. Mittelfristig ist es das Ziel, ein gemeinsames Studium anzubieten." (INT71)

Es wurden auch Beispiele für Kooperationen genannt, die der gemeinsamen Nutzung von Infrastruktur dienen. Dabei wird mitunter auch auf ausländische Kooperationspartner zurückgegriffen:

Kooperationen im Hinblick auf die Infrastruktur
Zitat eines Experten
„Wir haben mehr oder weniger unbegrenzten Zugang zu den Großcomputern vom CERN, das ist das größte Rechenzentrum Europas. Das ist wichtig, um die Forschung auf einem Qualitätslevel zu halten." (INT59)

Des Weiteren wurden von der Österreichischen NANO Initiative, von FFG und von FWF geförderte nanospezifische Projekte und Projektcluster als Basis für zahlreiche Kooperationen mit anderen Aus- und Weiterbildungsanbietern und auch mit Firmen genannt:

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Kooperationen im Rahmen von Nano-Projektclustern
Zitate von ExpertInnen
„In der [Österreichischen] NANO Initiative gibt es das Projekt ‚NANO-HEALTH. Dort gibt es neun Projektleiter, darunter vier KMUs. Da gibt es Kooperationen mit den Pharmazeutischen Technologien in Graz an der Uni und in Innsbruck an der LFU [Anm.: Leopold-Franzens-Universität Innsbruck]." (INT72)
„Im Rahmen der Österreichischen NANO Initiative (NANO-HEALTH-Konsortium) haben wir regen Austausch von Diplomanden, Doktoranden und postdoktoralen Mitarbeitern, die bei den verschiedenen Konsortialpartnern untereinander technische und begriffliche Zugänge lernen und gemeinsam Veröffentlichungen vorbereiten. Wir erwarten, dass sich aus diesen Kooperationen in naher Zukunft offiziellere Kooperationsformen entwickeln werden." (INT83)
„Wir haben einen Forschungsschwerpunkt [...], der vom FWF finanziert wird. Da haben wir verschiedene Partner. Es erfolgt auch ein Austausch von Studierenden. Da haben wir eine stärkere Theoriegruppe in Wien und zahlreiche andere Partner." (INT23)

Die Zusammenarbeit mit ausländischen Universitäten basiert auf zahlreichen Partnerprogrammen, im Rahmen derer österreichische Studierende ein oder zwei Semester an der jeweiligen Gastuniversität verbringen (und umgekehrt von dort Studierende an die österreichische Partneruniversität kommen), bzw. dem Angebot, die Diplomarbeit oder Dissertation an ausländischen Universitäten/Instituten/Forschungseinrichtungen zu verfassen. Hier wurde zum Teil noch zu geringe Bereitschaft vonseiten der Studierenden für eine Nutzung dieser Angebote attestiert:

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Kooperationen durch Partnerprogramme mit ausländischen Bildungsinstitutionen
Zitate von ExpertInnen
„Ein Teil der Lehre sind Diplomarbeiten und Bakkalaureatsarbeiten. Da gibt es auch Kooperationen mit internationalen Partnern, das findet selektiv auf der Basis vom Bedarf statt. Durch meine eigenen internationalen Erfahrungen habe ich da Kontakte. Wenn die Studierenden ins Ausland wollen, versuche ich, das auch stark zu unterstützen. [...] Wir gehen vor allem bei diesen Arbeiten themenspezifisch vor und suchen Kollegen, die in diesem speziellen Thema tätig sind, und nehmen Kontakt zu ihnen auf. Das vermitteln wir dann bzw. versuchen, das zu vermitteln. Die Trefferquote ist sehr hoch. Der Anteil der Studierenden, die das wahrnehmen, ist aber nicht extrem hoch, der liegt bei 5 bis 10 Prozent, die für wissenschaftliche Arbeiten ins Ausland gehen. Es gibt aber auch einige, die ihren Titel dann auch dort machen, das ist wiederum ein Anteil von 5 bis 10 Prozent." (INT49)

Kooperationen mit ausländischen Bildungsinstitutionen auf tertiärer Ebene beinhalten auch Gastvorträge und Gastprofessuren an österreichischen Universitäten oder umgekehrt einen Wissenstransfer österreichischer ExpertInnen an ausländische Ausbildungsinstitutionen.

Kooperationen im Form von Gastprofessuren und Gastvorträgen
Zitate von ExpertInnen
„Gastprofessoren kommen regelmäßig, das sind Leute, die man kennt, die bieten dann auch in der Lehre was an. Wenn ein guter auswärtiger Forscher herkommt, dann wegen einer Forschungskooperation, die Lehre läuft eher nebenbei." (INT48) *„Meine Diplomanden und Dissertanten müssen Ausland, und wir haben auch Gastprofessoren. Die sind wichtig, weil sie Studenten weiterempfehlen können und ihnen damit helfen, in Netzwerke reinzukommen." (INT38)*

Ein reger Austausch mit ausländischen Aus- und Weiterbildungsinstitutionen wird vor allem vor dem Hintergrund spezieller Förderprogramme vonseiten der Europäischen Union, hier vor allem des „Marie Curie Research Training Network", betrieben:

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Kooperationen im Rahmen spezieller Förderprogramme
Zitate von ExpertInnen
„Wir haben zahlreiche Partneruniversitäten, mit welchen es auch einen Austausch von Dozenten gibt. [...] Hier findet durch die EU-Programme eine Belebung statt. Daher wird auch ein guter Teil unserer Lehrveranstaltungen in englischer Sprache abgehalten." (INT11)
„Bei den EU-Projekten gibt es auch ein Mobility-Programm: ‚Research Training Network'. Dabei ist das Geld nur dafür da, dass die Leute ins Ausland gehen. Es handelt sich um einen bilateralen Austausch. Das war aber vor allem in der Biophysik im Rahmen des letzten Nanoprojekts. [...]" (INT36)
„Wir sind z.B. beim ‚Marie Curie Research Training Network'. Das ist ein riesiges Netzwerk, auch Harvard oder MIT sind daran beteiligt. Da haben wir jetzt die Nanopartikelherstellung für die Netzwerkpartner übernommen. [...] Dazu gibt es eine Diplomarbeit, die auch mit ein paar tausend Euro von der [Österreichischen] NANO Initiative gefördert wird." (INT53)
„Das [Anm.: Micro@Nanofabrication Austria] ist ein Netzwerk, wo man verschiedene Kontakte macht, um neue Anträge zu schreiben. Z.B. haben wir einen Proposal für das ‚Marie Curie Research Training Network' eingereicht, gemeinsam mit zehn internationalen Partnern. Dieses Netzwerk betrifft sowohl die Forschung wie auch die Ausbildung. Dieser Proposal war durch dieses Netzwerk möglich." (INT17)

Mit der Gestaltung zukünftiger Masterstudien-Angebote sind zahlreiche instituts-, fakultäts- und sogar universitätsübergreifende Angebote geplant, durch welche die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Lehre forciert werden soll (z.B. Kooperationsprojekt „NAWI Graz").

2.6 Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien 2000 – 2010

Anhand eines Bewertungsrasters wurde erhoben, wie sich der Bereich „Nanowissenschaften und Nanotechnologien" bzw. damit vernetzte Themenfelder in der jeweils befragten Aus- bzw. Weiterbildungsinstitution entwickelt haben. Die Befragten gaben anhand eines fünfskaligen Antwortschemas jeweils die Bedeutung für das Jahr 2000, das

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Jahr 2005 bzw. den gegenwärtigen Zeitpunkt und für die Zukunft, konkret die vermutliche Situation im Jahr 2010, an. Folgende Zuordnungskategorien standen dabei zur Auswahl:

___ keine Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in der Aus- und Weiterbildung (z.B. kein Ausbildungsangebot im Bereich „Nano“)
___ geringfügige Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Aus- und Weiterbildungsangeboten der jeweiligen Institution (z.B. vereinzelt spielt „Nano“ in Aus- und Weiterbildungsangeboten eine Rolle)
___ mittlere Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Aus- und Weiterbildungsangeboten der jeweiligen Institution (z.B. mehrere Aus- und Weiterbildungsangebote – Lehrveranstaltungen etc. – im Bereich „Nano“ wurden/ sind/werden etabliert)
___ starke Bedeutung (z.B. Nano ist einer von mehreren Aus- und Weiterbildungsschwerpunkten)
___ dominierende Bedeutung (z.B. „Nano“ ist Hauptschwerpunkt der Aus- und Weiterbildungen, die von der jeweiligen Einrichtung angeboten werden)

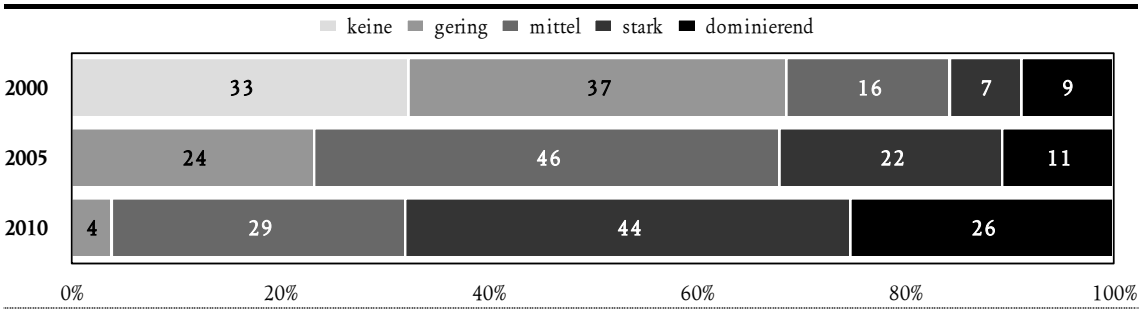
Nachfolgend wird unter Punkt 2.6.1 die allgemeine Einschätzung der Bedeutungsentwicklung durch die Befragten erörtert. Unter Punkt 2.6.2 wird dies in Relation zur Region, zu behandelten Nanothemen sowie zum Qualifikationsniveau gesetzt.

2.6.1 Allgemeine Entwicklung der Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Die nachfolgende Abbildung 2.11 veranschaulicht die Bedeutungsverschiebung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Aus- und Weiterbildungsangebot der befragten Personen: Während für das Jahr 2000 noch 70% keine oder geringe Bedeutung angaben, sind Nanowissenschaften und Nanotechnologien zum gegenwärtigen Zeitpunkt bei keinem Anbieter bedeutungslos. Dies erklärt sich auch vor dem Hintergrund, dass für die Befragung nur Anbieter ausgewählt wurden, bei welchen Nano bereits jetzt ein Thema ist. 24% stuften die Relevanz als gering ein. Für das Jahr 2010 liegt dieser Wert nur mehr bei 4%. Im Gegenzug dazu steigt der Anteil von Anbietern, bei welchen Nanowissenschaften und Nanotechnologien starke oder dominierende Bedeutung haben, über die Zeitachse kontinuierlich an: Während dieser Wert im Jahr 2000 noch bei 16% liegt, wird er für das Jahr 2005 mit 33% und für die Zukunft sogar mit 70% angegeben.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 2.11
Bedeutungsentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien 2000 – 2010



Quelle: 3s-Erhebung (n=87)

Obwohl diese Angaben vor dem Hintergrund eines leichten Bias zugunsten positiver Bedeutungsangaben zu interpretieren sind – angesichts des kommunizierten Zwecks der vorliegenden Studie und der bekannten Auftraggeber –, zeigt sich insgesamt eine klare Entwicklung in Richtung zunehmender Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Aus- und Weiterbildungsangebot.

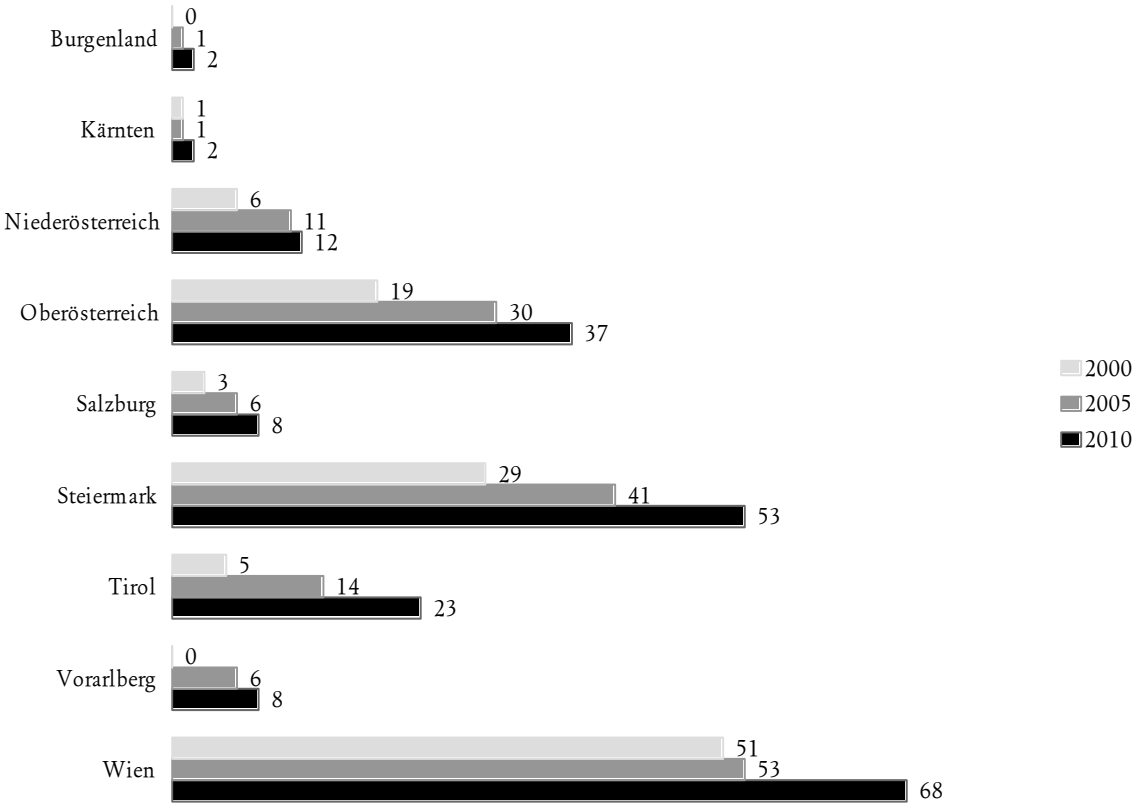
2.6.2 Bedeutungsentwicklung in Relation zu Bundesland, Thema und Qualifikation

Die Beurteilung des Einflussfaktors von Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf das eigene Aus- und Weiterbildungsangebot wurde auch im Hinblick auf die regionale Verteilung ausgewertet (vgl. Abb. 2.12).

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 2.12

Bedeutungsentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf Bundesländer-Ebene



Quelle: 3s-Erhebung (n=73)

*) Fälle, in welchen Angaben zur Bedeutung zu einem der drei Zeitpunkte fehlten, wurden für diese Analyse ausgeschlossen (n=14)

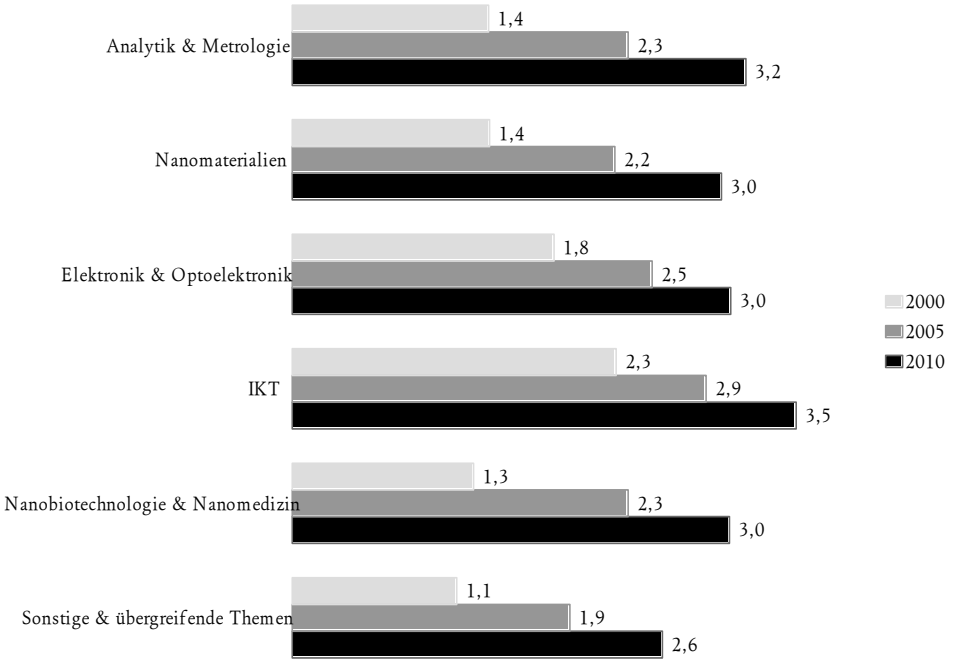
**) Angegebene Werte sind Summen über alle Bewertungen innerhalb der jeweiligen Kategorie auf einer Skala von 0 (keine) bis 4 (dominierende Bedeutung).

Dabei zeigt sich, dass in Oberösterreich zu allen drei Zeitpunkten die höchste durchschnittliche Bedeutungsbewertung – über alle Anbieter innerhalb des Bundeslandes gerechnet – vorgenommen wird (2000: 1,7; 2005: 2,7; 2010: 3,4). Es folgen die Steiermark und Wien. An vierter Stelle in Bezug auf die gegenwärtige und zukünftige Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Aus- und Weiterbildungsangebot folgt Salzburg, wo die durchschnittliche Bewertung für das Jahr 2000 noch mit einem Wert von 1 (geringe Bedeutung) angegeben wird, bei 2005 bereits bei 2 (mittlere Bedeutung) liegt und 2010 auf durchschnittlich 2,7 (in Richtung starke Bedeutung) anwachsen soll. Gegenüber 2000 verzeichnet Vorarlberg die stärkste Bedeutungszunahme (2000: 0,0 vs. 2005: 2,0 und 2010: 2,7); auch im Burgenland (bezieht sich allerdings nur auf die

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Angabe des einzigen Anbieters) und in Tirol stieg die Bedeutung an und soll sich in Zukunft noch durchschnittlich um einen Skalenpunkt erhöhen.

Abbildung 2.13
Bedeutungsentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Relation zu behandelten Nanothemen



Quelle: 3s-Erhebung (n=73)

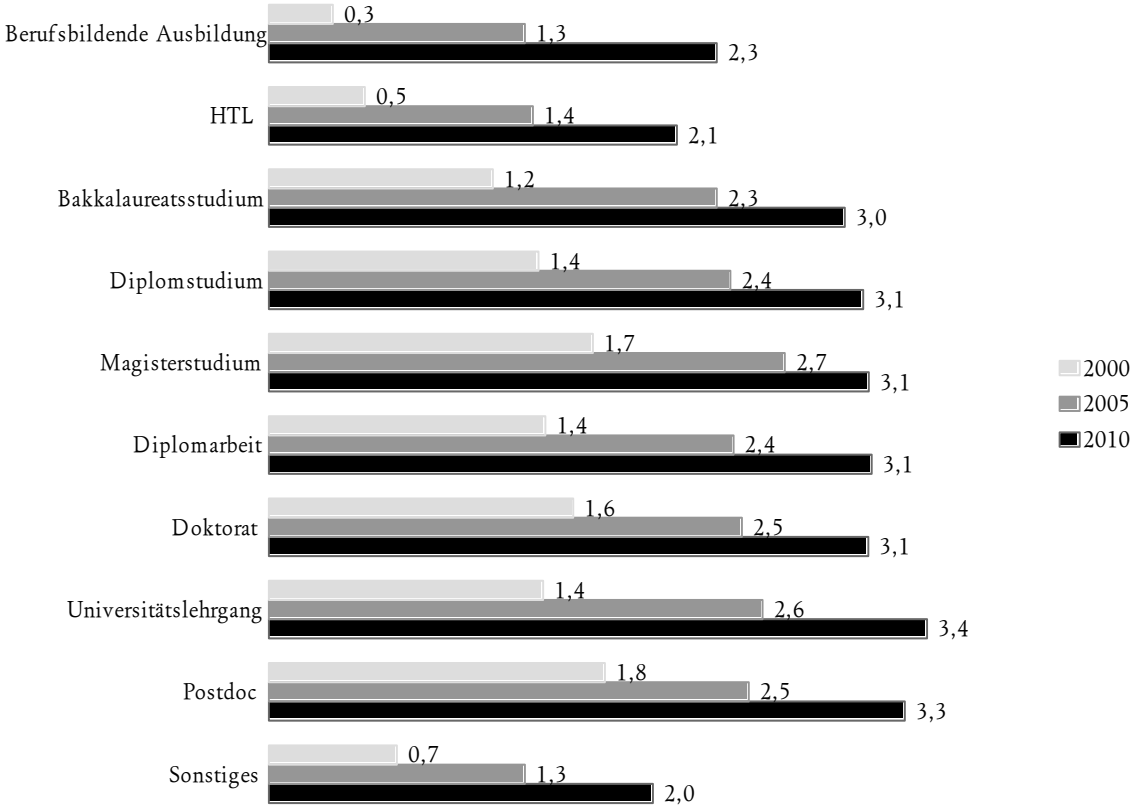
*) Fälle, in welchen Angaben zur Bedeutung zu einem der drei Zeitpunkte fehlten, wurden für diese Analyse ausgeschlossen (n=14).
**) Angegebene Werte sind Mittelwerte über alle Bewertungen innerhalb der jeweiligen Kategorie auf einer Skala von 0 (keine) bis 4 (dominierende Bedeutung).

Abbildung 2.13 zeigt die Bedeutungsentwicklung in Relation zu den Schwerpunktthemen im Nanobereich. Dabei steigt die durchschnittliche Bedeutung bei allen Themenbereichen über die Zeitachse hinweg an. Am höchsten ist sie jedoch nicht beim quantitativ dominierenden Thema der Nanomaterialien (75% aller Anbieter gaben Nanomaterialien als Thema an), sondern – über alle drei Zeitpunkte hinweg – im Bereich „Informations- und Telekommunikationstechnologie“ (von 2,3 im Jahr 2000 über 2,9 im Jahr 2005 bis zu 3,5 im Jahr 2010). Dies lässt sich so interpretieren, dass die Beschäftigung mit dem dominierenden Thema Nanomaterialien zwar vielerorts, allerdings in unterschiedlicher Schwerpunktsetzung erfolgt, während das Thema IKT bei den vereinzelten Anbietern (10%), die sich darauf spezialisieren, auch entsprechend hohe Bedeutungsbewertung erfährt.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 2.14

Bedeutungsentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Relation zum Qualifikationslevel



Quelle: 3s-Erhebung (n=73)

*) Fälle, in welchen Angaben zur Bedeutung zu einem der drei Zeitpunkte fehlten, wurden für diese Analyse ausgeschlossen (n=14).

In Abbildung 2.14 wird die Bedeutungsentwicklung in Relation zum Qualifikationslevel gestellt. Hier zeigt sich einerseits, dass sich die Bedeutung über die Zeitachse hinweg in allen Ebenen verstärkt. Dominierende Bedeutung nehmen Nanowissenschaften und Nanotechnologien jedoch fast ausnahmslos in späteren Studienabschnitten bzw. postgradualen Bildungsangeboten ein. Während sich auf diesem Niveau im Hinblick auf die Dominanz zwischen 2000 und dem gegenwärtigen Zeitpunkt wenig entwickelt hat, wollen sich in Zukunft noch mehr Anbieter überwiegend diesem Thema widmen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

2.7 Potenziale und Optimierungsmöglichkeiten

Die InterviewpartnerInnen der Aus- und Weiterbildungsinstitutionen wurden nach Potenzialen, Stärken und Optimierungsmöglichkeiten in ihrem Angebot befragt. In diesem Zusammenhang wurde auch der Bedarf an externen Förderungen und deren Gestaltung, die Notwendigkeit von spezifischen Vorkenntnissen der BildungsnachfragerInnen oder Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit der Industrie erhoben.

2.7.1 Potenziale des Angebots

Potenzial im Hinblick auf eine Verstärkung von Nanothemen wurde vor allem in verstärkten Kooperationen mit anderen Aus- und Weiterbildungsanbietern bzw. Firmen gesehen. Diese Kooperationen beziehen sich sowohl auf den Lehr- wie auch auf den Forschungsbereich und beeinflussen sich zum Teil wechselseitig: So kommt es mit der Beteiligung an nanorelevanten Forschungsprojekten auch meist zum Angebot damit verbundener Diplomarbeiten oder Dissertationen.

Auf Ebene der HTL wurde als Bedingung für eine Verstärkung von nanobezogenen Lehrinhalten vielfach das Kooperationsangebot durch einschlägige Firmen bzw. stärkerer Informationsfluss – einerseits über das Leistungsangebot der HTL, andererseits über die Bedürfnisse der Unternehmen – genannt.

Potenziale auf Ebene der HTL, HTBLA
Zitate von ExpertInnen
„Es besteht ein wesentliches Informationsdefizit darüber, was wir für die Industrie leisten können: Das Potenzial liegt in kleineren Aufgaben, mit denen sich die Jugendlichen erstmals unter Aufsicht beschäftigen – und die Industrie kostet das fast nichts, außer das dafür notwendige Material. Das weiß aber kaum jemand, was kein Wunder ist, wir haben ja null PR-Budget." (INT41, HTBLA)
„Es ist weniger wichtig, mehr Partner zu bekommen, als mehr interessanten Input in Form von Informationsveranstaltungen der Industrie, in welchen diese erläutern, in welche Richtung sie arbeiten, was sie brauchen, was ihre Anforderungen sind etc. […] Ich glaube, es ist wichtig, vor allem die Leute dafür zu interessieren und zu zeigen, dass die Zukunftstechnologien wichtig sind, auch für die Firmen." (INT41, HTBLA)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Fachhochschulen und Universitäten wollen durch die Kooperation mit anderen Ausbildungsanbietern verstärkt Anknüpfungspunkte für interdisziplinäres Arbeiten schaffen – nach Ansicht vieler eine Grundvoraussetzung für Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Durch interdisziplinäre Zusammenarbeit sieht man auch das Potenzial gegeben, viele weitere nanorelevante Aspekte in die Aus- und Weiterbildung miteinbeziehen zu können.

Potenzial der interdisziplinären Zusammenarbeit
Zitate von ExpertInnen
„Man müsste das Angebot noch etwas mehr aus den Fakultätsschranken herausführen. Das wird mit dem neuen Studiengang ‚Materialwissenschaften' versucht. Schön wäre es, auch noch andere Disziplinen, wie die Biochemie oder die Medizin, dazuzubekommen." (INT18, Universität)
„Manche Ausbildungsrichtungen wollen da eine Art Platzhirsch sein, während wir aber gerade im Bereich Nanotechnologie interdisziplinär denken müssen." (INT67, Universität)
„Gut ist, wenn die Grundlagenausbildung bei den historischen Fächern bleibt und man dann eine Spezialisierung anbietet, die interdisziplinär und interuniversitär ist, weil Nanotechnologie keine Grundlagenwissenschaft ist." (INT18, Universität)

Bei Kooperationen werden die Bedürfnisse der Industrie in HTL überwiegend und in Fachhochschulen zum Teil in den Vordergrund gestellt. Dagegen werden zukünftige Firmenkooperationen bei Universitäten häufig davon abhängen, ob die Unternehmen an den nanorelevanten Entwicklungen der Forschungsinstitute interessiert sind – eine zu starke bedarfsorientierte Ausrichtung nach den Firmen will man vermeiden, um die Unabhängigkeit der Forschung zu gewährleisten.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Potenziale in der Zusammenarbeit mit Unternehmen
Zitate von ExpertInnen
„Bei Kooperationen mit der Industrie sollte die Zusammenarbeit so laufen, dass wir etwas entwickeln und es der Industrie anbieten können. Wenn sie das brauchen, gibt es eine Kooperation. Es sollte aber nicht so laufen, dass sich die Universitäten von der Industrie abhängig machen, als eine Art Forschungsdienstleister." (INT46, Universität)
„Im Moment (arbeiten wir) eher bedarfsweckend als bedarfsdeckend, das Umfeld muss sensibilisiert sein. Manche Unternehmen sind schon im Nanobereich tätig, andere beginnen, eine solche Ausrichtung anzudenken." (INT12, Fachhochschule)

Eine fundierte Grundlagenausbildung in einem „klassischen" Fach wie beispielsweise Chemie, Physik oder Materialwissenschaften und die nachfolgende Spezialisierung, z.B. in aufbauenden nanoorientierten Magisterstudiengängen, wird als der richtige Weg gesehen, um in einem breiten Gebiet wie dem der Nanowissenschaften und Nanotechnologien tätig zu sein. Gleichzeitig liegt darin auch die Herausforderung, AbsolventInnen verschiedener Bakkalaureatsstudiengänge mit unterschiedlichen Vorkenntnissen in einer anschließenden Master-Ausbildung zusammenzuführen.

Potenzial der interdisziplinären Lehre
Zitate von ExpertInnen
„Die Schwächen werden mit einem solchen Studiengang darin liegen, dass die Leute mit unterschiedlichen Vorkenntnissen beginnen. Das kann reizvoll sein, macht aber auch Probleme, weil man hier nicht auf einem gemeinsamen Fundament aufbauen kann. Die Schwierigkeit liegt darin, dass man nicht auf einem zu niedrigen Niveau aufbauen darf. Das wird man in der Praxis dann sicher nachjustieren müssen." (INT23, Universität)

2.7.2 Optimierungsmöglichkeiten auf interner Ebene

Die genannten Optimierungsmöglichkeiten auf interner Ebene des Aus- bzw. Weiterbildungsanbieters betrafen beispielsweise die Organisationsform nanorelevanter Ausbildungsangebote (z.B. die optimale Ausrichtung eines Nano-Universitätslehrgangs auf Bedürfnisse der berufstätigen TeilnehmerInnen) oder die bessere Abstimmung von Lehrinhalten auf innovative Entwicklungen. Das Einbringen innovativer Themen in den Lehr-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

betrieb sahen vor allem kleinere Institute als notwendig, aber angesichts struktureller Hemmnisse als schwierig an.

Mit dem hohen Verwaltungsaufwand, der nach Ansicht vieler mit der Antragstellung für Förderungen verbunden ist, geht auch ein erhöhter personeller Bedarf einher. Ein höherer Personalaufwand wurde – vor allem im universitären Bereich – auch im Zusammenhang mit fundierter nanorelevanter Grundlagenforschung gesehen. Entsprechende Ausstattung verlangt auch nach SpezialistInnen, welche diese bedienen können.

Optimierungsmöglichkeiten in Bezug auf Eigenfinanzierung & Personal
Zitate von ExpertInnen

„Die Drittmittellandschaft schaut im Moment für anwendungsorientierte Projekte nicht schlecht aus. Katastrophal steht es hingegen um die Grundfinanzierung von der Uni, die wäre aber wichtig, damit man auch ohne Projekte mal kreativ etwas machen kann. Junge Leistungsbezogene werden durch die gegenwärtige Situation abgewürgt. Auch neues Personal, vor allem anerkannte Professoren, braucht eine entsprechende Ausstattung, ein Labor, einen Etat etc., was eben an anderen Plätzen den guten Leuten auch geboten wird." (INT71, Universität)

„Das Personal ist immer das Problem! Um ein Thema erarbeiten zu können, muss man Versuche machen, das geht nur mit Personal. Das Projektmanagement nimmt viel Zeit in Anspruch, man braucht oft mehrere Personen, um das Projekt wissenschaftlich und administrativ durchführen zu können. Da muss man einen Versuch vorbereiten, Literatur studieren, einen Plan entwerfen, Material bestellen. Das ist viel administrative Arbeit und personalintensiv. Dann kann man erst das Experiment machen, auswerten, umsetzen und publizieren." (INT35, Universität)

Gleichzeitig wurden von vielen InterviewpartnerInnen, v. a. im universitären Bereich, die unzureichend vorhandenen internen Finanzierungsmöglichkeiten kritisiert. Die finanziellen Eigenmittel der einzelnen Institute reichen in vielen Fällen nur für eine Erhaltung der bestehenden Ausrüstung, nicht jedoch für kostenintensive Neuanschaffungen aus. Eine hohe Qualität der Ausstattung wird jedoch als unabdingbare Voraussetzung für nanorelevante Forschung und Lehre gesehen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Optimierungsmöglichkeiten in der Ausstattung
Zitate von ExpertInnen
„Die Ausstattung der Universitäten in Österreich ist schlecht. Unsere Geräte wurden fast alle aus Drittmitteln finanziert, über den Etat der Uni habe ich schon seit Jahren nichts Wesentliches mehr gekauft. Ich habe einen signifikanten Anteil von alten Geräten, nur wenige sind jünger als 5fünfJahre. Die Finanzierung über Drittmittel funktioniert. Im vorigen Jahr haben wir dadurch 1,5 Millionen Euro reingeholt. Das ist das einzige Geld, das noch von Interesse ist." (INT71, Universität)
„Grundsätzlich ist natürlich die technische Ausstattung vorhanden, doch ist diese nach relativ kurzer Zeit veraltet. Um hier auf dem neuesten Stand zu bleiben, ist eine Adaption bzw. ein Upgrade der Ausstattung von unbedingter Notwendigkeit. Von der Universitätsseite werden hier nicht genug finanzielle Mittel zur Verfügung gestellt, da hier nur alle zehn Jahre für neues Gerät gesorgt werden kann, ein Upgrade aber spätestens alle fünf bis acht Jahre erfolgen sollte bzw. auch für die StudentInnen und die Forschung notwendig ist." (INT73, Universität)

2.7.3 Optimierungsmöglichkeiten auf externer Ebene

Auf Ebene des sekundären Bildungssektors wird das Interesse und die Unterstützung vonseiten der Industrie als ein gewichtiger Faktor für eine stärkere praxisorientierte Verankerung nanorelevanter Inhalte in der Ausbildung gesehen. Für die Vermittlung theoretischer Grundlagen im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien fehlt es derzeit nach Auskunft der Befragten noch an geeigneten Lehrmaterialien.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Optimierungsmöglichkeiten auf externer Ebene im Sekundarbereich
Zitate von ExpertInnen
„Wir vermitteln einen Überblick über die Grundlagen im Bereich Nanotechnologie. Es gibt keine spezielle Ausbildung in dieser Richtung, das können wir derzeit nicht anbieten. Wenn wir entsprechende Kooperationen mit Firmen anbieten, können die Schüler mit der Diplomarbeit vielleicht einen solchen Schwerpunkt legen." (INT6, HTBLA)
„Stärken im Bereich Nanotechnik haben wir derzeit noch nicht. Wir sind erst am Anfang in diesem Gebiet. Wir wollen uns aber in diese Richtung weiterentwickeln. Es ist aber schwierig, geeignete Unterlagen für den Unterricht zu kriegen. Dann ist es auch schwierig, das in die Praxis umzusetzen. Daran scheitert's derzeit noch." (INT9, HTBLA)

Für eine stärkere Verankerung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Aus- und Weiterbildungsangebot bzw. der forschungsgeleiteten Lehre auf tertiärer Stufe sieht man eine adäquate infrastrukturelle wie personelle Ausstattung als wesentliche Faktoren an, die sich wechselseitig beeinflussen: Ohne die entsprechende Ausstattung, aber auch ohne Perspektiven wird man High Potentials der wissenschaftlichen Forschung nicht halten können. Umgekehrt nützt die Ausstattung nur wenig, wenn man nicht über die Fachkräfte verfügt, die sie zu nutzen und bedienen wissen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Optimierungsmöglichkeiten auf externer Ebene im tertiären Bildungssektor
Zitate von ExpertInnen
„Wenn wir besser werden sollen, ist zu sagen: Ohne Geld geht nichts. Aber das ist auch nicht alles, da spielt auch das Personal auf permanenten Stellen eine Rolle, das man nicht brauchen kann. Andere, die exzellent sind und eine sechsjährige Laufzeit als Assistenten hinter sich haben, haben hingegen keine Chance auf Weiterbeschäftigung. Die, die man gerne halten würde, müssen gehen. Dann bleibt ein Rest, der die Zeit bis zur Pension absitzt und nichts Wesentliches tut. Das ist ein dramatisches Problem." (INT71, Universität)
„Was uns fehlt, ist die klassische Nanostruktur (mit Ionenspalten etc.). Da gibt es in Österreich keine allgemein zugängliche Facility. Es gibt ein Labor bei der TU [Wien], das ist so gut ausgerüstet, das wäre toll, wenn das in eine allgemeine Einrichtung umgewidmet werden könnte. Eine Facility, in welcher man Forschungszeit bekommen kann. Die Geräte und Reinräume sind zu teuer, als dass sich das jeder leisten könnte. Wenn es in Österreich so etwas gäbe, was für alle zugänglich wäre, wäre das sehr nützlich." (INT42, Universität)
„Wenn man die entsprechende technologische Infrastruktur hat, ist das attraktiv für die Studierenden und zieht sie an. Aber das Geld für die Technologie ist nicht automatisch da. Wir brauchen eine Infrastruktur, und das ist teuer. Man muss besser akzeptieren, dass es Institute gibt, die das brauchen. Für andere reichen z.B. Computer. Wir brauchen aber eine Infrastruktur – das ist ein Unterschied!" (INT17, Universität)

2.7.4 Optimierungspotenziale bei Förderabläufen

Grundsätzlich ist bei einem Großteil der Befragten der Bedarf an zusätzlichen Finanzierungsmöglichkeiten gegeben. Vor allem im Bereich der Universitäten können Ausstattung und Forschung mangels eigener Mittel größtenteils nur über Drittmittelprojekte und Förderungen finanziert werden. Daher werden nanoorientierte Förderprogramme von den Befragten als äußerst positiv und wichtig erachtet. Verstärkten Bedarf sah man in der Förderung von Grundlagenforschung, von internationalen Forschungskooperationen und von Postdoc-Stellen gegeben.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Bedarf an Förderung von Grundlagenforschung & internationalen Kooperationen
Zitate von ExpertInnen
„Eine verbesserte Förderung der Grundlagenforschung v.a. bezüglich der Erneuerung der Geräteausstattung ist notwendig, bisherige Infrastrukturprogramme reichen nicht aus." (INT31, Universität)
„Förderungen im Nanobereich wären wichtig. Es ist ein generelles Problem, dass in Österreich die Förderung der Grundlagenwissenschaften nicht in dem für mich erwünschten Ausmaß gegeben ist. Es ist eine Situation, wo die Grundlagenwissenschafter zu wenig Beachtung finden. Die Ablehnungsquote ist da noch relativ hoch. Das betrifft aber nicht nur Nano, sondern ist ein generelles Problem der Grundlagenwissenschaften." (INT65, Universität)
„Wenn wir wachsen wollen, brauchen wir eine Förderung für die Pflege von ausländischen Kontakten. Das Marie-Curie-Programm ist zwar exzellent, aber wenn nur jeder zwölfte begutachtete Antrag durchgeht, ist das eindeutig zu wenig. Die Fördermittel sollten also in diese Richtung gehen, in den Aufbau und Ausbau internationaler Kontakte. Gerade im Nanobereich ist das sehr wichtig." (INT72, Universität)
„Ein anderer wichtiger Aspekt ist, dass es für Postdoc-Travellers national fast keine Förderschiene gibt, das ist sehr schwierig. International war es bislang auch schwierig, weil das 6. Rahmenprogramm da feindlich eingestellt war. Damit wird eine gezielte Entwicklung in manchen Bereichen äußerst schwierig. Hier ist eine Förderung bzw. Unterstützung nötig. Die Forschung beruht auf Postdocs, nicht auf dem Bereich der Dissertationen. Es braucht eine entsprechende Projektschiene, die ausschließlich für Postdocs zur Verfügung steht. Junior-Postdocs und Senior-Postdocs sind ganz wesentlich. Deren Preis liegt in etwa bei 60.000 Euro." (INT59, Universität)

Viele der Befragten forderten eine Vereinfachung und höhere Transparenz der bürokratischen Abläufe im Zusammenhang mit der Beantragung von Förderungen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Forderung nach Transparenz & Vereinfachung von Förderabläufen
Zitate von ExpertInnen
„Optimierungsmöglichkeiten sind sicher in der Bürokratie gegeben. Ich sage immer: Wir sind untergefördert und überverwaltet. Entweder man macht Projektleitung oder wissenschaftliche Forschung – beides ist mit diesem Bürokratieaufwand kaum vereinbar. Das ist sicher ein Schwachpunkt. Da wäre eine vereinfachte Bürokratie und völlige Transparenz erforderlich." (INT72, Medizinische Universität)

Mit der zunehmenden Vielfalt an nationalen und vor allem internationalen Förderinitiativen steigt zum einen zwar das Potenzial, Förderungen für nanobezogene Forschung zu lukrieren, zum anderen allerdings auch der Verwaltungsaufwand, der mit der Antragstellung einhergeht. Um diesen zu bewältigen, sah man auch den Bedarf an zusätzlichem, derzeit nicht finanzierbarem Personal gegeben, welches speziell auf diese Tätigkeit abgestellt wird.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Erhöhter Verwaltungsaufwand & Auswirkungen auf den Personalbedarf
Zitate von ExpertInnen
„Das Problem in der angewandten Forschung liegt darin, dass es durch die Nanomethoden jetzt viele Förderprogramme und Initiativen gibt, an denen man teilnehmen soll, sodass man die eigentliche Forschungs- und Lehrarbeit vernachlässigt. Ich bin derzeit in so viele Schwerpunkte und Vorbereitungen eingebunden – das nimmt allmählich Ausmaße an, die mich in anderen Aufgaben wie Ausbildung und Forschung einschränken." (INT23, Universität)
„Das Fördern ist bei uns immer das Problem. 60 bis 70 Prozent meiner Zeit versuche ich, Projekte an Land zu ziehen, meine eigentlichen Aufgaben muss ich an andere Leute delegieren. Wenn die Projekte für drei Jahre ausgeschrieben sind, ist das o. k., darunter wird es aber schwierig. Es geht prinzipiell schon, ich will da nicht zu viel jammern. Aber es braucht einen, der das macht. Es kann nicht sein, dass man dann die eigentliche Tätigkeit, zu forschen und zu lehren, so vernachlässigen muss." (INT27, Universität)
„Das Personal ist immer das Problem! Um ein Thema erarbeiten zu können, muss man Versuche machen, das geht nur mit Personal. Das Projektmanagement nimmt viel Zeit in Anspruch, man braucht oft mehrere Personen, um das Projekt wissenschaftlich und administrativ durchführen zu können. Da muss man einen Versuch vorbereiten, Literatur studieren, einen Plan entwerfen, Material bestellen. Das ist viel administrative Arbeit und personalintensiv. Dann kann man erst das Experiment machen, auswerten, umsetzen und publizieren." (INT35, Universität)

Vor allem in der Zusammenarbeit mit Firmen werden manche der Förderabläufe als hemmend angesehen: Beklagt wurden ein zu hohes Risiko, zu lange Dauer bis zur Umsetzung, teils unklare Richtlinien oder Änderungen von finanziellen Vereinbarungen für die Firmen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Auswirkungen von Förderabläufen auf die Zusammenarbeit mit der Industrie
Zitate von ExpertInnen
„Zu den Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit der Industrie: Wenn solche Projekte gefördert werden, dann sollte das mit weniger Risiko für die beteiligten Betriebe geschehen. Heute werden diese oft nur mit 50 Prozent gefördert. Für kleine Firmen ist da das Risiko zu hoch. Bei mehr Förderung könnte größere Motivation und Bereitschaft vonseiten der Firmen erzeugt werden, in solche Kooperationen einzusteigen." (INT57, Fachhochschule)
„Bei den Förderungen gibt es momentan viel, das ist noch etwas verwirrend. Die ASA haben Förderrichtlinien der EU kopiert und nicht geschaut, ob das Sinn macht oder nicht. Wir haben z.B. im letzten März ein Projekt bewilligt bekommen und können das erst jetzt im Februar machen. Die Richtlinien für die Firmenpartner sind noch unklar – das wurde genehmigt mit dem ursprünglichen Budget, zu dem auch die Firmenpartner zugestimmt haben, jetzt auf einmal wurden die Kosten für die Firmen verdreifacht. Das kann man mit Firmenpartnern natürlich nicht machen – ein Projekt zu bestimmten Kosten vereinbaren, und dann kostet es auf einmal 3-mal so viel. Es hat darüber hinaus ein Jahr von der Genehmigung bis zum Geldfluss gedauert. Das ist gerade in der Nanoforschung, wo sich alles so schnell entwickelt, viel zu lang. Das ist derzeit alles noch etwas schlecht koordiniert." (INT36, Universität)
„Die Antragstellung ist derzeit zu kompliziert. Die Kooperation zwischen Unis und Wirtschaft müsste einfacher gestaltet werden. Das ist derzeit noch viel zu kompliziert, wenn das ein halbes Jahr oder länger dauert." (INT45, Universität)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

3 Unternehmenssektor und dessen Bildungsnachfrage

3.1 Einleitung

Parallel zur dynamischen naturwissenschaftlich-technischen Entwicklung in der Nanotechnologie wächst auch zunehmend deren Einfluss auf die Wirtschaft. Für die weitere Entwicklung der Nanotechnologie ist die Bereitstellung von qualifiziertem Fachpersonal von entscheidender Bedeutung.[1]

Vor diesem Hintergrund wird in diesem Kapitel die relevante Personal- und Qualifikationsstruktur, der Qualifizierungsbedarf und die Aus- und Weiterbildung im Unternehmenssektor basierend auf einer sekundärstatistischen Analyse der Nano-Aktivitäten der österreichischen Wirtschaft sowie einer quantitativen und qualitativen Erhebung bei einschlägigen Unternehmen untersucht (siehe Kap. 3.2 und 3.3). Diese Kombination ermöglicht aktuelle Aussagen zum Bestand an Nano-Qualifikationen sowie auch zukunftsorientierte Aussagen zum Bedarf an einschlägig qualifiziertem Personal. Sie dienen speziell in Synthese mit dem vorangegangenen Abschnitt als Grundlage für die Ableitung von Handlungsoptionen und Szenarien (siehe Kap. 5) und in weiterer Folge der Einschätzung der Wirksamkeit von Empfehlungen (siehe Kap. 6).

3.2 Ergebnisse der qualitativen ExpertInnenbefragung

3.2.1 Einleitung

Zur Identifikation und Analyse der qualitativen Bestands- und Bedarfsaspekte der Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien wurden 60 ExpertInnengespräche geführt. Die ausgewählten VertreterInnen der Unternehmensszene inklusive EntscheidungsträgerInnen der außeruniversitären Forschungseinrichtungen gaben

1 Abicht, L.(2005): Schlussbericht Trendqualifikationen in der Nanotechnologie, I Kurze Darstellung, Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung gemeinnützige GmbH (isw), Halle

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Auskunft zum aktuellen Stand und der Zukunft der Nanowissenschaften und Nanotechnologien in der Aus- und Weiterbildung. Mit diesen ExpertInnen (F&E-LeiterInnen, GeschäftsführerInnen, ProduktspezialistInnen, PersonalleiterInnen) wurden folgende Themengruppen analysiert:

- Kernkompetenzen und Qualifikationsbedarf in Technologiefeldern der Nanowissenschaften und Nanotechnologien
- Personalbedarf nach Fachrichtung und Bildungsebene
- Lücken im derzeitigen Nanowissenschaften- und Nanotechnologie-Bildungssystem
- interne und externe Nanowissenschaften- und Nanotechnologie-Bildungsmaßnahmen im Detail
- Forderungen der Nanowissenschaften- und Nanotechnologie-Firmenszene hinsichtlich Aus- und Weiterbildung

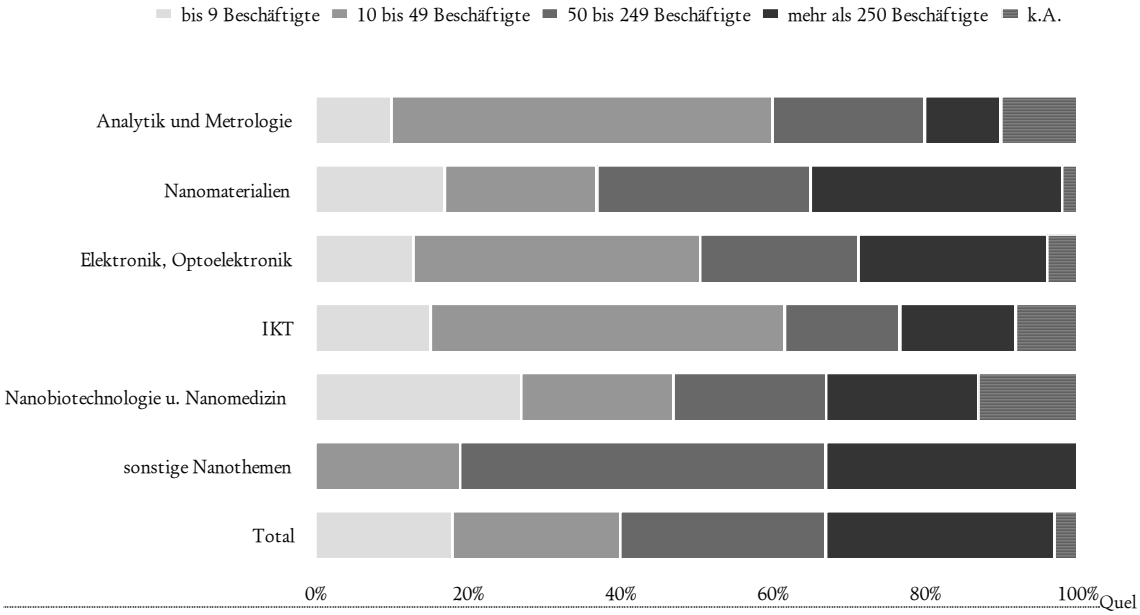
Die Unternehmen der Stichprobe decken überwiegend einschlägig aktive Unternehmen mit explizitem Verfahrens- und Produktbezug ab und werden ergänzt durch außeruniversitäre Forschungsinstitute, reine Vertriebseinheiten sowie Dienstleistungsfirmen der Beratung bzw. der Finanzdienstleistung.

Die Aktivitäten der Unternehmen/Institutionen, in denen die ExpertInnen tätig sind, verteilen sich folgendermaßen auf die Technologiefelder der Nanowissenschaften und Nanotechnologie (Mehrfachnennungen): 17% sind in „Analytik & Metrologie“ tätig, 22% im Bereich der „Informations- und Telekommunikationstechnologie“, 25% in der „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“, 40% in Bereich „Elektronik & Optoelektronik“ sowie 77% im Bereich der „Nanomaterialien & Materialforschung“. „Nanomaterialien & Materialforschung“ sowie „Elektronik & Optoelektronik“ stellen also die beiden größten Tätigkeitsfelder dar.

Die Verteilung der Betriebsgrößen in den einschlägigen Technologiefeldern ist sehr heterogen. Die Vielfalt an unternehmerischen Ansätzen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien verdeutlicht sich in nachstehender Abbildung.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.1
Betriebsgröße nach Tätigkeitsfeldern in Prozent



Quelle: Eigene Erhebung

3.2.2 Trends bei der wirtschaftlichen Umsetzung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Die einschlägigen Aktivitäten der RespondentInnen liegen bei acht von zehn im Bereich der Forschung & Entwicklung, bei annähernd der Hälfte handelt es sich um Anwender von Nanotechnologie, während nur ein Drittel in der Herstellung von Nanotechnologie-Produkten und -Verfahren tätig sind. Besonders auffallend ist, dass alle Unternehmen/Institutionen, die in der Produktion tätig sind, gleichzeitig auch Nanotechnologien entwickeln.

Die FirmenexpertInnen sagen bis zum Jahr 2010 eine Ausweitung der Bereiche Herstellung und der wirtschaftlichen Anwendung voraus. Der Anteil der im Bereich Nanotechnologie Forschenden und Entwickelnden – jedes fünfte „Nano"-Unternehmen betreibt F&E – bleibt bis zum Jahr 2010 konstant. Es wird jedoch nicht erwartet, dass die steigende Marktorientierung der Aktivitäten die Beschäftigung mit F&E in Nanowissenschaften und Nanotechnologien substituiert. Es soll jedoch vermehrt anwendungsorientiert und produktnah geforscht werden.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Veränderung der Nanoaktivitäten
Zitate von ExpertInnen
„Geplant ist, dass die Produkte dann als Dienstleistung angeboten werden. Meiner Meinung nach wird sich dieser Bereich sehr erweitern."
„Für die Zukunft im Jahr 2010 werden wir weiterhin in der Forschung und Entwicklung sowie in der Anwendung arbeiten. Die Bereiche werden voraussichtlich gleich bleiben, nur die Produktionsseite wird sich entwickeln."

Die Hoffnungen der ExpertInnen auf steigende Umsätze sind vor allem mit dem sich gegenwärtig vollziehenden Trend verbunden, der in einem Übergang von der Grundlagenforschung zur Anwendungsorientierung von Nanotechnologie besteht. Die diesbezüglichen Anwendungen befinden sich gegenwärtig noch in der Startphase, die bis 2010 überwunden sein soll. Damit wird es zu einer Ausweitung der Anwendungen sowie der Produktion kommen.

Trend zur Anwendung
Zitate von ExpertInnen
„Der Weg von der Grundlagenforschung in die Anwendung in der Industrie beginnt schon."
„Der Weg von der Grundlagenforschung in die Anwendbarkeit bzw. Marktreife ist derzeit zu beobachten."
„Wir forschen seit vier Jahren in der Nanotechnologie. Wir versuchen in Kooperation mit Forschungsinstituten, Nanoteilchen zu nutzen. Wir sind derzeit noch nicht in der Herstellung tätig, sondern ausschließlich in der Forschung. Die Haupttätigkeit des Forschens übernimmt das Forschungsinstitut, mit dem wir kooperieren. Wir müssen da sehr intensiv zusammenarbeiten, um die Oberfläche an die Matrix anpassen zu können. Wir wären in fünf Jahren schon gerne Anwender von Nanotechnologie."

Die nanotechnologische Grundlagenforschung darf allerdings, nach Ansicht der ExpertInnen, in den nächsten Jahren nicht zugunsten von Produktion und Anwendung vernachlässigt werden, sondern muss parallel weiter intensiviert werden. Hierbei sind bestehende Forschungskooperationen zwischen Unternehmen und (universitären) Forschungsinstituten auszubauen bzw. neue Kooperationen zu etablieren.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Oft wird die Abgrenzungsproblematik der Nanotechnologie von anderen Technologien im Mikrobereich angesprochen. Häufig werden Technologien mit der Bezeichnung „Nano“ versehen, obwohl sie nicht offiziellen Definitionen von Nanotechnologie entsprechen. Hier werden genaue Bestimmungen und Abgrenzungen sowie Aufklärungskampagnen eingefordert. Diese können auch zu einer weiteren Verbreitung von Wissen über den positiven Nutzen von Nanotechnologie führen.

Publizität der Nanowissenschaften und Nanotechnologien
Zitat eines Experten
„Über Nanotechnologie wissen in Österreich die wenigsten Bescheid. Deutschland fördert die Bekanntheit des Themas Nanotechnologie in der Öffentlichkeit sehr stark. Dort gibt es einen Nanotruck, der durch die Lande fährt. Das finde ich sehr gut, das sollte es in Österreich auch geben.“

Neben der Aufklärung über positive Effekte der Nanotechnologie fordern einige ExpertInnen auch eine Überprüfung von möglichen Gesundheits- und Umweltrisiken, die mit Nanotechnologie verbunden sein könnten. Es wird Handlungsbedarf im Risikomanagement gesehen, was gleichzeitig auch als zukünftiges Betätigungsfeld im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien gesehen wird.

Bei der Anwendung von Nanotechnologie besteht auf Produktseite ein breiter Trend in der Veredelung von Oberflächen durch Nanobeschichtungen. Diese Verfahren zur Neustrukturierung von Oberflächen sollen die Funktionalität von Materialien erhöhen. So kann beispielsweise die Oberflächenhärte vergrößert werden, sodass sie kratzfest und weniger temperaturempfindlich wird. Derartige Nanobeschichtungen können aber auch einen UV-Schutz oder einen antibakteriellen Schutz bieten, als Elektroisolierung dienen oder die Verschmutzungseigenschaften und den Abrieb von Materialien verbessern. Die Einsatzmöglichkeiten dieser Technologien sind vielfältig und werden bei Textilien, Autolacken, in der Reinigungsindustrie, Elektrotechnik etc. bereits angewendet. Sie sind eine der Grundlagen für eine Beschäftigungsnachfrage mit breitem Qualifikationsspektrum.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Trend bei Nanoprodukten
Zitat eines Experten
„Der wichtigste Trend in der Nanotechnologie ist die Beschichtung von Materialien und die Verbesserung der Eigenschaften hinsichtlich Oberflächenhärte und Temperaturverhalten."

Ein weiteres wichtiges zukünftiges Anwendungsgebiet ist jenes der Biotechnologie bzw. der Life Sciences. Auch hier ist die Anwendung sehr vielfältig und kann sowohl Biomedizin, Bioanalytik oder Biotechnologie umfassen. Der Entwicklung von Nanosensoren, Nano-Trägerpartikeln, von Filtrationsverfahren und Biochips wird auf globalen Märkten bereits in konkrete Produkte umgesetzt.

Von den ExpertInnen werden des Weiteren die Bereichen Elektronik sowie Informations- und Telekommunikationstechnologien, die Analytik und Sensorentechnik, aber auch die Halbleiterproduktion und Kunststoffindustrie als mittelfristige Träger einer großen Zahl marktreifer Anwendungen und Produkte gesehen.

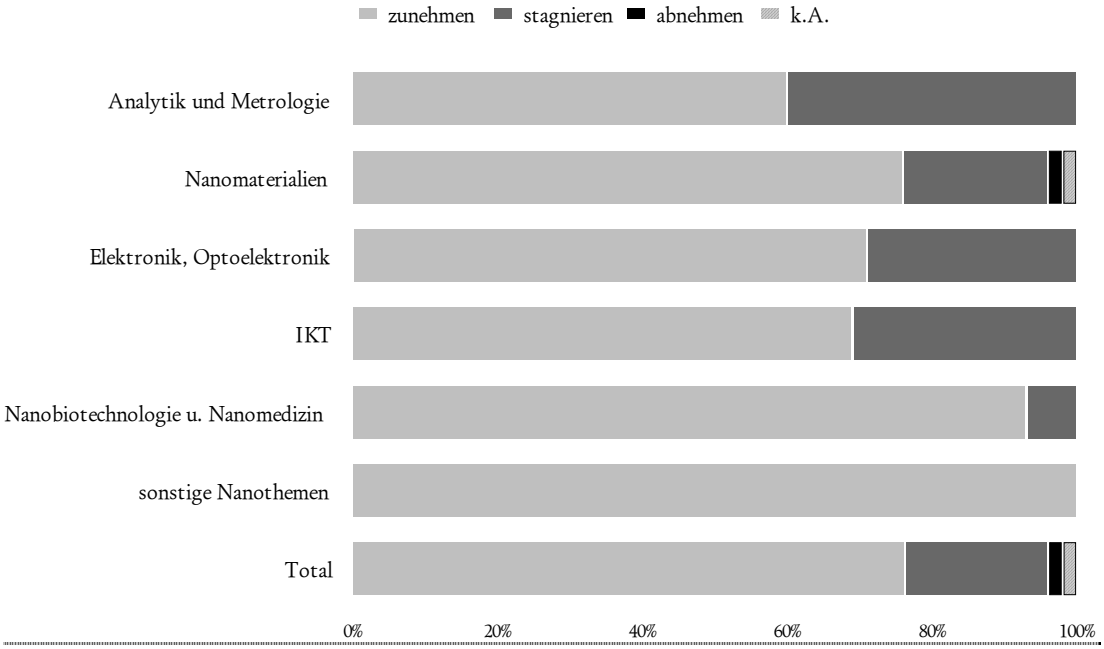
Einige Unternehmen/Institutionen des Nanotechnologie-Sektors versuchen am erwarteten Boom der Nanotechnologie nicht nur durch Ausdehnung der Anwendungsbereiche sowie der Produktion zu partizipieren, sondern möchten sich selbst auch am Ausbildungssektor für diese Technologie etablieren: Hier sollten dann vor allem weiterbildende Seminare und Veranstaltungen zum Thema Nanotechnologie angeboten werden, die die Ausbildungslücken in diesem Sektor schließen. Diese Eigeninitiativen kennzeichnen den Mangel im Angebot an Bildungsoptionen für Berufstätige bzw. Weiterbildungsquellen.

3.2.3 Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Die Entwicklung des Umsatzes im Geschäftsfeld Nanotechnologie bis 2010 wird sehr positiv eingeschätzt. Drei von vier ExpertInnen gehen von einer steigenden Umsatzentwicklung bis zum Jahr 2010 aus; jede/r Fünfte meint, dass diese stagnieren wird, nur 2% prognostizieren einen Rückgang. Diese Erwartung gilt für alle Technologiefelder der Nanowissenschaften und Nanotechnologien, wobei ExpertInnen aus dem Bereich Nanobiotechnologie und Nanomedizin die mögliche Umsatzentwicklung am positivsten beurteilen (siehe Abbildung 3.2).

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.2
Umsatzentwicklung im Bereich Nanotechnologie bis 2010 nach Tätigkeitsbereichen in Prozent



Quelle: eigene Erhebung

Erwartete Umsatzentwicklung bis 2010
Zitat eines Experten
„2010 sehe ich einen Umsatzzuwachs von + 200%, vor allem durch Verbesserungen in der Produktion und im Vertrieb."

Zwar wird vom Großteil der ExpertInnen ein Anstieg des Umsatzes im Bereich der Nanotechnologie bis 2010 prognostiziert, die gegenwärtige Bedeutung für den Umsatz des jeweiligen Unternehmens wird jedoch größtenteils als noch gering eingeschätzt. Vor allem in Groß- und Mittelbetrieben, die eine diversifizierte Geschäftsstruktur aufweisen, ist der Anteil des Umsatzes der Nanotechnologie am Gesamtumsatz eher gering und überschreitet zum Teil nicht einmal 1%. Anders sieht dies bei den Kleinbetrieben der Nanowissenschaften und Nanotechnologien aus. Dort werden damit teilweise bereits 80% bis 100% des Umsatzes erwirtschaftet. Dies sind die kleinen Nanotechnologie-Firmen im engeren Sinn. Einige Unternehmen/Institutionen – Klein-, Mittel- und Großbetriebe – verbuchen für das Jahr 2005 noch keinen Umsatz im nanotechnologischen Geschäftsfeld. Sie befinden sich im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien noch aus-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

schließlich im Forschungs- und Entwicklungsstadium – ohne eine wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse.

Die häufig noch geringe Bedeutung der Umsätze mit Nanotechnologie ist auch auf die Unsicherheiten im Bereich der Marktentwicklung zurückzuführen. Oftmals kann die wirtschaftliche Bedeutung von neuen Technologien und Anwendungen in einer frühen Phase noch nicht genau ein- und abgeschätzt werden. Außerdem sind die Produktions- und Entwicklungskosten großteils sehr hoch. Insofern ist es oft schwierig, InvestorInnen oder AbnehmerInnen für bestimmte Technologien und Anwendungen zu finden. Dies gilt speziell für KMUs.

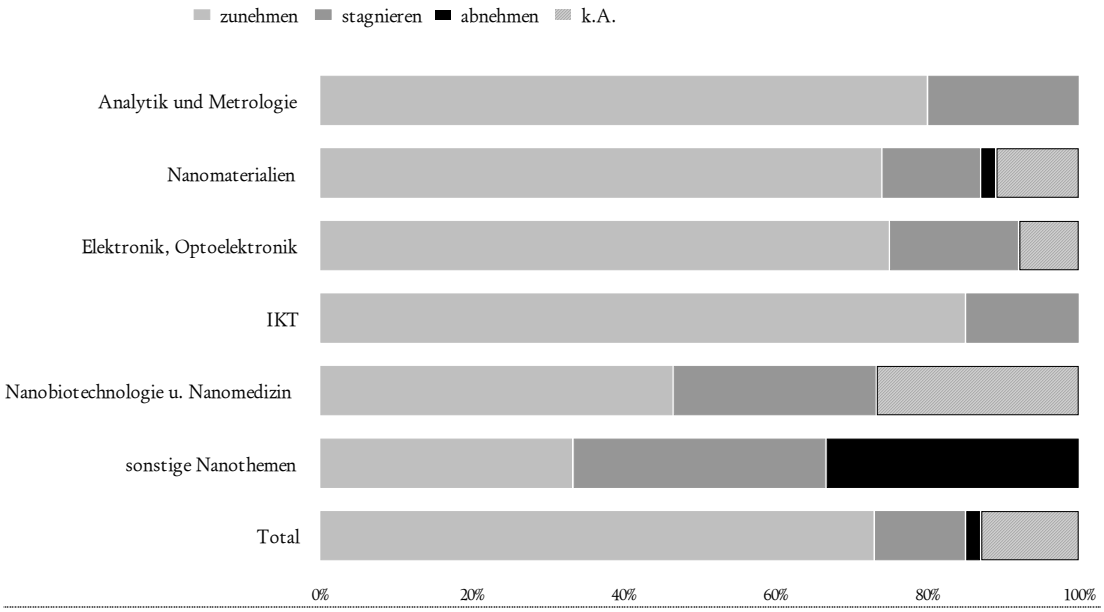
Wirtschaftliche Zukunft der Nanoaktivitäten
Zitate von ExpertInnen
„Die Erfolge können wir jetzt noch nicht abschätzen, da das Gelingen des Projekts von verschiedenen Faktoren abhängt. All das ist auch mit einem großen Risiko verbunden, aber wir tun unser Bestes. Auch der Markt ist diesbezüglich schwer abzuschätzen."
„Die Nanoprodukte haben eine sehr geringe Bedeutung für unser Unternehmen. Nicht wegen der mangelnden Qualität der Produkte, sondern weil die potenziellen Abnehmer noch viel zu wenig Wissen über Nanoprodukte haben. Es steht zwar schon überall Nano drauf, aber ob wirklich Nano drin ist, weiß der Kunde nicht. [...] Die wirklichen Nanoprodukte sind sehr teuer, und da tun wir uns noch schwer am Markt."

Die ExpertInnen sind zu knapp drei Viertel der Meinung, dass die Beschäftigung in ihren Betrieben im untersuchten Geschäftsfeld bis 2010 zunehmen wird. Lediglich 12% der ExpertInnen gehen davon aus, dass dieser Personalstand bis 2010 stagnieren wird. Dies weist deutlich auf einen zusätzlichen Personalbedarf hin. Dies trifft auf alle Technologiefelder der Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu (siehe Abbildung 3.3).

Im Großteil der Unternehmen/Institutionen – vor allem in Mittel- und Großbetrieben – sind nur wenige MitarbeiterInnen mit Nanotechnologie befasst. Die Nanotechnologie-Abteilungen in Mittel- und Großbetrieben sind zum Teil noch recht klein bzw. sind dort noch weniger als zehn MitarbeiterInnen beschäftigt.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.3
Beschäftigungsentwicklung im Bereich Nanotechnologie bis 2010 nach Tätigkeitsbereichen in Prozent



Quelle: Eigene Erhebung

Setzt man die Beschäftigungsentwicklung in Beziehung zur prognostizierten Umsatzentwicklung bis 2010, so zeigt sich, dass auch jene ExpertInnen, die eine Stagnation des Umsatzes bis 2010 annehmen, trotzdem von einem höheren Personalstand bis 2010 ausgehen.

3.2.4 Qualifikationsmuster in Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Die grundlegenden Qualifikationen für Nanowissenschaften und Nanotechnologien können in einer Schnittmenge aus physikalisch-technischem und naturwissenschaftlichem Wissen gesehen werden. Für Forschung und Entwicklung sowie dem Aufbau von unternehmerischer Aktivität sind wissenschaftliche (Grund-lagen-)Kenntnisse auf höchstem Niveau unabdingbar. Der überwiegende Teil der Beschäftigten in diesem Bereich sind diplomierte, promovierte, aber auch habilitierte AkademikerInnen. Dies ist auf den aktuellen F&E-Schwerpunkt der Nanowissenschaften und Nanotechnologien zurückzuführen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Nanotechnologie zeichnet sich durch einen interdisziplinären Ansatz aus, der die Zusammenführung unterschiedlicher Fähigkeiten und Wissensbestände notwendig macht. Insofern sind die Teams in den einzelnen Unternehmen/Institutionen aus MitarbeiterInnen unterschiedlicher Fachrichtungen zusammengesetzt. Von den einzelnen MitarbeiterInnen wird die Fähigkeit zum fächerübergreifenden Arbeiten gefordert. Besonders gefragt sind AkademikerInnen, die über die eigenen klassischen Fachgrenzen hinaus Spezialkenntnisse und Zusatzqualifikationen erworben haben.

3.2.4.1 Tätigkeitsprofile

Die Tätigkeiten der wissenschaftlichen MitarbeiterInnen liegen derzeit überwiegend im Bereich der Forschung und Entwicklung von Nanotechnologie: Dabei steht zunächst die Erforschung von Grundlagen dieser Technologie im Vordergrund; dadurch wird ein Basiswissen auch im Hinblick auf spätere Anwendungsmöglichkeiten erarbeitet. Diese Durchführung aktiver Forschungstätigkeit geschieht zumeist in Zusammenarbeit mit Universitäten.

Die Kerntätigkeiten des wissenschaftlichen Personals sind:

- Erarbeitung von Grundlagenwissen (Forschung),
- Entwicklung neuer Produkte,
- Überführung zu marktgerechten Produkten, die für industrielle Herstellung und Verkauf geeignet sind, sowie die
- Optimierung von Prozessen und Produkten und die
- Betreuung von F&E-Kooperationsbeziehungen.

Diese MitarbeiterInnen müssen derzeit nach neuen Anwendungsfeldern und Anwendungsmöglichkeiten des erarbeiteten Grundlagenwissens suchen. Wissenschaftliches Personal kümmert sich auch um die Kontakte zu Universitäten und anderen Kooperationspartnern, die bei der Entwicklung von Produkten, Verfahren oder der Erforschung von Grundlagenwissen behilflich sind.

Das aktuelle Tätigkeitsspektrum der MitarbeiterInnen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien, das über das wissenschaftliche Arbeiten bzw. die reine Forschungstätigkeit in Nanowissenschaften hinausgeht, setzt sich aus folgenden Aktivitäten zusammen (aufgrund des hohen Anteils an Entwicklungsarbeit in den Nanoabteilungen sind die Tätigkeitsprofile noch nicht sehr deutlich strukturiert):

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

1. Projektleitung und -durchführung (Projektmanagement) im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien
2. Labortätigkeiten:
   - Durchführung von Experimenten
   - Durchführung von Analysen (z. B. Prüfung von Produkteigenschaften)
   - Prüfung von Materialien
   - Verträglichkeitsprüfungen
   - Langzeittests
   - chemische Prüfungen
   - Datenermittlung und Datenerfassung
   - Simulation
3. Mitarbeit bei der Entwicklung neuer Geräte
4. Optimierung von Prozessen und Produkten
5. Softwareentwicklungen und computergestützte Verfahren
6. Kostenanalysen bei der Überführung von Entwicklung in Produktion/Anwendung
7. Technische Machbarkeitsstudien
8. Einreichung von Patenten
9. Verkauf und Vertrieb

Die Optimierung von Produktionsprozessen und Produkten bzw. die Effizienzsteigerung zählen zu Kernaufgaben der zukünftigen SpezialistInnen. Dies wird für die Entwicklung neuer oder Weiterentwicklung bestehender Produkte/Verfahren und deren marktgerechte Umsetzung benötigt.

Die Vertriebsorientierung der Branche wird im Zuge der „Product to Market"-Aktivitäten deutlich zunehmen. Damit werden Vertriebs- und Verkaufsqualifikationen in Nanowissenschaften und Nanotechnologie zunehmend nachgefragt und entsprechendes Personal gesucht werden.

Nichtwissenschaftliches Personal ist eher für die Ausführung der Produktion, für die Anwendung der Produkte sowie die Unterstützung der wissenschaftlichen Aktivitäten und der technischen Umsetzung zuständig. Vertriebs- und Verkaufspersonal ergänzt den MitarbeiterInnenstab. Für Tätigkeiten wie Durchführung und Abwicklung der Laborversuche, Produktion, Anwendung, Wartung und Instandhaltung werden Personen mit nicht überwiegend wissenschaftlichem Hintergrund – zumeist Fachhochschul- oder auch HTL-AbsolventInnen – beschäftigt. Speziell die technische Unterstützung der wissenschaftlichen MitarbeiterInnen gehört zu ihren Aufgaben.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tätigkeitsprofile
Zitate von ExpertInnen
„Nach F&E kommt dann die Überleitung in die Fertigung. Dafür sind Messen, Kostenanalyse und technische Entscheidungen notwendig."
„Die Hauptaufgaben sind bei uns in zwei Bereiche geteilt. Der eine Bereich ist die Produktentwicklung und der zweite Bereich die Prozessentwicklung, Prozessoptimierung und verbesserte Kontrolle von Prozessen. Die Mitarbeiter arbeiten in beiden Bereichen entsprechend ihrem Background. Die Absolventen der Universität betreuen die Forschungsprojekte und der Absolvent der Fachhochschule führt die angewandten Arbeiten durch."

3.2.4.2 Nanoqualifikationen nach Fachrichtung

Da bisher primär AkademikerInnen in Abteilungen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien anzutreffen sind, beziehen sich die Aussagen der ExpertInnen zu fachlichen Qualifikationen hierbei zumeist auf das Hochschulsystem.

Nach Fachrichtungen strukturiert, werden im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologie besonders häufig AbsolventInnen der Studienrichtungen Physik, Chemie, Elektronik sowie Werkstofftechnik und Materialwissenschaft eingesetzt. Neben diesen primären Fachrichtungen sind Biologie, Informatik, Maschinenbau, Metallurgie oder Mechatronik die zweite wichtige Gruppe. Ergänzend werden von den Nanotechnologie-Unternehmen Medizin, Biotechnologie und Pharmazie angeführt.

Klassische Nanoqualifikationen
Zitat eines Experten
„Klassischerweise sind Nanoleute Physiker und Chemiker. Bei uns arbeiten im Bereich der Solgelbeschichtungen Chemiker, bei der Nano-Messtechnik und beim Nanoimprinting arbeiten Physiker."

Die nachstehenden Fachbereiche sind laut ExpertInnen speziell für Nanowissenschaften und Nanotechnologien relevant und in ihren Unternehmen anzutreffen. Eindeutige Schwerpunkte oder Muster waren bei der ExpertInnenbefragung nicht zu erkennen. In-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

teressanterweise mischen die Unternehmen vielfach Fachrichtungen der Ausbildung mit Anwendungsbereichen der eigenen Technologien, um die inhaltlichen Qualifikationen abzugrenzen. Es stellte sich heraus, dass die entsprechenden GesprächspartnerInnen für diese Technologieanwendungen keine Ausbildung in Österreich kennen oder konkretisieren konnten.

___ (Technische) Physik, Oberflächenphysik
___ (Technische) Chemie
___ Biologie, Biowissenschaften, Biotechnologie, Molekularbiologie
___ Medizin
___ Metallurgie, physikalische Metallkunde
___ Elektronik, Halbleitertechnologie
___ Informatik, Softwareentwicklung, Software-/Hardwareerfahrung bzw. -kenntnisse
___ Konstruktionstechnik
___ Maschinenbau
___ Mechatronik
___ materialspezifische Kenntnisse, Werkstofftechnik
___ kunststofftechnische Ausbildung
___ Quantenmechanik
___ Bionik-Studium
___ (Angewandte) Mathematik, Statistik
___ Sensorik und Biosensorik
___ Nano-Messmethoden und Analytik
___ Vakuumapplikationen, Beschichtungsverfahren, Dünnschichttechnologie, Diamantbeschichtung, etc.

Die folgenden Zitate illustrieren die Vielfalt der möglichen Kombinationen aus Fachgebieten, die in Nanowissenschaften und Nanotechnologien anzutreffen sind:

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Notwendigkeit des Erwerbs von Nanotechnologie-Qualifikationen im Studium
Zitate von ExpertInnen
„Für Personen, die in der Nanotechnologie tätig sind, sind Kenntnisse in Physik, Oberflächenphysik, Chemie, Elektronik, Software, Konstruktionstechnik und das Präsentieren und Darstellen bei Konferenzen, also technisches Marketing notwendig."
„Grundsätzlich wären für das Thema Nanotechnologie die Grundstudien Chemie, Physik, Medizin und Biologie geeignet. Was unbedingt vonnöten sein muss, ist eine fachübergreifende Kommunikationsfähigkeit. Man muss mit allen Bereichen umgehen können. Es wäre sehr wünschenswert, wenn es mehr gemeinschaftliches Denken zwischen z.B. Physikern und Chemikern gäbe. Man muss die Welt des anderen verstehen können. Es ist ein ganzheitlicheres Denken gefragt, damit fachübergreifende Projekte überhaupt möglich sind."

Die für die Zukunft erwartete Nachfrage nach SpezialistInnen nach Fachgebieten zeigt keine substanziellen Änderungen im Vergleich zum gegenwärtigen Stand. Hierbei kommen inhaltliche Trends zum Vorschein:

AbsolventInnen eines Physik- oder Chemiestudiums werden im Bereich Nanotechnologie weiterhin sehr gefragt sein. Für ChemikerInnen werden besonders Materialchemie und Analytik, aber auch Erfahrungen und Fachwissen über die Anwendung von Nanopartikeln relevant sein. Darüber hinaus sollte eine chemische Ausbildung mit Anwendungstechnologie (Anlagentechnologie) und Verfahrenstechnik verknüpft werden. Neben theoretischer Physik wird auch eine Spezialisierung von PhysikerInnen im Bereich Metallwissenschaft auf große Nachfrage stoßen. Dies steht im Zusammenhang mit den einschlägigen regionalen Kompetenzkernen in Österreich.

Auch angewandte Mathematik und Elektrotechnik sind bereits gegenwärtig nachgefragte Ausbildungen, die in Zukunft noch mehr gewünscht sein könnten – vor allem, wenn im Zuge des Studiums ein Spezialwissen über Nanotechnologie erarbeitet wird. Maschinenbau und Mechatronik sind weitere fachliche Qualifikationen, die im Zuge der Automatisierung der Produktion auf eine größere Nachfrage am Arbeitsmarkt stoßen werden. Generell wird von ExpertInnen festgestellt, dass Qualifikationen in den Bereichen Materialwissenschaften, Oberflächentechnik bzw. -behandlung sowie Fertigungstechnologien für das Nanotechnologie-Feld auch zukünftig von großer Bedeutung sein werden. Des Weiteren werden Kombinationen aus naturwissenschaftlichem Wissen und sehr guten Informatikkenntnissen als speziell zukunftsträchtig erachtet.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Qualifikationen 2010
Zitat eines Experten
„Zukünftig werden Qualifikationen in Materialwissenschaften und Fertigungstechnologie eine zunehmende Rolle spielen. Wobei die Fertigungstechnologie die wichtigste Richtung, das Kernbusiness, für Nanotechnologie ist. Personen mit diesen Qualifikationen sind bereits jetzt am Arbeitsmarkt verfügbar.“

3.2.4.3 Querschnittsausbildungen

Die Nanowissenschaften und Nanotechnologien zeichnen sich durch einen hohen Vernetzungsgrad zwischen verschiedenen Fachrichtungen aus. Für zukünftige Tätigkeiten im Bereich der Nanotechnologie werden daher Ausbildungen, die ein Querschnittswissen unterschiedlicher Disziplinen vermitteln, unabdingbar sein.

Die meisten befragten ExpertInnen sehen in einer Kombination von Chemie und Physik das Fundament für Nanotechnologie, das noch durch weitere Spezialisierungen ergänzt werden sollte: beispielsweise durch Biologie, Medizin, Metallurgie, Informatik oder Elektronik. Auch Materialwissenschaft und Werkstofftechnik werden von ExpertInnen in Verbindung mit Biologie, Chemie, Physik oder Informatik als sinnvolle Querschnittsausbildungen für Nanotechnologie hervorgehoben.

Zudem wird von den ExpertInnen die Aufnahme von Oberflächen-, Beschichtungs-, Verfahrens- und Anwendungstechnik in ein nanotechnologisches Querschnittswissen gefordert. Diese Forderung nach Spezialwissen, das als solches in entsprechenden Fachrichtungen an Hochschulen noch nicht in eigenen Fachrichtungen institutionalisiert ist, begründet sich in der Erwartung, dass die zugehörigen Applikationen einen zentralen Stellenwert bei den mittelfristig am Markt anzutreffenden Nanotechnologie-Produkten und -verfahren haben werden.

Die eingesetzten und für die Zukunft gewünschten Querschnittsqualifikationen beziehen sich immer auf die eigene Branche und spiegeln daher auch die Heterogenität der dortigen Nanowissenschaften und Nanotechnologien wider. Folgende Kombinationen von Fachrichtungen sind in den Unternehmen der InterviewpartnerInnen im Sinne von Querschnittsqualifikationen anzutreffen:

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Chemie und Physik (ergänzt durch Medizin, Biologie, Tribologie, Metallurgie, Elektronik, Informatik, Biotechnologie, Materialwissenschaften, Mechatronik, Mess- und Regelungstechnik, Oberflächentechnik, Fertigungstechnologien)
___ Chemie, Kunststofftechnik, Materialwissenschaften, eventuell Biologie und teilweise Medizin
___ Physikalische Chemie und Biologie
___ Physik und Biologie (ergänzt durch Informatik, Mathematik)
___ Physik und Werkstoffwissenschaften
___ Physik und Maschinenbau
___ Biologie und Technik
___ Werkstoffwissenschaften, Elektronik, Biologie und Oberflächentechnik
___ Werkstoffwissenschaften, Computertechnologie, Optik aus dem Bereich Technische Physik
___ Werkstoffwissenschaften (Kunststofftechnik) mit Chemie und Analytik
___ Werkstoffwissenschaften, Maschinenbau, Verfahrenstechnik
___ Materialwissenschaften und Medizin
___ Materialwissenschaften und Biologie
___ Materialwissenschaften und Fertigungstechnologien
___ Elektrotechnik, Informatik und Software

3.2.4.4 Methodische und soziale Kompetenzen

Neben einem möglichst breit gefächerten Querschnittswissen aus Naturwissenschaft und Technik sind auch interdisziplinäres Denken sowie eine damit verbundene „fächerübergreifende Kommunikationsfähigkeit“ Schlüsselqualifikationen. Von den MitarbeiterInnen in Nanotechnologie-Unternehmen/Institutionen wird also nicht nur Teamfähigkeit als solche gefordert, sondern interdisziplinäre Teamfähigkeit, d.h. Kommunikation und Zusammenarbeit über fachspezifische Grenzen hinweg. Ganzheitliches, vernetztes Denken gehört zu den weiteren Voraussetzungen. Zusätzlich sind durch die vielfältigen Kooperationsmuster der Firmen aus dem Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien eine Offenheit gegenüber anderen Kulturen sowie gute Fremdsprachenkenntnisse notwendig. Diese Eigenschaften und Fähigkeiten sind vor allem aufgrund der zunehmenden Internationalität der nanotechnologischen Aktivitäten von Bedeutung und sollen ein reibungsloses Zusammenarbeiten in einem internationalen Team ermöglichen.

Zu den bereits angeführten methodischen Kompetenzen wie interdisziplinäres, vernetztes und ganzheitliches Denken gehören auch die Fähigkeiten zum analytischen und logischen Denken. Die Praxis- und Lösungsorientierung wird insbesondere bei der Überführung von Forschungsergebnissen in Produktion und Anwendung als zentrale Kompetenz

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

bezeichnet. Darüber hinaus werden auch Lernfähigkeit und -bereitschaft in dem sich sehr schnell weiterentwickelnden Technologiefeld Nanotechnologie benötigt.

Tabelle 3.1

Erforderliche methodische und soziale Kompetenzen für Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Überblick

Methodische Kompetenzen	Soziale Kompetenzen
interdisziplinäres, vernetztes Denken	fachübergreifende Kommunikationsfähigkeit
analytisches Denken	Flexibilität
logisches Denken	Teamfähigkeit
innovatives Denken	Offenheit gegenüber anderen Kulturen
Praxis- und Lösungsorientierung	Präsentationsfähigkeiten
schnelle Auffassungsgabe	sorgfältiges und gewissenhaftes Arbeiten
Mitverfolgung des wissenschaftlichen Status quo	Selbstständigkeit und hohes Eigenengagement
Managementfähigkeiten	Eigenverantwortlichkeit
Projektleitung und -management	Kreativität
Fremdsprachenkenntnisse	Lernfähigkeit und -bereitschaft

Quelle: Eigene Erhebungen

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

3.2.4.5 Arbeitsmarktaspekte und Mangel an SpezialistInnen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Qualifikationen 2010
Zitate von ExpertInnen
„Die Qualifikationen, die in unserem Unternehmen bis 2010 eine zunehmende Rolle spielen werden, sind derzeit am Arbeitsmarkt noch nicht verfügbar, da es derzeit auch keine gezielte Ausbildung gibt. Wichtig sind spezialisierte Mitarbeiter, die eine Ausbildung entweder an einer HTL oder Fachschule oder an einer Universität haben."
„Nanotechnologie-Leute sind schwer am Arbeitsmarkt verfügbar. Die Thematik ist generell noch wenig erforscht. Es gibt noch keine Leute, die schon Nanotechnologie können. Wir suchen Leute, die offen sind, über eine klassische Ausbildung verfügen und bereit sind, interdisziplinär mit Kollegen in der Nanotechnologie zusammenzuarbeiten."

Aktivitäten in Nanotechwissenschaften und Nanotechnologien sind vielfach in den Unternehmen erst im Aufbau bzw. erst in Entwicklung begriffen. Die Thematik wird in den Firmen zwar behandelt, jedoch wird festgestellt, dass spezielle Qualifikationen, die erst in den kommenden Jahren gefragt sein werden, am Arbeitsmarkt noch nicht erkennbar zur Verfügung stehen. Dieser Mangel an fachlich qualifizierten Arbeitskräften in Österreich wird speziell auf fehlende und unzureichende Angebote im Bereich arbeitsmarktorientierter Ausbildungen zurückgeführt. So wird beispielsweise mehrfach eine Ausweitung des nanotechnologischen Universitätslehrganges in Graz gefordert sowie zusätzlich ein vergleichbares Angebot in Linz und Wien. Dies gelte nicht nur für den Hochschulsektor, sondern auch für die Berufsbildungsebene. Nanotechnologie sollte nicht nur vermehrt in die Lehrpläne der Universitäten, sondern auch in jene der Fachhochschulen und HTL aufgenommen werden.

Der Mangel an qualifizierten Fachkräften führt dazu, dass UniversitätsabsolventInnen, die ihre Diplomarbeiten oder Dissertationen in diesem Bereich verfasst haben, hervorragende Arbeitsmarktchancen aufweisen. Sie werden zumeist direkt von der Universität rekrutiert. Gute Kontakte zu den Universitäten sind daher auch aus diesem Grund sehr wichtig für die Unternehmen/Institutionen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

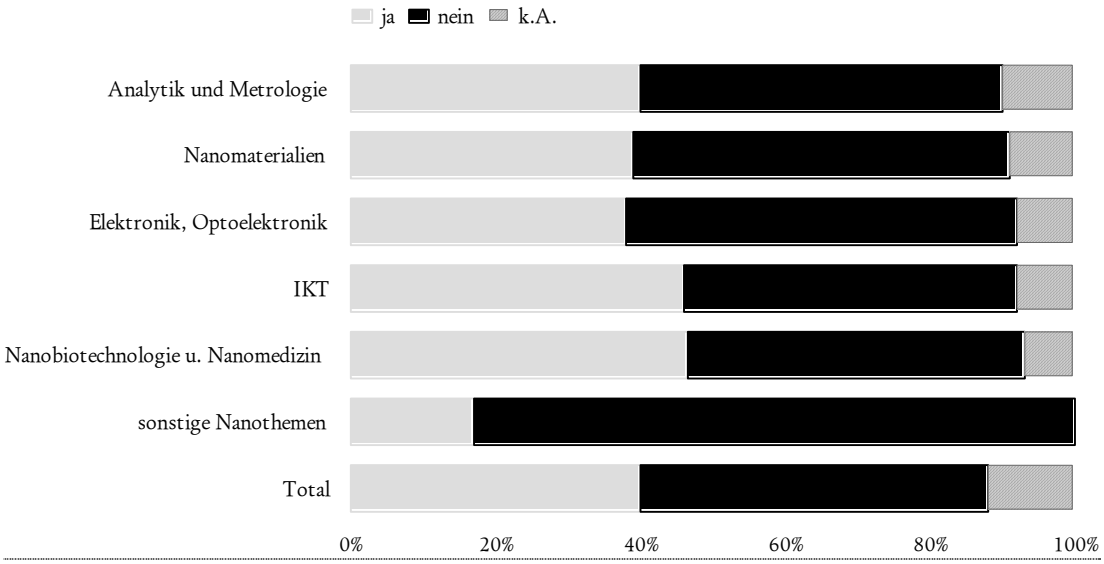
Mangel an Fachkräften
Zitat eines Experten
„Personen mit den Qualifikationen, die zukünftig eine zunehmende Rolle spielen werden, sind derzeit noch ein elitärer Kreis und als Mitarbeiter für uns nicht leistbar. Das sind Universitätsprofessoren und Universitätsassistenten, die an bestimmten Forschungsprojekten arbeiten. Ein Gesamtstudium für Nanotechnologie ist nicht vorstellbar, da es zu interdisziplinär wäre. Ganz wichtig ist aber ein/e technisch orientierte/s Studium oder Ausbildung."

3.2.4.6 Verfügbarkeit von NanospezialistInnen am österreichischen Arbeitsmarkt

Die befragten ExpertInnen sind sich hinsichtlich der ausreichenden Verfügbarkeit von SpezialistInnen für Nanowissenschaften und Nanotechnologie in Österreich nicht einig. Rund die Hälfte ist der Ansicht, dass in Österreich zu wenige SpezialistInnen vorhanden sind. Hingegen finden die übrigen rund 50% der ExpertInnen, dass es in Österreich ausreichend SpezialistInnen am Arbeitsmarkt gibt. Für die einzelnen Technologiefelder der Nanotechnologien lassen sich allerdings keine Muster erkennen (siehe Abbildung 3.4).

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.4
Besteht in Österreich ein Mangel an Nanotechnologie-SpezialistInnen, die bereits im Ausland verfügbar sind? (nach Tätigkeitsbereichen in Prozent)



Quelle: Eigene Erhebung

Dass es international SpezialistInnen gibt, die der österreichische Arbeitsmarkt nicht bietet, wird von ExpertInnen auf den zeitlichen Vorsprung der Akzeptanz und Implementierung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien zurückgeführt. In Österreich haben der Umgang mit dem Thema und Aktivitäten rund um die Entwicklung dieser Technologie erst mit Verspätung eingesetzt. Es fehlen dadurch Erfahrungen, die erst aufgeholt werden müssen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

RespondentInnen, die einen Mangel an NanospezialistInnen erkennen
Zitat von ExpertInnen
„Ich habe den Eindruck, dass andere Länder 5-10 Jahre früher mit dem Thema Nanotechnologie begonnen haben. Anhand der Publikationen würde ich meinen, dass vor allem die USA und Japan viel weiter sind als wir. In Europa ist Deutschland auf alle Fälle auch weiter in der Nanotechnologie-Entwicklung."
„In Österreich gibt es noch keine Spezialisten, die auf dem Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen, da viel Erfahrung auf dem Gebiet der Nanotechnologie notwendig ist, das in Österreich erst aufgebaut wird."
„Spezialisten mit einem profunden Basiswissen sind in Österreich nicht zu finden."

Jene Gruppe an ExpertInnen, für die der Arbeitsmarkt in Österreich ausreichend Nanotechnologie-SpezialistInnen bietet, nennen häufig die Technischen Universitäten Wien und Graz sowie die Montanuniversität Leoben als Ausbildungseinrichtungen, mit deren einschlägigen AbsolventInnen bereits gute Erfahrungen gemacht worden sind. Einige ExpertInnen stellten aber trotzdem fest, dass zwar SpezialistInnen in Österreich vorhanden seien, aber in einer zu geringen Quantität oder nicht für spezifische Teilbereiche; daher müssten qualifizierte Arbeitskräfte aus dem Ausland angeworben werden, was für sie allerdings kein Problem darstelle.

RespondentInnen, die keinen Mangel an NanospezialistInnen erkennen
Zitate von ExpertInnen
„Es gibt nicht nur international, sondern auch in Österreich Spezialisten, die am Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen."
„Unser Team hier in Österreich ist sehr international: Die Herkunftsländer sind China, Luxemburg und Deutschland. Wir sind in Österreich eine Firma, die sehr früh begann, sich mit dem Thema Nanotechnologie zu beschäftigen. Mittlerweile gibt es auch am österreichischen Arbeitsmarkt gute Nanoleute."

Die Teams in den nanotechnologischen Unternehmen/Institutionen sind aber nicht nur aufgrund fehlender SpezialistInnen in Österreich mit internationalen Fachkräften durchsetzt: Forschung und Entwicklung im Bereich Nanotechnologie sind prinzipiell international ausgerichtet. Es handelt sich dabei nicht um ein nationales Projekt, sondern ist

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

durch eine ausgeprägte internationale Kooperation zwischen Unternehmen und Forschungsinstituten sowie durch einen hohen Vernetzungsgrad von ExpertInnen ausgezeichnet. Prinzipiell kann für den Hightech- und insbesondere auch für den Nanotechnologie-Sektor ein globaler Arbeitsmarkt festgestellt werden. Die Internationalität von Teams in diesem Bereich ist hier üblich.

Teilbereiche, in denen in Österreich zu wenige oder überhaupt keine SpezialistInnen vorhanden sind, wurden von ExpertInnen explizit genannt. Sie lassen sich in zwei Gebiete unterteilen: Einerseits gibt es Ziel-Arbeitsmarktsegmente von RespondentInnen, die Anwendungsnischen abdecken, welche national in Nanowissenschaften und Nanotechnologien nicht besetzt sind, und andererseits Fachrichtungen, die in Bezug auf Nanowissenschaften und Nanotechnologien unterbesetzt sind. Nachfolgend sind Beispiele angeführt, wo versucht wird, den Mangel an österreichischen SpezialistInnen für Nanowissenschaften und Nanotechnologien durch SpezialistInnen internationaler Arbeitsmärkte abzudecken:

___ **Beispiele für unterbesetzte Arbeitsmarktnischen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien:**
___ Drucktechnik
___ Diamantschichttechnologie
___ Lacktechnologien
___ Kautschukverarbeitung
___ Vakuumapplikationen
___ etc.

___ **Beispiele für unterbesetzte Arbeitsmarksegmente der Nanowissenschaften und Nanotechnologien:**
___ allgemeiner Mangel an AbsolventInnen im Bereich Materialforschung, Physik und Chemie in Österreich
___ Bottom-up-SpezialistInnen mit Kenntnissen im Aufbau von Molekülstrukturen
___ SpezialistInnen mit einer Ausbildung in Chemie und Werkstofftechnik
___ SpezialistInnen im Bereich Modellierung, Simulation und verwandten Themen
___ Kombination aus Technik- und Wirtschaftsausbildung für Nanowissenschaften und Nanotechnologien
___ BioinformatikerInnen

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

3.2.5 Interne und externe Weiterbildung

Fort- und Weiterbildung ist im dynamischen Sektor Nanowissenschaften und Nanotechnologien, in dem es noch keine entsprechende formale Ausbildung in Österreich gibt, für die Unternehmen/Institutionen von großer Bedeutung. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um systematische und am Weiterbildungsmarkt angebotene bzw. intern durch standardisierte Personalplanungsstrukturen festgelegte Weiterbildungsaktivitäten. Die MitarbeiterInnen qualifizieren sich überwiegend durch informelle und unstrukturierte Weiterbildung, sei es intern oder extern.

Über 50% der ExpertInnen geben an, *interne Weiterbildung* in ihrem Unternehmen/Institution anzubieten. Bei der Nutzung von interner Weiterbildung zeigen sich leichte Unterschiede nach den Tätigkeitsbereichen der Unternehmen/Institutionen: Vor allem in den Bereichen „Analytik & Metrologie", „Elektronik & Optoelektronik" sowie „Informations- und Telekommunikationstechnologie" ist der Anteil der Unternehmen/Institutionen, die interne Weiterbildung anbieten, sehr hoch. In Klein- und Mittelbetrieben wird im Gegensatz zu Großbetrieben verstärkt auf die Ausnützung und Vermittlung interner Wissensressourcen durch interne Maßnahmen gesetzt.

Doch durch welche Maßnahmen erfolgt nun diese deklarierte interne Weiterbildung? Der Großteil der Maßnahmen zur internen Weiterbildung hat annähernd ausschließlich einen informellen Charakter und nur wenige dieser Angebote sind systematische Schulungen wie Seminare oder Workshops. Interne Weiterbildung besteht einerseits aus Kursen, unregelmäßigen Seminaren oder Workshops. Darüber hinaus verstehen die Unternehmen auch regelmäßige Team- und Entwicklungsbesprechungen, bei denen Probleme und Lösungen für bestimmte Projekte gemeinsam diskutiert werden, als Weiterbildung. Auch interdisziplinäre Arbeitsweisen bzw. Zusammenarbeit, wodurch es zu einer Verknüpfung und Ergänzung von unterschiedlichem fachlichen Wissen kommt, wurden als eine Form der Weiterbildung angegeben. Es werden die Diffundierung von spezifischem Wissen im Unternehmen sowie der Transfer von Know-how zwischen unterschiedlichen Fachkräften und Abteilungen gesucht und gefördert. Auch die Zusammenarbeit mit anderen Forschungsinstitutionen wird als eine Form der Weiterbildung angesehen. Einige ExpertInnen rechnen sogar die Lektüre von spezifischer Fachliteratur bzw. das Selbststudium als interne Weiterbildungsmaßnahmen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Interne Weiterbildung
Zitate von ExpertInnen
„Die Weiterbildung der Mitarbeiter erfolgt im Rahmen der Forschungstätigkeit, durch interne Programme, Projekte und ‚on the job'."
„Wir haben alle zwei Wochen eine Teambesprechung. Das ist unsere interne Weiterbildung. Wir besprechen die Projekte durch, diskutieren, versuchen, Lösungen zu finden, und dabei entwickeln wir uns ständig weiter. Wir haben auch mit den Projektpartnern in Japan und in Amerika ständige Infomeetings und planen strategisch."

Ein wesentlicher Aspekt interner Weiterbildung ist auch die Vermittlung von nanotechnologischem Grund- bzw. Spezialwissen für neue MitarbeiterInnen, die noch wenig Erfahrungen in diesem Bereich haben: Dies erfolgt zumeist „on the job"; es sind also keine spezifischen internen Weiterbildungsmaßnahmen in diesem Bereich vorgesehen. Insofern kann dieses Basiswissen im Bereich Nanotechnologie auch als eine Einstiegshürde für Beschäftigte in diesem Sektor angesehen werden.

Externe Weiterbildung wird laut eigenen Angaben von 80% der Unternehmen/Institutionen genutzt. Dieser hohe Anteil an Unternehmen relativiert sich bei Betrachtung der Bildungsquellen: Es handelt sich nicht um systematische Weiterbildung, die bei speziellen externen Bildungsträgern angeboten wird. Externe Weiterbildungsmaßnahmen sind vor allem Besuche von Konferenzen, Kongressen und Fachtagungen zum Thema Nanotechnologie. Diese Kongresse werden als Informationsquelle zu Produkten und Märkten bzw. neuen Anwendungen und Know-how genutzt. Darüber hinaus wird externe Weiterbildung jedoch in geringerem Ausmaß durch den Besuch von Seminaren und Fachvorträgen betrieben.

Als weitere externe Fortbildungsmaßnahme wird die Kooperation mit Universitäten und anderen Forschungspartnern angesehen. Hierbei soll ein Know-how-Transfer im Zuge der Zusammenarbeit stattfinden. Aber auch die Unterstützung von Diplomarbeiten und Dissertationen wird hierzu gezählt: Auch dadurch soll das Know-how des Unternehmens durch externe Quellen erweitert werden. Ein wichtiger Aspekt externer Weiterbildung – in Form von Konferenzbesuchen oder Kooperationen mit Universitäten – liegt auch im Aufbau eines Netzwerkes, das dem Unternehmen/der Institution in vielfältiger Weise von Nutzen ist, insbesondere aber im Bereich Weiterbildung, da es dadurch auch zu einem informellen Know-how-Transfer kommen kann. Einige Unternehmen/Institutionen sind selbst als Anbieter von Weiter- und Ausbildungsmaßnahmen sowie in der Organisation von Konferenzen und Tagungen tätig.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Von den ExpertInnen wurden vor allem zwei eher problematische Aspekte externer Weiterbildung angesprochen: Erstens sind die Kosten für externe Weiterbildungsmaßnahmen – insbesondere auf internationaler Ebene – sehr hoch und können daher nicht immer in einem entsprechenden und erforderlichen Ausmaß genutzt werden. Zweitens sinkt mit steigendem Spezialisierungsgrad von MitarbeiterInnen und Unternehmen/Institutionen auch die Attraktivität externer Weiterbildung, da ein entsprechendes hoch spezialisiertes Wissen kaum mehr vermittelt wird.

Externe Weiterbildung

Zitate von ExpertInnen

„Wir nutzen externe Aus- und Weiterbildung, soweit es für uns leistbar ist, durch Seminare, Messen und Kongresse, um Kontakte zu knüpfen, da das die einzige Plattform ist."

„Wir nutzen externe Aus- und Weiterbildungsangebote für Nanotechnologie durch diverse fachspezifische Veranstaltungen. Diese Veranstaltungen, wie eine Veranstaltung der IIR, sind zwar fachlich sehr gut, jedoch sehr teuer. Dies kann man sich als Firma nicht leisten. Auch Seminare der SKZ oder VDI sind ähnlich teuer und wurden von uns daher noch nie besucht. Im Gegensatz dazu ist der regionale Fachdialog fachlich ebenfalls sehr gut – und diese Veranstaltungen sind kostenlos. Wir würden uns sehr gerne an einer österreichweiten Ausbildungsschiene durch einen Lehrgang für Nanotechnologie an der Universität Linz beteiligen, um unser Know-how einbringen zu können."

„Wir besuchen Konferenzen ausschließlich im Ausland. Für unsere Technologie (Metallurgie und Vakuum) gibt es sehr wenig an Weiterbildungsangebot. Bei uns sind auch Sprachkurse eine Thematik, weil wir ein sehr internationales Team sind. Die Initiativen kommen von beiden, sowohl von den Mitarbeitern als auch von der Geschäftsführung."

Unterstützung erfolgt großteils sowohl monetär, indem die Kosten für die Fortbildungsmaßnahmen vom Unternehmen/von der Institution bezahlt werden – inklusive Reise- und Aufenthaltskosten, als auch durch die Möglichkeit, Arbeitszeit als Fortbildungszeit zu nutzen. In Klein- und Mittelbetrieben müssen die Kosten für Fortbildungen teilweise von den MitarbeiterInnen selbst getragen werden: Doch wird auch hier versucht, die Weiterbildung der MitarbeiterInnen durch monetäre Unterstützung zu fördern.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

3.2.6 Vorschläge zur Verbesserung des Aus- und Weiterbildungsangebotes in Österreich und Förderungswünsche aus Sicht der ExpertInnen

Die Vorschläge für eine Verbesserung der Aus- und Weiterbildungsangebote sind sehr heterogen: Grundlegend wird eine Vertiefung des Ausbildungsangebotes im Hochschulsektor gefordert. Dies sollte durch die Einführung und Vertiefung von Schwerpunkten an Universitäten bzw. Fachhochschulen geschehen, sowie speziell auf postgradualer Ebene. Ob dies durch die Einrichtung eigener Studien(-gänge) oder durch die ergänzende Einführung von Nanotechnologie-Inhalten in die Curricula der bestehenden Fachrichtungen geschehen soll, darüber waren sich die ExpertInnen nicht einig. Die Schwerpunktsetzung bedingt laut ExpertInnen auch die Integration von lehrbezogener Infrastruktur.

Vorschläge zur Verbesserung des Aus- und Weiterbildungsangebots
Zitat eines Experten
„Die Fachhochschul- und Universitätsausbildung muss forciert werden. Da die technischen Ausstattungen zu alt sind, wirkt sich das auch bei den Forschungsergebnissen aus. Für diesen Bereich fehlen die finanziellen Mittel, speziell an der Universität. In der Forschung ist die Universität freier als die Fachhochschulen, die mehr mit der Wirtschaft zusammenarbeiten und sehr produktorientiert sind. Dadurch stehen zwar mehr finanzielle Mittel zur Verfügung, es gibt jedoch auch einen lenkenden Eingriff der Wirtschaft."

Darüber hinaus kann eine weitere Verbesserung des Ausbildungsangebots durch die Einführung von interdisziplinären Lehrgängen erreicht werden, die entsprechende Querschnittsqualifikationen und -wissen für Nanotechnologie bereitstellen. Dies kann auch durch die Vereinfachung des Wechsels zwischen Universitäten und Studien sowie Prüfungsanrechnung – insbesondere auch von Prüfungen, die an internationalen Universitäten abgelegt wurden – erreicht werden. Dies würde die Initiativen und die Akzeptanz interdisziplinärer Studien fördern.

Ein weiterer wichtiger Aspekt universitärer Ausbildung, der nicht nur mit Nanotechnologie verbunden ist, ist die mangelhaft praxisorientierte und industrienahe Ausbildung: ExpertInnen sehen hier einen dringenden Handlungsbedarf, der nicht nur die Qualität der Ausbildung verbessern würde, sondern auch zu engeren Kooperationen zwischen Unternehmen und Universitäten sowie daraus folgenden Synergieeffekten führen würde. Fachhochschulen werden in diesem Zusammenhang positiver, also praxisorientierter bewertet.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Entsprechende Schwerpunkte wären auch an HTL vorstellbar und nach Ansicht von ExpertInnen wünschenswert. Auf jeden Fall sehen sie die Integration von Ausbildungsinhalten in der Sekundarstufe als zielführend an. Diese vertiefenden Schwerpunkte sollten vor allem ein einführendes und Wissen um Anwendungen im Bereich Nanotechnologie vermitteln.

Rund jede-/er zehnte ExpertIn bemängelten im Zuge der Interviews spontan, dass es zurzeit zu wenig Informationen über vorhandene Ausbildungsangebote und deren Qualität gebe. Auch hier wäre eine stärkere Verknüpfung dieser Angebote durch eine gemeinsame Plattform, die auch entsprechende Informationen bieten sollte, wünschenswert.

Als eine grundlegende Forderung für eine mögliche spezifische Nanotechnologie-Ausbildung in Österreich kann die Orientierung derselben am konkreten Ausbildungsbedarf österreichischer Firmen bezeichnet werden: Ausländische Nano-Lehrgänge dürfen nicht einfach kopiert und auf österreichische Verhältnisse übertragen werden; allerdings sollten positive Elemente dieser Lehrgänge durchaus übernommen werden, nur müssten sie auch den nationalen Gegebenheiten angepasst werden.

Die von den Institutionen/Unternehmen angeregten Handlungsoptionen an die öffentlichen Hand bezüglich der Förderung von Aus- und Weiterbildung sind sehr unterschiedlich. Für Unternehmen reichen diese von Berufsinformationsmessen, intensivierten Informationen über Nanotechnologie, ihre zukünftige Bedeutung und ihre Potenziale an Schulen sowie in der Öffentlichkeit bis hin zu einer verstärkten Förderung von Forschung auf Diplomarbeits- und Dissertationsebene in Zusammenarbeit mit Unternehmen. Im Folgenden sind die in den Interviews angesprochenen Forderungen aufgelistet:

- Berufsinformationsmessen – Firmenpräsentationen für die Zielgruppe „zukünftige NanoingenieurInnen“
- Förderung für Unternehmen: branchenspezifische Kurse/Seminare zu Grundkenntnissen über Einsatzmöglichkeiten der Nanotechnologie
- Roadshows zu Einsatzmöglichkeiten der Nanotechnologie bei berufsausbildenden mittleren und höheren Schulen
- Förderung von Diplomarbeiten/Dissertationen mit Nanotechnologie-Bezug für Unternehmen.
- Vorträge von WissenschaftlerInnen bei Unternehmen über neue Nanoerkenntnisse und -anwendungen.
- Förderung von Firmenpräsentationen über Nano-Know-how an Hochschulen
- Einrichtung eines Internet-Informationspools zur Nanoforschung in Österreich für Unternehmen

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Förderung von „Innovationscoaches“, die Unternehmen bei der Einführung von Nanotechnologie-Prozessen und -Produkten beraten
___ Nanotechnologie-Impulsprojekte: Förderung einer mehrjährigen Nano-Projektzusammenarbeit – Unternehmen und DoktoratsabsolventInnen
___ Nanotechnologie-Impulsprojekte: Förderung einer mehrjährigen Nano-Projektzusammenarbeit – Unternehmen und DiplomingenieurInnen
___ Nanotechnologie-Impulsprojekte: Förderung einer mehrjährigen Nano-Projektzusammenarbeit – Unternehmen und HTL-IngenieurInnen
___ Einladung von internationalen NanospezialistInnen zu Vorträgen/Veranstaltungen bei Unternehmen
___ Nano-Auslandsstipendien für Berufstätige
___ Homepage über alle Nanotechnologie-Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten in Österreich

Im Bereich der Aus- und Weiterbildung werden von den ExpertInnen folgende Maßnahmen und Förderungen erwartet; da diese zum überwiegenden Teil im vorhergehenden Kapitel angesprochen wurden, werden sie hier nur mehr aufgezählt:

___ Einführung einer Studienrichtung „Nanotechnologie“ an Universitäten
___ Einführung einer Fachrichtung „Nanotechnologie“ an Fachhochschulen
___ Einführung einer Ausbildungsrichtung „Nanotechnologie“ an HTL
___ Angebot von Nano-Basiskursen (mehrere Stunden pro Jahr) in allen betroffenen naturwissenschaftlichen und technischen Studienrichtungen an Universitäten
___ Angebot von Nano-Basiskursen (mehrere Stunden pro Jahr) in allen betroffenen naturwissenschaftlichen und technischen Fachrichtungen an Fachhochschulen
___ Angebot von Nano-Basiskursen (mehrere Stunden pro Jahr) im naturwissenschaftlichen Unterricht an mittleren und höheren berufsbildenden Schulen
___ Förderung der Projektmanagementausbildung von WissenschaftlerInnen mit Nanotechnologie-Kenntnissen
___ Spezialisierungsmöglichkeit Nanotechnologie im zweiten Studienabschnitt bei „klassischen“ naturwissenschaftlichen und technischen Studienrichtungen
___ Einführung von postgradualen Lehrgängen in Nanotechnologie
___ Förderung von studienrichtungsübergreifenden Forschungsprojekten in Nanotechnologie
___ internationale Austauschprogramme für österreichische NanowissenschaftlerInnen

Diese Anregungen wurden in weiterer Folge in die quantitative Unternehmensbefragung integriert und deren Akzeptanz bei einem breiteren Firmenpublikum getestet.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Die möglichen und sinnvollen Handlungsoptionen werden in Kombination mit den vergleichbaren Ergebnissen der empirischen Erhebung im Bildungssektor analysiert, in Szenarien bewertet und in den abschließenden Kapiteln diskutiert. Dies mündet abschließend in den Empfehlungen des Studienteams am Ende der Untersuchung.

3.3 Ergebnisse der quantitativen Firmenbefragungen

3.3.1 Affinität der österreichischen Wirtschaft zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien – Struktur nach Betriebsgröße, Branchen und regionaler Verankerung

Jene 501 Firmen[1], die sich laut Vorerhebung bereits mit Nanowissenschaften und Nanotechnologien beschäftigen oder es beabsichtigen, werden in weiterer Folge als „nanoaffin" bezeichnet. 245 davon werden sich erst zukünftig damit auseinander setzen. Es kann somit mittelfristig – bei Konkretisierung der Unternehmenspläne – von einer Verdoppelung des Potenzials an Firmen mit Nanobezug in Österreich ausgegangen werden.

Diese nanoaffinen Firmen sind die Basis des mittelfristigen wirtschaftlichen Potenzials zu Nanotechnologie-Themen in Österreich. Das Spektrum an einschlägigen Aktivitäten ist sehr groß, ebenso die Bandbreite der wirtschaftlichen Bedeutung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien für die einzelnen Unternehmen. Diese nanoaffinen Firmen werden unter Punkt 3.3.5 zusätzlich nach Umsatzanteilen der Nanotechnologien am Gesamtumsatz segmentiert. Damit wird die einschlägige Wirtschaftsaktivität von anderen Tätigkeitsbereichen getrennt und in weiterer Folge ist eine vertiefte Analyse des Beschäftigungs- und Bildungsbestandes bzw. -bedarfes möglich.

Nanoaffine Firmen sind in allen Betriebsgrößenklassen anzutreffen. Der Schwerpunkt liegt auf mittleren und großen Unternehmen. Der Anteil der Großunternehmen ab 250 MitarbeiterInnen erreicht bei bereits in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktiven Unternehmen etwa ein Drittel, bei erst in Zukunft in die Materie einsteigenden Firmen rund ein Viertel. Bei Mittelbetrieben ist die Situation genau umgekehrt. Sie sind derzeit noch in geringerem Ausmaß aktiv, sie stellen annähernd einen Anteil von 40% der erst zukünftig aktiven Unternehmen. Ein mit den Mittelbetrieben vergleichbarer Bedeutungswandel wurde bei den Kleinbetrieben (10 bis 49 MitarbeiterInnen) gemessen. Ihr Anteil ist bei den zukünftigen Technologieeinsteigern höher als bei den Bestands-

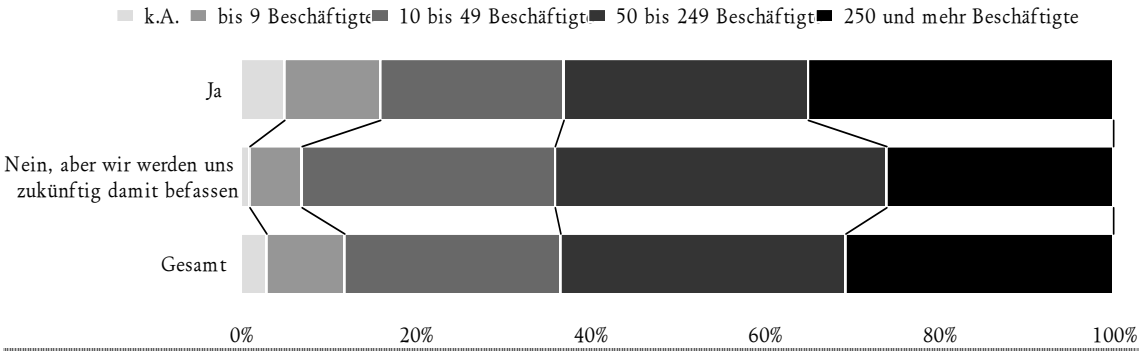
1 Inklusive außeruniversitären Forschungseinrichtungen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

firmen. Kleinstbetriebe bis neun MitarbeiterInnen werden laut dieser Erhebung keine zusätzlichen Impulse auf breiter Ebene liefern.

Aufgrund der Aussagen der ExpertInnen kann jedoch angenommen werden, dass die Gruppe der Kleinstunternehmen mittelfristig keine substanzielle Bedeutung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien hinsichtlich des allgemeinen Beschäftigungsniveaus erreichen wird, sie jedoch als Kern des Wachstumspotenzials für die Branche existenziell ist. Es ist darauf hinzuweisen, dass jegliche empirische Erhebung im Unternehmensbestand jenes Zukunftspotenzial nicht berücksichtigt, das auf Start-ups und Neugründungen beruht – die häufig zu diesen Kleinstunternehmen zählen.

Abbildung 3.5
Nanoaffine Unternehmen nach Betriebsgrößenklasse



Quelle: Eigene Erhebung

Nach Wirtschaftsabschnitten untergliedert, sind die bereits 2005 in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktiven Unternehmen zu annähernd zwei Drittel dem Abschnitt „Sachgütererzeugung“ zugehörig. Rund jedes sechste Unternehmen arbeitet überwiegend in den „Unternehmensnahen Dienstleistungen“ und etwa jede achte Firma ist dem Wirtschaftsabschnitt „Handel“ zuzurechnen. Darüber hinaus sind nanoaffine Firmen noch zu einem geringen Anteil in den Bereichen „Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“, „Bauwesen“, „Verkehr und Nachrichtenübermittlung“, „Kredit und Versicherungswesen“ und „Andere Dienstleister“ anzutreffen (siehe Tabelle 3.2).

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 3.2

Nanoaffine Unternehmen nach Wirtschaftsabschnitten

ÖNACE-2003-Wirtschaftsabschnitt	Ja	Nein, aber wir werden uns zukünftig damit befassen	Nanoaffine Unternehmen insgesamt
A Land- und Forstwirtschaft	0,0%	0,0%	0,0%
B Fischerei und Fischzucht	0,0%	0,0%	0,0%
C Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden	0,0%	0,8%	0,4%
D Sachgütererzeugung	57,8%	73,5%	65,5%
E Energie- und Wasserversorgung	0,0%	0,0%	0,0%
F Bauwesen	0,8%	4,5%	2,6%
G Handel, Reparatur von Kfz und Gebrauchsgütern	15,2%	11,4%	13,4%
H Beherbergungs- und Gaststättenwesen	0,0%	0,0%	0,0%
I Verkehr und Nachrichtenübermittlung	0,0%	0,4%	0,2%
J Kredit- und Versicherungswesen	0,4%	0,0%	0,2%
K Realitätenwesen, Unternehmensdienstleistungen	23,4%	8,2%	16,0%
Andere Dienstleister	2,3%	1,2%	1,8%
Sonstiges	0,0%	0,0%	0,0%
Gesamt=100%	256	245	501

Quelle: Eigene Erhebung

Es zeigt sich, dass die Nanowissenschaften und Nanotechnologien wirtschaftlich in der Sachgütererzeugung verankert sind und der zukünftige Anteil dieses Sektors darüber hinaus noch steigen soll. Drei von vier Unternehmen, die erst zukünftig in den Nanobereich einsteigen wollen, entstammen der Sachgütererzeugung. Demgegenüber soll der Anteil der Dienstleistungsunternehmen und der primär vertriebsorientierten Firmen sinken. Im Bausektor sind bis dato noch wenige Firmen im Nanobereich involviert. In Zukunft soll ihr Anteil an den nanoaffinen Firmen signifikant ansteigen. Die ExpertInnen führen dies auf viele neue Anwendungen zurück, die sich im Immobiliensektor bei Oberflächen und Materialien ankündigen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

In der nachstehenden Tabelle sind Wirtschaftsabteilungen[1] dargestellt, in denen zehn oder mehr nanoaffine Firmen vorkommen. In dieser detaillierteren Übersicht zeigt sich, dass in drei Branchen jeweils knapp über 50 Unternehmen bzw. rund 10% der nanoaffinen Firmen anzutreffen sind. Dazu gehören die Sachgüter erzeugenden Sparten „Herstellung von Chemikalien und chemischen Erzeugnissen", „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren" sowie „Großhandel inklusive Handelsvermittlung". Als zweite Gruppe kann man jene Branchen mit über 30 und unter 50 nanoaffinen Unternehmen zusammenfassen. Hierunter fallen in der Sachgütererzeugung der „Maschinenbau", die „Herstellung von Metallerzeugnissen" und aus dem Servicesektor die „Erbringung von unternehmensbezogenen Dienstleistungen". Zwischen 20 und 30 einschlägige Firmen sind in der „Medizin-, Mess- und Regelungstechnik; Optik", in der „Herstellung sonstiger Erzeugnisse" und in der Dienstleistungsbranche der „Forschung und Entwicklung" verankert.

In drei Branchen ist ein deutlicher Zuwachs an nanoaffinen Firmen zu erwarten. Dort haben absolut und relativ zum Bestand viele Firmen bekundet, noch nicht in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktiv zu sein, es jedoch zukünftig vorzuhaben:

___ Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
___ Maschinenbau
___ Bauwesen

1 Abteilungen (0-99) der ÖNACE 2003, österreichische Version der NACE Rev. 1.11.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 3.3

Nanoaffine Unternehmen in den Wirtschaftsabschnitten D „Sachgütererzeugung“ und K „Unternehmensnahe Dienstleistungen“ nach Wirtschaftsabteilung; Anzahl der Unternehmen je Wirtschaftsabteilung mit zumindest zehn oder mehr nanoaffinen Unternehmen

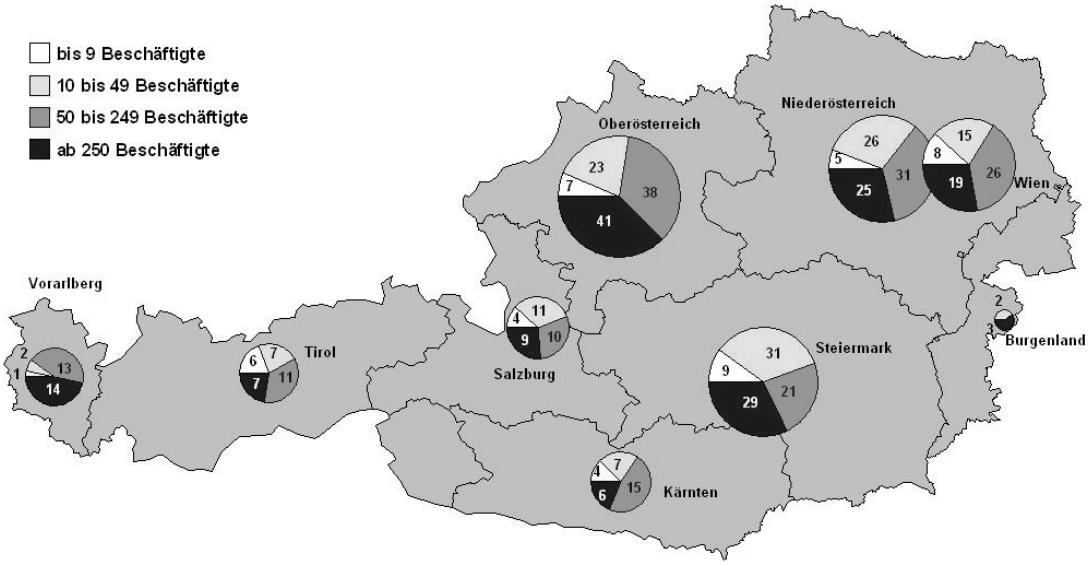
ÖNACE-Abteilung	Ja	Nein, aber wir werden uns zukünftig damit befassen	Gesamt
24 H. v. Chemikalien u. chem. Erzeugnissen	29	24	53
25 H. v. Gummi- und Kunststoffwaren	22	34	56
27 Metallerzeugung und -bearbeitung	9	9	18
28 H. v. Metallerzeugnissen	18	22	40
29 Maschinenbau	9	30	39
32 Rundfunk-, Fernseh- u. Nachrichtentechnik	10	8	18
33 Medizin-, Mess- u. Regelungstechnik; Optik	14	15	29
34 H. v. Kraftwagen und Kraftwagenteilen	6	6	12
36 H. v. sonstigen Erzeugnissen	11	12	23
45 Bauwesen	2	11	13
51 Handelsvermittlung u. GH (o. Handel m. Kfz)	31	23	54
52 EH (o. Kfz, o. Tankst.), Rep. v. Gebrauchsg.	6	4	10
73 Forschung und Entwicklung	25	3	28
74 Erbring. v. unternehmensbezogenen Dienstl.	31	13	44

Quelle: Eigene Erhebung

Die meisten nanoaffinen Unternehmen sind in den vier Bundesländern Oberösterreich, Steiermark, Niederösterreich und Wien anzutreffen. Dies sind die Bundesländer mit der stärksten aktuellen und potenziellen Nanotechnologie-Firmenbasis in Österreich. Die Bundesländer Vorarlberg, Tirol, Salzburg und Kärnten weisen in etwa gleich viele nanoaffine Firmen auf. Im Burgenland gibt es die wenigsten Unternehmen, welche sich dieser Technologie widmen bzw. widmen möchten.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.6
Unternehmen, die aktuell oder zukünftig im Nanobereich aktiv sind, nach Bundesland und Betriebsgrößenklasse, absolut

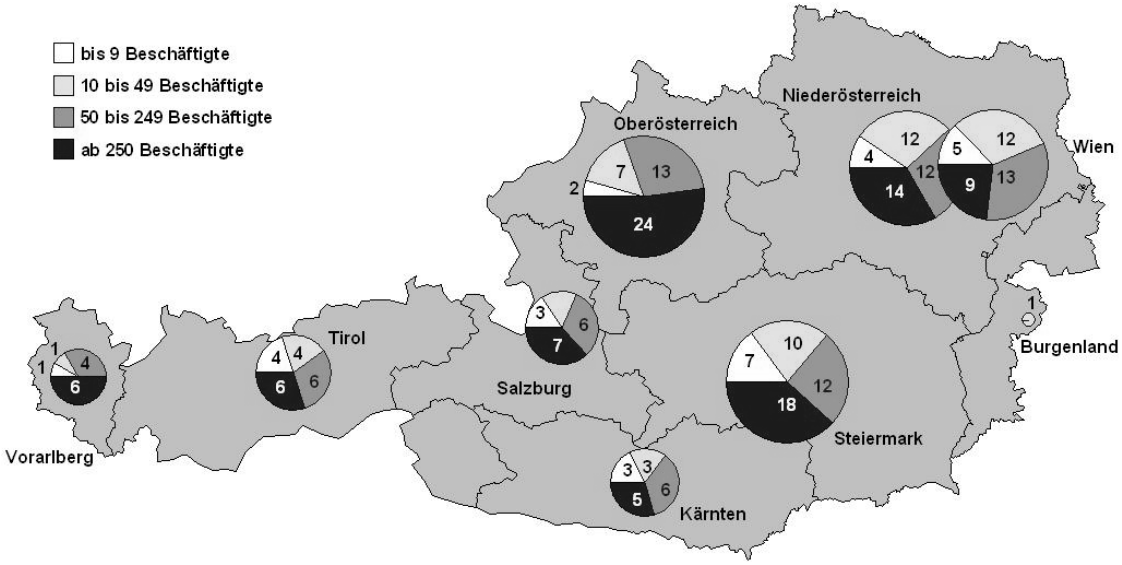


Quelle: Eigene Erhebung, Firmen mit Angaben zur Betriebsgrößenklasse (n=486)

In den Bundesländern Vorarlberg, Tirol, Salzburg, Niederösterreich, Steiermark und Kärnten haben die schon einschlägig aktiven nanoaffinen Unternehmen eine ähnliche Größenstruktur. Rund 15% sind Kleinstbetriebe, zirka 25% sind Kleinbetriebe, zirka 40% Mittelbetriebe und rund 30% Großbetriebe. Wien weicht von diesem Muster ab, da hier der Anteil an nanoaffinen Großbetrieben unter 25% liegt. Hier sind entsprechend dem starken Dienstleistungssektor kleine Forschungsfirmen und kleine Firmen außerhalb der Sachgüterproduktion anzutreffen. In Vorarlberg sind die nanoaffinen Unternehmen so wie in Oberösterreich mehrheitlich Großunternehmen mit mehr als 250 MitarbeiterInnen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.7
Bereits nanoaffine Unternehmen, nach Bundesland und Betriebsgrößenklasse, absolut



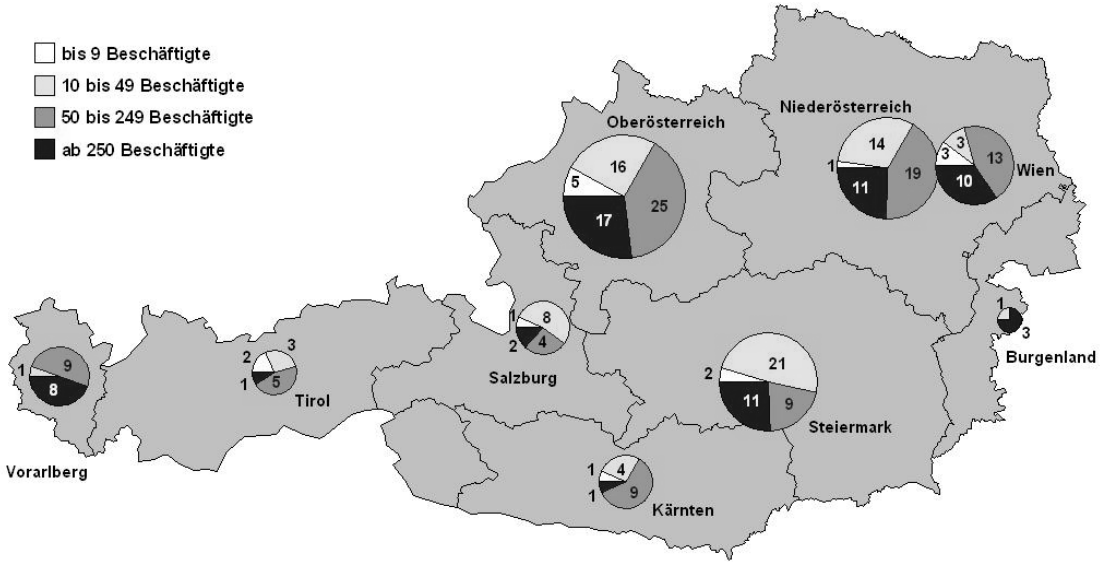
Quelle: Eigene Erhebung, Firmen mit Angaben zur Betriebsgrößenklasse (n=243)

Oberösterreich liegt im Bezug auf die Zahl der nanoaffinen Unternehmen, die erst vorhaben, in den Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien einzusteigen, an der Spitze des Bundesländer-Vergleichs. In den Bundesländern Steiermark, Niederösterreich und Wien planen jeweils rund 45 Unternehmen, zukünftig in dieser Technologie tätig zu sein.

Interessant erscheint, dass in jenen Bundesländern, die bereits die meisten im Nanobereich aktiven Firmen vorweisen können, auch die höchste Anzahl an potenziellen Neueinsteigern zu erwarten ist.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.8
Nanoaffine Unternehmen mit zukünftiger Nanoaktivität, nach Bundesland und Betriebsgrößenklasse, absolut



Quelle: Eigene Erhebung, Firmen mit Angaben zur Betriebsgrößenklasse (n=243)

3.3.2 Status und Trends der Aktivitäten zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Die Firmen erwarten eine starke strukturelle Änderung der nanobezogenen Aktivitäten[1] im Zeitablauf. Sie wurden nach ihren aktuellen und zukünftigen Plänen bezüglich der Nähe zu einschlägigen Aktivitäten gefragt. Dazu zählen das Beobachten der Szene, eigene F&E-Arbeiten, die Herstellung von Produkten und Verfahren sowie letztlich die Anwendung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Unternehmen bzw. am Markt (Mehrfachnennungen möglich).

Während der Höhepunkt des Beobachtens der Szene mit 45% der nanoaffinen Unternehmen im Jahr 2005 bereits den Zenit überschritten hat und ab 2010 nur mehr 4% beobachtende Teilnehmer sein möchten, dominiert die F&E-Aktivität im verbleibenden Jahrzehnt mit 48% der nanoaffinen Firmen. Ab 2010 wird der Anteil der eigenen F&E-

1 ExpertInneninterviews und Online-Befragung, Frage A2: „Wie beschäftigen Sie sich innerhalb folgender Zeiträume mit Nanotechnologie oder Nanowissenschaften?“

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Arbeiten jedoch wieder auf 25% sinken. Bei der Produktion und Anwendung von Nanotechnologien verhält sich der Trend ähnlich. Während sich 2000 nur jedes 20. Unternehmen in der Produktion oder Anwendung von nanotechnologischen Produkten oder Verfahren übte, wird dies im Jahr 2010 bereits bei jedem fünften nanoaffinen Unternehmen der Fall sein.

Tabelle 3.4

Nanobezug der einschlägigen Aktivitäten von 2000 bis 2010

Nanobezug (Mehrfachantworten)	vor 2000	2000 bis 2004	2005 bis 2009	ab 2010
Beobachten der Szene	26%	45%	32%	4%
Eigene F&E-Arbeiten	10%	22%	48%	23%
Produktion	5%	7%	21%	21%
Anwender	5%	11%	35%	23%

Quelle: Eigene Erhebung; nanoaffine Unternehmen, die zumindest einen Nanobezug nannten (92% der nanoaffinen Unternehmen); Mehrfachnennungen

Nach 2010 wird ein Trend zur Reduktion der F&E-Aktivitäten erwartet, wenn die Ressourcen der Firmen vermehrt in die Vermarktung und nicht mehr zum überwiegenden Teil in die Entwicklung eingebracht werden. Damit wird ein langfristiger Wandel der Qualifikationsanforderungen an die Beschäftigten im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien verbunden sein.

3.3.3 Nanowissenschaften und Nanotechnologien – Technologiefelder und Anwendungsgebiete

Es ist hinsichtlich der Position der Unternehmen im Wertschöpfungsprozess wichtig zu unterscheiden, ob sie Nanowissenschaften und Nanotechnologien für die Erstellung von *Produkten* (Produkt bekommt eine neue Eigenschaft, wie z.B. andere Beschichtungen) oder *Verfahren bzw. Prozesse* (Produkt bleibt gleich, wie z.B. Katalyse) nutzen.[1]

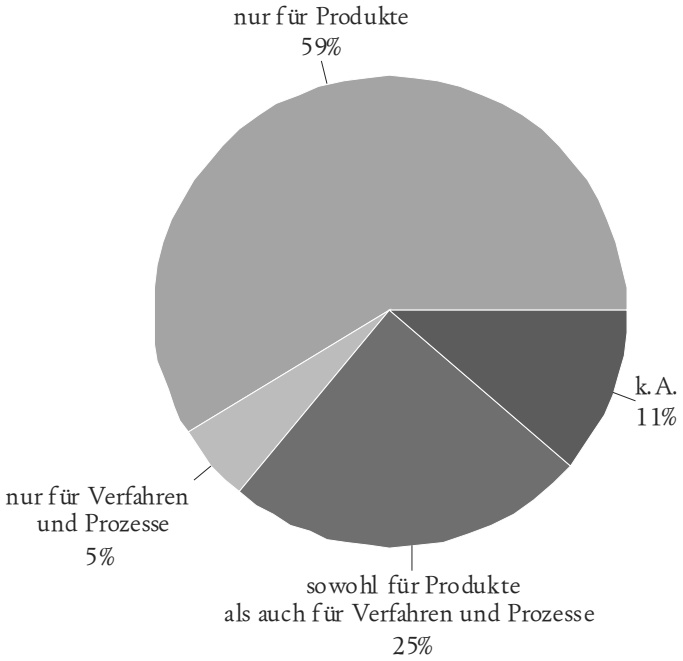
59% der nanoaffinen Unternehmen setzen die neuen Erkenntnisse nur für die Entwicklung, Erstellung oder Verbesserung von Produkten ein, 5% ausschließlich für die Umset-

1 Online-Erhebung, Frage A4: „Für welche der beiden Bereiche verwenden Sie oder möchten Sie Erkenntnisse der Nanotechnologie und Nanowissenschaften verwenden?“

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

zung von Verfahren und Prozessen und ein Viertel dieser Unternehmen wird seine Kräfte sowohl für Produkte als auch für Verfahren und Prozesse nutzen. 12% konnten keine Angabe zu dieser Frage machen. Sie können den Produkt- oder Verfahrensbezug noch nicht absehen oder finden keine Zuordnung zum eigenen Branchenprofil (z.B. nanoaffine Unternehmen der Finanzdienstleistung).

Abbildung 3.9
Verwendung der Erkenntnisse aus Nanowissenschaften und Nanotechnologien



Quelle: Eigene Erhebung

Das überaus breite Spektrum der Nanowissenschaften und Nanotechnologien wurde analog zur Vorläuferstudie rund um das Innovations- und Entwicklungspotenzial unter die Technologiefelder „Analytik & Metrologie“, „Nanomaterialien & Materialforschung“, „Elektronik & Optoelektronik“, „Informations- und Telekommunikationstechnologie“ sowie „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“ subsumiert.

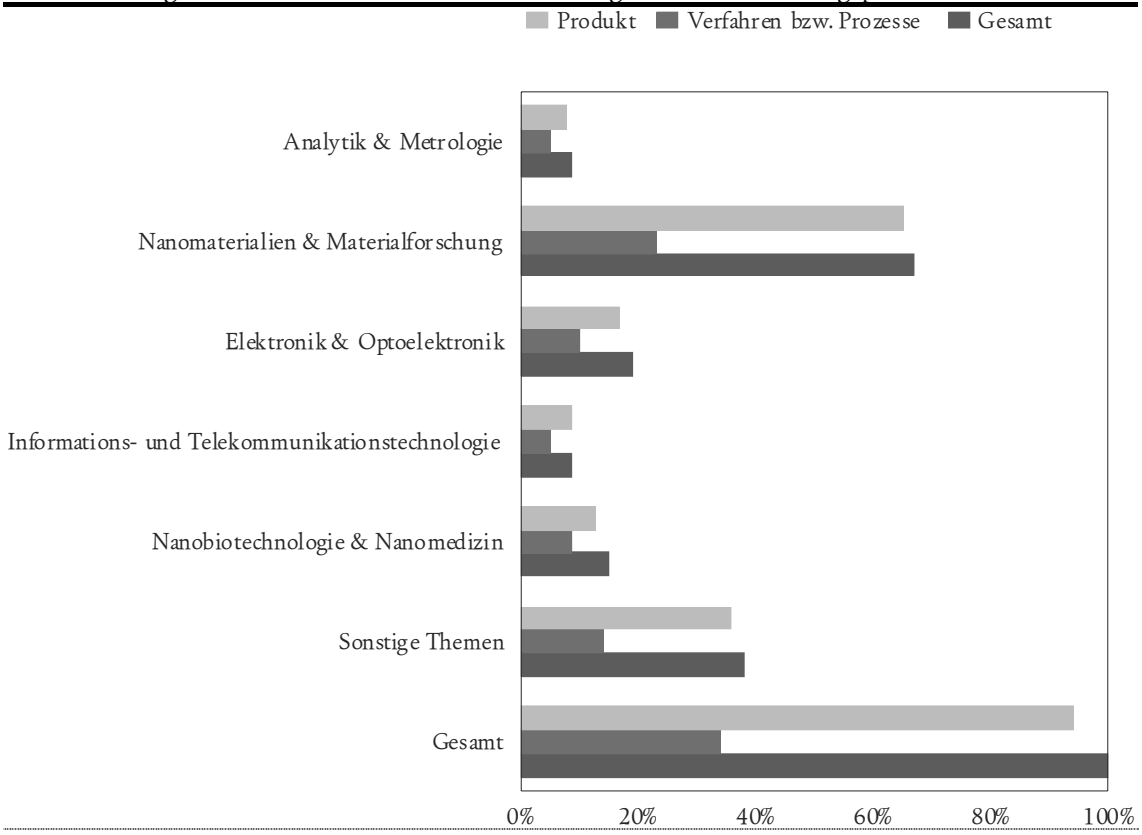
In Bezug auf diese Technologiefelder werden zwei Drittel der nanoaffinen Unternehmen die Erkenntnisse dazu nutzen, Produkte im Bereich „Nanomaterialien & Materialforschung“ anzustreben. Annähernd 20% der nanoaffinen Firmen rechnen sich der „Elektronik & Optoelektronik“ zu und 15% der „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“. Knapp unter 10% entfallen jeweils auf „Analytik & Metrologie“ sowie „Informations- und Telekommunikationstechnologie“.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Annähernd alle VertreterInnen des Bereichs „Nanomaterialien & Materialforschung“ sind produktorientiert; etwa jedes fünfte der nanoaffinen Unternehmen zielt auf Verfahren und Prozesse ab. Firmen des Technologiefeldes „Elektronik & Optoelektronik“ sind am häufigsten verfahrens- bzw. prozessorientiert. Ähnliches gilt für die „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“, wo Prozesse und Verfahren eine wichtigere Rolle spielen als in anderen Technologiefeldern der Nanowissenschaften und Nanotechnologien (siehe Abbildung 3.10).

Abbildung 3.10

Verwendung der Erkenntnisse aus Nanowissenschaften und Nanotechnologien nach Nanotechnologie-Feld in Prozent der Firmen mit Angaben zu Umsetzungsplänen



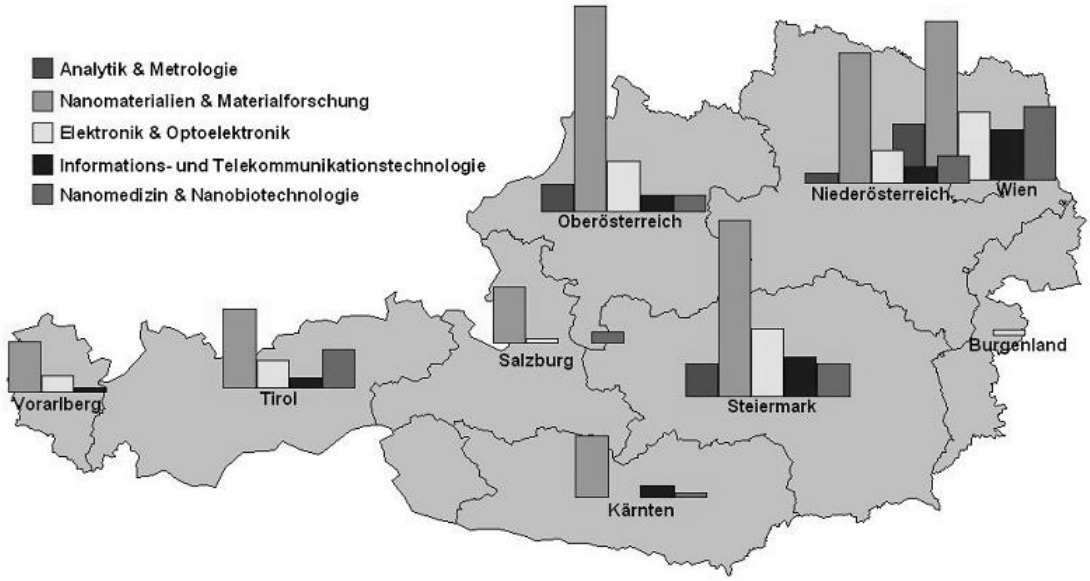
Quelle: Eigene Erhebung, Mehrfachnennungen

Um die regionalen Schwerpunkte der Nanoaktivität zu ermitteln, wurden die nanoaffinen Unternehmen je Technologiefeld (Mehrfachnennungen) dem Firmensitz nach österreichischen Bundesländern zugeordnet (siehe Abbildung 3.11). So ist eindeutig die Dominanz des Themas „Nanomaterialien & Materialforschung“ in allen Teilgebieten Österreichs zu erkennen, speziell rund um die industriellen Zentren von Oberösterreich und

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

der Steiermark. „Analytik & Metrologie“ ist speziell in Wien und in der Steiermark stark vertreten. Die einschlägigen Firmen im Technologiefeld „Informations- und Kommunikationstechnologie“ sind ebenfalls in diesen beiden Bundesländern stark ausgeprägt. „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“ bindet sich hinsichtlich des Firmenpotenzials an die historischen Standorte der Medizinischen Universitäten – Wien, Graz und Innsbruck. In Vorarlberg, Kärnten und Salzburg ist zwar Nanoaktivität gegeben, jedoch sind einzelne Felder nur selten vertreten. In Kärntnen ist die Zuordnung der Aktivitäten zu Elektronik & Optoelektronik bzw. zur IKT-Branche aufgrund der Selbstdarstellung der Unternehmen von Unschärfen gekennzeichnet. Diese sehr großen Firmen sind nanoaffin und wurden in nachfolgender Grafik dem Technologiefeld IKT zugerechnet. Im Burgenland ist zwar marginale Nanoaktivität in Sicht, jedoch ohne spezifische Themenhäufung.

Abbildung 3.11
Verteilung der Nanoaktivitäten je Nanotechnologie-Feld und Bundesland, in Prozent aller nanoaffinen Unternehmen/Institutionen



Quelle: Eigene Erhebung, Firmen der Online-Erhebung und der ExpertInnenbefragung (n=240)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Interessant ist auch die Korrelation zwischen den nanobezogenen Anwendungsfeldern[1] und der Nanoaktivität. Hier liegt das Anwendungsfeld „Chemie/Werkstoffe und Verfahrenstechnik“ mit 40% der nanoaffinen Firmen an der Spitze. Es folgen Maschinenbau (29%), der vor allem in Zukunft ein Schwerpunktgebiet sein wird, sowie „Medizintechnik/Gesundheit“ (28%). Ein sehr großes Anwendungsgebiet der österreichischen Nanoszene stellt das Baugewerbe dar, auf das sich die Nanoaktivitäten rund eines jeden fünften nanoaffinen Unternehmens beziehen.

Tabelle 3.5

Anwendungsfelder der Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Anwendungsfelder der Nanowissenschaften und Nanotechnologien (Mehrfachnennungen)	Ja, wir sind bereits in Nano aktiv	Nein, aber wir werden uns zukünftig damit befassen	Gesamt
Information und Kommunikation	17%	10%	15%
Medizintechnik/Gesundheit	34%	19%	28%
Pharmazeutika	18%	5%	13%
Kosmetik	12%	3%	9%
Transport und Verkehr	18%	10%	15%
Chemie/Werkstoffe und Verfahrenstechnik	43%	36%	40%
Umwelt (inkl. Recycling)	19%	19%	19%
Energie(versorgung)	8%	9%	8%
Maschinenbau	22%	40%	29%
Messtechnik	17%	14%	16%
Baugewerbe	18%	24%	21%
Lebensmittel(verarbeitung)	12%	5%	10%
Weiße Ware	13%	7%	11%
Sonstige	20%	9%	16%
Gesamt	100%	100%	100%

Quelle: Eigene Erhebung; nanoaffine Unternehmen, die zumindest ein Anwendungsfeld genannt haben; Mehrfachnennungen

1 Online-Erhebung, Frage A5: „Für welche der folgenden Anwendungsfelder ist bzw. wird Ihre Nanotechnologie-Tätigkeit von Bedeutung sein?“

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Bei einer Gegenüberstellung der Anwendungsfelder, in welchen nanoaffine Unternehmen laut eigenen Angaben tätig sind[1], treten Kombinationen zutage, die auf 10% oder mehr der zu dieser Frage antwortenden Firmen zutreffen. Folgende vier Kombinationen zweier Anwendungspaarungen sind am häufigsten anzutreffen:

___ „Chemie/Werkstoffe und Verfahrenstechnik“ und „Medizintechnik/Gesundheit“
___ „Chemie/Werkstoffe und Verfahrenstechnik“ und „Umwelt (inkl. Recycling)“
___ „Chemie/Werkstoffe und Verfahrenstechnik“ und „Maschinenbau“
___ „Medizintechnik/Gesundheit“ und „Pharmazeutika“

Die nächstgrößere Gruppe der Kombination von Anwendungsfeldern (8% bis 9%) sind:

___ „Messtechnik“ und „Medizintechnik/Gesundheit“,
___ „Maschinenbau“ und „Medizintechnik/Gesundheit“,
___ „Maschinenbau“ und „Transport/Verkehr“ sowie
___ „Baugewerbe“ und „Chemie/Werkstoffe bzw. Verfahrenstechnik“.

Darüber hinaus wurde nur in vier Kombinationen von Anwendungsfeldern keine Belegung vorgefunden. Dies bedeutet nicht zwingenderweise, dass diese Anwendungspaare in Österreich nicht existent sind. Die Erhebung als Ausschnitt der Nanorealität weist auf eine geringe Häufigkeit hin. Zu dieser Gruppe zählen:

___ „Information und Kommunikation“ und „Lebensmittel(verarbeitung)“
___ „Information und Kommunikation“ und „Kosmetik“
___ „Kosmetik“ und „Energie(versorgung)“
___ „Kosmetik“ und „Messtechnik“

1 Mehrfachnennungen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 3.6

Anwendungsfelder der Nanowissenschaften und Nanotechnologien – Kombinationen

	Information und Kommunikation	Medizintechnik/Gesundheit	Pharmazeutika	Kosmetik	Transport und Verkehr	Chemie/Werkstoffe und Verfahrenstechnik	Umwelt (inkl. Recycling)	Energie(versorgung)	Maschinenbau	Messtechnik	Baugewerbe	Lebensmittel(verarbeitung)	Weiße Ware	Sonstige
Information und Kommunikation		7%	3%	0%	4%	5%	4%	4%	3%	7%	2%	0%	4%	2%
Medizintechnik/ Gesundheit	7%		10%	6%	3%	13%	5%	3%	8%	9%	3%	6%	4%	5%
Pharmazeutika	3%	10%		5%	1%	7%	3%	1%	3%	1%	1%	4%	1%	2%
Kosmetik	0%	6%	5%		1%	6%	3%	0%	2%	0%	2%	3%	1%	2%
Transport und Verkehr	4%	3%	1%	1%		6%	4%	3%	8%	5%	5%	1%	4%	1%
Chemie/Werkstoffe und Verfahrenstechnik	5%	13%	7%	6%	6%		11%	5%	11%	6%	8%	4%	5%	7%
Umwelt (inkl. Recycling)	4%	5%	3%	3%	4%	11%		6%	6%	2%	7%	3%	4%	1%
Energie(versorgung)	4%	3%	1%	0%	3%	5%	6%		3%	3%	2%	0%	2%	1%
Maschinenbau	3%	8%	3%	2%	8%	11%	6%	3%		3%	6%	3%	4%	4%
Messtechnik	7%	9%	1%	0%	5%	6%	2%	3%	3%		1%	3%	3%	1%
Baugewerbe	2%	3%	1%	2%	5%	8%	7%	2%	6%	1%		1%	6%	4%
Lebensmittel- (verarbeitung)	0%	6%	4%	3%	1%	4%	3%	0%	3%	3%	1%		1%	1%
Weiße Ware	4%	4%	1%	1%	4%	5%	4%	2%	4%	3%	6%	1%		1%
Sonstige	2%	5%	2%	2%	1%	7%	1%	1%	4%	1%	4%	1%	1%	

nn% Kombinationen von Anwendungsfeldern, die für zumindest 10% der nanoaffinen Firmen von Bedeutung sind

Quelle: Eigene Erhebung; nanoaffine Unternehmen, die zumindest ein Anwendungsfeld genannt haben; Mehrfachnennungen

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

3.3.4 F&E-Kooperationen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien

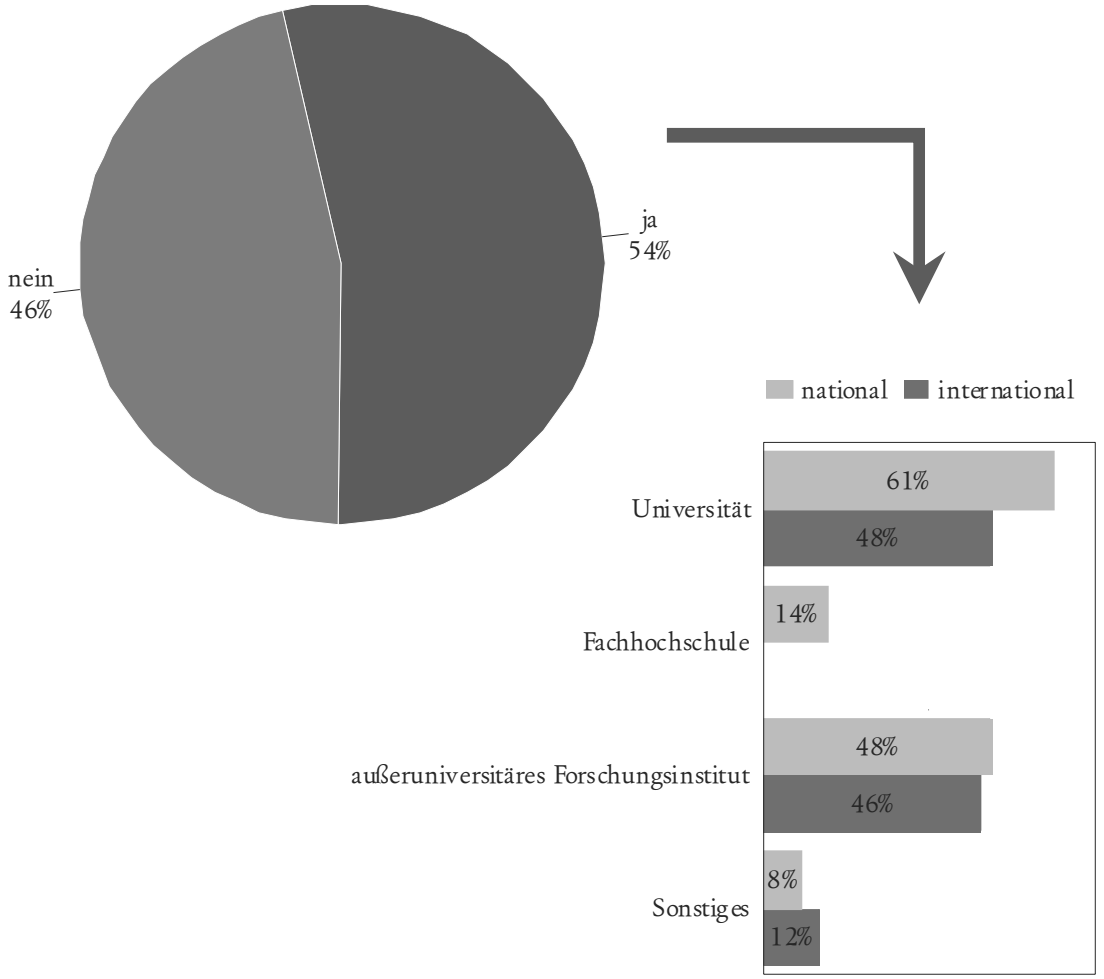
Für die Bewertung des Einsatzes von Humanressourcen im Zusammenhang mit Aktivitäten im Bereich „Forschung & Entwicklung“ (F&E) stehen die Kooperationsmuster zwischen Bildungseinrichtungen, Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Fokus. Es wurde untersucht, welche Kooperationsmuster[1] mit Forschungseinrichtungen zum Thema Nanowissenschaften und Nanotechnologien bei der Zielgruppe der nanoaffinen Unternehmen anzutreffen sind.

Mit 54% ist der Anteil der in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktiven Unternehmen sehr hoch. Unter jenen, die kooperieren, richten sich die Forschungspartnerschaften der Firmen zu 61% auf nationale Universitäten aus, zu 48% auf internationale. Mit Fachhochschulen wird bei 14% der kooperierenden Firmen zusammengearbeitet. Forschungsbeziehungen zu außeruniversitären nationalen Forschungseinrichtungen unterhalten 48% der kooperierenden Firmen, 46% haben Kooperationen mit vergleichbaren Institutionen im Ausland (Mehrfachnennungen).

1 Online-Erhebung, Frage A6: „Kooperiert Ihr Unternehmen zum Thema Nanotechnologie und Nanowissenschaften mit Forschungseinrichtungen?“

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.12
Kooperationen mit Forschungseinrichtungen



Quelle: Eigene Erhebung, Mehrfachnennungen zu Kooperarionsbeziehungen

Die sonstigen nationalen Forschungskooperationen betreffen fast ausschließlich vertikal integrierte Unternehmenspartner (z.B. Zulieferfirmen, Kundschaft) und vereinzelt horizontale Kontakte (z.B. andere Firmen derselben Branche, Forschungszentrum eines internationalen Konzerns).

Es ist auffällig, dass der Anteil der internationalen Forschungskooperationen mit universitären und außeruniversitären Forschungsinstituten annähernd gleich stark ausgeprägt ist wie die nationalen Beziehungen. Viele der ergänzend befragten ExpertInnen geben an, ohne das Know-how internationaler Forschungspartner keine Möglichkeit auf Entwicklung ihrer speziellen nanobezogenen Aktivitäten zu haben. Mehrere Hightech-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Unternehmen konstatierten ergänzend, dass für ihre Produkte und Entwicklungen nur spezifische internationale Partner infrage kommen würden. Bei diesen Firmen spielt die Tatsache eine wichtige Rolle, dass sie in Österreich zwar Großunternehmen, im internationalen Branchenvergleich jedoch relativ kleine Unternehmen darstellen, die in erfolgreichen Nischen agieren. Für diese speziellen Nischen stehen in ganz Europa nur wenig Arbeitskräfte im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien zur Verfügung.

Neben den nanorelevanten Kooperationsmustern ist die Einbindung der Unternehmen in das einschlägige öffentliche Fördersystem von Interesse.[1] 29% der nanoaffinen Unternehmen der Online-Erbhebung gaben an, bereits öffentliche Förderungen für ihre Nanoaktivitäten in Anspruch genommen zu haben, 23% haben noch keine genutzt, planen dies jedoch, 48% greifen auf keine öffentliche Unterstützung zurück.

3.3.5 Segmentierung der Unternehmen, nanobezogene Beschäftigung und Bildungsstruktur

3.3.5.1 Segmentierung der Nanotechnologie-Unternehmen

Eine erste genauere Klassifikation der nanoaffinen Firmen findet in Anlehnung an verwandte Studien statt, die bereits eine Segmentierung von Technologiebranchen bzw. Nanotechnologie-Unternehmen vorgenommen haben. Wie bereits in diesen Untersuchungen angemerkt, gibt es keine einheitliche Definition, was eine Nanotechnologie-Firma als solche ausmacht. Wie sich später auch für Österreich zeigen wird, sind sehr unterschiedliche Unternehmen aus den verschiedensten Branchen und Anwendungsfeldern nanoaffin.

Das VDI Technologiezentrum hat die wirtschaftliche Bedeutung der Nanotechnologie für das Unternehmen als Segmentationskriterium herangezogen. Um einen direkten Vergleich zwischen Österreich und Deutschland zu ermöglichen, wurde ebenfalls auf den Umsatzanteil der Nanotechnologie am Unternehmensumsatz als Abgrenzungskriterium zurückgegriffen (siehe Tabelle 3.7).[2]

---

1 Online-Erhebung, Frage A7: „Nutzt Ihr Unternehmen öffentliche Förderungen für Ihre NANO-Aktivitäten?“

2 Innovations- und Technikanalyse, Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt, VDI Technologiezentrum, Düsseldorf, November 2005.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 3.7

Segmentierung der Nanotechnologie-Unternehmenslandschaft nach wirtschaftlicher Bedeutung der Nanotechnologie für das Unternehmen

Segment	Umsatzanteil der Nanotechnologie-Produkte am gesamten Firmenumsatz
Nanotechnologie-Unternehmen im engeren Sinn	50% oder mehr
Nanotechnologie-Unternehmen im weiteren Sinn	über 1% bis unter 50%
Unternehmen mit Nanobezug	über 0% bis 1%
Unternehmen mit Nanobezug in wirtschaftlicher Vorstufe	0%

Quelle: VDI 2005, ergänzende eigene Definition

220 Unternehmen haben im Rahmen der Online-Erhebung den aktuellen Umsatzanteil der Nanotechnologie am Gesamtumsatz für 2005 und den zukünftig erwarteten Anteil für 2010 geschätzt (siehe Abbildung 3.13).

2% der Firmen zählten 2000 zu Nanotechnologie-Firmen im engeren Sinn, im Jahr 2005 lag ihr Anteil bereits bei 11%, bis 2010 soll er auf 16% ansteigen.

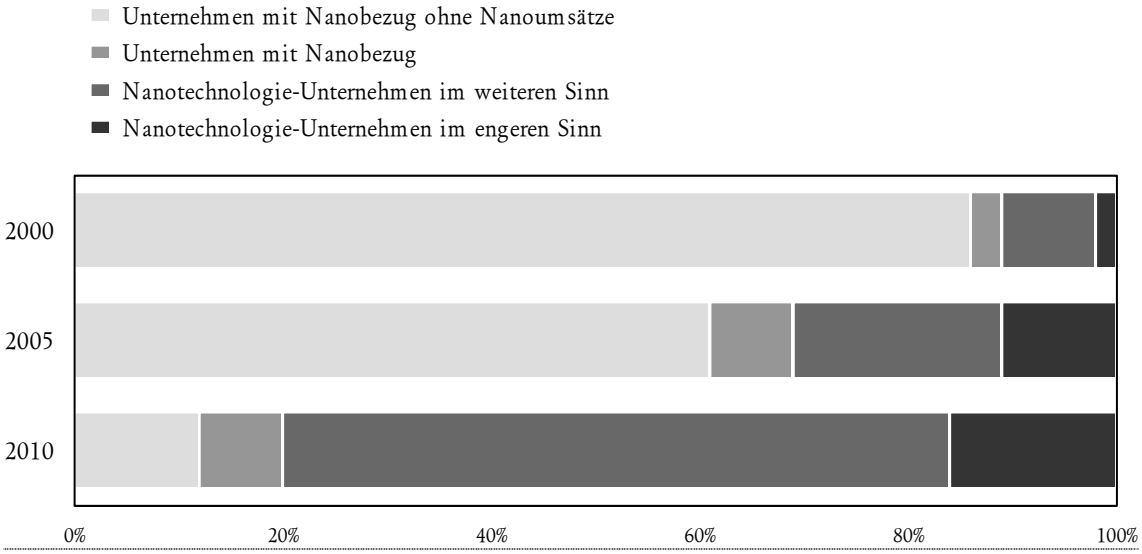
Noch stärker wird sich die Position der Nanotechnologie-Unternehmen im weiteren Sinn verändern. Machten diese im Jahr 2000 noch 9% der nanoaffinen Firmen aus, so erreichte dieses Segment 2005 bereits 20%. Diese Quote soll bis 2010 auf 64% steigen. Diese Unternehmen werden die Nanotechnologie-Aktivitäten zahlenmäßig prägen.

Auf Firmen mit einem Umsatzanteil von bis zu einem Prozent des Gesamtumsatzes (Unternehmen mit Nanobezug) entfielen im Jahr 2000 3% der nanoaffinen Unternehmen, ihr Anteil stieg bis 2005 auf 8% und soll bis 2010 unverändert bleiben.

Letztlich verbleibt das Segment der Firmen, die sich zwar einschlägig betätigen, aber noch keine Umsätze damit erzielen. Noch im Jahr 2000 gehörten 86% aller nanoaffinen Unternehmen dieser Gruppe an. Derzeit sind es noch 61% und 2010 werden nur mehr 12% ohne Nanoumsätze sein, d.h. sich mittelfristig zwar mit der Materie auseinander setzen (z. B. durch Beobachtung oder Forschung), jedoch – aus heutiger Einschätzung – noch keine Umsätze damit erzielen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.13
Nanotechnologie-Unternehmen nach Segment – 2000, 2005 und 2010



Quelle: Eigene Erhebung; RespondentIn gab an, aktuell oder zukünftig im Nanobereich aktiv zu sein, und nannte den erwarteten Umsatzanteil der Nanotechnologie am Gesamtumsatz für die Referenzzeitpunkte 2000, 2005 und 2010

Von den Firmen, die noch nicht in Nanoaktivitäten involviert sind, dies jedoch in Zukunft vorhaben, erwartet für das Jahr 2010 jede fünfte, noch keine Umsätze in diesem Bereich zu erzielen. 11% dieser Gruppe werden den Unternehmen mit Nanobezug zuzurechnen sein, also bereits erste wirtschaftliche Verwertungen von Nanowissenschaften und Nanotechnologien einbringen. Der größte Anteil der noch nicht nanoaktiven Unternehmen (65%) hat vor, 2010 bereits zwischen 1% und 50% einschlägigen Umsatzanteil zu erreichen, und 2% der noch nicht nanoaktiven Firmen werden zu den Nanotechnologie-Unternehmen im engeren Sinn gezählt werden (siehe nachfolgende Tabelle 3.8).

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 3.8

Segmentierung der nanoaffinen Firmen 2005 und 2010, aktuell und erst zukünftig nanoaktive Firmen im Vergleich

	Bereits im Nanobereich aktiv		Nano-Aktivitätsabsicht
Segment	2005	2010	2010
Unternehmen mit Nanobezug in wirtschaftlicher Vorstufe	43%	7%	21%
Unternehmen mit Nanobezug	12%	7%	11%
Nanotechnologie-Unternehmen im weiteren Sinn	27%	63%	65%
Nanotechnologie-Unternehmen im engeren Sinn	18%	24%	2%
Gesamt (n)	136	136	84

Quelle: Eigene Erhebung

3.3.5.2 Nanobeschäftigung, Bestands- und Bedarfsindikatoren

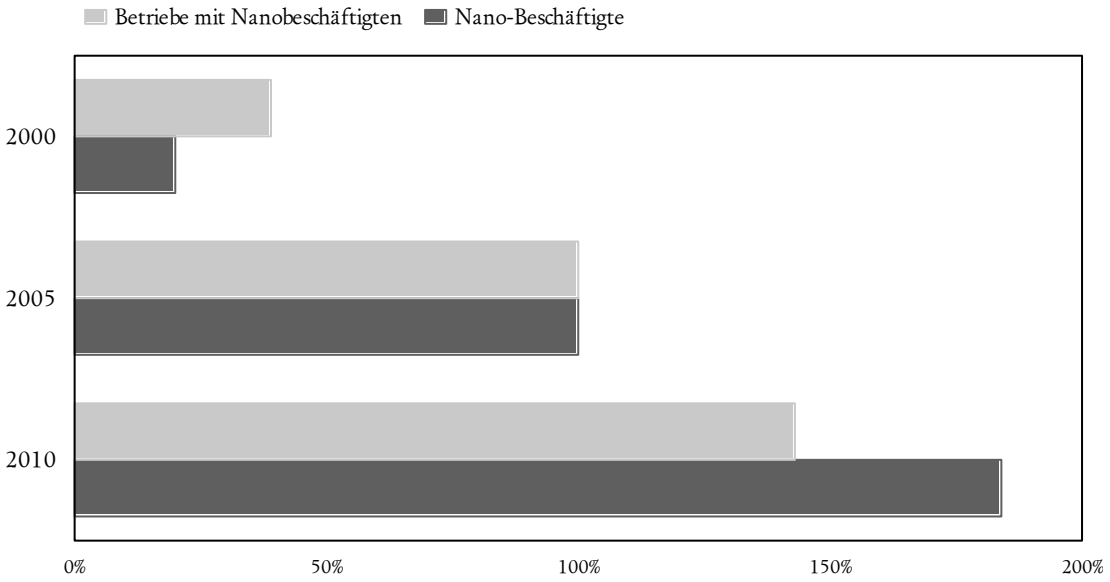
Insgesamt beschäftigen die Firmen der Online-Erhebung derzeit über 750 Personen mit dem Aufgabenfeld Nanotechnologie. Die kumulierten Einschätzungen ergeben für 2010 einen Wert von rund 1.400 MitarbeiterInnen mit einschlägigen Tätigkeiten. Alles in allem ist in etwa von einer Verdoppelung des einschlägigen Beschäftigtenstandes auszugehen. Ob die Qualifikationen und Kompetenzen für das nanobezogene Aufgabenfeld zukünftig in Form von „training on the job", durch berufserfahrene NanospezialistInnen mit mehrfachem Doktoratsabschluss oder am internationalen Arbeitsmarkt in die Unternehmen und Forschungseinrichtungen eingebracht werden, ist aus den simplen Bestandszahlen nicht abzuleiten.

Die Zahl an Betrieben und Forschungseinrichtungen, die einschlägige Humanressourcen aufstocken wollen, wächst. Etwa 40% der Betriebe, die heute MitarbeiterInnen für nanobezogene Aufgaben einsetzen, taten dies bereits im Jahr 2000. Bis 2010 werden 1,8-mal so viele Betriebe wie heute einschlägig qualifizierte Personen integrieren.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Noch deutlicher fiel die Zunahme der Zahl der nanobezogenen Beschäftigten aus. 2000 erreichte die einschlägige Beschäftigtenzahl nur 20% des Niveaus von 2005. Von 2005 bis 2010 beabsichtigen die befragten Unternehmen, die Beschäftigung im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu verdoppeln. Dies bedeutet, dass sich im Zeitraum 2000 bis 2010 die nanobezogene Beschäftigung in Österreich annähernd verzehnfachen soll.

Abbildung 3.14
Betriebe mit Nanobeschäftigten und Nanobeschäftigte, Index 2005=100%, und durchschnittliches jährliches Wachstum



Quelle: Eigene Berechnungen

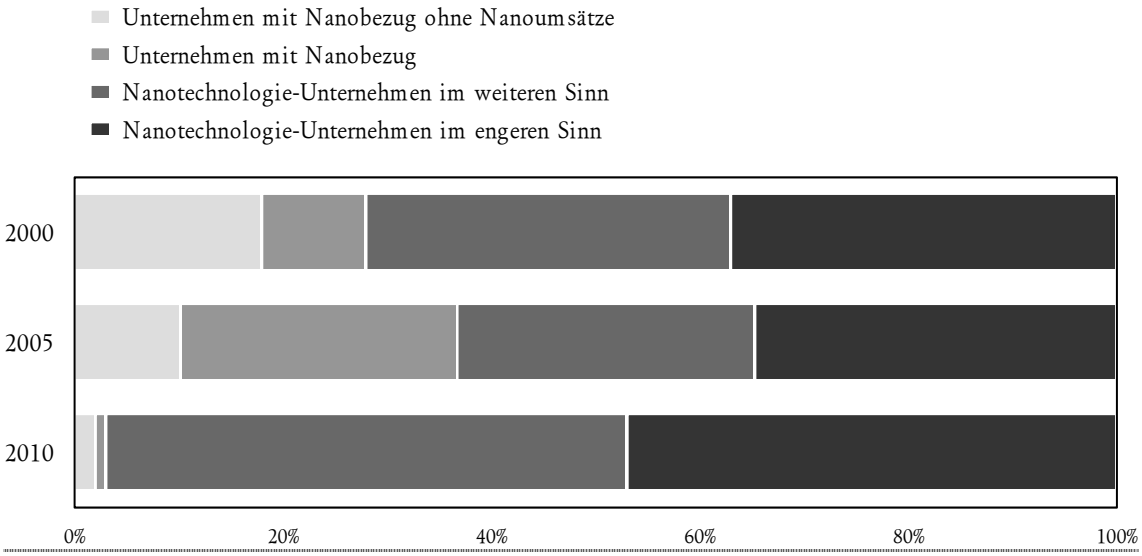
Der Nano-Beschäftigtenstand nach einzelnen Segmenten der Nanotechnologie-Unternehmen wird sich ebenfalls dramatisch verändern. Die MitarbeiterInnenzahl mit nanobezogenen Aufgaben lag 2000 noch zu 18% in Firmen und Forschungseinrichtungen, die keine Umsatzanteile mit nanobezogenen Aktivitäten erwirtschafteten. Bis 2010 soll dieser Anteil auf 2% schrumpfen. Gleiches gilt für die Unternehmen mit geringem wirtschaftlichen Bezug zur Nanotechnologie (nanobezogener Umsatzanteil >0% und =<1%). Auch die nanobezogene Beschäftigung in diesem Segment wird 2010 mit nur mehr 1% der gesamten Nanobeschäftigung zu Buche schlagen.

Nanotechnologie-Unternehmen im weiteren Sinn (Nano-Umsatzanteil >1% und <50%) hielten 2000 etwa ein Drittel dieser Personen, 2010 werden sie annähernd die Hälfte der

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

einschlägigen Beschäftigung tragen. Das Gleiche gilt für Nanotechnologie-Unternehmen im engeren Sinn (Nano-Umsatzanteil ≧ 50%).

Abbildung 3.15
Nanobeschäftigung nach Segmenten, Anteil der einschlägigen Beschäftigung des Segmentes in den Referenzjahren 2000, 2005 und 2010



Quelle: Eigene Berechnungen

Diese Entwicklung der Unternehmenspläne ist ein kritischer Faktor für die Bedarfsschätzungen der nanorelevanten Qualifikations- und Personalnachfrage. Allein die befragten Unternehmen sehen sich mit einem Anstieg des Personal- und Qualifikationsbedarfs von 750 auf 1.400 MitarbeiterInnen (bis 2010) mit Aufgaben im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien konfrontiert. Aus heutiger Sicht wird es im Jahr 2010 darüber hinaus auch eine Reihe von Unternehmen geben, die direkt von der Entwicklung der Nanotechnologie und Nanowissenschaften abhängig sind. Damit wird der Nano-Arbeitsmarkt zu einem integralen Bestandteil des österreichischen Wirtschaftsgefüges.

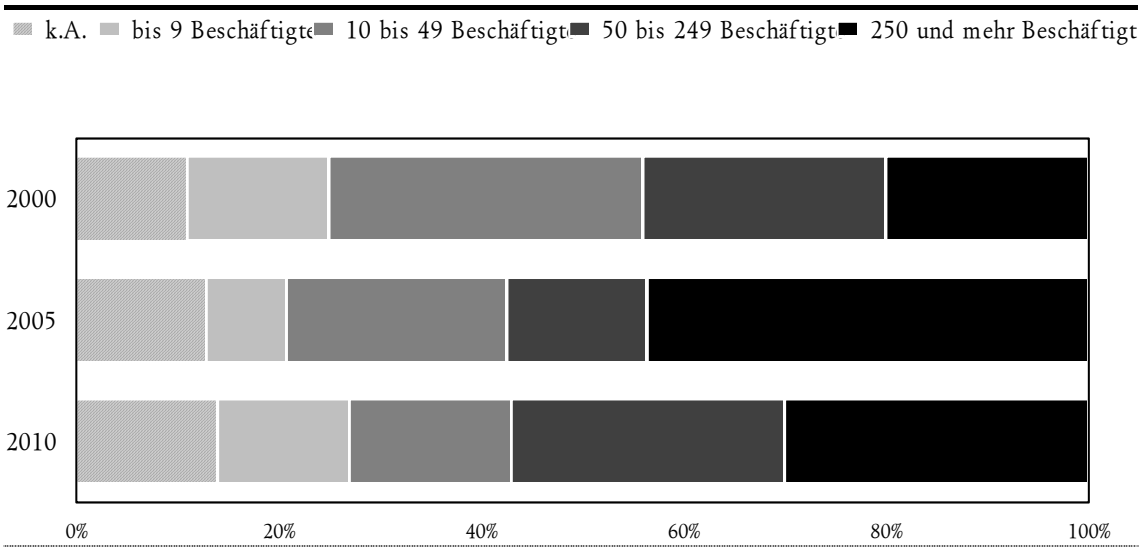
Bei der Unternehmensgröße nach MitarbeiterInnenzahl ist der erwartete Zuwachs an NanomitarbeiterInnen von 2005 bis 2010 bei Mittelbetrieben mit 20 bis 249 Beschäftigten am größten. Dort soll sich ihre Zahl zumindest verdreifachen. Die Ergebnisse der Zuwachsraten der einschlägigen Beschäftigung nach Betriebsgrößenklasse sind unterschiedlich und erklären sich laut ExpertInneninterviews folgendermaßen: Kleinstunternehmen im Nanotechnologie-Bereich (bis 9 MitarbeiterInnen) haben sehr große Wachstumserwartungen, speziell wenn sie erst kürzlich gegründet wurden und ausschließlich

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

auf Nanotechnologie spezialisiert sind. Kleinunternehmen mit 10 bis 49 Beschäftigten haben zumeist bereits andere Produkte bzw. Dienstleistungen, eine Umstellung auf nanotechnologische Produkte muss erst auf die aktuellen wirtschaftlichen Möglichkeiten abgestimmt werden. Ihre Schätzungen waren am vorsichtigsten. Mittlere Unternehmen, vornehmlich in der Sachgütererzeugung, die mit Nanomaterialien und Nano-Oberflächentechnologien in Berührung kommen, erwarten mittelfristig erste eigene Marktaktivitäten, die ihre Qualifikationsnachfrage überdurchschnittlich stimulieren sollen. Großunternehmen wiederum nehmen sehr vorsichtige Beschäftigungsszenarien an. Sie können bereits auf viele gut qualifizierte MitarbeiterInnen zurückgreifen und sind international aufgestellt, sodass die Beschäftigungsannahmen in Österreich niedriger ausfallen als bei den mittleren Firmen.

Diese unterschiedlichen Wachstumswerte je Betriebsgrößenklasse veranschaulicht auch eine strukturelle Betrachtung der Nanobeschäftigung. Gegenüber 2005 wird der Anteil der Beschäftigung in Kleinstunternehmen wachsen, Gleiches gilt für Mittelbetriebe, deren Stellenwert am Nano-Arbeitsmarkt deutlich zunehmen soll. Die Rolle der Großunternehmen ist nach jetzigem Planungsstand rückläufig, und auch jener der Kleinunternehmen soll weiter abnehmen.

Abbildung 3.16
Beschäftigte mit Nanotechnologie-Bezug – Anteil der Betriebsgrößenklassen in Prozent für die Jahre 2000, 2005 und 2010



Quelle: Eigene Berechnungen

Die meisten Arbeitsplätze bindet das Technologiefeld „Nanomaterialien & Materialforschung“. Vier von fünf österreichischen Beschäftigten mit Nanoaufgaben können sowohl

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

im Jahr 2005 als auch 2010 diesem Technologiefeld zugeordnet werden. Rund die Hälfte der Nanobeschäftigten wird in Firmen, die sich dem Technologiefeld „Elektronik & Optoelektronik“ zurechnen, arbeiten. Knapp unter einem Drittel der NanomitarbeiterInnen werden jeweils in den Technologiefeldern „Informations- und Telekommunikationstechnologie“ sowie „Nanobiotechnologie & Nanomedizin“ tätig sein. Letztlich wird sich jeder fünfte Nanobeschäftigte um Aufgaben im Bereich „Analytik & Metrologie“ kümmern (Mehrfachnennungen zu Technologiefeldern).

Tabelle 3.9

Beschäftigte in Nano-Aufgabenfeldern nach Technologiefeld, in % der einschlägigen Beschäftigung der Referenzjahre 2000, 2005 und 2010 im Vergleich (Mehrfachnennungen zu Technologiefeldern)

	2000	2005	2010
Analytik & Metrologie	30%	25%	19%
Nanomaterialien & Materialforschung	78%	84%	79%
Elektronik & Optoelektronik	47%	46%	52%
Informations- und Telekommunikationstechnologie	25%	24%	29%
Nanobiotechnologie & Nanomedizin	44%	33%	27%
Gesamt	100%	100%	100%

Quelle: Eigene Berechnungen

3.3.5.3 Nano-Bildungsstruktur, Bestands- und Bedarfsindikatoren

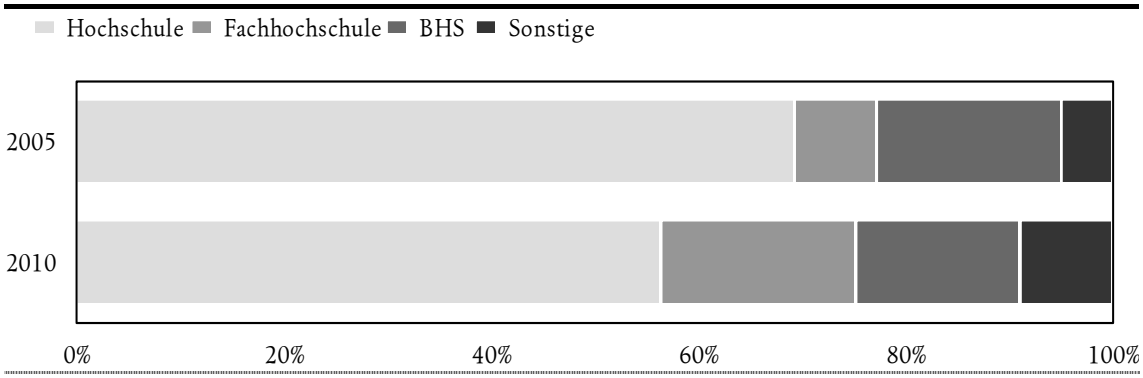
Aktuell sind 70% der nanoorientierten Beschäftigten AbsolventInnen einer Hochschule technisch-naturwissenschaftlicher Fachrichtung. Der Fachhochschul-Sektor ist derzeit noch nicht so stark vertreten wie in anderen wirtschaftlich etablierten Technologiesektoren (z. B. dem IKT-Sektor). Lediglich 8% der nanobezogenen MitarbeiterInnen weisen einen Fachhochschul-Abschluss auf. Der Anteil der AbsolventInnen von berufsbildenden höheren Schulen (BHS) ist derzeit noch doppelt so groß. Die verbleibenden 5% der Beschäftigten mit Nanoaufgaben haben ihre Formalqualifikation auf anderen Bildungsebenen erworben.

Bis 2010 wird sich die Bildungsstruktur deutlich verändern. Der Anteil der HochschulabsolventInnen in einschlägigen Tätigkeiten wird auf unter 60% fallen. Die Fachhoch-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

schule wird ihren Anteil in der Nano-Bildungsstruktur in etwa verdoppeln. Der Anteil des BHS-qualifizierten Nanopersonals stagniert bis 2010. Die Bildungsstruktur in Nanowissenschaften und Nanotechnologien bleibt also im Vergleich zu den übergeordneten Branchen wie Maschinenbau, Biotechnologie, Chemie etc., wo eine diversifizierte Qualifikationsstruktur der Beschäftigten vorherrscht, geprägt von tertiären Ausbildungspfaden.

Abbildung 3.17
Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben, in Prozent des Gesamtbestandes – 2005, 2010



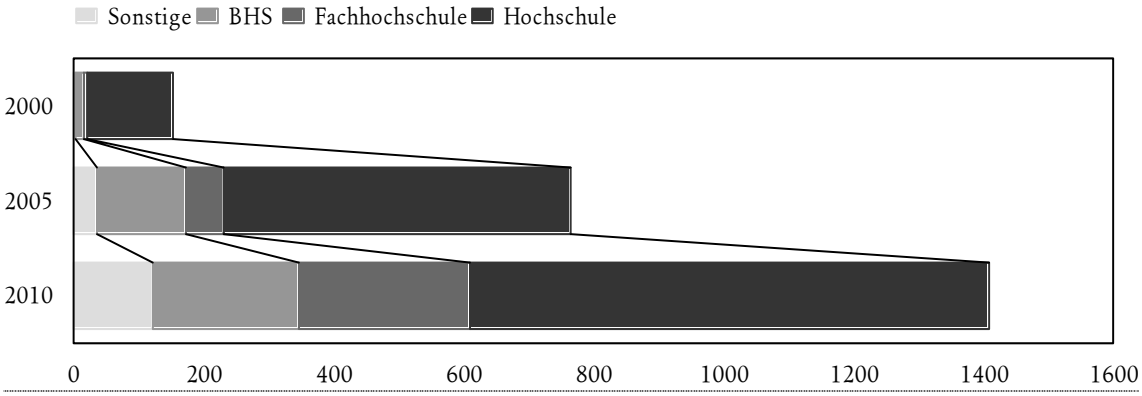
Quelle: Eigene Berechnungen

Die nachfolgende Abbildung zur Schätzung der absoluten Entwicklung der Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit nanobezogenen Aufgaben verdeutlicht den steigenden absoluten Bedarf an HochschulabsolventInnen, die mittelfristig überproportional steigende Nachfrage nach einschlägigen Fachhochschul-AbsolventInnen und den begleitenden hohen Bedarf an Personen aus berufsbildenden höheren Schulen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.18

Schätzung der Veränderung der Bildungsstruktur nach Bildungsebene – 2000, 2005 und 2010



Quelle: Eigene Berechnungen

Die nachfolgenden Zitate aus ExpertInneninterviews veranschaulichen den Qualifikationsbedarf von Nanotechnologie-Firmen. Es zeigt sich, dass die zu erwartenden Qualifikationsstruktur kann umso genauer projiziert werden, je positiver und konkreter die Firmen zu ihren zukünftigen geschäftlichen Aktivitäten im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien eingestellt sind. Diese Firmen erwarten einen deutlichen Zuwachs der im dualen Bildungssystem ausgebildeten IngenieurInnen und Fachkräfte. Diese werden mit der Umsetzung der neuen Technologien und der Vermarktung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Bezug gebracht.

Demgegenüber bleibt die Bildungsstruktur bei Firmen mit konservativen Wachstumsschätzungen bzw. in Branchen ohne unmittelbaren Umsetzungsbezug der Erkenntnisse aus Nanowissenschaften und Nanotechnologien relativ stabil. Bei Letzteren sind auch in Zukunft, trotz Beschäftigungswachstums, überwiegend HochschulabsolventInnen und Personen mit abgeschlossenem Doktoratsstudium für Nanoaufgaben gefragt.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Bildungsstruktur MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben, 2005 und 2010

Zitate von ExpertInnen

„In meiner Firma sind fast alle Mitarbeiter, nämlich 27 Mitarbeiter, im Bereich Nanotechnologie tätig. Bei uns arbeiten acht Universitätsabsolventen der Studienrichtung Physik, vier Diplomingenieure der TU Wien, sechs HTL-Absolventen der Fachrichtung Elektrotechnik, ein Fachhochschul-Absolvent, Feinmechaniker und CAD-Konstrukteure. Wir arbeiten EU-weit interdisziplinär mit verschiedenen Instituten zusammen. Die Fachkenntnisse müssen nicht alle im Haus sein, sondern kommen auch von anderen Firmen und Instituten. Zukünftig wird sich die Mitarbeiteranzahl sicher erhöhen, wobei ich keine konkrete Zahl nennen kann."

„Im Bereich Nanotechnologie arbeiten derzeit 15 Mitarbeiter. 80% der Mitarbeiter haben ein abgeschlossenes Universitätsstudium mit der Studienrichtung Physik, Chemie, Elektronik, Mechatronik, Informatik (Softwaredesign) und 20% der Mitarbeiter sind HTL-Absolventen der Fachrichtung Chemie. In Zukunft wird sich die Anzahl der Mitarbeiter im Nanotechnologie-Bereich auf 100 Mitarbeiter[1] erhöhen. Die Mitarbeiter sollten in diesem Bereich zu 50% Universitätsabsolventen, zu 45% HTL-Absolventen und zu 5% Laboranten, die Routinearbeiten durchführen, sein."

Die Einteilung nach Segmenten der Nanotechnologie-Unternehmen anhand nanobezogener Umsatzanteile am Gesamtumsatz im Zeitverlauf ist für die Bewertung der Entwicklung der Bildungsstruktur ein zentraler Gradmesser für den einschlägigen Qualifikationsbestand nach formeller Bildungsebene sowie für die erwartete Aus- und Weiterbildungsnachfrage. Wie aus den nachfolgenden beiden Abbildungen ersichtlich ist, dominieren 2005 mit sieben von zehn NanomitarbeiterInnen die Hochschulqualifizierten die Belegschaft.

Besonders stark war im Sample der Anteil der tertiär ausgebildeten Beschäftigten in der Gruppe der Nanotechnologie-Unternehmen im weiteren Sinn (Nano-Umsatzanteil >1% und <50%). In dieser Gruppe sind außeruniversitäre Forschungsinstitute und forschungsintensive Einrichtungen mit Nanoumsätzen anzutreffen. Dementsprechend bestimmen Diplomierte und Promovierte das Qualifikationsmuster.

In Nanotechnologie-Firmen im engeren Sinn (50% oder mehr an einschlägigem Umsatzanteil) waren hingegen bereits 2005 über die Hälfte der einschlägig Beschäftigten niedrigerer Qualifikatione – speziell AbsolventInnen berufsbildender höherer Schulen. Nach

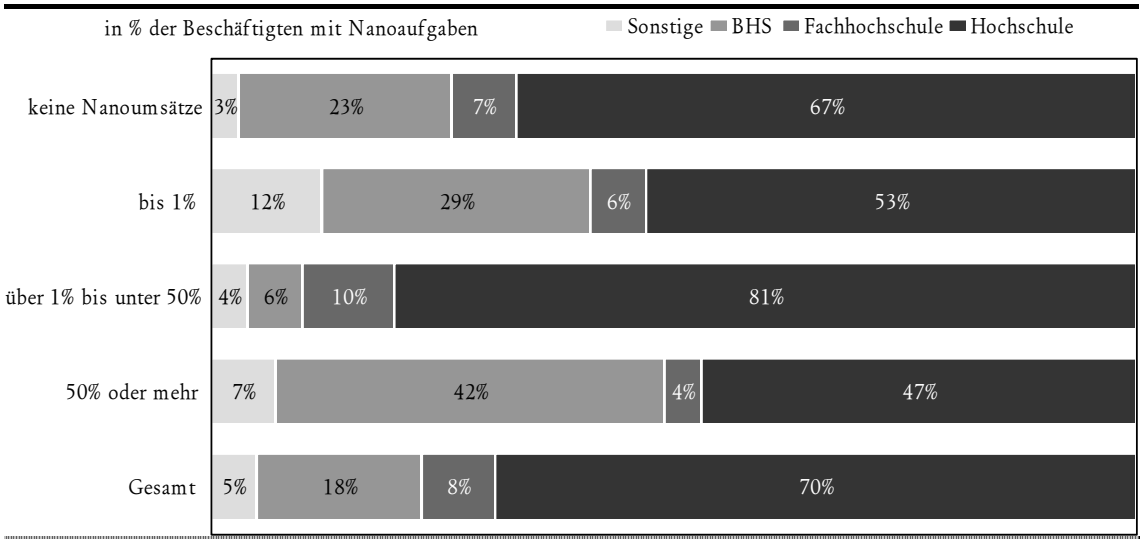
1 Auf mehrere Staaten verteilt.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

näherer Analyse dieser Gruppe war festzustellen, dass sie ihre gesamte Belegschaft als mit nanobezogenen Aufgaben betraute Personen einstufen. Dieses Phänomen wird auch von einer rezenten Studie des VDI[1] für die deutsche Firmenlandschaft ausgewiesen. Speziell größere Firmen mit geringerem Nano-Umsatzanteil geben nur die Beschäftigung in ihren Spezialabteilungen an. Diese sind eben von höheren Qualifikationen geprägt als die Gesamtbeschäftigung in kleineren Nanotechnologie-Firmen im engeren Sinn.

Nanotechnologie-Firmen mit ersten Umsätzen (>=1%) sind ähnlich strukturiert wie die Nanotechnologie-Firmen im engeren Sinn. Zwei Drittel der dort mit nanobezogenen Aufgaben Beschäftigten sind HochschulabsolventInnen. Diese Firmen agieren vielfach vorwettbewerblich mit hoch qualifiziertem MitarbeiterInnenstab.

Abbildung 3.19
Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben nach Nanotechnologie-Firmensegmenten, 2005

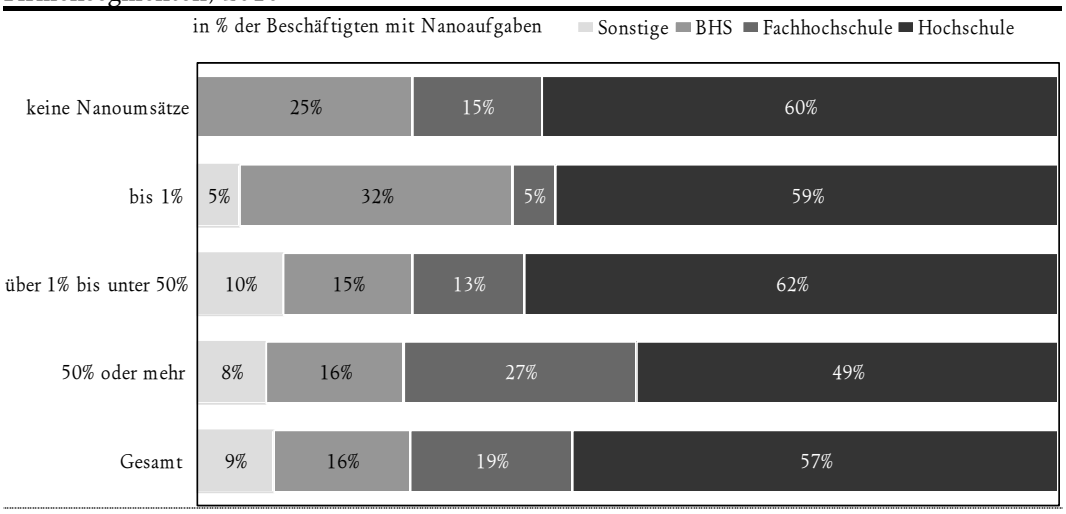


Quelle: Eigene Berechnungen

1 Luther W./Malanowski, N.: Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt, Innovations- und Technikanalyse. Hg.: Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH. Düsseldorf, November 2004.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.20
Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben nach Nanotechnologie-Firmensegmenten, 2010



Quelle: Eigene Berechnungen

Das Gesamtbild der Veränderung der Bildungsstruktur nach Betriebsgrößenklassen zeigt die gleichen Muster. Größere Firmen geben die Beschäftigung in ihren Spezialabteilungen an. Diese sind von höheren Qualifikationen bestimmt als die Gesamtheit der Arbeitsplätze in kleineren Nanotechnologie-Firmen mit direktem Bezug zur Materie. So waren 2005 in den Großunternehmen annähernd 80% der MitarbeiterInnen mit nanobezogenen Aufgaben AbsolventInnen von Hochschulen. In den übrigen Größenklassen bewegt sich deren Anteil in etwa zwischen 55% und 65%.

Bei der Entwicklung der Bildungsstruktur der Nanobeschäftigten bis zum Jahr 2010 ist die gemessene Verdreifachung der Bildungsnachfrage nach Fachhochschul-AbsolventInnen bei Mittelbetrieben besonders auffällig. Auch in allen anderen Betriebsgrößen nimmt ihr Anteil signifikant zu. Insgesamt verschiebt sich also die Struktur der im Nanobereich Tätigen hin zu einem stärkeren Einsatz von weniger hoch qualifizierten Personen. Bei Betrachtung der Wachstumsannahmen der Unternehmen ist absolut gesehen keine Bildungsebene rückläufig.

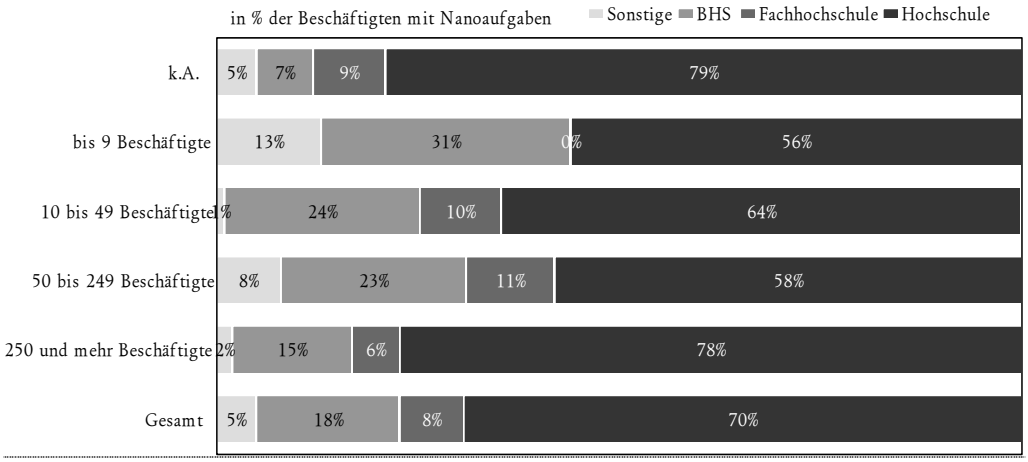
Diese Wachstumserwartungen der Firmen werden das Ausbildungssystem der berufsbildenden sekundären sowie der tertiären Bildungsebene vor neue Herausforderungen stellen. In Zukunft werden die österreichischen Unternehmen verstärkt technisch-naturwissenschaftlich ausgebildete AbsolventInnen mit Kenntnissen und Fähigkeiten rund um die Nanowissenschaften und Nanotechnologien nachfragen. Wie auch aus den ExpertInnengesprächen hervorgeht, steht die Anwendungskompetenz, also die Fähigkeit mit

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Nanotechnologien, deren Produkten und Verfahren im betrieblichen Umfeld umzugehen, im Kern dieses Bedarfs. Kurzfristig und unmittelbar ist der Hochschulsektor – und aufgrund der deutlichen Strukturveränderungen auch der Fachhochschul-Sektor – betroffen. Die Berufsbildung ist davon nicht unmittelbar im selben Ausmaß berührt, wird sich aber seitens der Wirtschaft im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien in den kommenden Jahren ebenfalls gefordert sehen. Für diese Nachfrageimpulse ein Angebot im Aus- und Weiterbildungssektors auszubauen, ist eine Grundlage, um die österreichischen Wirtschaftskompetenzen nutzen zu können.

Abbildung 3.21

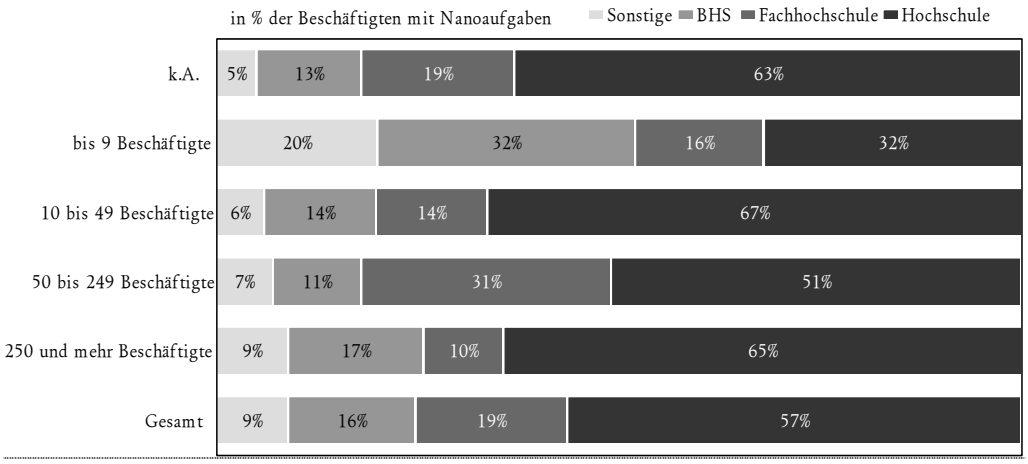
Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben nach Betriebsgrößenklassen, 2005



Quelle: Eigene Berechnungen

Abbildung 3.22

Bildungsstruktur der MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben nach Betriebsgrößenklassen, 2010



Quelle: Eigene Berechnungen

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Die Analyse der Pläne zur Veränderung der Nanobeschäftigung nach Bildungsebene und Betriebsgrößenklasse brachte zwei spezielle Gruppen zutage: Die eine ist die Gruppe der Mittelbetriebe mit 50 bis 249 Beschäftigten, deren Zahl an NanomitarbeiterInnen laut den jetzigen Plänen annähernd doppelt so stark wachsen soll wie bei den übrigen Betriebsgrößenklassen. Die zweite Gruppe stellen nanoorientierte Beschäftigte mit Fachhochschul-Abschluss dar; auch ihre Zahl soll relativ gesehen weit mehr als doppelt so stark anwachsen wie jene von Personen mit formalen Qualifikationen anderer Bildungsebenen.

An der Schnittstelle der beiden Gruppen, also bei mittleren Unternehmen (50 bis 249 Beschäftigte) auf Ebene der Fachhochschul-Qualifikationen, wird der größte Bedarf an NanospezialistInnen zu erwarten sein.

Wie auch aus Vergleichsstudien hervorgeht,[1] ist die derzeitige Position der Mittelbetriebe in Österreich im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Relation zu ihrem Anteil in den anderen Technologiesektoren unterentwickelt.

3.3.5.4 Querschnittsqualifikationen – Fachrichtungen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Die Bedeutung interdisziplinärer Ausbildung wird von den ExpertInnen sowie von allen nationalen und internationalen Studien zum Thema Nanowissenschaften und Nanotechnologien betont. Um den Einsatz und die Häufigkeiten von Fachrichtungen und deren Kombinationen in den Spezialabteilungen zu identifizieren, wurden die RespondentInnen gebeten, jene Fachrichtungen je Bildungsebene, die im Unternehmen zum Einsatz kommen, zu spezifizieren. Es konnten bis zu drei Fachrichtungen je Bildungsebene angegeben werden (siehe Tabelle 3.10).[2]

Die häufigste Gruppe stellen dabei die chemischen Fachrichtungen dar, die im Jahr 2005 bei 62% der Firmen vertreten waren. Jeweils 30% der Firmen setzen Personen mit einer Ausbildung in Physik, Engineering bzw. IT & Elektronik ein. Annähernd vergleichbar hoch ist der Anteil an Firmen, die Beschäftigte der unter „Materials“ zusammengefassten Fachrichtungen für nanobezogene Aufgaben eingestellt haben.

---

1 Friedewald/Roloff: Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich – Eine Fakten- und Potentialanalyse im internationalen Vergleich 2005.

2 Online-Befragung, Fragen A12 und A18: „Über welche formale Ausbildung verfügen Ihre NANO-Mitarbeiter?“ und „Bitte nennen Sie die 3 wichtigsten Fachrichtungen der NANO-Mitarbeiter.“

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Auf der Bildungsebene der HochschulabsolventInnen sind chemische Fachrichtungen am häufigsten vertreten, sie sind bei 45% aller einschlägigen Unternehmenden anzutreffen. Bei Fachhochschul-Qualifizierten und AbsolventInnen berufsbildender höherer Schulen sind Engineering-Qualifikationen am häufigsten.

Tabelle 3.10

MitarbeiterInnen mit Aufgaben im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien, nach formellem Bildungsabschluss und Fachrichtung, in % der Unternehmen, 2005

2005	Physik & Verwandtes	Chemie & Verwandtes	Life Sciences	Engineering	IT & Elektronik	Materials	Wirtschaft & Management	Sonstiges	Index*	Fälle
Hochschule	30%	45%	15%	7%	13%	18%	3%	3%	1,4	88%
FH	0%	7%	0%	8%	7%	3%	2%	0%	0,3	22%
BHS	0%	10%	2%	15%	10%	5%	5%	2%	0,5	38%
Sonstiges	0%	3%	0%	2%	0%	2%	3%	2%	0,1	12%
Summe Sparte	30%	62%	17%	30%	30%	27%	10%	5%	2,1	100%

Quelle: Eigene Erhebungen, RespondentInnen nannten Fachrichtungen der NanomitarbeiterInnen 2005 (Mehrfachnennungen)
*Index: Durchschnittliche Zahl der Nennungen je Bildungsebene und RespondentIn

Auch 2010 wird sich an der Dominanz der Nachfrage nach chemisch orientierten Qualifikationen nichts ändern. Der Einsatz von MitarbeiterInnen mit Abschlüssen der unter „Materials“ subsumierten Ausbildungsrichtungen wird, angetrieben von der Nachfrage nach Fachhochschul- und BHS-AbsolventInnen, jenen der ChemikerInnen in fünf Jahren bereits übertreffen. Zusätzlich wird der Bedarf an Engineering-Fachkräften mit Schwerpunkt auf dem Fachhochschul- und berufsbildenden Sekundarschulniveau steigen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 3.11

MitarbeiterInnen mit Aufgaben im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien, nach formellem Bildungsabschluss und Fachrichtung, in % der Unternehmen, 2010

2005	Physik & Verwandtes	Chemie & Verwandtes	Life Sciences	Engineering	IT & Elektronik	Materials	Wirtschaft & Management	Sonstiges	Index*	Fälle
Hochschule	21%	32%	15%	13%	13%	30%	2%	2%	1,3	66%
FH	1%	13%	1%	13%	5%	18%	2%	1%	0,5	37%
BHS	0%	13%	2%	17%	5%	13%	2%	1%	0,5	36%
Sonstiges	0%	4%	1%	0%	1%	6%	4%	6%	0,2	13%
Summe Sparte	22%	58%	18%	43%	23%	61%	6%	4%	2,4	100%

Quelle: Eigene Erhebungen, RespondentInnen nannten Fachrichtungen der NanomitarbeiterInnen 2010 (Mehrfachnennungen)
*Index: Durchschnittliche Zahl der Nennungen je Bildungsebene und RespondentIn

Die Betrachtung des zukünftigen Einsatzes von Kombinationen an Fachrichtungen zeigt vier Schwerpunkte auf Hochschulebene: Wie in den ExpertInnengesprächen bereits angemerkt, ist die Kombination des Einsatzes von AbsolventInnen der Studienrichtungen Physik und Chemie in den nanorelevanten Firmen am deutlichsten. Annähernd genauso häufig werden in den Fachabteilungen sowohl AbsolventInnen aus Hochschulausbildungen im Bereich der Physik bzw. Chemie und der unter „Materials" zusammengefassten Ausbildungsrichtungen anzutreffen sein. Die dritte wichtige Gruppe sind Unternehmen, die gleichzeitig diplomierte ChemikerInnen und HochschulabsolventInnen der Life Sciences im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien einsetzen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 3.12

MitarbeiterInnen mit Aufgaben im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien, erwartete Paarungen an Hochschulfachrichtungen im Unternehmen, in % der Unternehmen, 2010

Hochschule 2010	Physik & Verwandtes	Chemie & Verwandtes	Life Sciences	Engineering	IT & Elektronik	Materials	Wirtschaft & Management	Sonstiges
Physik & Verwandtes		13%	6%	1%	5%	8%	0%	0%
Chemie & Verwandtes	13%		8%	2%	2%	11%	0%	0%
Life Sciences	6%	8%		2%	2%	1%	0%	0%
Engineering	1%	2%	2%		4%	6%	0%	0%
IT & Elektronik	5%	2%	2%	4%		4%	0%	0%
Materials	8%	11%	1%	6%	4%		0%	1%
Wirtschaft & Management	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0%
Sonstiges	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	

Quelle: Eigene Erhebungen, RespondentInnen nannten Fachrichtungen der NanomitarbeiterInnen 2010, Mehrfachnennungen

Auf Fachhochschul-Ebene und bei berufsbildenden höheren Schulen kommt es im Gegensatz zur Hochschulebene kaum zu Kombinationen aus verschiedenen Fachrichtungen. Vereinzelt werden neben chemisch orientierten Fachkräften auch Fachhochschul-AbsolventInnen der Ausbildungsrichtungen im Bereich „Materials“ parallel arbeiten. Insgesamt werden die in der Branche notwendigen Fachhochschul-Nanoqualifikationen durch einzelne Fachrichtungen abgedeckt.

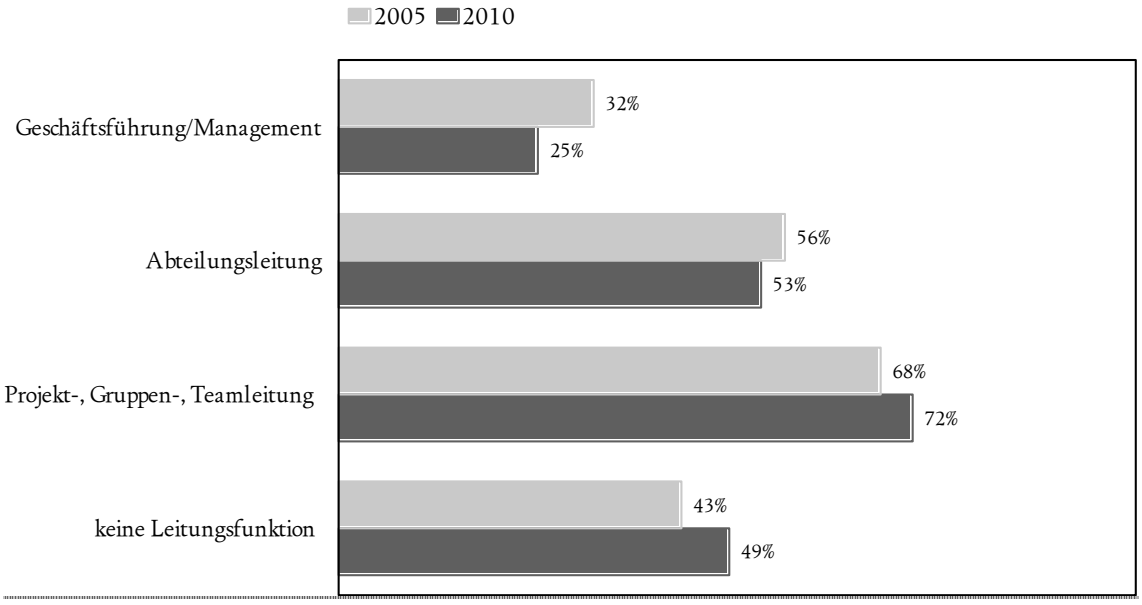
© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

3.3.5.5 Funktionale Ortung der Nanobeschäftigung[1]

Zusätzlich zur allgemeinen Beschäftigungssituation und -entwicklung im Sektor der Nanowissenschaften und Nanotechnologien sowie der Bildungsstruktur besteht die Frage, in welcher Funktionsebene bzw. in welchen Bereichen der Unternehmen MitarbeiterInnen mit Nanoaufgaben anzutreffen sind. Im Jahr 2005 war annähernd ein Drittel der einschlägig aktiven Personen auf Ebene der Geschäftsführung und des Managements verankert, über 55% auf Ebene der Abteilungsleitung, knapp über zwei Drittel der NanomitarbeiterInnen waren als Projekt-, Gruppen- oder TeamleiterInnen eingesetzt. Knapp unter 50% befanden sich in Positionen ohne Leitungsfunktion.

Zum Jahr 2010 hin wird sich keine grundsätzliche Änderung in der Gewichtung ergeben. Es zeigt sich, dass in Zukunft vermehrt Beschäftigte mit tendenziell geringerer Entscheidungskompetenz in nanobezogenen Aufgaben eingesetzt werden. Die Ebenen des Managements und der Bereichsleitung werden Aufgaben zugunsten von Funktionsgruppen mit geringerer Personal- und Geschäftsverantwortung und größerer Nähe zum operativen Prozess der Nanowissenschaften und Nanotechnologien aufgeben.

Abbildung 3.23
Funktionsebenen der Nanobeschäftigten, 2005 und 2010 im Vergleich



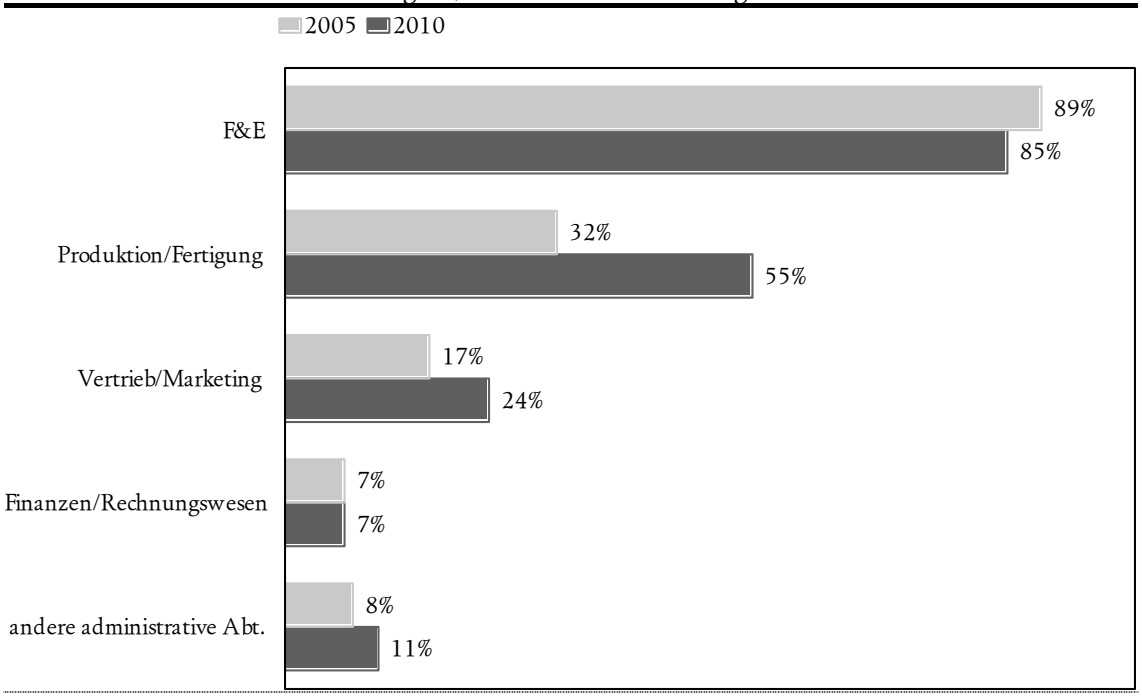
Quelle: Eigene Erhebungen, zu dieser Frage Antwortende, Mehrfachnennungen

1 Online-Erhebung, Fragen A14 und A19: „In welchen der folgenden Unternehmensbereiche finden derzeit Ihre NANO-MitarbeiterInnen Einsatz?“ und „In welchen der folgenden Unternehmensbereiche werden Ihre NANO-Mitarbeiter 2010 voraussichtlich Einsatz finden?“

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Noch deutlicher wird dies jedoch bei Betrachtung der Unternehmensbereiche, in denen sich die MitarbeiterInnen mit Aufgaben der untersuchten Materie auseinander setzen. Rund ein Drittel der RespondentInnen beschäftigte 2005 nanobezogene MitarbeiterInnen in Produktions- und Fertigungsabteilungen. 2010 wird dies bereits bei 55% der Unternehmen der Fall sein. Auch der Anteil der Unternehmen, die einschlägig Qualifizierte in Vertrieb und Marketing einsetzen, wird steigen.

Abbildung 3.24
Arbeitsbereiche der Nanobeschäftigten, 2005 und 2010 im Vergleich



Quelle: Eigene Erhebungen, zu dieser Frage Antwortende, Mehrfachnennungen

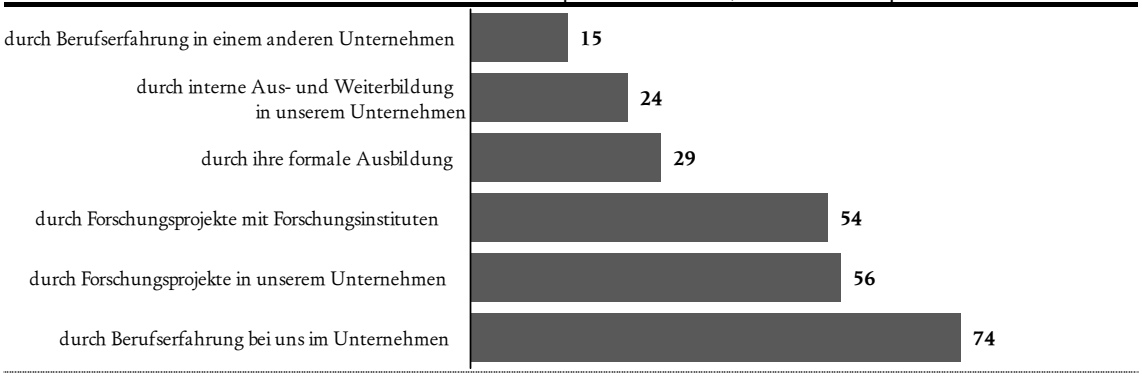
3.3.6 Aufbau der Nanoqualifikationen in Unternehmen

Nanoqualifikationen werden derzeit bei drei Vierteln der Unternehmen im Haus aufgebaut. Bei über der Hälfte der nanoaffinen Firmen erfolgt dies über interne Forschungsprojekte. Etwa gleich hoch ist der Anteil des Qualifikationsaufbaus, der über Kooperationen mit Forschungsinstituten erzielt wird. Die Frage, die sich daraus ergibt, ist: Wie erwirbt ein Unternehmen, das noch keine eigenen Nanokompetenzen aufbauen konnte, Know-how auf dem untersuchten Gebiet? Derzeit geschieht dies überwiegend im Form von „training on the job“ bzw. „training on the project“. Formale Aus- und Weiterbil-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

dungsmöglichkeiten im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien werden für den strukturierten und systematischen Aufbau von Nanoqualifikationen weniger häufig genutzt.

Abbildung 3.25
Methoden zum Aufbau von betrieblichen Nanoqualifikationen, in % der RespondentInnen



Quelle: Eigene Erhebung, zu dieser Frage Antwortende, Mehrfachnennungen

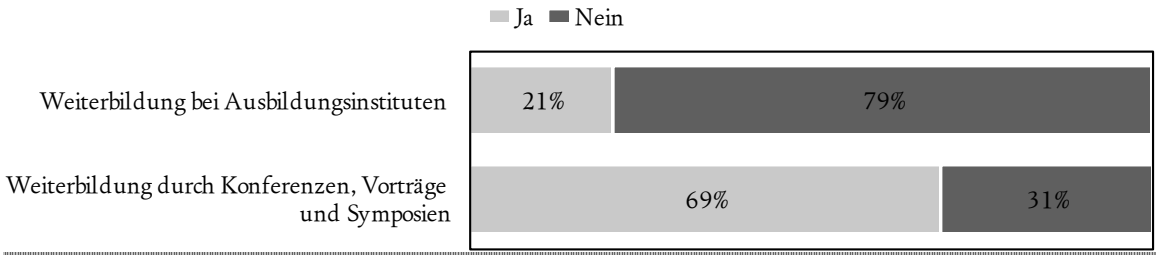
Zusätzlich zu den in der obigen Tabelle angeführten Methoden nannten die FirmenvertreterInnen Tagungen, Seminare, Vorträge, das Selbststudium und vereinzelt Lieferanten oder Zulieferer als Quelle von Nanoqualifikationen ihrer MitarbeiterInnen.

Die Nutzung externer Weiterbildungseinrichtungen entspricht dem „Neuigkeitscharakter“ der Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Die Weiterbildung durch Ausbildungsinstitute in standardisierten und regelmäßigen Formen ist unterentwickelt.

Es herrscht ein Mangel an Qualifizierungsmöglichkeiten aufgrund einer wenig ausgebildeten Aus- und Weiterbildungslandschaft. Einerseits werden Nanofähigkeiten und -qualifikationen auf informellem Weg, also durch „training on the job“, oder in Form von Forschungsprojekten erworben, andererseits durch Veranstaltungen ohne konkreten inhaltlichen Weiterbildungscharakter wie Konferenzen, Tagungen und Vorträge. Dies weist auf einen Aufholbedarf hin. Dieser wird kritisch, sobald auch ein Bedarf besteht, MitarbeiterInnen mit formalem Abschluss einer Berufsbildungsebene in Weiterbildung zu entsenden.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.26
Quellen externer Weiterbildung der Unternehmen



Quelle: Eigene Erhebung, zu dieser Frage Antwortende, Mehrfachnennungen

3.3.7 Ergebnisse der Vorerhebung

Wie in der Einleitung bereits erläutert, wurden zur Identifikation der Nano-Zielpersonen in den Unternehmen telefonische Vorkontakte durchgeführt, ehe die detaillierte Online-Erhebung startete. Hierbei wurden Fragen zum Wissensstand in Bezug auf vier Aspekte der Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich und zum Informationsbedarf gestellt, deren Ergebnisse in diesem Abschnitt ergänzend behandelt werden.

Die RespondentInnen dieser Vorerhebung stellen insgesamt 801 nanoaffine und nicht nanoaffine Unternehmen dar; sie wurden in folgende drei Gruppen unterteilt:

- Unternehmen ist bereits in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktiv (256 Unternehmen; 32%),
- Unternehmen ist noch nicht in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktiv, plant es jedoch (245 Unternehmen; 31%)
- Unternehmen hat nicht die Absicht, in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktiv zu werden (300 Unternehmen; 37%)

3.3.7.1 Informationsstand zum Thema Nanotechnologie

Als Erstes wurden die Zielpersonen nach ihrem Wissenstand zum Thema Nanotechnologie befragt. Sie haben ihn zu folgenden vier Items nach dem Schulnotensystem (von 1 für „sehr gut“ bis 5 für „nicht genügend“) bewertet.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Kenntnisstand zu österreichischen Nanotechnologie-Unternehmen in der eigenen Branche,
___ zu österreichischen Forschungseinrichtungen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien
___ zu österreichischen Aus- und Weiterbildungseinrichtungen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich sowie
___ zu Nanotechnologie-Förderprogrammen.

Die Eigeneinschätzung zum Wissenstand bei den Unternehmen zum Thema Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich ist generell sehr gering. Auf alle RespondentInnen bezogen, ist der Wissensstand zu nanoorientierten Forschungseinrichtungen am relativ besten, gefolgt vom Wissen zu einschlägigen Förderungen in Österreich. An dritter Stelle steht der Kenntnisstand zu nanorelevanten Unternehmen in der eigenen Branche. Am schlechtesten wissen RespondentInnen über nanorelevante Aus- und Weiterbildung Bescheid: In Bezug auf das Kernthema der vorliegenden Untersuchung weisen alle drei Befragungsgruppen („nanoaktiv", „nie nanoaktiv" und „zukünftig nanoaktiv") den niedrigsten Wissensstand auf.

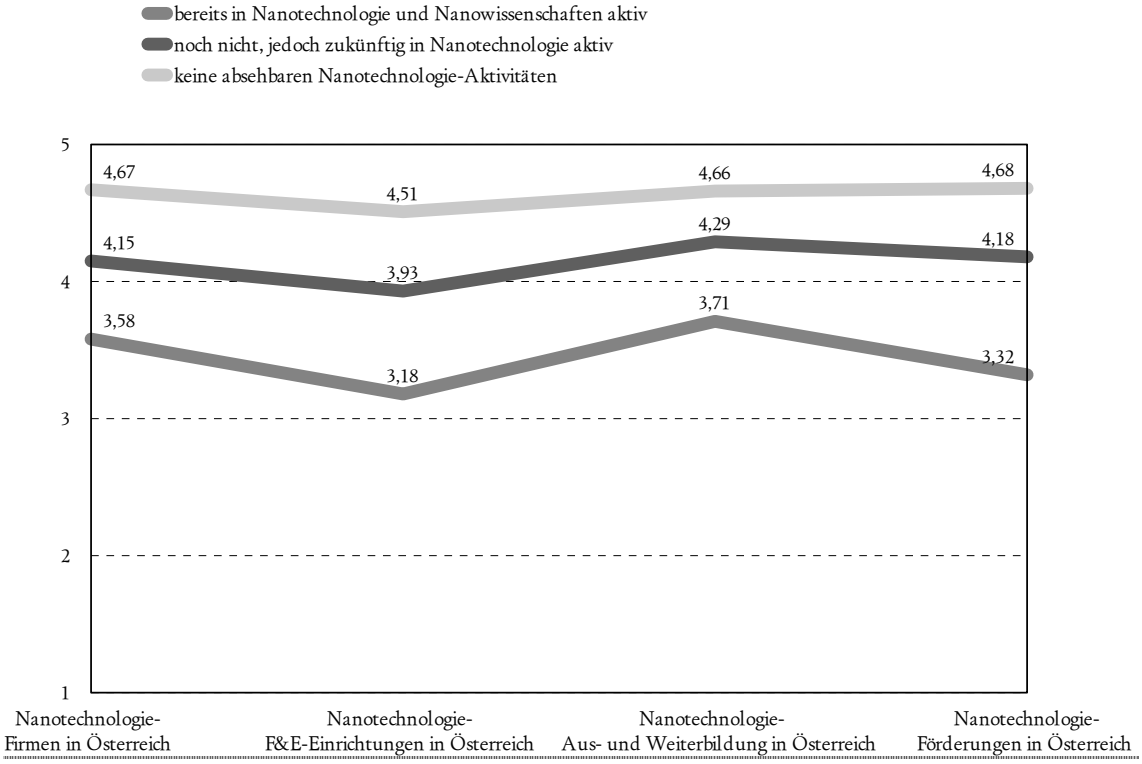
Unternehmen, welche nicht in dieser Technologie tätig sein wollen, beurteilen ihren eigenen Informationsstand zu jedem der vier Items stets eher als „nicht genügend". Auch die Unternehmen, die erst zukünftig einen Nanobezug erwarten, wissen laut ihrer eigenen Einschätzung nur „genügend" Bescheid. Insgesamt scheint die bis dato unternommene Informationspolitik in der bereits wirtschaftlichen und forschenden Szene der Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu wirken, da die Bewertungen des eigenen Wissensstandes in dieser Gruppe signifikant besser ist als in den beiden anderen.

Aus der deutlich unterdurchschnittlichen Bewertung des eigenen Wissensstandes zur Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien seitens der Firmen, die die Absicht dazu haben, ergibt sich ein dringender Informationsbedarf. Auch die Tatsache, dass jene, die sich bereits mit diesen neuen Technologien beschäftigen, ihren Kenntnisstand über Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien durchschnittlich mit „genügend" bis „nicht genügend" einschätzen, weist auf Handlungsbedarf hin.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.27

Einschätzung des eigenen Wissensstandes zu Aspekten der Nanotechnologie in Österreich, nach Nanotechnologie-Aktivität



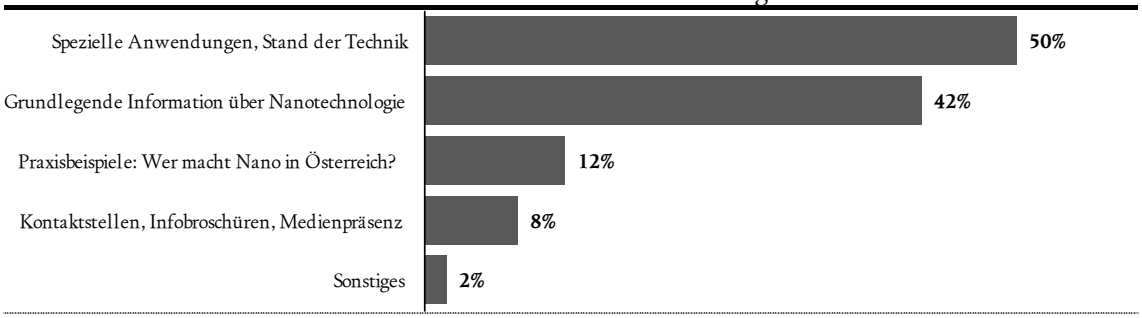
Quelle: Eigene Erhebung; Anm: Bewertung nach dem Schulnotensystem von 1 = sehr gut bis 5 = nicht genügend, je weiter oben eine Bewertung in der Grafik angeführt ist, desto ungünstiger ist sie ausgefallen.

3.3.7.2 Informationsbedarf zum Thema Nanotechnologie

Den UnternehmensvertreterInnen wurde die offene Frage gestellt: „Worüber wären Sie gerne hinsichtlich Nanowissenschaften und Nanotechnologien besser informiert?“ Der Großteil der Befragten der Zielbranchen interessiert sich vor allem für die speziellen Anwendungen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien sowie für den Stand der Technik. Hier hatten die InterviewpartnerInnen sehr spezifische und konkrete Informationswünsche zum Thema Nanotechnologie.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.28
Informationswünsche zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien



Quelle: Eigene Erhebung,

*) Mehrfachnennungen möglich

Des Weiteren wünschen etwa vier von zehn der Unternehmen grundlegende Informationen über die Wirkungsweise, Verfahren, Nutzungsmöglichkeiten sowie die wirtschaftliche Bedeutung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Diese InterviewpartnerInnen wussten meist nicht genau, was der Nanotechnologie tatsächlich zuzurechnen ist bzw. welche Technologien und Anwendungen darunter zu verstehen sind. Diese Gruppe benötigt Basisinformation zum Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien.

Eine kleine Gruppe ist speziell an Praxisbeispielen der Umsetzung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in der österreichischen Wirtschaft interessiert. Dabei geht es um Fragen, welche Unternehmen sich bereits mit der Materie in Österreich auseinander setzen und welche Erfolgs-, aber auch Misserfolgsgeschichten anzutreffen sind. Diese Gruppe würde gerne aus den Erfahrungen der Vorreiter auf diesem Gebiet lernen.

Letztlich bat jede/r zwölfte Befragte explizit um Informationsmedien und Kontaktstellen, die die gewünschten Inhalte transportieren, seien es Informationsbroschüren, über die Materie aufklärende Institutionen oder einschlägige Internetquellen.

Alles in allem reflektiert das bekundete Informationsbedürfnis gegenüber diesen Technologien auch die Attraktivität einer Materie, die als zukunftsweisend interpretiert wird und mit vielen Unsicherheiten bzw. mangelndem grundlegenden Wissensstand zu Anwendungsmöglichkeiten und wirtschaftlicher Umsetzung einhergeht.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Informationswünsche
Zitate von RespondentInnen, die sich noch nicht mit Nanowissenschaften und Nanotechnologien beschäftigen, es jedoch vorhaben
„Wohin laufen die großen Trends? Kann man sich zum Beispiel über Newsletter informieren? Man muss die Spreu vom Weizen trennen können."
„Ich will den Zug nicht verpassen; welche Klebetechniken und Antihaftbeschichtungen gibt es mit Nanotechnologie?"
„Hat die Nanotechnologie Relevanz für die pharmazeutische Industrie oder in welcher Form kann Nanotechnologie in der Pharmazie eingesetzt werden?"
„Im Speziellen wünsche ich mir Information über Nanobeschichtungen und Werkstoffe – alles, was in Richtung Keramik geht, aber auch umfassende Information [und] im allgemeinen Sinn."

3.3.8 Einschätzung der Nanorelevanz durch bereichsfremde Firmen verwandter Branchen

Ergänzend zu den Firmen mit (aktuell oder zukünftig) nanobezogenen Aktivitäten wurden in der Online-Befragung auch Unternehmen befragt, die keine Nanoaktivitäten aufweisen und diese in absehbarer Zeit auch nicht anstreben (nicht nanoaffine Firmen). Ihre Einstellungen zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien werden in diesem Abschnitt behandelt.

Sie wurden nach den Gründen befragt, weshalb sie keine Aktivitäten in Nanowissenschaften und Nanotechnologien im eigenen Unternehmen erwarten. Die Hälfte der Befragten dieser Gruppe ist der Ansicht, dass die Technologie nie ein Thema für ihre Firma sein könne. In diesen Unternehmen wird die Möglichkeit, in naher oder ferner Zukunft damit in Berührung zu kommen, explizit ausgeschlossen. Ein Drittel dieser nicht nanoaffinen Unternehmen wäre zwar nicht abgeneigt, sich mit dem Thema für den eigenen Geschäftsbereich auseinander zu setzen, hat jedoch keine Vorstellung von den konkreten Technologien und Anwendungsmöglichkeiten. Sie signalisierten Bereitschaft, sich mit dem Thema zu beschäftigen, sobald für sie konkretere wirtschaftliche Anwendungsmöglichkeiten abzusehen seien. Die übrigen Befragten konstatierten, dass ihre eingesetzten Technologien auf keinen Fall den notwendigen Maßstab erreichen würden, um für Na-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

nowissenschaften und Nanotechnologien relevant zu sein, oder dass sie in ihren Unternehmen nicht über die notwendigen Mittel und Ressourcen verfügen würden, um sich mit dieser Technologie zu befassen.

Anwendungsfelder der Nanotechnologie im eigenen Unternehmen unbekannt

Zitate der ExpertInnen ohne absehbare Aktivitäten in Nanowissenschaften und Nanotechnologien

„Unser Unternehmen ist in der chemischen Industrie im Bereich von Kunstharzprodukten für Holzwerkstoffe und diverse andere Anwendungen positioniert und hat aufgrund des Produktspektrums bisher keine Einsatzmöglichkeiten für Nanotechnologie gesehen. Gibt es welche?"

„Wir bauen Werkzeuge und Maschinen für die Herstellung von Fensterprofilen. Auf diesem Gebiet sollten kaum Berührungspunkte mit ‚Nano-...' vorhanden sein. Eventuell für funktionelle Oberflächenschichten, wenn hierfür die Nanotechnologie zuständig ist?!"

„Wir haben zu wenig Informationen darüber. Wir brauchen fertig entwickelte Produkte, kennen keine Anbieter und haben bis dato keine Kontakte zu möglichen Partnern."

„Bei uns in der Metallindustrie ist es eventuell denkbar, dass in gewissen Randbereichen die Nanotechnologie [...] zur Anwendung kommen kann (Beispiele: Oberflächenvergütung, tribologische Anwendungen). Wir kennen aber die konkreten Einsatzbereiche nicht."

„Ich habe bereits ein Formtrennmittel auf Nanobasis in unserer Produktion getestet und gute Effekte damit erzielt. Ein Einsatz in Zukunft (bei Marktreife dieses Produktes) ist durchaus denkbar. Ich habe jedoch nicht vor, mich in Forschung und Entwicklung davon zu stürzen."

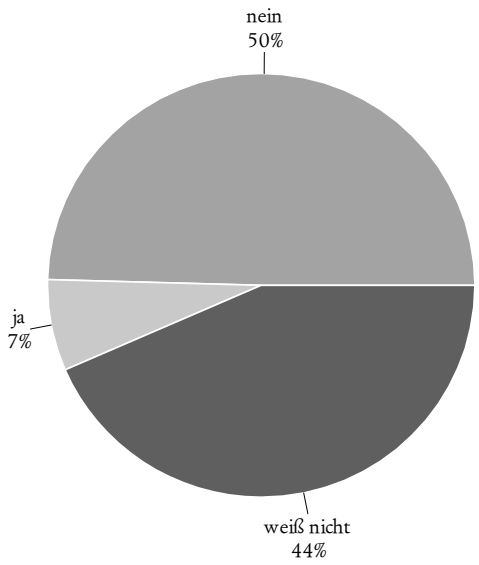
„Für gewerbliche Sprengmittel ist in den nächsten Jahren der Einsatz von Nanoprodukten nur für Spezialanwendungen möglich. Eine Produktion größerer Mengen ist nicht absehbar. Derzeit wird unseres Wissens Grundlagenforschung auf diesem Gebiet betrieben, aber große Marktvolumen sind noch nicht in Aussicht."

Nach der Bewertung der Relevanz von Nanowissenschaften und Nanotechnologien für das eigene Unternehmen beurteilten die nicht nanoaffinen Firmen deren Bedeutung für die gesamte Branche, in der sie tätig sind. 50% schlossen explizit aus, dass Nanowissenschaften und Nanotechnologien in ihrer Branche bereits Einsatz finden, 43% wissen es nicht und 7% wissen, dass einschlägiges Know-how, Verfahren oder Produkte im Um-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

feld ihrer Geschäftstätigkeit verwendet werden (siehe Abbildung 3.29).[1] Die weiterführende Frage, ob der Mitbewerb sich bereits durch den Einsatz von auf Nanotechnologie basierenden Methoden Vorteile verschaffe, bejahte keines dieser wenigen Unternehmen.

Abbildung 3.29
Einsatz von Nanotechnologie in der eigenen Branche



Quelle: Eigene Erhebung, nicht nanoaffine Unternehmen

Die Unternehmen wurden befragt, welche unterstützenden Maßnahmen sie motivieren könnten, sich für die Einsatzmöglichkeiten der Nanotechnologie zu interessieren. Sechs Optionen wurden bewertet. Am ehesten würde Interesse aufkommen, wenn externe BeraterInnen über die Einsatzmöglichkeiten der Nanotechnologie für ihr Unternehmen aufmerksam machen würden oder wenn Seminare, Konferenzen oder Veranstaltungen mit Nanotechnologie-Inhalten und Bezug zu den eigenen Firmenaktivitäten angeboten würden.[2] Dies sind für die Firmen unverbindliche und kostengünstige Möglichkeiten, um sich rasch ein Bild über die Notwendigkeit und Möglichkeiten der Nanowissenschaften und Nanotechnologien für das eigene Unternehmen zu machen.

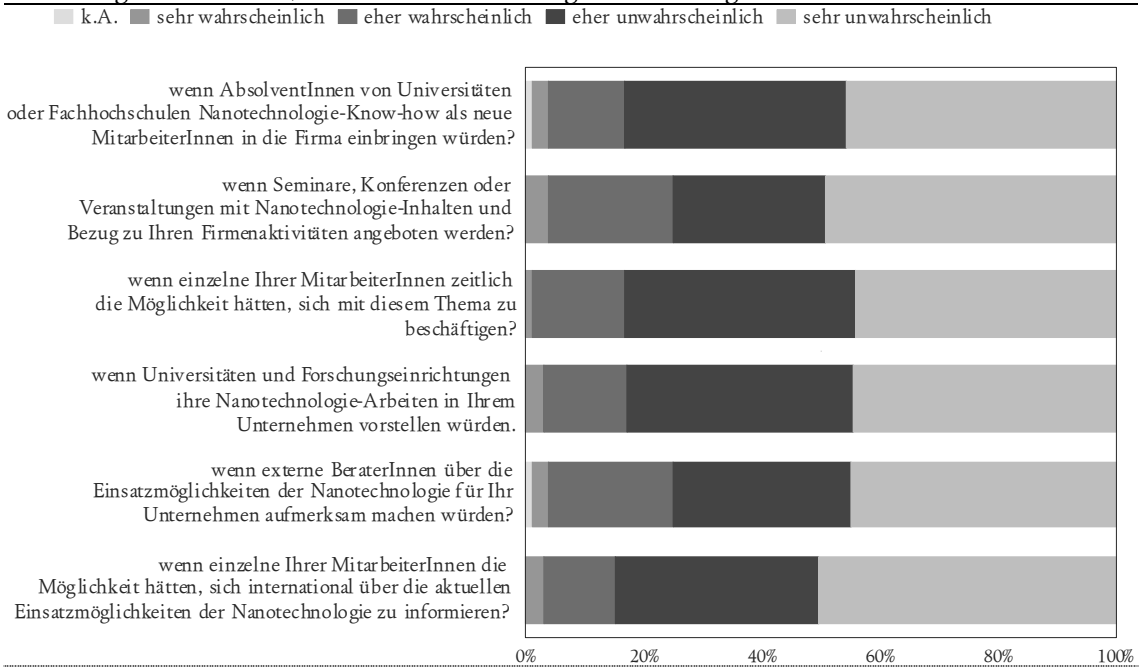
1 Online-Befragung, Frage B2: „Werden nanotechnologiebasierte Methoden von den anderen Unternehmen in Ihrer Branche verwendet?“

2 Online-Befragung, Frage B3: „Würde sich Ihr Unternehmen für Nanotechnologie-Einsatzmöglichkeiten interessieren, wenn ...“

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.30

Bewertung von Gründen, sich für Nanotechnologie-Einsatzmöglichkeiten zu interessieren



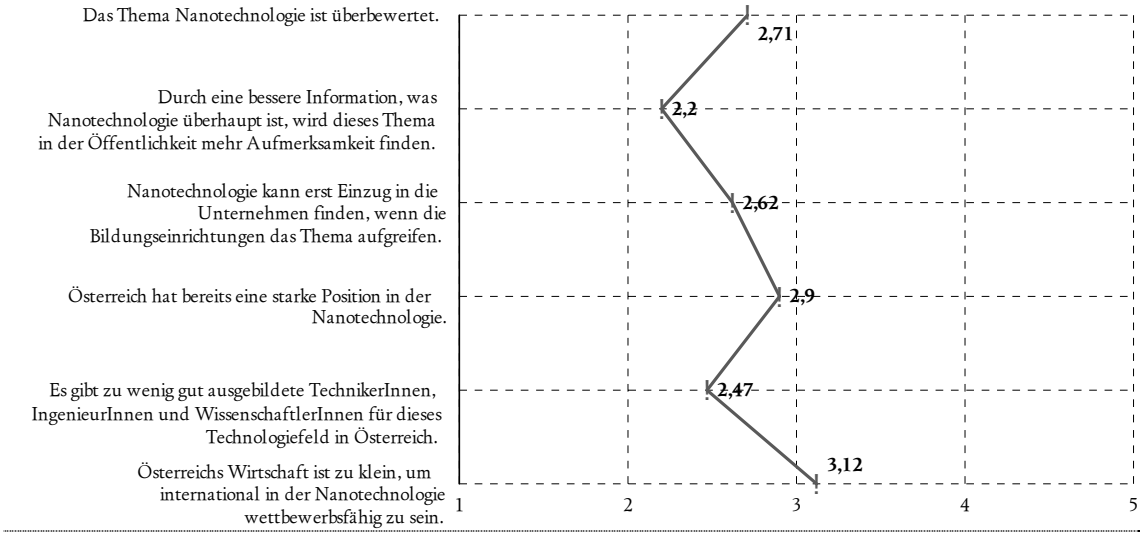
Quelle: Eigene Erhebung, nicht nanoaffine Unternehmen

Die Einschätzung dieser nicht nanoaffinen Firmen zu zentralen Aussagen über die Nanowissenschaften und Nanotechnologien allgemein bzw. deren Rahmenbedingungen in Österreich spiegelt die Haltung vieler befragter ExpertInnen und der Nanotechnologie-Unternehmen wider: Es besteht ein Informationsbedarf zum untersuchten Thema in der österreichischen Wirtschaft. Am stärksten können sich die FirmenvertreterInnen mit der Ansicht identifizieren, dass durch eine bessere Information, was Nanotechnologie überhaupt sei, in der Öffentlichkeit mehr Aufmerksamkeit gefunden werden könne. Danach folgt die Zustimmung zur Aussage, dass es in Österreich zu wenig gut ausgebildete TechnikerInnen, WissenschaftlerInnen und IngenieurInnen für dieses Technologiefeld gebe. Zur Aussage, dass Nanotechnologie erst in Unternehmen Einzug halten könne, wenn die Bildungseinrichtungen dieses Thema aufgreifen, ergab sich keine konkrete Zustimmung – ebenso nicht zur Annahme, dass das Thema Nanotechnologie überbewertet sei.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 3.31

Bewertung von Aussagen zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien[1]



Quelle: Eigene Erhebung, nicht nanoaffine Unternehmen; Anm.: 1= trifft sehr zu, 5 = trifft überhaupt nicht zu

1 Online-Befragung, Frage B5: „Wie bewerten Sie die Diskussionen zu Nanotechnologien und Nanowissenschaften in der Öffentlichkeit?“

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

4 Beispiele internationaler Maßnahmen

4.1 Einleitung

Der folgende Abschnitt zeigt internationale Aspekte und Beispiele von Maßnahmen zur Förderung der Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologie inklusive publizitätsfördernder Aktivitäten (Awareness Building) auf.

Die Übersicht über eine Vielzahl von einschlägigen Initiativen dient als Grundlage für den Vergleich zu österreichischen Handlungsoptionen (vgl. Kap. 5.3) und liefert Beispiele für die konkrete Umsetzung von Maßnahmen. Aufgrund der sprachlichen Nähe sowie historischen und aktuell engen Verflechtungen in Wirtschaft, Forschung, Lehre und Arbeitsmarkt werden speziell Maßnahmenbeispiele aus Deutschland und der Schweiz präsentiert. Weitere Beispiele aus den Niederlanden, Dänemark, Frankreich, Schweden und Finnland runden die internationale Analyse ab.

Wie bereits in der Vorläuferstudie des Fraunhofer Institutes für System- und Innovationsforschung[1] festgestellt wurde, sind sich die internationalen Fachleute und nationalen ExpertInnen nicht einig, wie die Qualifizierung für Tätigkeiten im heterogenen Bereich Nanotechnologie konkret aussehen soll. Es herrscht auf internationaler Ebene jedoch Übereinstimmung, dass

- im Rahmen der Ausbildung frühzeitig mit Unternehmen zusammengearbeitet werden muss und
- dass zunächst ein einschlägiges Grundstudium abzuschließen ist bzw. fundierte Grundlagen beispielsweise der Chemie oder der Physik zu erwerben sind, bevor eine Spezialisierung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien angestrebt wird.

Dies spiegelte auch die ExpertInnenbefragung der vorliegenden Studie wider.

1 Friedewald, M.; Roloff, N. (2005): „Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich - Eine Fakten- und Potenzialanalyse im internationalen Vergleich“, Abschlussbericht an die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG) ENTWURF, ISI Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Der Forschungsfokus der Nanowissenschaften und Nanotechnologien generiert europaweit eine steigende Nachfrage nach hoch qualifizierten Beschäftigten. Durch die Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen wird eine zusätzliche Nachfrage nach gut ausgebildeten MitarbeiterInnen in Arbeitsbereichen wie Produktion, Qualitätsmanagement, Marketing und Vertrieb geschaffen. Die Entwicklung von Humanressourcen wird als Priorität für die europäische Zukunft der Nanowissenschaften und Nanotechnologien angesehen. In einer europäischen ExpertInnenbefragung erwarten 25% der Befragten einen Arbeitskräftemangel bis etwa 2010 und 50% bis 2015. Für 90% ist die Förderung der einschlägigen Aus- und Weiterbildung unumgänglich - speziell interdisziplinäre Aus- und Weiterbildungen sollten verstärkt gefördert werden.[1]

Weltweit werden laut einer Studie der Business Communication Company im Jahre 2015 rund 160.000 Personen im Bereich Nanotechnologie beschäftigt sein. Auch für die Nanotechnologie in Deutschland, einem der Vorreiterstaaten zu diesem Thema in Europa, ist ein stark wachsender Bedarf der Wirtschaft an spezialisierten Fachkräften absehbar. Bis zum Jahr 2015 wird dort erwartet, dass annähernd jeder Industriebereich durch Nanotechnologie beeinflusst wird. Rezente europäische Studien weisen Arbeitsmarktentwicklungen und zukünftige Nachfragemuster nach qualifizierten Beschäftigen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aus, die den Ergebnissen der vorliegenden empirischen Untersuchungen im Bildungs- und Unternehmenssektor für Österreich im Maßstab in etwa entsprechen. Den Nanowissenschaften und Nanotechnologien werden vorsichtigen Schätzungen zu Folge durchschnittliche Zuwachsraten von 30% jährlich zugesprochen. Dementsprechend wird von einer Vervielfachung der einschlägig Beschäftigten ausgegangen.

Diesem Trend wurde in Europa bereits mit einer Vielzahl neuer Ausbildungseinrichtungen mit Bezug zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien Rechnung getragen. Großbritannien steht hinsichtlich der Zahl an Ausbildungseinrichtungen gemeinsam mit Deutschland und Frankreich an der Spitze der europäischen Staaten, die Studienrichtungen mit Abschlüssen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien anbieten.[2]

Eine wichtige Frage für die Konzeption von Förderungen der österreichischen Aus- und Weiterbildungslandschaft in Nanowissenschaften und Nanotechnologien ist, welche konkreten Handlungsoptionen bereits umgesetzt wurden. In diesem Sinne sind nachfolgend internationale Beispiele für die konkrete Maßnahmenumsetzung angeführt, sodass ein breiteres Verständnis für die Entwicklung von Fördermaßnahmen hergestellt werden kann.

---

1 **Abicht** L. et alt., Identification of skill needs in nanotechnology, Cedefop Panorama series; 120, Luxemburg, 2006.
2 Nanoforum Report (2005): "European **Nanotechnology**", Education Catalogue, European Nanotechnology Gateway, Düsseldorf

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

4.2 Gesamteuropäische Ebene

Die wichtigsten Fördermaßnahmen auf europäischer Ebene betreffen in der Regel die Gesamtentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Summe. In den europäischen Fördermaßnahmen für Nanowissenschaften und Nanotechnologien werden – zumindest teilweise – auch die Aus- und Weiterbildungsinstitutionen explizit angesprochen. Als wichtigste Fördermaßnahmen können genannt werden:[1]

- Im sechsten Rahmenprogramm (FP6) der Europäischen Union wurde eine eigene Förderschiene für Nanomaterialien und Nano-Produktionsprozesse geschaffen.
- „Nanoforum“ ist ein Nanotechnologie-Netzwerk auf europäischer Ebene, das bereits im fünften Rahmenprogramm (FP5) ins Leben gerufen wurde. „Nanoforum“ vermittelt Informationen über die europaweiten Fortschritte der Nanotechnologie und unterstützt damit die gesamte Nanotechnologie-Entwicklung in Europa.
- Die europäische Initiative zur Stärkung von Nanoelektronik wurde ebenfalls ins Leben gerufen: „European Nanoelectronic Initiative Advisory Council“ (ENIAC).
- Im Jahre 2002 wurde die „European NanoBusiness Association“ (ENA) gegründet; Diese umfasst Mitglieder vonseiten des Venture Kapitals, repräsentiert das gesamte Nanospektrum und orientiert sich vor allem an globalen und lokalen Fragestellungen rund um Aus- und Weiterbildung sowie Gesetzgebung im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien.

1 Abicht L. et alt., Identification of skill needs in nanotechnology, Cedefop Panorama series; 120, Luxemburg, 2006.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

4.3 Deutschland

4.3.1 Maßnahmen in Deutschland – Hintergrund

Deutschland zählt aufgrund des wirtschaftlichen Potenzials seiner Volkswirtschaft, seiner Technologiekonzerne und renommierten Hochschulen zu einem der wichtigsten ProponentInnen der Aus- und Weiterbildung im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Europa. Deutschland weist die höchsten Förderausgaben für nanorelevante Forschung und Entwicklung innerhalb der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union auf und hielt 2004 einen Anteil von rund 7,6% der weltweiten öffentlichen F&E-Ausgaben für Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Viele Studien stellen der Nanotechnologie in Deutschland ein hervorragendes Zeugnis aus und zählen das Land – im internationalen Vergleich – zu den globalen Trendsettern. Zwischen 50.000 und 100.000 Arbeitsplätze hängen in Deutschland direkt oder indirekt von der Nanotechnologie ab. Es wird in einschlägigen deutschen Studien erwartet, dass bis zum Jahr 2015 fast jeder Industriebereich durch Nanotechnologie beeinflusst wird.[1]

In Deutschland ist die Aus- und Weiterbildungsszene laut einer Untersuchung des VDI an Hochschulen von der universitären Landschaft geprägt, die Fachhochschulen wurden als „relativer weißer Fleck“ auf der „Nano-Bildungslandkarte“ bezeichnet. Die Szene ist jedoch sehr dynamisch. Laut der Umfrage des VDI haben annähernd 40% der 182 interviewten HochschulvertreterInnen angegeben, in den kommenden drei Jahren Studiengänge mit nanotechnologischen Inhalten zu planen. Rund drei Viertel dieser geplanten Studiengänge entfallen auf Universitäten, etwa 20% sollen an Fachhochschulen eingerichtet werden und die verbleibenden sind von hochschulverwandten Institutionen geplant. Auch hier kommt wieder die Dominanz der Universitäten in der deutschen Aus- und Weiterbildung für Nanowissenschaften und Nanotechnologien zum Ausdruck.[2]

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat deshalb zahlreiche Aktivitäten eingeleitet, um gut ausgebildete Fachkräfte auf dem Gebiet der Nanotechnologie in ausreichendem Umfang für die Märkte der Zukunft zur Verfügung zu stellen. Es wird als wichtig empfunden, bereits heute junge Menschen an die Chancen der Nanotechnologie heranzuführen und sie frühzeitig für diese Zukunftstechnologie zu begeistern. Dadurch soll das Interesse entstehen, den späteren Berufsweg entsprechend zu gestalten.

---

1 Innovations- und Technikanalyse, Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt, VDI Technologiezentrum, Düsseldorf, November 2005.

2 Innovations- und Technikanalyse, Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt, VDI Technologiezentrum, Düsseldorf, November 2005.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Die Auswahl staatlicher Maßnahmen zur Aus- und Weiterbildung im Bereich Nanotechnologie in Deutschland umfasst in erster Linie Studiengänge, Berufe und Nachwuchsgewinnung. Hochschulen beginnen in Deutschland bereits, maßgeschneiderte interdisziplinäre Ausbildungen mit fächerübergreifendem Ansatz anzubieten. Für NachwuchswissenschaftlerInnen der Nanotechnologie fördert das BMBF Wettbewerbe, in denen nahezu alle Forschungsfelder der Nanotechnologie vertreten sind. Zur Neuausrichtung der dualen Berufsausbildung untersuchte das BMBF Qualifikationstrends in innovativen Technologiefeldern, die darauf abzielen, Unternehmen aus der Forschung und Anwendung neuer Technologien wie der Nanotechnologie noch stärker für die duale Ausbildung zu gewinnen. Für die Berufsbildungsebene wurde eine Reihe von Materialien und Anschauungswerkzeugen geschaffen, die dazu dienen, in der Öffentlichkeit, in Schulen und in der Weiterbildung die Chancen und Potenziale der Nanotechnologie zu vermitteln, um qualifizierte Nachwuchskräfte zu gewinnen. Es wurde erkannt, dass das Bildungsangebot mit dem Bedarf der Unternehmen in Verbindung gebracht werden muss. Die Innovationskraft von Unternehmen in einem Spezialgebiet wie der Nanotechnologie ist in hohem Maße abhängig von der zielgerechten Qualifikation ihrer MitarbeiterInnen und Bildungsangeboten, die gut auf die Nachfrage ausgerichtet sind. Voraussetzung hierfür seien eine hohe Transparenz der Bildungsanbieter und ein leichter Zugriff auf geeignete Angebote der beruflichen Aus- und Weiterbildung.

Zum Bedarf der Unternehmen an innovationsunterstützenden Bildungsmaßnahmen sind Untersuchungen und Aktivitäten in Deutschland vorgesehen, die zu einer stärkeren Ausrichtung des Angebots auf den Bedarf beitragen sollen. Zahlreiche Kooperationen mit einschlägigen Bildungsträgern, Medien und staatlichen Organisationen unterstützen diesen Wissenstransfer.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

4.3.2 Beispiele für Förderungen in Deutschland

Nachwuchswettbewerb im Bereich Nanotechnologie
Dieser Wettbewerb des BMBF aus 2002 läuft über einen Zeitraum von fünf Jahren und hat ein Budget von etwa EUR 75 Mio. Ziel der Initiative war es, 20 Nanotechnologie-Nachwuchsgruppen an universitären oder außeruniversitären Forschungseinrichtungen aufzubauen, in denen (nahezu) alle Forschungsfelder der Nanotechnologie vertreten sind.

„Duale Ausbildung in innovativen Technologiefeldern" auf nichtuniversitärer Ebene
Das Projekt „Duale Ausbildung in innovativen Technologiefeldern" des BMBF soll Jugendliche verstärkt für eine Ausbildung in einem nanotechnologischen Schwerpunkt begeistern. Die grundlegende Idee der dualen Ausbildung liegt in der Verbindung von Theorie und Praxis – das Erlernen der entsprechenden Qualifikationen geschieht dabei vor Ort (also in einem Unternehmen oder einer Forschungseinrichtung) und wird durch den Unterricht an einer Berufsschule auf theoretischer Ebene ergänzt.[1]

Foliensammlung
Zur Information des wissenschaftlichen Nachwuchses erstellte das BMBF eine Foliensammlung, die der Vermittlung der Chancen und Potenziale der Nanotechnologie in der Öffentlichkeit, in Schulen und in der Weiterbildung dient.[2]

Lehrer-Online
Zur Positionierung nanotechnologischer Inhalte im schulischen Bereich wurde zudem die Initiative „Lehrer-Online" ins Leben gerufen. Über eine Internet-Plattform werden Unterrichtseinheiten zur Nanotechnologie didaktisch aufbereitet und für interessierte LehrerInnen online verfügbar gemacht.[3]

Experimentierkasten „NanoToolBox" für berufliche Schulen
Mit der Absicht, Jugendliche für Nanotechnologie zu begeistern, entwickelte der Verein NanoBioNet e.V. im Rahmen eines BMBF-Projektes gemeinsam mit saarländischen ForscherInnen und dem Kompetenzzentrum CC-NanoBioTech Kaiserslautern die „NanoToolBox". 2006 wurden 20 Exemplare der „NanoToolBox" an die LeiterInnen von beruflichen Schulen im Saarland überreicht. Die „NanoToolBox" enthält Materialien für zehn Versuche, die Nanotechnologie veranschaulichen. Initiator des Sponsorings ist die Stiftung Europrofession. Ziel ist es, junge Menschen schon früh an Zukunftsthemen heranzuführen, möglichen Vorurteilen entgegenzuwirken und junge Menschen zu ermuntern,

1 Dr. Waldemar Baron, BMBF, persönliche Stellungnahme per E-Mail vom 28.04.2006
2 Dr. Waldemar Baron, BMBF, persönliche Stellungnahme per E-Mail vom 28.04.2006
3 Dr. Waldemar Baron, BMBF, persönliche Stellungnahme per E-Mail vom 28.04.2006

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

sich näher mit der Nanobiotechnologie zu beschäftigen.[1] Seit 2005 zeigen bereits 50 Schulen im Saarland und in der Pfalz ihren SchülerInnen, wie man Textilien gegen Wasser resistent macht oder wie der so genannte „‚Easy to clean'-Effekt" entsteht. Die Nachfrage nach der „NanoToolBox" vonseiten der Schulen nimmt ständig zu. Die im Koffer befindlichen Materialien haben den Forschungsstatus durchlaufen und finden als fertige Produkte auf dem Markt Verwendung. Aufgrund der Interdisziplinarität der Nanotechnologie können die Versuche Einzug in den Biologie-, Chemie- oder Physik-Unterricht halten. Zielgruppen sind SchülerInnen, die über naturwissenschaftliche Grundkenntnisse verfügen.[2]

Studienführer Nanotechnologie

SchülerInnen, die sich für Hochschulangebote im Bereich Nanotechnologie interessieren, können auf eine neue Publikation des VDI Technologiezentrums zurückgreifen. Sie liegt als PDF-Dokument im Internet vor. Der Studienführer wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) erstellt. Die von VDI und BMBF getragene Aktion wird von namhaften Industriesponsoren unterstützt.[3]

easyScan 2 STM – ein virtuelles Rastertunnelmikroskop

Die Quantenphysik gewinnt in den Lehrplänen der gymnasialen Oberstufe eine immer größere Bedeutung. Ein Dilemma bei der Beschäftigung mit diesem Thema ist, dass wegen der Größenordnung (besser „Kleinheitsordnung") der untersuchten Strukturen und Phänomene vieles der unmittelbaren Anschauung nicht zugänglich ist. Viele Erscheinungen der Quantenphysik scheinen sogar der täglichen Lebenserfahrung zu widersprechen. Die Veranschaulichung wäre mit einem Rastertunnelmikroskop möglich, auf das jedoch Schulen in der Regel keinen Zugriff haben. Deswegen wurde die Möglichkeit geschaffen, mithilfe einer kostenlosen Software wesentliche Schritte bei der Visualisierung von Atomen zu simulieren; diese wurde SchülerInnen kostenlos im Internet zur Verfügung gestellt. Im Idealfall sollte dies von den SchülerInnen selbstständig am Computer oder am Laptop durchgeführt werden können.[4]

Für den Schulnachwuchs: Online-Chat zur Nanotechnologie

Mit einem Online-Chat am 10. November 2005 boten das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und *wasistwas.de* SchülerInnen die Gelegenheit, Fragen rund um das Thema Nanotechnologie zu stellen. „Warum bleiben plötzlich Graffiti nicht mehr auf Hausfassaden haften, können Autolacke auf Knopfdruck ihre Farbe wechseln oder gibt es schon Nanomedikamente für die Krebstherapie?" waren derartige Fragestellungen. LehrerInnen und SchülerInnen waren auch zu Diskussionen zu relevan-

1 http://www.lehrer-online.de/, 06.03.06
2 http://www.lehrer-online.de/, 06.03.06
3 http://www.lehrer-online.de/, 06.03.06
4 http://www.lehrer-online.de/, 06.03.06

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

ten Themen eingeladen. Beim ExpertInnenchat des BMBF in Kooperation mit *wasistwas.de* wurden Fragen rund um das Thema Nanotechnologie diskutiert. Ein Nanoexperte stand auf der WING-Konferenz[1] live Rede und Antwort. Der Chat war unter *www.wasistwas.de* und *www.bmbf.de* eingerichtet.[2]

CD-ROM: Ausbildung in innovativen Technologien
Das BMBF wirbt mit einer CD-ROM für die Ausbildung in innovativen Technologiefeldern. Die CD-ROM informiert anschaulich über verschiedene Ausbildungsmöglichkeiten in den Bereichen Nanotechnologie, optische Technologien, Biotechnologie sowie Mikrosystemtechnik. Angefangen bei Laborberufen, Computertechnik, Mechatronik, Elektronik, Werkstoffprüfung bis hin zum kaufmännischen Bereich werden 18 Ausbildungsberufe vorgestellt.

Die TechQuiz-Gewinnspielaktion des VDI
Die VDI Technologiezentrum GmbH entwickelte ein Wissensspiel rund um das Thema „Neue Technologien". Die Fragen des Wissensspiels sollten anwendungsorientiert sein und sich auf moderne physikalische Technologien beziehen, wie zum Beispiel die Supraleitung oder die Nanotechnologie. Zielgruppe waren SchülerInnen der 10. bis 13. Klassen. Das Projekt wurde durch den VDI im Auftrag und mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) durchgeführt. Die Einsendungen wurden später in das Wissensspiel integriert und die besten zehn Fragen mit attraktiven Preisen belohnt. Das fertige Spiel steht über das Internet kostenlos zur Verfügung.[3]

„NanoTruck"
Seit Jänner 2004 schickt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) den so genannten „NanoTruck" durch Deutschland. Er soll einem breiten Publikum die „komplexe und faszinierende Welt der Nanotechnologie" näher bringen. Auf der in diesem Zusammenhang eingerichteten Homepage wird das Ziel der Initiative dargestellt. Sie wurde ins Leben gerufen, um über den aktuellen Forschungsstand und die Entwicklungspotenziale der Nanotechnologie zu informieren. Ziel ist es zudem, den Dialog zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit zu fördern. Dieses Roadshow-Fahrzeug mit integrierter Ausstellung besucht unter anderem Veranstaltungen an Schulen, Universitäten und Forschungseinrichtungen. Es ist bei Informationsveranstaltungen von Unternehmen ebenso präsent wie bei Messen, Kongressen und Tagungen. An den Ausstellungsorten verwandelt sich der Truck in eine „mobile Erlebniswelt" und bietet auf rund 60 Quadratmetern Raum für „Wissenschaft zum Anfassen".[4]

---

1 (Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING)
2 http://www.lehrer-online.de/, 06.03.06
3 http://www.lehrer-online.de/, 06.03.06
4 (Homepage des NanoTrucks: http://www.nanotruck.de, 02.03.06)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

„nanoReisen“
Eine weitere Initiative des BMBF im Bereich des „Public Understanding of Science“ (Wissenschaft im Dialog) ist – neben dem NanoTruck – die virtuelle Plattform „nanoReisen“. Dies ist eine Homepage, die jungen UserInnen einen spielerischen Einblick in die Welt der Nanotechnologie vermitteln und somit Interesse für dieses wissenschaftliche Feld wecken soll.[1]

TechPortal Nanotechnologie
Laut ExpertInnen des BMBF ist die Innovationskraft von Unternehmen in einem Spezialgebiet wie der Nanotechnologie in hohem Maße abhängig von der zielgerechten Qualifikation der entsprechenden MitarbeiterInnen und von Bildungsangeboten, die gut auf die Nachfrage ausgerichtet sind. Als Voraussetzungen hierfür gelten:

- eine hohe Transparenz der Bildungsanbieter und
- ein leichter Zugriff auf geeignete Angebote der beruflichen Aus- und Weiterbildung sowie kurze Informationen zu einschlägigen Bildungsanbietern (Universitäten, Fachhochschulen und Weiterbildungsträger) mit Bezug zur Nanotechnologie.

Diese Informationen werden im Auftrag des BMBF im TechPortal Nanotechnologie bereitgehalten, strukturiert und laufend aktualisiert. Laufende Bestandsaufnahmen und Analysen im Auftrag des BMBF sollen das Angebot der Hochschulen, Bildungseinrichtungen und Weiterbildungsträger zur Nanotechnologie transparent machen.[2]

Fallbeispiele guter Praxis in Unternehmen
Derzeit werden im Auftrag des BMBF Fallbeispiele guter Praxis in Unternehmen identifiziert und Untersuchungen zum Bedarf der Unternehmen nach innovationsunterstützenden Bildungsmaßnahmen vorbereitet, die einer stärkeren Ausrichtung des Angebots am Bedarf dienen.[3]

Mannometer: Nanometer[4]
Die Lernstation „Mannometer: Nanometer!“ im Deutschen Museum Bonn richtet sich an LehrerInnen mit ihren Oberstufenklassen. Ausstellungstexte und Exponate erläutern anschaulich verschiedene Aspekte der Nanotechnologie. Im Zentrum steht dabei das Rastertunnelmikroskop, mit dem erstmals Atome sichtbar gemacht wurden. Speziell entwickelte Arbeitsblätter für die einzelnen Themenbereiche der Lernstation unterstützen die Vertiefung der Ausstellungsinhalte. Diese Arbeitsblätter stehen nach Anmeldung zur didaktischen Vorbereitung des Museumsbesuches für LehrerInnen und SchülerInnen

1 Friedewald/Roloff 2005: 95
2 Dr. Waldemar Baron, BMBF, persönliches E-Mail vom 28.04.2006
3 Dr. Waldemar Baron, BMBF, persönliches E-Mail vom 28.04.2006
4 http://www.mannometer-nanometer.de/index2.htm, 20.03.06

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

zum Abruf bereit. Der Sinn des Projektes ist es laut KoordinatorInnen des Projekts, den Unterricht „aus dem Klassenzimmer ins Museum“ zu verlagern. Die museale Ausstellung behandelt die Themen „Geschichte der Mikroskopie“ und „Geschichte der Rastertunnelmikroskopie“ sowie „Chemie der Nanopartikel“ und „Möglichkeiten der Nanotechnik“. Es wurde eine zweimonatige Testphase eingeführt, die klären sollte, wie „Mannometer" in seiner Form bei den BesucherInnen ankommt.

Lehrbuch „Faszination Nanowelten"
„Faszination Nanowelten“ ist das erste deutsche Lehrbuch zum Thema Nanotechnologie, das am 21. April 2005 im Deutschen Museum Bonn vorgestellt wurde. Zusätzlich wurde didaktisches Begleitmaterial für Lehrende zur Unterrichtsvorbereitung ausgearbeitet, was das Lehrmaterialangebot für LehrerInnen und SchülerInnen vervollständigt.

Nanotechnologie und Schule e.V.
Der gemeinnützige Verein „Nanotechnologie und Schule e.V.“ wurde 2003 in Bonn gegründet. Sein Ziel ist die Förderung der naturwissenschaftlich-technischen Schulbildung mit dem Schwerpunkt der Nanotechnologie und kontextbezogener Wissenschaften. Neben Veranstaltungen und Mitgliedschaft bietet dieser Verein Zugriff auf didaktische Unterlagen und Hinweise zu Lehrmaterialien für Nanowissenschaften und Nanotechnologien.

Nano4women
Am 18. November 2005 wurde der vom BMBF geförderte Nano-Karrieretag für Frauen abgehalten. Ziel war unter anderem der Aufbau eines internationalen Netzwerkes für Frauen in Nanoberufen. Er bestand unter anderem aus Workshops und Diskussionen mit internationalen Expertinnen aus Lehre, Forschung und Industrie über innovative Projekte und Entwicklungen, Trends und Visionen sowie einer Unternehmensmesse und einem Rahmenprogramm für Networking.

Nano4girls[1]
Gefördert vom BMBF und veranstaltet von der Universität Paderborn, wurde in Kooperation mit einschlägigen Firmen am 19.11.2005 der „Nano-Tag für Girls“ abgehalten. Hierbei konnte Lehrpersonal mit seinen Schülerinnen mehr über die Arbeitswelt und notwendigen Fähigkeiten sowie Qualifikationen erfahren, an Workshops und experimentellen Aktionen teilnehmen und auf der Messe Kontakte für die berufliche Zukunft knüpfen. Weiters konnten sich Mädchen über Ausbildungsmöglichkeiten und Praktika im Umfeld der Nanowissenschaften und Nanotechnologien informieren.

---

1 http://www.nano-4- women.de/nano4girls/bericht.php?bericht_id=391&PHPSESSID=86c7b4bc1512500286f93faa2e536bb5, 06.03.2006

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

4.4 Schweiz

Gemessen an ihrer Größe, ist die Schweiz im Bereich der Nanotechnologie äußerst aktiv und international erfolgreich – mit einer Investitionsleistung von mehr als 3% des BIP zählt die Schweiz im Bereich der Forschungs- und Entwicklungsförderung zur Weltspitze. 14 von 1.000 ArbeitnehmerInnen sind im Bereich Forschung und Entwicklung beschäftigt, 80% der Aufwendungen werden von privater Hand investiert.[1] Die öffentlichen F&E-Ausgaben des Technologiestandortes Schweiz für Nanotechnologie lagen 2004 in etwa 40% über dem österreichischen Niveau.

Die KTI Förderagentur für Innovationen des eidgenössischen Bundesamtes für Berufsbildung und Technologie unterstützt in der Schweiz die Zusammenarbeit von Hochschulen und Industrie im Bereich Mikro- und Nanotechnologien. Sie hilft, Lösungen zwischen verschiedenen Anwendungsbereichen und Industriebranchen zu finden, und fördert Projekte in anwendungsorientierter Forschung und Entwicklung zwischen Hochschulen und Unternehmen. Sie geht dabei nach dem Bottom-up-Prinzip vor, d.h., die Projektpartner definieren ihre Projekte selbst und die KTI fördert auch längerfristige „Discovery Projects“, die erst langfristig einen hohen Marktwert erwarten lassen.

Die schweizerischen Hochschulaktivitäten im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien sind besonders geprägt durch die beiden technischen Hochschulen ETH Zürich und EPF Lausanne, die einen weltweit ausgezeichneten wissenschaftlichen Ruf auf dem Gebiet der Mikro- und Nanotechnologie besitzen und zudem ein starkes Engagement bezüglich internationaler Forschungsprogramme aufweisen. Zusätzlich bieten mehrere Institutionen Hochschulausbildungen im Nanobereich an. Am National Center of Competence in Research (NCCR) an der Universität Basel werden Bachelor- und Masterstudiengänge in Nanowissenschaften angeboten, ein berufsbegleitendes, postgraduales Masterprogramm für Mikro- und Nanotechnik kann im Rahmen eines Kooperationsprojektes zwischen der FH Vorarlberg, des NTB Buchs, der ZHW Winterthur und der EMPA St. Gallen (EUREGIO Bodensee[2]) absolviert werden.

Nanoplattform der Schweizer Fachhochschulen
Sehr aktiv im Hinblick auf Aus- und Weiterbildung im Bereich der Nanotechnologie zeigen sich die schweizerischen Fachhochschulen. Im Zuge einer gemeinsamen Initiative wurde die „Nanoplattform der Schweizer Fachhochschulen“ aufgebaut, die folgende Ziele verfolgt:[3]

1 Morrison 2005, S. 66
2 http://www.ncb.ch/, 02.032006
3 Nanoplattform, Homepage: http://www.nanofh.ch, 02.03.2006

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ die Ausbildung der IngenieurInnen an den Fachhochschulen der Schweiz im Bereich der Nanotechnik in Theorie und Praxis zu fördern und auszubauen,
___ Industrieprojekte im Bereich der Nanotechnik zu fördern,
___ die Aktivitäten der Fachhochschulen im Bereich der Nanotechnik abzustimmen und
___ die Zusammenarbeit mit anderen Institutionen zu pflegen.

Die F&E-Ausrichtung der Nanoplattform betrifft folgende Nano-Forschungsthemen:

___ Micro- and Nanotechnology
___ Nanotools for Surface Analysis and Modifications
___ Surfaces Functionalisation @ Nanoscale
___ Components, Systems and Design for Nano- and Microtechnology
___ Nanomaterials
___ Biological and medical applications

Darüber hinaus bietet die Nanoplattform über die Berner Fachhochschule HTI Dienstleistungen für die Industrie an. Das dortige „Labor für Nanotechnik" ist mit einem Rasterkraftmikroskop und einem Rastertunnelmikroskop ausgestattet, welche für Lehre und Dienstleistungen bestimmt sind und mit welchen bereits viele Messungen für namhafte Schweizer Unternehmen durchgeführt wurden. Das Rasterkraftmikroskop wurde mithilfe der Förderagentur KTI finanziert.

Pilotversuch zur beruflichen Ergänzungsausbildung in Mikro- und Nanotechnologie

Im Rahmen eines Pilotprojektes der Swissmem Berufsbildung werden Ergänzungsausbildungen im Bereich der Mikro- und Nanotechnologie für AutomatikerInnen, ElektronikerInnen und PolymechanikerInnen angeboten. Das Projekt wird von der Swissmem Berufsbildung in Zusammenarbeit mit dem Micro Center Central-Switzerland AG (MCCS) realisiert und vom Bundesamt für Berufsbildung und Technologie finanziell unterstützt. Der Konzeptbericht von Swissmem begründet die Initiative damit, dass gut ausgebildete Berufsleute eine wichtige Voraussetzung sind, um die sich bietenden Chancen der Nanotechnologie auch nutzen zu können. Die Organisation offeriert damit neue berufliche Ausbildungsmöglichkeiten im Bereich der Mikro- und Nanotechnologie für ihre Mitglieder. Zusammen mit Lernzentren und Betrieben will sie gemeinsam die Ressourcen bündeln und für eine praxisorientierte Ausbildung nützen.[1]

NANO-4-SCHOOLS

Neben der Aus- und Weiterbildung für Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf universitärer Ebene existiert ein vielfältiges Angebot an außeruniversitären Programmen.

1 Swissmem 2005: 2

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Um der hohen Nachfrage nach „Berufsleuten“ mit nanotechnologischem Grundwissen gerecht zu werden, hat das Schweizerische Institut für Berufspädagogik (SIBP) im Jahr 2003 das Projekt NANO-4-SCHOOLS (Nanotechnologie in der Berufsbildung) initiiert. Das Projekt ist auf eine Initiative der Programmleitung TOP NANO 21 zurückzuführen und wurde vom SIBP in Zusammenarbeit mit dem Institut für die Sekundarstufe der Pädagogische Hochschule Bern durchgeführt. Die frühe Auseinandersetzung mit Nanotechnologie in der Schweiz schlug sich an den Universitäten in zahlreichen Aktivitäten nieder. Das berufliche Bildungssystem an den Schulen wurde jedoch anfangs weniger gut betreut. Deshalb wurde mit NANO-4-SCHOOLS die Nanotechnologie erstmals in die Berufsschulen eingebracht. Ziel war es, die Nanotechnologie als Lehrinhalt an den schweizerischen Berufsschulen fest zu verankern. In der Pilotphase wurden dazu mit ausgewählten Berufsschulen aus der West- und Deutschschweiz in den Bereichen Berufskunde und Allgemeinbildung geeignete Lerninhalte aus verschiedenen Gebieten der Nanotechnologie evaluiert und durch die Lehrkräfte berufsfeldspezifisch umgesetzt. Ein Projektteam begleitete und betreute dabei die beteiligten Schulen, stellte Kontakte zu SpezialistInnen aus Forschung und Industrie her und ermöglichte dadurch einen breiten Wissenstransfer.[1,2]

Folgende Projektziele wurden formuliert:[3]

- Sensibilisierung der AusbildnerInnen und zukünftigen Berufsleute für die Entwicklungen im Nanometerbereich
- Kennenlernen von neuen Instrumenten für die Nanodimension
- Förderung des Technologieverständnisses in der Ausbildung von Berufsschullehrpersonen und im Berufsschulunterricht
- Aufbau von Kontakten zu Partnern aus Forschung und Wirtschaft

Im Experteninterview zu dieser Initiative wurde erläutert, dass es „so etwas, wie einen ‚Nanoberuf’“ nicht gebe. Nanotechnologie werde von allen gebraucht: von ChemikerInnen über die MaschinenbauerInnen bis hin zu Elektrofachkräften und vielen anderen Berufsbildern. Deshalb werden SchülerInnen im Rahmen des Programmes spezifische Module, die in den Lehrplan integriert sind, geboten.[4] Darüber hinaus werden auch die Weiterbildung für das Lehrpersonal forciert und Weiterbildungsveranstaltungen zum Thema Nanotechnologie angeboten (z.B. „Einführung in die Nanotechnologie“ oder „Das Rasterkraftmikroskop im Berufsschulunterricht“). Eine im Jahr 2005 abgeschlossene Evaluierung stellte dem Projekt ein positives Zeugnis aus: Die Erfahrungen mit dem Projekt

1 Höhener in einem persönlichen Telefongespräch am 02.05.2006
2 Infobroschüre NANO-4-SCHOOLS: 13
3 Homepage NANO-4-SCHOOLS: http://www.nanoforschools.ch, 05.03.06
4 Höhener in einem persönlichen Telefongespräch am 02.05.2006

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Nanotechnologie in der Berufsbildung (NANO-4-SCHOOLS) sprechen laut den Betreibern dafür, das Thema Nanotechnologie in einem breiteren Umfeld zu positionieren.[1]

Nanofair 2004
Mit der Nanofair 2004 in St. Gallen wurde in Form einer Messe mit Konferenz und weiteren thematischen Begleitveranstaltungen eine internationale Plattform für Innovation und Markteintritte der Nano- und Mikrotechnologie durchgeführt. Sie gliederte sich in die Bereiche Life Sciences, Werkzeuge und Sensoren, Optik und Elektronik, Material und Oberflächen, Dienstleistungen sowie Forschung, Aus- und Weiterbildung.[2]

4.5 Weitere internationale Beispiele von Fördermaßnahmen für nanorelevante Aus- und Weiterbildungen

Die Vielfalt der Aktionen der vergangenen Jahre zu beschreiben, würde den Rahmen der vorliegenden Studie bei weitem sprengen. Betrachtet man nur das erste Quartal 2006, so wurden im Rhythmus von rund zwei Initiativen pro Monat in Europa neue Nanotechnologie-Forschungs- und -Transferzentren in Hochschulumgebung oder auf europäischer Ebene geförderte Infrastrukturprojekte mit hohen Fördervolumina für die Nutzung von Universitäten und KMUs publik gemacht. An dieser Stelle werden unter anderem prominente Beispiele dieser Initiativen vorgestellt.

4.5.1 Niederlande

Das holländische Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft
hat das neue holländische Nanotechnology Center of Excellence präsentiert. Die niederländische Regierung investiert EUR 50 Mio. in fünf neue Excellence Center, davon eines im Bereich Nanotechnologie. In diesen Zentren werden die drei Technischen Universitäten von Delft, Twente und Eindhoven ihre Ressourcen poolen und 30 zusätzliche ProfessorInnen anstellen. Die staatliche Förderung bezieht sich auf die Finanzierung der Anfangskosten dieser 30 neuen TopwissenschaftlerInnen. Nach der Startphase wird die neue Vereinigung der holländischen technischen Universitäten die Kosten dieser ProfessorInnen und die neuen Exzellenz-Zentren aus dem eigenen Budget zu finanzieren haben.[3]

1 Rupf et al. 2005: 63
2 http://www.ethlife.ethz.ch/articles/sciencelife/nanofair04.html, 09.03.06
3 Nanoforum, http://www.nanoforum.org/, 06.03.2006

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

4.5.2 Dänemark

Ein neues „Power Centre“ für Nanotechnologie wird in der Region der dänischen Hauptstadt eingerichtet, um die Position der Region zu stärken. Dies wird parallel zu einem Konsortium für Nanowissenschaften und Nanotechnologien eingerichtet, das gemeinsam von der Universität von Kopenhagen und der Technischen Universität von Dänemark gegründet wurde. Beide Universitäten haben große Beträge in Forschungsinfrastruktur investiert. So hat die Mc-Kinney Møllers Fond Stiftung zu Beginn dieses Jahres EUR 13 Mio. für die Entwicklung und den Ankauf des weltweit stärksten Mikroskops sowie fünf weiterer Mikroskope finanziert.[1]

4.5.3 Frankreich

Die European School On Nanosciences & Nanotechnologies wird als Sommerkurs von der Joseph Fourier University und dem Institut National Polytechnique of Grenoble organisiert und heuer von Ende August bis Mitte September in Grenoble abgehalten. Der drei Wochen dauernde Kurs zielt auf die Weiterbildung von diplomierten und promovierten JungwissenschaftlerInnen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien aus Universitäten und Forschungseinrichtungen ab. Die Fachrichtungen Biologie, Physik, Chemie werden interdisziplinär auf Nanowissenschaften und Nanotechnologien ausgerichtet angeboten. Die akademischen und praktischen Kurse decken die Entwicklung, die Funktionsweise und die Charakterisierung von Nanoobjekten ab. Das Charakteristikum der Ausbildung liegt im Laborschwerpunkt; die Hälfte des Ausbildungsprogramms ist für praktische Arbeiten in den Reinräumen des Interuniversity Centre for MicroElectronics Grenoble und anderen Forschungszentren reserviert. Zwei parallele Kurse werden für je 25 Personen angeboten: einer zum Thema Nanoelektronik und ein anderer an der Schnittstelle von Physik und Biologie. Interdisziplinarität ist das vorrangige Ziel dieser Ausbildung.[2]

4.5.4 Schweden

Die Chalmers University bietet europäischen WissenschaftlerInnen die Nutzung von Anlagen für Nanofabrikation. ForscherInnen der Mikro- und Nanotechnologie sind eingeladen, einen neuen fortschrittlichen Reinraum kostenfrei an der Schwedischen Univer-

1 Nanoforum, http://www.nanoforum.org/, 02.03.2006
2 Nanoforum, http://www.nanoforum.org/, 22.02.2006

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

sität zu nutzen. Die neue Anlage wurde für WissenschaftlerInnen und KMUs, die an der Erzeugung von Strukturen und Geräten für die Mikrowellenelektronik, Photonik, Mikro-/Nanosysteme und Nanotechnologie arbeiten, gleichermaßen geöffnet. Die in Nanowissenschaften und Nanotechnologien führende schwedische Forschungseinrichtung MC2 hat einen Vertrag mit der Europäischen Kommission abgeschlossen, durch den das Reinraumlabor europäischen WissenschaftlerInnen kostenlos zur Verfügung gestellt wird. Das Projekt namens MC2ACCESS startete am 1. Jänner 2006 und ist auf 48 Monate ausgelegt. Der Zugang zur Anlage ist Universitäten und anderen Organisationen vorbehalten, die ihre Forschungsresultate frei zur Verfügung stellen.[1]

Das schwedische „Interdisziplinäre Werkstoff-Konsortiums Programm" blickt auf eine lange Tradition zurück und bettet die eigentliche nanotechnologische Forschung in ein Netz von verschiedensten Materialforschungs-Konsortien ein. Diese sind an Universitäten angeschlossen und werden von WissenschaftlerInnen geleitet – dennoch wird die Verbindung zur Wirtschaft betont und die Anwendbarkeit im industriellen Bereich und deren Beteiligung als Grundvoraussetzung zur Bedingung gemacht. Die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft ist dabei durch eine/n so genannte/n LiaisonwissenschaftlerIn gewährleistet, dessen/deren hauptsächliche Aufgabe in der Herstellung, Pflege und Aufrechterhaltung der Beziehung zu Unternehmen besteht. Diese/r LiaisonwissenschaftlerIn verbringt den Großteil seiner/ihrer Zeit in einem Unternehmen, lediglich 20% der Arbeitszeit sind der Betreuung von DoktorandInnen und universitären Projekten gewidmet. Charakteristisch ist an diesem Modell vor allem die Betonung des langfristigen Nutzens. Die Industriepartner stellen an die wissenschaftlichen Stellen keine Forderungen nach kurzfristiger kommerzieller Verwertbarkeit, sondern legen den Fokus auf den Zugang zu neuem Wissen – wohl wissend, dass diese Erkenntnisse zukünftige Produkthorizonte mitbestimmen können.

4.5.5 Finnland

Gegenwärtig garantieren Graduate Schools, internationale Summer Schools, die Helsinki Metropolitan Area Researcher Training Cooperation sowie andere nationale Kooperationen von WissenschaftlerInnen unterschiedlicher Disziplinen ein hohes Niveau der Entwicklung und Ausweitung multidisziplinärer Ausbildungsprogramme für WissenschaftlerInnen im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien.

---

1 Nanoforum, http://www.nanoforum.org/, 20.02.2006

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Hervorzuheben ist dabei vor allem die Jyväskylä International Summer School, an der hochrangige Vortragende aus führenden Nanotechnologie-Nationen eingeladen wurden, vor einer multinationalen StudentInnenschaft Kurse abzuhalten.[1]

4.6 Resümee

Für eine grobe Beurteilung der verschiedenen dargestellten Beispiele von Fördermaßnahmen für Aus- und Weiterbildung oder verwandte Aktionen wurde ein einfaches Bewertungsschema herangezogen, das sich an den folgenden Aspekten orientiert:

- Ausbildungslevel („niedrig" entspricht Sekundarstufe, „mittel" entspricht Bachelor- und Master-Stufe, „hoch" entspricht DissertantInnen- oder Postdoc-Stufe)
- Awareness/Fokussierung („breit" meint das Ansprechen breiter InteressentInnengruppen, etwa aller SchülerInnen in einer bestimmten Fachrichtung; „fokussiert" meint das Ansprechen ganz bestimmter, meist recht überschaubarer InteressentInnengruppen, etwa bestimmter Forschungszirkel)
- Implementierungsinnovation („angepasst" entspricht der leichten Adaptierung bestehender Lehrpläne und Studienprogramme, „innovativ" entspricht hingegen z.B. der vollständigen Neueinrichtung von Studienprogrammen)
- Nanotechnologie-Feld („breit" meint hier ein Ansprechen der gesamten Breite der Nanowissenschaften und Nanotechnologien, „spezifisch" meint die Fokussierung auf ein bestimmtes Nanotechnologie-Feld)
- Didaktische Orientierung („gering" bedeutet eine schwache Orientierung an didaktischen Umgebungsvariablen, „hoch" bedeutet eine massive didaktische Erleichterung durch die entsprechende Maßnahme)

Die Bewertung wurde anhand der verfügbaren Informationen zu den jeweiligen Beispielen vorgenommen, zum Teil wurden auch die internationalen ExpertInnen zu ihrer Einschätzung der jeweiligen Maßnahme befragt; in der Regel waren die derartigen Antworten jedoch entweder sehr zurückhaltend oder wurden verweigert, da einzelne InterviewexpertInnen mit eigenen Beispielen vertreten waren.

Bei vielen der dargestellten Maßnahmen handelt es sich um breit angelegte Awareness-Maßnahmen, die unter anderem auch Auswirkungen auf die Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien haben. Aufgrund der hohen Interdisziplinarität der Materie Nanowissenschaften und Nanotechnologien sowie der damit verbundenen didaktischen Herausforderungen ist die Zahl von „na-

1 Mattila, M. (2005): 6

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

nospezifischen“ Studienprogrammen auf europäischer Ebene nach wie vor relativ gering, insbesondere auf Bachelor-Ebene. Dennoch gibt es auch hier erste erfolgreiche Schritte, wie etwa das Bachelor-Studium in Nanowissenschaften an der Universität Basel. Bachelor-AbsolventInnen können zwischen einer Berufstätigkeit und Masterstudien in den Bereichen Nanowissenschaften, Biologie, Chemie und Physik wählen. Eine erste intensive Auseinandersetzung mit Themen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien findet somit bereits vor dem Vertiefungsstudium statt.[1]

1 http://www.nanostudy.unibas.ch, 15.05.2006

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 4.1

Grobbewertung der einzelnen Maßnahmenbeispiele

Maßnahmenbeispiel (Land)	Ausbildungslevel	Awareness/ Fokussierung	Implementierungsinnovation	Nanotechnologie-Feld	Didaktische Orientierung
Nachwuchswettbewerb im Bereich Nanotechnologie (D)	hoch	spezifisch	mittel	teilweise	gering
„Duale Ausbildung in innovativen Technologiefeldern“ auf nichtuniversitärer Ebene (D)	niedrig	breit	gering bis mittel	breit	mittel bis hoch
Foliensammlung (D)	niedrig	breit	gering	breit	gering bis mittel
Lehrer-Online (D)	niedrig	breit	gering bis mittel	breit	gering bis mittel
Experimentierkasten „NanoToolBox“ für berufliche Schulen (D)	niedrig	breit	mittel	breit	mittel bis hoch
Studienführer Nanotechnologie (D)	mittel bis hoch	breit mit tw. Fokussierung	gering	breit	gering
easyScan 2 STM – ein virtuelles Rastertunnelmikroskop (D)	niedrig bis mittel	breit	gering bis mittel	teilweise	gering bis mittel
Online-Chat zur Nanotechnologie (D)	niedrig	breit	gering	breit	gering bis mittel
CD-ROM: Ausbildung in innovativen Technologien (D)	niedrig bis mittel	breit mit tw. Fokussierung	gering	breit	gering
TechQuiz-Gewinnspielaktion des VDI (D)	niedrig bis mittel	breit	gering	breit	gering bis mittel
„NanoTruck“ (D)	niedrig bis mittel	breit	gering bis mittel	breit	gering bis mittel
„nanoReisen“ (D)	niedrig bis mittel	breit	gering bis mittel	breit	gering
TechPortal Nanotechnologie (D)	niedrig bis hoch	breit bis fokussiert	gering	breit	gering

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Maßnahmenbeispiel (Land)	Ausbildungslevel	Awareness/ Fokussierung	Implementierungsinnovation	Nanotechnologie-Feld	Didaktische Orientierung
Fallbeispiele guter Praxis in Unternehmen (D)	niedrig bis hoch	tw. fokussiert	gering bis mittel	breit	gering
Mannometer: Nanometer (D)	niedrig	breit	mittel	breit	gering bis mittel
Lehrbuch „Faszination Nanowelten“ (D)	niedrig	breit	mittel	breit	mittel bis hoch
Nanotechnologie und Schule e.V. (D)	niedrig	breit	mittel bis hoch	breit	mittel bis hoch
Nano4women (D)	niedrig bis mittel	geringe Fokussierung	gering bis mittel	breit	gering
Nano4girls (D)	niedrig	geringe Fokussierung	gering bis mittel	breit	gering
Nanoplattform der Schweizer Fachhochschulen (CH)	mittel	breit	gering bis mittel	tw. fokussiert	mittel bis hoch
Pilotversuch berufliche Ergänzungsausbildung Mikro- und Nanotechnologie (CH)	niedrig	tw. fokussiert	mittel bis hoch	tw. fokussiert	mittel
NANO-4-SCHOOLS (CH)	niedrig bis mittel	breit	gering bis mittel	breit	mittel bis hoch
Nanofair 2004 (CH)	niedrig bis hoch	breit	gering	breit	gering
Nanotechnology Center of Excellence (NL)	hoch	fokussiert	hoch	fokussiert	mittel
Power Centre für Nanotechnologie (DK)	hoch	fokussiert	mittel	fokussiert	gering
European School On Nanosciences & Nanotechnologies (F)	hoch	fokussiert	mittel bis hoch	fokussiert	mittel bis hoch

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Maßnahmenbeispiel (Land)	Ausbildungslevel	Awareness/ Fokussierung	Implementierungsinnovation	Nanotechnologie-Feld	Didaktische Orientierung
Nutzung von Anlagen zur Nanofabrikation (S)	mittel bis hoch	fokussiert	mittel bis hoch	fokussiert	gering bis mittel
Interdisziplinäres Werkstoff-Konsortiums Programm (S)	hoch	fokussiert	mittel bis hoch	fokussiert	gering bis mittel
Graduate Schools, Summer Schools (FI)	hoch	fokussiert	mittel	fokussiert	mittel

Quelle: Eigene Darstellung

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

5 Kernergebnisse, Handlungsoptionen, Szenarien

5.1 Einleitung

Im vorliegenden Kapitel werden Kernergebnisse in Form einer Gegenüberstellung von Angeboten der Aus- und Weiterbildungslandschaft und relevanter Personalnachfrage auf Seiten der Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien abgeleitet (Kap. 5.2). Aufbauend auf diesen und in Conclusio der voran stehenden Analysen werden in einem weiteren Schritt Handlungsoptionen für Aus- und Weiterbildungen abgeleitet (Kap. 5.3), auf Basis derer eine Szenarienanalyse vorgenommen wird (Kap. 5.4)

5.2 Gegenüberstellung Angebot und Nachfrage Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien

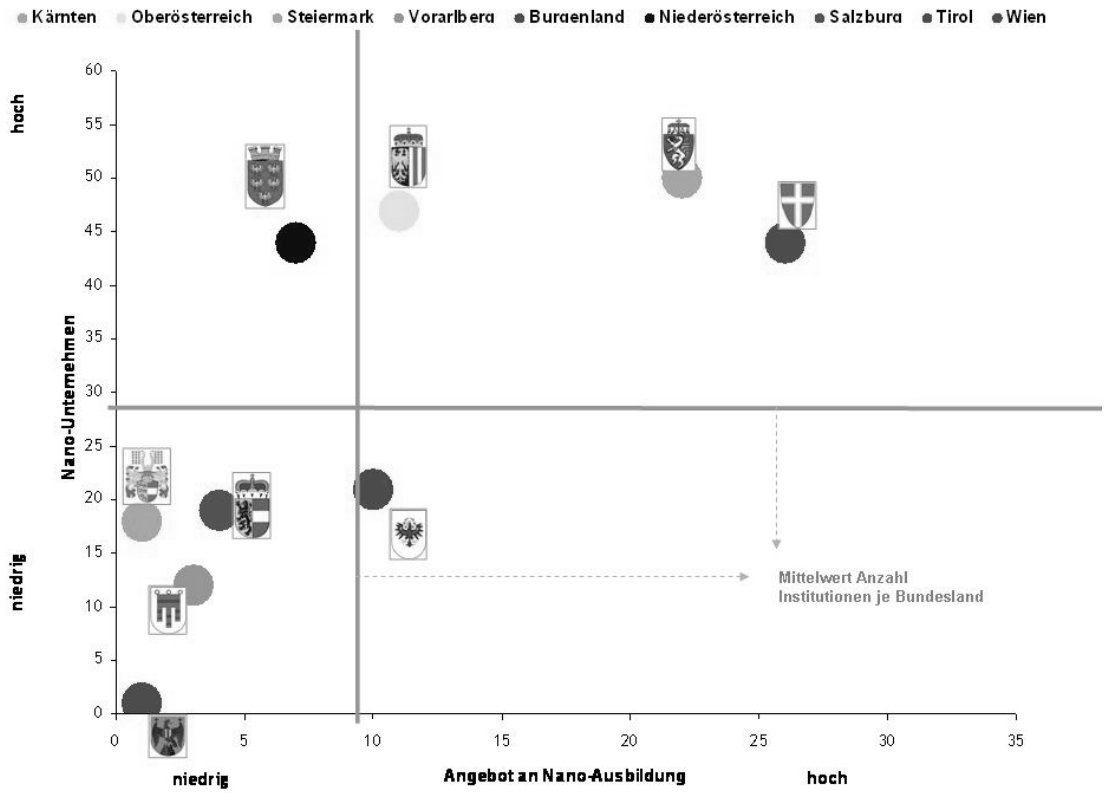
In diesem Abschnitt findet eine Gegenüberstellung der Kernergebnisse der Analysen des Bildungssektors und der einschlägig nachfragenden Unternehmen statt. Die Analyse bezieht sich auf die institutionelle Verteilung des Arbeitsmarktes auf Bundesländerebene, nach Technologiefeldern der Nanowissenschaften und Nanotechnologien sowie nach Qualifikationsebenen. Dabei wird auf die Suche nach potenziellen zukünftigen Ungleichgewichten am Arbeitsmarkt besonderes Augenmerk gelegt.

In der regionalen Übersicht der Zahl an aktuell in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktiven Institutionen zeigt sich, dass die Bundesländer Steiermark, Oberösterreich und Wien sowohl aufseiten des Bildungsangebots als auch bei den Unternehmen überdurchschnittlich vertreten sind. Niederösterreich gehört zur Gruppe der Bundesländer mit hoher Firmenbelegung, ist jedoch hinsichtlich der Ausbildungsstätten unterrepräsentiert. Als Grund hierfür wird angenommen, dass die Bundeshauptstadt Wien, welche in diesem Bundesland eingebettet ist, bereits eine Vielzahl von Ausbildungsmöglichkeiten abdeckt. Für Tirol gilt genau das umgekehrte Muster. Die Basis an Aus- und Weiterbildungsinstitutionen in Salzburg und Vorarlberg sowie vor allem in Kärnten und im Burgenland ist etwas bzw. deutlich schwächer ausgeprägt als in den voranstehend angeführ-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

ten Bundesländern. Im Burgenland können darüber hinaus derzeit kaum Nanoaktivitäten auf Unternehmensebene beobachtet werden.

Abbildung 5.1
Bildungseinrichtungen und bereits in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktive Unternehmen im Vergleich nach Bundesländern, absolut



Quelle: Eigene Erhebung

Nach Technologiefeldern der Nanowissenschaften und Nanotechnologien strukturiert, liegt sowohl bei den Einrichtungen der Aus- und Weiterbildung als auch bei den nachfragenden Unternehmen der technologische Schwerpunkt auf „Nanomaterialien & Materialforschung". Diese thematische Fokussierung wurde bereits in Vorläuferstudien festgehalten.[1]

Absolut gesehen ist die Zahl der nachfragenden Unternehmen deutlich höher als die Zahl der Ausbildungsinstitutionen, noch dazu werden dort nur in geringem Ausmaß

1 Vgl. z.B. Friedewald, M.; Roloff, N. (2005): Nanowissenschaften und Nanotechnologie in Österreich

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

auch tatsächlich SpezialistInnen für bestimmte Bereiche der Nanowissenschaften und Nanotechnologien ausgebildet. In der Regel sind – auch in Bezug auf die Nanowissenschaften und Nanotechnologien – die Aus- und Weiterbildungsinstitutionen deutlich breiter angelegt als die Gesamtnachfrage einzelner Unternehmen. Die stärkere Themenvielfalt in der Aus- und Weiterbildung ergibt sich speziell bei „Analytik & Metrologie", wo die Bildungsintensität in etwa um das Vierfache höher ist als die Aktivitäten der Unternehmen. Ähnlich stark ist die Differenz bei „Nanobiotechnologie & Nanomedizin". Lediglich die IKT hält bei beiden rund 10%.

Tabelle 5.1

Bildungseinrichtungen (A) und bereits in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktive Unternehmen (N) im Vergleich nach Technologiefeldern, in % des Technologiefeldes (Mehrfachnennungen)

Themengebiet	Anteil Institutionen auf Angebotsseite	Anteil der Unternehmen auf Nachfrageseite
Analytik & Metrologie	43%	10%
Nanomaterialien	72%	68%
Elektronik & Optoelektronik	28%	20%
IKT	10%	10%
Nanobiotechnologie & Nanomedizin	38%	15%
Sonstige & übergreifende Themen	21%	36%

Quelle: Eigene Erhebung, Mehrfachnennungen möglich

Die Verteilung von Angebot und Nachfrage auf institutioneller Ebene nach Bundesland je Technologiefeld wiederholt noch einmal die relative Position der Regionen in Angebot und Nachfrage. So stehen beispielsweise in Niederösterreich wenig einschlägige Bildungswege bei hoher Firmenzahl zur Verfügung. Dieses Muster ist in annähernd allen Technologiefeldern zu erkennen.

Alles in allem ist die Struktur der Themenbelegung nach Bundesländern sehr ähnlich verteilt. Vereinzelt sind jedoch Ungleichgewichte anzutreffen. Speziell für das am stärksten besetzte Feld der „Nanomaterialien" ist festzuhalten, dass Oberösterreich zwar über ein hohes Nachfragepotenzial verfügt, jedoch auf Angebotsseite weniger Angebote als andere Bundesländer aufweisen kann. Für das Bundesland Steiermark gilt für den Bereich der „Nanomaterialien" genau das Gegenteil. Diese beiden Regionen gehören zu

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

den wichtigsten ProponentInnen der Nanotechnologie-Szene in Österreich und es ist zu erwarten, dass eine Abstimmung bzw. Verflechtung der Aktivitäten dieser Regionen für ein Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage und die Position der Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich förderlich ist.

Ein nahezu gleiches Muster zeigt sich im Themenfeld „Informations- und Telekommunikationstechnologie". Dieses Technologiefeld ist relativ gesehen in Oberösterreich von weniger Firmen besetzt als die Steiermark. Aber auch hier kann sich eine Abstimmung der Netzwerkaktivitäten positiv auf das Gleichgewicht am Markt für Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien auswirken.

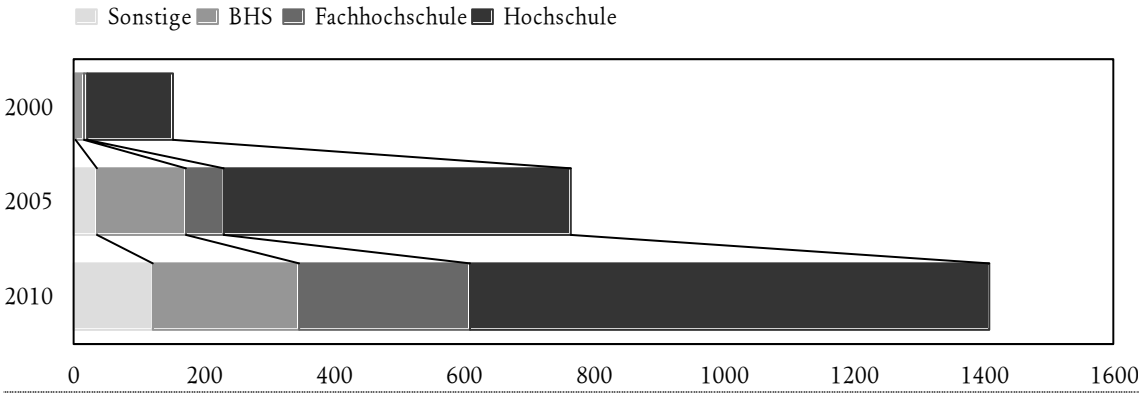
Im Vergleich der gegenwärtigen Verteilung der im Bildungssektor angebotenen Qualifikationen und deren Einsatz in den Unternehmen zeigt sich, dass die Bildungslandschaft strukturell für den aktuellen Arbeitsmarktbedarf zurzeit gut angepasst ist. Etwa 70% der Bildungsanbieter bieten Diplom- bis Doktoratsstudien der untersuchten Fachrichtungen an. Gleichermaßen sind in rund 70% der Unternehmen Personen dieser Qualifikationsniveaus für Aufgaben der Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Einsatz. Aus den ExpertInnengesprächen ergab sich weiters, dass das aktuelle Angebot an tertiären Ausbildungsschienen als solches ausreichend für die allgemeinen Bedürfnisse der Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich ist. Derzeit sind v.a. Adaptierungsarbeiten im Studieninhalt und -verlauf bzw. in der Vertiefung interdisziplinärer Ansätze vorrangig. Einzig auf Ebene der Höchstqualifizierten – etwa AbsolventInnen von Postdoc-Programmen bzw. promovierte IngenieurInnen mit speziellen Nanoqualifikationen – wird das nationale Angebot als derzeit nicht ausreichend empfunden. Hier verfolgen die Unternehmen verstärkt globale Personalrekrutierungsstrategien. Die Ausbildung derartiger SpezialistInnen in Österreich steht jedoch in keinem Bezug zur aktuellen wirtschaftlichen Position von geschätzten 150 Unternehmen mit wirtschaftlichem Schwerpunkt auf Nanowissenschaften und Nanotechnologien.

Interessant wird die zukünftige Entwicklung aufgrund der Pläne vieler Unternehmen, von der experimentellen Seite zur anwendungsorientierten Produktentwicklung und Produktion zu wechseln. Die Beschäftigtenzahl mit Aufgaben in Nanowissenschaften und Nanotechnologien soll vergleichbar mit den Erwartungen beim Boom der Informationstechnologie rund um das Jahr 2000 mittelfristig um 15% bis 20% jährlich zunehmen. Einerseits sollten bei der Quantifizierung von Beschäftigungsdaten im Zusammenhang mit derartigen Wachstumserwartungen der Unternehmen konservative Schätzungen verwendet werden. Andererseits sind die Steigerungsannahmen bei den Unternehmen aus heutiger Sicht durchgehend derart hoch, dass ein deutlicher Nachfragezuwachs an Beschäftigten bis zu einer Verdoppelung des Beschäftigtenstandes erwartet werden kann. Gleichzeitig führt diese Anwendungsorientierung im Zusammenhang mit der Stärke des

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Technologiefeldes Nanomaterialien zu einer Zunahme der Nachfrage nach Ingenieursqualifikationen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf Ebene der Berufsbildung, wo sie derzeit noch kaum verankert ist, und – geht es nach den Unternehmen – vor allem auf Fachhochschulebene.

Abbildung 5.2
Beschäftigung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien nach Qualifikationsebene, absolut – 2000, 2005 und 2010



Quelle: Eigene Berechnungen

Insgesamt sind die Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Vergleich zu den Hochtechnologie-Branchen *Life Sciences* bzw. Informations- und Telekommunikationstechnologien derzeit noch eine Produktionsnische, in der das Arbeitsmarktgleichgewicht auf den ersten Blick für die Beschäftigungssituation in Österreich eine untergeordnete Rolle spielt. Ob durch die Nanowissenschaften und Nanotechnologien eine technologische Revolution eingeleitet wird, oder ob sie langsam andere Technologien verdrängen, kann aus heutiger Sicht nicht beantwortet werden.

Die sich derzeit abzeichnenden Nachfragemuster vonseiten der Unternehmen legen die Vermutung nahe, dass die Qualifikationsnachfrage in den kommenden Jahren durch das österreichische Qualifizierungsangebot nicht gedeckt werden kann. Der Vergleich von Bedarfs- und AbsolventInnenzahlen auf den unterschiedlichen Ebenen zeigt dabei auf den ersten Blick noch keinen eklatanten Mangel, bei genauerer Analyse gibt es jedoch verschiedene Hinweise auf einen zu erwartenden Mangel an qualifizierten Fachkräften:

- So sind die zirka 300 AbsolventInnen von höheren technischen Lehranstalten derart breit qualifiziert, dass diese Zahl keinerlei Anhaltspunkt für eine spätere Tätigkeit der AbsolventInnen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien liefert. Stattdessen ist anzunehmen, dass lediglich eine sehr geringe Zahl von HTL-AbsolventInnen tatsächlich für derartige Tätigkeiten ausreichend qualifiziert ist, der-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

zeit in Form von Maturaarbeiten im Umfeld der Nanotechnologie. Dabei handelt es sich österreichweit um rund 10-20 Personen jährlich.

- Auf Berufsbildungsebene ist die Nachfrage nach wie vor nicht stark genug, um neue Lehrangebote etablieren zu können. Eine „Anreicherung" bestehender Lehrpläne (etwa im Bereich Oberflächenbeschichtung und Materialbearbeitung) scheint jedoch sinnvoll zu sein.
- Auf Fachhochschulebene finden derzeit noch kaum Spezialisierungen auf das Ausbildungsgebiet Nanowissenschaften und Nanotechnologien statt. Lediglich in Form von Spezialisierungen im Masterstudium bzw. im Rahmen des Berufspraktikums oder der Diplomarbeit wird eine echte Fokussierung auf Nanowissenschaften und Nanotechnologien vorgenommen. In den kontaktierten relevanten Fachhochschul-Studiengängen kann davon ausgegangen werden, dass die Zahl der auf Nanotechnologie fokussierten AbsolventInnen jährlich bei rund 20 Personen liegen wird. Im Vergleich zur jährlichen Nachfrage vonseiten der Unternehmen kann somit von einer Unterbelegung ausgegangen werden.
- Auf Universitätsebene ist das nanorelevante Studienangebot am weitesten und differenziertesten ausgeprägt. Hier kann davon ausgegangen werden, dass jährlich über 100 Diplomarbeiten mit einem nanorelevanten Fokus in Österreich fertig gestellt werden. Andererseits würden viele der DiplomandInnen nach vollendeter Diplomarbeit eine wissenschaftliche Karriere anstreben, sodass für die Industrie lediglich rund 40-50 AbsolventInnen mit Nanofokus jährlich zur Verfügung stehen würden. Gleichzeitig klagt der relevante Wissenschaftsarbeitsmarkt jedoch auch über einen Mangel an qualifiziertem Nachwuchs.
- Im Bereich der höchstqualifizierten Arbeitskräfte schließlich muss die österreichische Situation in einem hochkompetitiven internationalen Umfeld betrachtet werden. Österreichische NanospezialistInnen zeigen eine hohe Tendenz, Lehr- und Forschungsaufträge im Ausland anzunehmen, während es in Österreich gleichzeitig auch schwierig ist, relevante Lehrstühle adäquat zu besetzen. Aus dem Bereich der DissertantInnen und Postdocs kann somit keine konkrete Zahl an für Unternehmen im engeren Sinn verfügbarem Personal jährlich abgeleitet werden. Allerdings behaupten auch hier die österreichischen Unternehmen, globale Rekrutierungsstrategien zu verfolgen.
- Die Gegenüberstellung der sehr konservativen Schätzung des einschlägigen Unternehmensbedarfs von 2006 bis 2010 und einer optimistischen Schätzung des zusätzlichen Angebots an einschlägig tertiär qualifizierten Personen führt zu folgendem Ergebnis: Die befragten Unternehmen gaben einen Zusatzbedarf bis 2010 von zumindest rund 500 HochschulabsolventInnen im Bereich Nanotechnologien und Nanowissenschaften an. Das Ausbildungssystem stellt – auf Basis des derzeitigen Angebots – pro Jahr nur rund 50 derartige Personen für den Unternehmensektor zur Ver-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

fügung, d.h. bis 2010 bedeutet dies einen Mangel von zumindest 250 Personen bzw. einen jährlichen Mangel von zumindest 50 Personen.

5.3 Handlungsoptionen aus Sicht der Aus- und Weiterbildungsträger

Die Handlungsoptionen für die öffentliche Hand und die potenziellen Maßnahmen zur Förderung und Unterstützung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich wurden systematisch aus mehreren Quellen abgeleitet. Dazu zählen etwa die Wünsche und Anregungen der Kontaktpersonen aus den qualitativen und quantitativen Erhebungen auf dem Aus- und Weiterbildungssektor sowie bei Unternehmen, die Schlussfolgerungen aus der Bestands- und Bedarfsanalyse sowie ähnliche Aktivitäten in vergleichbaren Staaten. Die Handlungsoptionen, die in den verschiedenen Erhebungsschritten mit VertreterInnen von Bildung, Forschung und Wirtschaft formuliert wurden, werden im folgenden Kapitel strukturiert zusammengefasst. In einem ersten Schritt wurden die Ergebnisse der ExpertInnenbefragung im Bildungssektor berücksichtigt, welche grob nach Bildungsebene, Zielgruppen und übergeordneten Zielen zusammengefasst wurden. Weiters wurden – in ähnlicher Vorgangsweise – die relevanten Aussagen von UnternehmensvertreterInnen strukturiert.

5.3.1 Aufbau von Lehrkompetenz auf Hochschulebene

Die Forschungslandschaft in Österreich im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien gilt – mit einigen Ausnahmen – bei den InterviewpartnerInnen als relativ gut entwickelt. Im Vergleich dazu werden jedoch zum Teil Schwierigkeiten dabei identifiziert, Forschungsarbeit in Lehr- oder Studienangebote umzusetzen. Dies hängt zum einen mit der starken Forschungslastigkeit (starke Betonung der Forschungskompetenz und geringere Betonung der Lehrkompetenz) an einigen Universitäten zusammen. Zum anderen ist diese Situation Ausdruck dessen, dass Nanowissenschaften und Nanotechnologien sehr stark als „Top-Level-Forschung“ angesehen werden, die in früheren Studiensemestern möglicherweise schwierig unterzubringen sei. Ein „Bildungs-Innovationsmanager“ könnte helfen, Ergebnisse aus der Forschung rascher und zielgerichteter in der Lehre umzusetzen, um damit die Lehre anwendungsorientiert und aktuell zu halten. Konkrete Beispiele aus der Forschung unterstützen auch das Verständnis der Studierenden zum Problemkreis Nanowissenschaften und Nanotechnologien.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Aussagen zum Aufbau von Lehrkompetenz
Zitate aus Interviews mit ExpertInnen aus dem Aus- und Weiterbildungsbereich
„Zur Situation in Österreich: Da gibt es ein riesiges Problem. Das Lehrangebot ist am oberen Ende miserabel, in Bezug auf das, was den Studenten abverlangt wird, und auch, was wir anbieten können. Unsere Studenten sind sehr gut, aber in der Sachausbildung sind sie weit hinterher. Ich kann keine Doktorarbeit vergeben, die in der Weltspitze dabei wäre." (INT38)
„Die Lehrveranstaltungen werden individuell gestaltet. Bislang wurde kein spezielles Nano-Ausbildungsprogramm eingerichtet, kein spezieller Schwerpunkt – weder im Rahmen des Maschinenbaus noch an der TU Wien insgesamt. Es wurde nur ansatzweise damit begonnen, freiwillig einen kleinen Schwerpunkt in diese Richtung zu setzen." (INT67)

5.3.2 Einrichtung neuer Studienangebote im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Auf den ersten Blick einfach und besonders relevant scheint die Einrichtung von neuen Studienangeboten für den Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu sein. Damit könnte die Umsetzung von Forschungsergebnissen in die Lehre forciert werden, eine Fokussierung auf den Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien würde nicht nur in der Lehre, sondern auch in der Außenwahrnehmung des Studienangebots geschehen. Und schließlich könnte die Einrichtung neuer Studiengänge bzw. Studienschwerpunkte auf Hochschulebene die Anforderungen durch die offenbar wachsende Kluft zwischen Angebot und Nachfrage verringern. Dabei gibt es jedoch auch einige Gefahrenpotenziale, die hier nicht außer Acht gelassen werden sollten. So besteht etwa die Gefahr einer „Überhitzung" des Angebots, wobei ein zwischenzeitliches Überangebot an AbsolventInnen im Vergleich zur Arbeitsmarktnachfrage die negative Tendenz der Verringerung der gesellschaftlichen Akzeptanz des Themenbereichs Nanowissenschaften und Nanotechnologien birgt.

Gleichzeitig müssen jedoch Begleitmaßnahmen in Richtung Marketing oder positiver Außendarstellung dieser Lehrangebote geschehen, da sich auch in der Vergangenheit schon häufig zeigte, dass die Einrichtung von Lehrangeboten allein nicht ausreicht, um damit auch SchülerInnen oder Studierende anzuziehen. Dem Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien wird von vielen ExpertInnen ein gutes Nachfragepotenzial

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

bescheinigt, dennoch sollte eine adäquate Information an Aus- und Weiterbildungsinteressentinnen zum Arbeitsmarktbedarf und zur Zukunftsträchtigkeit des Themas „Nano“ erfolgen.

Meinungen zur Einrichtung neuer Lehrangebote

Zitate aus Interviews mit ExpertInnen aus dem Aus- und Weiterbildungsbereich

„Der Arbeitsmarkt ist ausgetrocknet, was die Technik anbelangt. Dort werden viele HTL-Ingenieure gebraucht. Wir haben pro Jahr ca. 25 Absolventen – die sind dann schon alle weg. Ein Großteil der Absolventen landet durch den Aufbau des PCCL in der angewandten Forschung. Das Angebot auf dem Arbeitsmarkt ist derzeit geringer als die Nachfrage durch die Industrie.“ (INT50)

„Analoge Hochfrequenzschaltungstechnik bei uns – das ist ein Gebiet, das von der Wertschöpfungskette immer kleiner wird. Es wird immer digitaler, das bedeutet, dass der analoge Teil immer kleiner und damit immer wichtiger wird. In dem Bereich gibt es eine sehr große Nachfrage nach Mitarbeitern, die nicht zu decken ist. Bei uns gibt es mit integrierten Schaltungen einen Schwerpunkt. Bei der TU Graz gibt es mit ‚System on Chip' auch einen Schwerpunkt. Der Bedarf ist aber nicht deckbar. Es gibt immer kleinere Strukturen in der Schaltungstechnik, was bedeutet, dass es schwierig ist, ein komplexes Thema. Und es ist schwierig, die Studierenden dafür zu motivieren. Dafür braucht man auch Gefühl. Meine Einschätzung ist, dass es so ist, dass wenn jemand auf diesem Gebiet stark ist, er weltweit gefragt ist. Wenn man da z.B. Infineon als großen Arbeitgeber hernimmt: Die fragen mich immer nach Leuten. Es geht immer mehr in die Richtung Nano.“ (INT60)

„Eine interessante Frage in dieser Studie wäre: Inwieweit besteht ein Bedarf an Absolventen, die speziell in dem Bereich Nanomaterialien ausgebildet werden? Als Reaktion auf die Ergebnisse dieser Studie sind zwei Szenarien möglich: entweder die Einführung eines spezifischen Nano-Studienganges oder das Angebot von Modulen innerhalb anderer Studiengänge, damit die Leute eine Vertiefung in diesem Bereich machen können. Letzteres ist aber eine Frage, die von der Industrie beantwortet werden muss, ob sie Spezialisten oder Generalisten wollen.“ (INT54)

„Wir gehören zur Mechatronik und sind dort eine Randerscheinung, sind also nicht klassische Mechatronik. Jährlich werden diese Vorlesungen von 5 bis 15 Studierenden besucht. Es gibt eine große Nachfrage. Aber nur wenige Studierende sehen das zunächst unter dem Nanoaspekt, besuchen das also nicht, weil sie glauben, das hätte mit Nanotechnologie zu tun.“ (INT60)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

5.3.3 Anerkennung von Vorkenntnissen aus verwandten Aus- und Weiterbildungsbereichen, Förderung von individuellen und modularen Studienmodellen

Die Einrichtung von neuen Studiengängen, Studienrichtungen oder Studienschwerpunkten sollte jedenfalls die aktuelle Tendenz der Modularisierung von Aus- und Weiterbildungsangeboten auf Hochschulebene nicht außer Acht lassen. Teil dieser Modularisierung ist im Sinne des Bologna-Prozesses auch die Frage der Anerkennung bestimmter Vorkenntnisse, die an anderen Institutionen erworben wurden. Im Sinne der Interdisziplinarität wäre die breite Anerkennung von Vorkenntnissen von StudentInnen aus entsprechenden Vorbildungen an anderen Institutionen notwendig. Damit würde auch „echte" Interdisziplinarität der Studierenden gefördert. Die Gefahr dabei besteht darin, dass die Qualität der Bildungswege durch zu großzügige oder unübersichtliche Anrechnungsmodalitäten leidet.

Aussagen zur Modularisierung und Anerkennung von Vorkenntnissen *Zitate aus Interviews mit ExpertInnen aus dem Aus- und Weiterbildungsbereich*
„Um Nano zu fördern, müsste man die Interdisziplinarität fördern. Da sind derzeit nur die besten Studierenden (engagiert). Problematisch ist auch die Verschulung der Studien, die Leute haben kaum noch Zeit, was dazuzulernen. Beim Fachwissen ist zu starke Spezialisierung gefährlich. Wir brauchen keine Fachidioten, wie das jetzt der Trend ist." (INT20)
„Immer mehr Physiker wollen durch den Nanotrend in Richtung Bio gehen, obwohl sie sich dort nicht auskennen. Ich meine, auf den ‚Bio-Zug' sollten nur die aufspringen, die auch wirklich die Interdisziplinarität beherrschen. Es fehlt bei vielen unserer Leute das Bindeglied zwischen Biologie und Ingenieurswissenschaften. Ein Kombinationsstudium wäre toll. Ich werde auf der ganzen Welt eingeladen, weil ich in der Sprache der Techniker die Biologie erklären kann. Wenn man sich Nanobio aussucht, muss man viel in Bio und Nano lernen, und das machen viele Physiker nicht." (INT86)
„Interdisziplinarität ist ein ganz wichtiger Faktor. Man muss zunächst einmal ein gemeinsames Vokabular schaffen." (INT26)
„Mit den ECTS[1] ist jetzt dann auch eine bessere Anrechnung möglich, früher war das mühsam. Jetzt ist das automatisch garantiert, wenn die Leute einen Teil vom Studium im Ausland machen wollen oder umgekehrt. Für solche neuen Technologiefelder ist das

1 Der ECTS-Credit (European Credit Transfer System) ist der numerische Wert (1 bis 60), der jeder Lehrveranstaltung zugeordnet wird, um das erforderliche Arbeitspensum des/der Studierenden zu beschreiben (d. h. Vorlesungen, praktische Arbeiten, Seminare, Tutorien, Exkursionen, Eigenstudium in der Bibliothek und zu Hause, Prüfungen und andere Formen der Leistungsbewertung). ECTS berücksichtigt das gesamte Studienpensum und nicht nur den lehrergebundenen Unterricht. Für das Studienpensum eines vollen akademischen Jahres werden 60 Credits und für ein Semester 30 Credits berechnet.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

wichtig, weil man nicht immer alles an einem Standort lernen kann." (INT21)

„Wir versuchen im ersten Abschnitt, die Leute auf ein Niveau zu bringen, da fallen schon viele weg. Die Vorbildung ist sehr heterogen, je nach Schulzweig. Das ist schlimmer, als wenn sie homogen schwach wäre. Dann könnte man spezielle Lehrveranstaltungen anbieten. Aber die Leute haben individuelle Defizite. An den Schulen müsste die naturwissenschaftliche und mathematische Ausbildung verstärkt werden, um ein Mindestmaß zu erreichen. Da bräuchte man entsprechende Fördermöglichkeiten." (INT43)

5.3.4 Etablierung anwendungsorientierter Aus- und Weiterbildungen auf Berufsbildungsebene

Neben der Etablierung weiterer Hochschul-Studienangebote scheint auch das Andenken der Entwicklung von stark anwendungsorientierten Lehrangeboten auf verschiedenen Ebenen mittlerweile sinnvoll zu sein. Bislang gibt es in Österreich noch kaum anwendungsorientierte Angebote mit Bezug zur Nanotechnologie. Parallel zur Entwicklung von produktfähigen Ansätzen in der Nanotechnologie ist es notwendig, auch die entsprechende anwendungsbezogene Ausbildung zu entwickeln. Module für Lehrberufe im Lackierbereich und im Produktionsbereich erscheinen sinnvoll, auch die Einsatzmöglichkeiten im Umfeld der Verfahrenstechnik und der Elektrotechnik scheinen notwendig zu sein. Hierzu ist aber auch die Einbindung der Industrie notwendig: Ausbildungsangebote sollten sich möglichst frühzeitig an einem konkreten Qualifizierungsbedarf – d.h. konkreten Anwendungsfeldern in der Industrie – orientieren, damit sie langfristig erfolgreich sind. Häufig wurde vonseiten der InterviewpartnerInnen in den Aus- und Weiterbildungsinstitutionen die Schwierigkeit in den unterschiedlichen Zielrichtungen von industrieller Anwendung und derzeit geleisteter Forschungsarbeit im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien angesprochen; die durchaus guten Ansätze würden durch sehr hohe Erstinvestitionen kaum den Weg in die Wirtschaft finden.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Aussagen zur Etablierung von Nanotechnologien auf Berufsbildungsebene

Zitate aus Interviews mit ExpertInnen aus dem Aus- und Weiterbildungsbereich

„Das Problem bei Nanotechnologie ist: Wie weit kann man runtergehen? Derzeit ist die Grundlagenforschung noch nicht so weit, dass die Produktion standardisiert ist. Wir sind vom Ausbildungsniveau dafür noch etwas zu niedrig. Die Grundlagen müssten vorher da sein: Wie kann ich eine bestimmte Anwendung machen? Wir hinken der Grundlagenforschung da immer hinterher. Daher ist die Bedeutung von Nanotechnologie bei uns auch immer kleiner als bei Instituten, die diese Grundausbildung anbieten." (INT5)

„Ich glaube auch, dass diese Euphorie etwas abklingen wird. Es tun sich neue Perspektiven auf, aber die neuen Anwendungen sind noch nicht klar. Auf industrieller Ebene ist das noch sehr beschränkt, vieles wird wieder verschwinden. Wo ich ein ganz großes Potenzial sehe, ist im Bereich der Biowissenschaften, z.B. für Tissue Engineering. Da ist sicher noch viel drin, insbesondere, wenn man an ‚Drug Delivery' denkt. Da gibt es viele faszinierende Konzepte. Die Entwicklung bis zur Marktreife ist aber lang, durch die vielen klinischen und Nebenwirkungsstudien, die erforderlich sind." (INT23)

„Unter der bestehenden Industrie wird es schwierig, sich umzustellen. Die Farbindustrie z.B. könnte sich leicht umstellen auf die Produktion mit Farben, die aus Nanopigmenten bestehen. In der Elektronikindustrie sehe ich dagegen Schwierigkeiten, höchstens bei Siemens Österreich und anderen Großfirmen sehe ich da eine Möglichkeit, dass sie auf diesen Teilbereich gehen. Meine Kooperationen derzeit gehen ja auch eher über Deutschland und die Schweiz." (INT32)

„Der Druck kommt eigentlich aus der Kostensituation. Die Leute wollen bessere Materialeigenschaften bei gleichem bzw. billigerem Preis. Das Material muss auch in guten Produkten wiedergefunden werden – Werkstoffe, die heute schon billiger sind, werden durch den Einsatz von Nanomaterialien auf eine teurere Stufe angehoben." (INT50)

„Kooperationen mit der Industrie; erfahrene Leute aus der Industrie, die Vorträge zu diesem Thema halten können – solche suche ich immer wieder. Es besteht ein wesentliches Informationsdefizit darüber, was wir für die Industrie leisten können: Das Potenzial liegt in kleineren Aufgaben, mit denen sich die Jugendlichen erstmals unter Aufsicht beschäftigen – und die Industrie kostet das fast nichts, außer das dafür notwendige Material. Das weiß aber kaum jemand, was kein Wunder ist, wir haben ja null PR-Budget." (INT41)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

5.3.5 Förderung von Top-Level-Personal, Etablierung mittel- und langfristiger Personalentwicklungskonzepte im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Mehrmals wurde von den InterviewpartnerInnen angesprochen, dass man den Nachwuchs für Nano-Lehrpersonen (hier insbesondere Lehrpersonen im Top-Level-Bereich) derzeit nur in Österreich erhalten könne, maximal würde man auf Lehrkräfte aus Deutschland zurückgreifen können. Man bekomme jedoch kaum internationale Lehrkompetenz nach Österreich. Die Besetzung bzw. Förderung von nanorelevanten Professuren sollte jedenfalls auch den mittelfristigen Aufbau von relevantem Lehrpersonal beinhalten, wobei etwa Fragen der Qualifizierung des Mittelbaus, der Stabilität der Personalstrukturen, die generelle Strategie der Personalentwicklung und die Ausgewogenheit von Forschung und Lehre in der Personalentwicklung berücksichtigt werden sollten. Notwendigkeit für eine stärkere Betonung der Personalentwicklung per se wird jedoch auch aus der Perspektive der kontinuierlichen Entwicklung von adäquat qualifiziertem Personal in den Aus- und Weiterbildungsinstitutionen selbst bzw. den Forschungsinstitutionen gesehen. Häufig würden fehlende Entwicklungsperspektiven oder die fehlende Kommunikation solcher dazu führen, dass hoch qualifiziertes Personal langfristig aus Österreich abwandert.

Aussagen zur Personalentwicklung
Zitate aus Interviews mit ExpertInnen aus dem Aus- und Weiterbildungsbereich
„Eine personelle Stärkung der aktiven ausgewiesenen Arbeitsgruppen in dem Gebiet und ausgewiesene Karrierechancen sind nötig. Derzeit tut das Unirecht so, als wäre Österreich so groß wie Deutschland. Ein gleich gelagertes Institut wäre sinnlos. Das gefährdet die Kontinuität, die Leute ziehen ab. Fünf Jahre nach dem Doktorat kann nicht jeder ein Professor werden, das ist unsinnig. Das weiß man auch, aber man ändert nichts daran. Wenn wir Stellen ausschreiben, haben wir für eine Assistentenstelle oft nur ein oder zwei Bewerber. Unter diesen Bedingungen – kein Geld und keine Karriere – werden die Besten nicht dableiben. Man kann Nanotechnologie nicht lehren und ausbilden, ohne in dem Bereich auch zu forschen, das kann man aber nicht ohne das Personal." (INT53)
„Das ist momentan aber eine strukturelle Schwäche im neuen Uni-Gesetz. Es ist schwierig, gute Leute unter der Ebene der Uni-Professoren zu finden. Viele Bewerber kommen nicht auf eine Zeitstelle, und die Karriereaussichten für Assistenten sind schlecht. Da ziehen sie eine entsprechende Jobsicherheit mit unbefristeten Verträgen und gute Bezahlung in der Industrie vor. Da muss sicher etwas geschehen, die Zahl der Stellen ist sicher zu gering, wenn man all diese Aktivitäten erledigen soll." (INT23)
„Wir betreiben Forschung, keine Produktentwicklung. In letzter Zeit haben wir Ausrüs-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

tung massiv bekommen; wo es hapert, ist beim technischen Personal, um Großanlagen zu bedienen. Da bräuchten wir mehr permanente Technikerstellen. Wichtig wäre auch eine bessere Anbindung an Großforschungsanlagen. Aber vieles ist seit der [Österreichischen] NANO Initiative besser geworden." (INT14)

„Auch in der Lehre würde ich eine wirklich stark steigende Hörerzahl nicht ausbilden können. Wir kriegen hoch qualifizierte Leute aus der Industrie. Von der internen Infrastruktur her werden wir aber ausgehungert statt aufgebaut. Das liegt nicht daran, dass die Uni dem Bereich gegenüber negativ eingestellt wäre, sie hat aber kein Geld dafür. Und da reden wir bei einem Assistenten z. B. von keinen 60.000 Euro, die er die Uni kostet. Eine Kooperation mit der TU nützt da auch nichts, denen geht's da gleich wie uns." (INT53)

5.3.6 Infrastrukturelle Zusammenarbeit im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Einige Institutionen in Österreich sind – was die Infrastruktur für die Lehre im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien betrifft – gut ausgestattet, andere wiederum nicht. Hier wäre es notwendig, Möglichkeiten zu schaffen, dass StudentInnen in weniger gut ausgestatteten Lehrbereichen auch auf gute Infrastruktur zurückgreifen können (etwa durch Mietkonzepte, gemeinsame Anschaffung, „überinstitutionelle Nano-Lehrmittelzentren" o.Ä.). Zum Teil wurde auch die Rolle der bestehenden Netzwerke und Verbünde im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien für die infrastrukturelle Zusammenarbeit erwähnt; dort würden derartige Ansätze zum Teil bereits mit geringem organisatorischen und administrativen Aufwand „gelebt" werden.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Aussagen zur infrastrukturellen Zusammenarbeit
Zitate aus Interviews mit ExpertInnen aus dem Aus- und Weiterbildungsbereich
„In Bezug auf die Ausstattung gehören gewisse Dinge erneuert. Wir haben vor 15 Jahren profitiert, weil wir einen Neubau erhalten haben. Wir haben versucht, uns in Infrastruktur-Netzwerken zusammenzuschließen, um eine effiziente Kollaboration am Standort Muthgasse zu gewährleisten, die wir noch weiter forcieren möchten." (INT11)
„Das Lorenz-Böhler-Institut ist froh, dass Routinearbeiten in unser Labor ausgelagert werden können. Die Studierenden werden für Optimierungsaufgaben eingesetzt. Bei uns werden nicht teure Labors wie auf den Unis hochgefahren, sondern Synergien genutzt. Der Vorteil: Man kann Partner dazunehmen, die das realisieren können." (INT13)
„Den Großteil, was die Anlagentechnik betrifft, konnte ich aus meinem Industrielabor mitbringen. Sonst sind wir mäßig ausgestattet. Man muss dahinter sein, diese Geräte woanders verwenden zu können. Es ist nicht sehr sinnvoll, das alles selbst zu haben – da hätte man nur eine Auslastung von 10 Prozent bei den Geräten. In Innsbruck gibt es da aber mehr Möglichkeiten der Zusammenarbeit, als wir gedacht haben. Die Leute sind bei Kontaktaufnahme auch gerne bereit dazu, sich mit neuen Themen auseinander zu setzen und da mit den Geräten zusammenzuarbeiten. Nützlich wäre da natürlich eine zentrale Einrichtung. Ein Messlabor, wo Geräte mit entsprechenden Operateuren verfügbar sind. Letztere sind für die Wartung sehr wichtig." (INT66)
„Wichtig ist, dass man die einzelnen Beteiligten in diesem Bereich zusammenbringt, damit sie auch miteinander sprechen können, für längere Zeit, z.B. für ein paar Tage oder Wochen. Unser akademisches System krankt daran, dass es zwar alle möglichen Förderungen gibt, aber der Aufwand dafür sehr hoch geworden ist. Dadurch ist aber die Kommunikation der Beteiligten sehr schwach geworden. Wenn man da eine Idee hat, um das zusammenzuführen, den Austausch untereinander zu fördern, wäre das sehr gut." (INT46)

5.3.7 Förderung des gezielten internationalen Wissenstransfers

Internationaler Wissenstransfer ist in modernen, sich rasch entwickelnden Wissensbereichen absolut notwendig. Der gezielte Austausch von Studierenden, DiplomandInnen, DoktorandInnen, Postdocs und Lehrpersonal mit international anerkannten Institutionen ist eine Möglichkeit der Förderung dieses Wissenstransfers. Neben den laufenden Aus-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

tauschprogrammen scheinen jedoch auch interdisziplinäre Nano-Austauschprogramme sinnvoll zu sein. Damit wird nicht nur eine interkulturelle Horizonterweiterung der Studierenden und der Lehrenden erreicht, sondern auch die Öffnung neuer Perspektiven in benachbarten Wissenschaftsfeldern im Sinne der Interdisziplinarität könnte durch internationale Austauschprogramme noch stärker gefördert werden.

Aussagen zum internationalen Wissenstransfer
Zitate aus Interviews mit ExpertInnen aus dem Aus- und Weiterbildungsbereich bzw. aus Unternehmen
„Das ist nicht so einfach. Die Zusammenarbeit mit Polen z.B. war da eher ein Glücksfall. Auch Kielce ist international nicht so bekannt, aber die sind sehr gut dort. Aber das bewegt unsere Studierenden nicht gut dazu, dorthin zu gehen. Dabei wäre gerade die studentische Zusammenarbeit in der Nanotechnologie sehr wichtig, d.h. der internationale Austausch. Auch für Österreich wären diese internationalen Kooperationen wichtig." (INT67)
„Im Ausland kenne ich weniger. Da gibt es die europäische technologische Plattform für Nanomedizin, die treffen sich wieder. Da wäre eine stärkere internationale Ausrichtung, ein Transfer sehr erwünscht." (INT72)
„Unsere Schwächen liegen im internationalen Bereich – das ist ausbaufähig. Daher gehen auch unsere Pläne dahin. Der Mittlere Osten und Südostasien suchen auch Alternativen zum amerikanischen Raum." (INT49)
„Was mir persönlich in meiner beruflichen Laufbahn sehr geholfen hat, war das SOKRATES- und ERASMUS-Austauschprogramm, wo ich wichtige Erfahrungen im Rahmen eines Praktikums im Ausland sammeln konnte. Hier würde ich mehr Geld reinstecken, wenn ich dürfte. Durch dieses Programm ist die Zusammenarbeit zwischen der Universität und der Industrie sehr gut, hier können Erfahrungen gesammelt und wichtige Bekanntschaften gemacht werden." (Unternehmen)

5.3.8 Förderung von Lehrinfrastruktur auf Sekundarebene

Die Entwicklung von Lehrinfrastruktur ist ein wesentlicher Problembereich bei der Implementierung von Nanotechnologien und Nanowissenschaften an den berufsbildenden Schulen: Es gibt keine oder nur unzureichende (weil viel zu komplexe) Lehrmaterialien, es gibt fast keine adäquate Weiterbildungsmöglichkeit für Lehrende (Vortragende aus dem Wissenschaftsbereich sind zu teuer für die Pädagogischen Institute, Unterstützung

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

würde hier helfen), es fehlt an umfassendem Anschauungsmaterial für interessierte Jugendliche (so wurde etwa der „Nanotruck“ in Tirol von 60 SchülerInnen aus einer kontaktierten Schule in deren Freizeit „gestürmt“). Gleichzeitig sehen die BHS die Notwendigkeit, sich mit dem Thema intensiv auseinander zu setzen, als wesentliche Awareness-Maßnahme, um SchülerInnen auf die Möglichkeiten von Nanowissenschaften und Nanotechnologien aufmerksam zu machen und sie dafür zu begeistern (was mit Anschauungsmaterial leichter geht). Das Lehrmaterial sollte also einerseits einen hohen Aktualitätsbezug haben, andererseits die Möglichkeit bieten, bestimmte Strukturen im Nanoskalenbereich auch tatsächlich „begreifen“ zu können. Initiativen zur Entwicklung von Lehrbüchern für den Schulunterricht gibt es bereits, häufig sind österreichische LehrerInnen aber auch dazu gezwungen, auf schweizerische oder deutsche Plattformen auszuweichen, um geeignetes aktuelles Lehrmaterial zu erhalten. Über diese Plattformen wird derzeit noch kaum informiert, Lehrmaterial mit zum österreichischen Lehrplan passenden Anknüpfungen ist kaum vorhanden.

In diesem Zusammenhang wurde auch darauf hingewiesen, dass die Information zwar die Potenziale und Möglichkeiten von Nanowissenschaften und Nanotechnologien behandeln sollte, dass jedoch im Sinne einer umfassenden und nicht wertenden Information auch auf die Gefahren und Risiken in diesem Bereich hingewiesen werden sollte. Damit könnte eine „allzu aufgeregte“ Diskussion – wie sie in Österreich etwa im Falle der Gentechnik geführt würde – verhindert werden.

Aussagen zum Lehrmitteleinsatz auf der Sekundarebene
Zitate aus Interviews mit ExpertInnen aus dem Aus- und Weiterbildungsbereich
„Stärken im Bereich Nanotechnik haben wir derzeit noch nicht. Wir sind erst am Anfang in diesem Gebiet. Wir wollen uns aber in diese Richtung weiterentwickeln. Es ist aber schwierig, geeignete Unterlagen für den Unterricht zu kriegen. Dann ist es auch schwierig, das in die Praxis umzusetzen. Daran scheitert's derzeit noch.“ (INT9)
„Viel wichtiger sind für uns Kooperationen mit einschlägigen Firmen, die sind für uns wichtig. Von dort kriegen wir fachliche Informationen – Stichwort: mangelndes Lehrbuch im Nanobereich.“ (INT9)
„Die meisten Lehrer haben keine Ahnung von Nano; in beiden diesen Richtungen bräuchte man Weiterbildung und Öffentlichkeitsarbeit. Man könnte Nano in den Schulen im Curriculum verankern, als interdisziplinären Stoff. Auch Fachdidaktik fördern." (INT14)
„Das Problem ist: Wir haben keine approbierten Schulbücher für den Bereich Nanotechnik. Unterlagen, wonach wir Lehrer uns darauf vorbereiten können, fehlen. Das macht es schwierig, den Nanobereich zu intensivieren.“ (INT9)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

5.3.9 Förderung von Nano-Aus- und Weiterbildung für MitarbeiterInnen in Unternehmen

Diese Handlungsoption dient vor allem dem Kompetenzaufbau für den Einsatz der neuen Technologien in Unternehmen. Die Unternehmen möchten die Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnologie, die Handhabung neuer Verfahren, Produkte und speziell deren Umsetzung auf den Märkten erlernen. Im Fokus der Firmen sind branchenspezifische Kurse, welche die Nanotechnologie-Einsatzmöglichkeiten vermitteln.

Am häufigsten werden Förderungen von Schulungsmaßnahmen für den Einstieg in die untersuchte Technologie für MitarbeiterInnen in KMUs gefordert. Die Kurse sollen die Einsatzmöglichkeiten der Nanotechnologie vermitteln. Laut befragten UnternehmensvertreterInnen befindet sich die Nanotechnologie noch stark im F&E-Bereich, und bei den eigenen MitarbeiterInnen wird zumindest ein Basiswissen über die Anwendungsmöglichkeiten angestrebt. Überwiegend steht nicht eine umfassende Spezialausbildung im Vordergrund, sondern eine Zusatzausbildung und Basiswissen um anwendungsorientierte Umsetzungsbeispiele der Nanotechnologie in der Branche.

Aus Sicht der Unternehmen umfasst diese Handlungsoption beispielsweise eine geförderte Teilnahme an branchenspezifischen Seminaren, Kurse über Nanotechnologie vor Ort bei den Firmen oder an Fachschulen oder höheren technischen Lehranstalten, Lehrgänge oder auch Studiengänge zur Vermittlung von Basiswissen der Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnologie in der Branche, praktische Kurse an Nano-Spezialgeräten oder die Förderung des Besuchs internationaler Konferenzen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Aussagen zur Förderung von Nano-Aus- und Weiterbildung für MitarbeiterInnen
Zitate aus Interviews mit Unternehmen
„Als Fördermaßnahme würde ich mir seitens der öffentlichen Hand finanzielle Unterstützung und das Anbieten von Kursen für verschiedene Nanobereiche wünschen. Unsere Mitarbeiter können nicht alle auf internationale Kongresse fahren und sind täglich mit Nanotechnologie konfrontiert."
„Derzeit gibt es an den Universitäten oder in Seminaren noch wenig Information über Nanotechnologie. Bis zum Jahr 2010 wären mehr Fortbildung und Seminare sehr wichtig."
„Mein größter Förderwunsch ist immer, dass es möglich ist, Mitarbeiter zu Experten ins Ausland schicken zu können. So etwas ist extrem sinnvoll, wenn sich Mitarbeiter von mir Know-how aus dem Ausland holen."

5.3.10 Begrenzte Mitarbeit an Nano-Forschungsprojekten

Der Zugang zu speziellem Know-how im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien ist für annähernd alle Unternehmen der Auslöser für Überlegungen zu Aus- und Weiterbildungsfragen in der untersuchten Materie. Dieses Wissen würden sie gerne über die Zusammenarbeit mit Forschungsinstitutionen erwerben. Dementsprechend sind sie – bis zur Absehbarkeit der Anwendungsmöglichkeiten neuer Nanotechnologien – meist bereit, in Forschungsprojekte involviert zu werden. Entsprechende Strukturen dafür seien in Österreich jedenfalls vorhanden. Die Notwendigkeit für relevante Aus- und Weiterbildung entsteht durch den Know-how-Transfer, der seinerseits wiederum durch Forschungsprojekte „getrieben" wird. Derzeit sind derartige Forschungsprojekte noch der Nukleus der Nanoaktivitäten in vielen Unternehmen.

Die diesbezüglichen Vorschläge der Firmen sind jedenfalls sehr konkret:

___ Mitarbeit in einer Forschungsgruppe mit speziellem Nano-Know-how (z.B. für den Zeitraum von einem Monat bis zu einem Semester)
___ Förderung der Zusammenarbeit mit Universitäten anhand von Forschungsprojekten
___ Teilnahme an K+-Programmen
___ Pilotprojektförderung

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Nanotechnologie-Impulsprojekte, bei denen eine mehrjährige Projektzusammenarbeit von einschlägigen AbsolventInnen und einem Unternehmen gefördert werden

Aussagen zur Mitarbeit an Nano-Forschungsprojekten
Zitate aus Interviews mit Unternehmen
„Durch FWF-Impulsprojekte werden Doktoranden, die bereits ein abgeschlossenes Doktoratsstudium haben und bei einer Firma in einem Projekt mitarbeiten möchten, für zwei Jahre über dieses Projekt bezahlt und können dann von der Firma eingestellt werden. Diese Projekte sollten auch auf Magister der Physik oder HTL-Abgänger [und] auf drei Jahre erweitert werden." (INT13)

5.3.11 Förderung des Wissenstransfers von Bildungseinrichtungen an Unternehmen

Die Bildungs- und Forschungseinrichtungen werden vielfach als Hoffnungsträger angesehen, um Nanowissenschaften und Nanotechnologien in die Unternehmen zu bringen. Zum jetzigen Zeitpunkt des Technologiefortschrittes werden vor allem Werkzeuge des Wissenstransfers gesucht, die einerseits einen „Testcharakter" haben, durch den die Optionen der Nanotechnologie für das eigene Unternehmen abgesteckt werden können, und durch die andererseits auf anerkanntes Know-how zurückgegriffen werden kann. Dazu gehören etwa:

___ Diplomarbeiten und Dissertationen
___ Vorträge von universitären und außeruniversitären WissenschaftlerInnen bei Unternehmen

Die Kooperation von Unternehmen und Ausbildungseinrichtungen über Fach-, Diplomarbeiten und Dissertationen wird von Unternehmen deutlich stärker als Wunschmaßnahme geäußert als vonseiten der Aus- und Weiterbildungsträger. Wissenschaftliche Arbeiten von StudentInnen und AkademikerInnen, die sich mit den Anwendungs- und Einsatzmöglichkeiten in den Unternehmen, den zukünftigen Märkten oder einfach der Akzeptanz der Nanotechnologie in der Branche auseinander setzen, sind häufig willkommen. Hinter dieser Anregung steht meist ebenfalls der Wunsch nach mehr Wissenstransfer in Richtung der Unternehmen. Diplomarbeiten und Dissertationen werden als sehr geeignetes Vehikel angesehen, ohne große Investitionen in F&E die wichtigsten Fakten und erste firmenbezogene Kenntnisse systematisch aufzuarbeiten. Jene RespondentInnen, die diese Handlungsoption anführen, haben zumeist schon Erfahrung mit

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

StudentInnen und deren Arbeiten und wissen um das Transferpotenzial dieser Art der Zusammenarbeit.

An dieser Stelle wird der internationale Austausch von StudentInnen und DoktorandInnen angesprochen, da über diese Schiene neues und in Österreich noch wenig verbreitetes Wissen eingebracht wird.

Zusätzlich wurde vereinzelt die Förderung von Vorträgen von universitären und außeruniversitären WissenschaftlerInnen bei Unternehmen über die neuen Erkenntnisse und Anwendungen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien gewünscht. Auch dies sei ein wichtiger Weg, um die neue Technologie den Unternehmen – speziell solchen, die erst über die Einsatzmöglichkeiten nachdenken – näher zu bringen.

Förderung des Wissenstransfers von Bildungseinrichtungen an Unternehmen

Zitate aus Interviews mit Unternehmen

„Da wir in der Forschung tätig sind, ist auf jeden Fall ein Universitätsstudium notwendig. Wir haben auch ein Projekt über Machbarkeitsstudien laufen. In diesem Fall arbeiten wir mit der Universität zusammen und betreuen Studenten bei ihren Diplomarbeiten, die damit eine Grobstudie erarbeiten. Dann kann die Diplomarbeit noch mit einer wirtschaftlichen Studie und einer technischen Studie kombiniert werden. Bei diesen Projekten ist die Motivation der Studenten sehr hoch, und auch die Jobchancen steigen. Außerdem sind die Ergebnisse für die Universität nutzbar, und darin sehe ich einen großen Vorteil."

„Ausbildung erhalten die Studenten durch ihre Diplomarbeiten, Dissertationen und Forschungsarbeiten, in die sie eingebunden sind. Zusätzlich muss in der Praxis das Arbeiten an den Apparaten und Geräten erlernt werden."

„Der Nanotechnologie liegt eine gewisse Problematik zugrunde, da sie so ein Querschnittsthema ist. Wo also anfragen, wenn neue qualifizierte Mitarbeiter gebraucht werden? Eine Möglichkeit, von der wir auch Gebrauch machen, ist das Nachforschen von Diplomarbeiten und Dissertationen, ob hier eine [für unser Unternehmen] interessante Spezialisierung vorliegt."

„Ich bin nicht zufrieden mit dem österreichischen Ausbildungsangebot für Nanotechnologien. Im Ausland gibt es viele Forschungsgruppen, die im Bereich Nanocomposites viel weiter sind. Ich denke da vor allem an die USA und an Deutschland. Kooperationsprogramme mit diesen ausländischen Instituten wären gut. Ich würde gerne Forscher von uns auf einen Monat ins Ausland in ein Nanotechnologie-Forschungsinstitut schicken. Klassische Nanotechnologie-Kurse, die in Österreich angeboten werden, bringen nichts."

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

5.3.12 Förderung des Wissenstransfers von Unternehmen an Bildungseinrichtungen

Gegenüber den voranstehenden Handlungsoptionen wurde auch die Förderung von Firmenpräsentationen, die Nanotechnologie-Know-how in die Erstausbildung tragen, als sinnvoll erachtet. So können sich Firmen vorstellen, ihr Wissen über Nanowissenschaften und Nanotechnologien an Hochschulen vorzustellen oder Nanotechnologie an berufsbildenden mittleren und höheren Schulen zu präsentieren. Speziell für die Sekundarebene ist es das Ziel vieler Unternehmen, bereits jetzt, vor der breiten Anwendung von Nanotechnologie, den zukünftig mit den Nanoprodukten, -verfahren und -dienstleistungen konfrontierten Beschäftigten einen Einstieg in diese neue Welt zu verschaffen. Folgende Beispiele wurden hier häufig genannt:

- Firmenpräsentationen, welche die Umsetzung von Nanotechnologie-Know-how auf internationalen Märkten an Hochschulen zeigen
- Roadshows und Vorträge von Firmengruppen über Funktionsweise und Einsatz von nanotechnologischen Produkten und Verfahren im beruflichen Bildungswesen

Wissenstransfer würde somit auch vonseiten der Unternehmen selbst geleistet, die in gemeinsamen Anstrengungen mit den Aus- und Weiterbildungsträgern die generelle Awareness für Nanowissenschaften und Nanotechnologien in der Gesellschaft steigern möchten.

Förderung des Wissenstransfers von Unternehmen an Bildungseinrichtungen
Zitat aus einem Interview mit einem Unternehmen
„Veranstaltungen [zur] Nanotechnologie, spezifisch für Oberflächentechnik, sollten unbürokratisch gefördert werden. Bei den Veranstaltungen gibt es Plenarvorträge, substratspezifische Fachvorträge, und zusätzlich stellen die wichtigsten Lackhersteller aus. Zielgruppe sind Lack- und Kunststoffverarbeiter und Studenten der Fachhochschulen und HTL."

5.3.13 Förderung des Wissenstransfers von SpezialistInnen an Unternehmen

Speziell jene Unternehmen, die noch wenig konkrete Berührungspunkte mit Nanowissenschaften und Nanotechnologien hatten, und auch kleinere Firmen würden einen Wissens- und Anwendungstransfer durch die Unterstützung des Einsatzes einschlägiger SpezialistInnen begrüßen. Diese SpezialistInnen sollen in der Beratung und im Ausbau von Nanokompetenzen im Unternehmen aktiv sein.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Als Beispiele zählen die Unterstützung von Impulsprojekten, bei denen junge Nano-Fachkräfte (zumeist IngenieurInnen mit Vorbildung auf Sekundar- oder Tertiärstufe) zeitlich begrenzt geförderte Projekte in Unternehmen durchführen („Nano-Impulsprojekte"). Des Weiteren fallen darunter auch so genannte „Innovationscoachs", deren Einsatz je nach Projektstatus anteilig von Fördergeberinstitutionen unterstützt wird.

Letztlich fänden es viele Unternehmen sehr sinnvoll, wenn internationale NanospezialistInnen zu Veranstaltungen mithilfe öffentlicher Förderungen eingeladen werden könnten, um neueste Erkenntnisse, realwirtschaftliche Anwendungsoptionen und Marktaussichten vorzustellen. Zu derartigen Veranstaltungen würde eine Reihe von Unternehmen ihre eigenen MitarbeiterInnen entsenden.

Förderung des Wissenstransfers von SpezialistInnen an Unternehmen
Zitate aus Interviews mit Unternehmen
„Ich würde mir einen Innovationsassistenten wünschen, der dem Unternehmen einen gewissen Zeitraum zur Verfügung steht. Dieser soll den Mitarbeitern bestimmte Skills beibringen, sie fördern und aufbauen. Dieser Innovationsassistent soll eine Kombination aus Fortbildung und Integration im Unternehmen sein."
„Ich würde mir ein besseres Netzwerk wünschen, vielleicht Spezialisten aus aller Welt einladen und über Nanotechnologie sprechen."

5.3.14 Informationsmedien zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich

Spontan wünschte eine Vielzahl von Unternehmen die weitere Verdichtung und Aufbereitung von Informationen zu verschiedenen Aspekten der Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Obwohl sich speziell die Mitglieder der in Österreich bereits bestehenden Netzwerkaktivitäten gut betreut fühlen und die Kontaktoptionen und Projektgemeinschaften als sehr fruchtbar bezeichneten, fehlen vielen RespondentInnen strukturierte, einfach zugängliche Informationspools. Dabei wurden drei spezifische Bereiche zu Nanotechnologie-Informationspools angesprochen:

___ die einschlägigen Forschungsaktivitäten in Österreich,
___ die Anwendungsmöglichkeiten bzw. Produkte und

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Firmen, die in Österreich bzw. in der eigenen Branche in Nanowissenschaften und Nanotechnologien tätig sind. Speziell diese sind auch als Know-how-Träger und somit als Quelle für NanomitarbeiterInnen (etwa in Form von Kooperationsprojekten im Bereich der Aus- und Weiterbildung) interessant.

Die Präsentation der Informationen auf Internetbasis scheint bei den überwiegenden diesbezüglichen Nennungen im Vordergrund zu stehen, ist jedoch nicht Conditio sine qua non. Rascher und einfacher Zugriff sowie die weitgehende Vollständigkeit und der Bezug zur eigenen Branche werden in jedem Fall begrüßt.

Informationsmedien zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich

Zitate aus Interviews mit Unternehmen

„Was super wäre, wäre eine Homepage für Nanotechnologie in Österreich, durch die man über diverse Newsletter oder Zeitschriften verständigt wird, was gerade in diesem Bereich in Österreich passiert. Ich würde mich gerne an diesem Projekt beteiligen! Ich glaube auch, dass wir innerhalb dieses Netzwerkes wachsen können, wir würden vielleicht mehr Interessenten finden, die unsere Produkte anwenden wollen – Produkte aus Österreich, was super für den heimischen Markt wäre!"

„Man kann im Großen und Ganzen sagen, dass die allgemeine Information im Nanobereich fehlt – auch was es beispielsweise an neuer Literatur oder an Materialien gibt. Mich würde auch interessieren, wer was macht. Die Nanotechnologie steckt doch noch in ihren Kinderschuhen, für uns wird es wohl im Bereich der Beschichtung immer interessanter werden. Wir hoffen, dass wir immer mehr Schichten auf einen immer kleineren Chip bekommen, der im Endeffekt immer leistungsstärker wird."

„Mir ist es leider zu wenig, ich würde mir mehr Allgemeines wünschen. Was sicherlich auch sehr nützlich wäre, wäre ein Netzwerk, vielleicht aufzubauen über das Internet? Es wäre von großem Vorteil, wenn man alle Prospekte und Zeitschriften bekommen könnte, derzeit ist es sehr schwierig, etwas Gewichtiges über Nanotechnologie zu erfahren. Was fehlt, sind offizielle Informationen, wobei die Universitäten in Graz und in Wien schon sehr viel dazu machen, im Gegensatz zu den meisten Firmen."

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

5.4 Szenarien

Die Auswirkungen der im vorigen Kapitel vorgestellten Handlungsoptionen und Maßnahmenbündel (vgl. Tabelle 5.2) wurden in mehreren Schritten mit Hilfe von Szenarien analysiert und bewertet.

Tabelle 5.2
14 Maßnahmenbündel

Nr.	Maßnahme
1	Aufbau von Nano-Lehrkompetenz auf Hochschulebene
2	Einrichtung neuer Studiengänge bzw. Schwerpunkte auf Hochschulebene
3	Förderung von individuellen, modularen Studienmodellen (interinstitutionelle Mobilität)
4	Einrichtung von Lehrangeboten auf Berufsbildungsebene
5	Lehrpersonal-Entwicklungskonzepte
6	Bündelung von lehrbezogener Infrastruktur
7	Internationaler Austausch
8	Entwicklung von Lehrmaterialien und Lehrinfrastruktur an berufsbildenden Schulen
9	Förderung von Nano-Aus- und Weiterbildung für MitarbeiterInnen
10	Begrenzte Mitarbeit an Nano-Forschungsprojekten
11	Förderung des Wissenstransfers von Bildungseinrichtungen an Unternehmen
12	Förderung des Wissenstransfers von Unternehmen an Bildungseinrichtungen
13	Förderung des Wissenstransfers von SpezialistInnen an Unternehmen
14	Informationspools Nanotechnologie

5.4.1 Einleitung

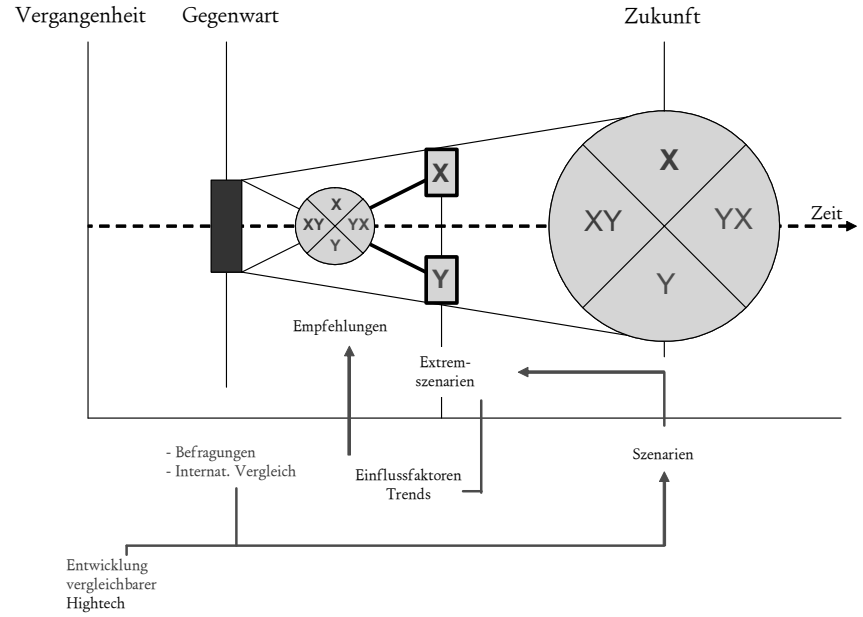
Die Ergebnisse und Kernaussagen der Erhebungen zur Ausbildungs- und Unternehmenslandschaft im Bereich der Nanowissenschaften und Nanotechnologien bilden – als Analyse der aktuellen Situation – die Basis für die Ableitung von Handlungsoptionen. Anhand dieser wurden Schlüsselindikatoren identifiziert, mittels derer durch Gewichtungen und Rangfolgen der Impact der Handlungsoptionen und damit Unterscheidungen verschiedener Szenarien ermittelt werden können. Im maßnahmenorientierten Ansatz zur Generierung der Szenarien wurde bei der Auswahl und Festlegung der Schlüsselin-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

dikatoren und der daraus abgeleiteten Szenarien ein besonderer Fokus auf für Handlungsempfehlungen gelegt.

Die Handlungsoptionen wurden für die Szenarienanalyse auf Basis unterschiedlicher Fristigkeiten sowie auf Basis der Aspekte Mitteleinsatz und Impact untersucht. Die Fristigkeiten orientieren sich an den Ausprägungen „kurz“ (Größenordnung: ein Jahr), „mittel“ (Größenordnung: fünf Jahre) und „lang“ (Größenordnung: zehn Jahre).

Abbildung 5.3
Einbindung der Szenarien ins Untersuchungsmodell



Quelle: Eigene Darstellung

Um die Vergleichbarkeit der Maßnahmen und damit die Auswahl der gewünschten Handlungsoptionen weiter zu unterstützen, wurde das Bewertungsschema durch Abstufung der Intensität – und damit des Mitteleinsatzes – nochmals in drei Größenordnungen differenziert. Für die Quantifizierung in der Szenarienableitung wurde der aus den Befragungsergebnissen abgeleitete notwendige Mitteleinsatz auf eine standardisierte Skala projiziert.

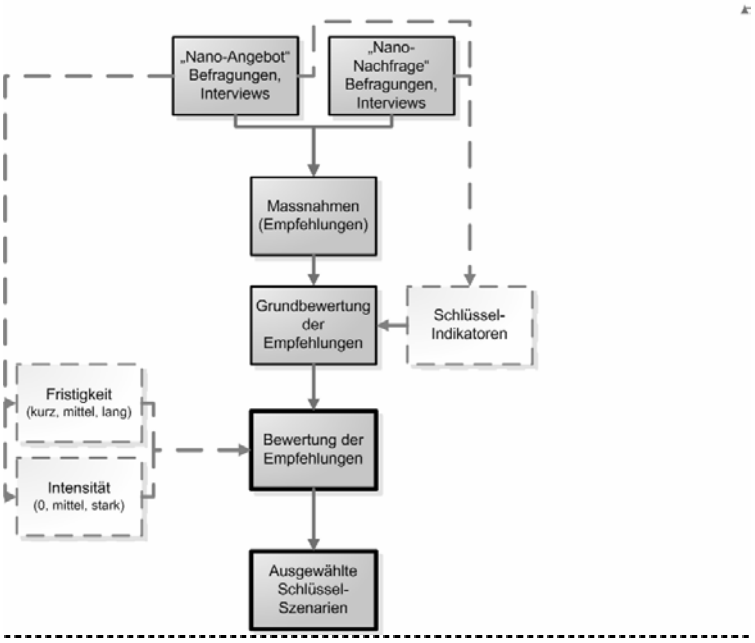
In einem weiteren Schritt wurden für die drei untersuchten Fristigkeiten Maßnahmencluster identifiziert, mit deren Hilfe Maßnahmenbündel zur Optimierung des kurz-, mittel- oder langfristigen Impacts festgelegt wurden. Diese drei Schlüsselszenarien („maximaler kurzfristiger Impact“, „maximaler mittelfristiger Impact“ und „maximaler lang-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

fristiger Impact") werden neben den Extremszenarien „keine Maßnahmen" und „alle Maßnahmen in voller Ausbaustufe" für die Darstellung ausgewählt und gemeinsam beschrieben.

Basierend auf den Bewertungen ergeben sich somit für die einzelnen Maßnahmen Vergleichsmöglichkeiten, die jeweils für die verschiedenen Intensitäten und Fristigkeiten dargestellt werden.

Abbildung 5.4
Einbindung der Szenarien ins Untersuchungsmodell



Quelle: Eigene Darstellung

Aus den Analysen zu standardisiertem Nutzen und Mitteleinsatz der Maßnahmenbündel hinsichtlich Fristigkeit und Intensität eines etwaigen Mitteleinsatzes wurden Szenarien abgeleitet, die darstellen, welche Maßnahmenbündel im Zeitablauf mit welcher Intensität des Mitteleinsatzes am effizientesten wirken, wo also das Aufwand-Nutzen-Verhältnis im Vergleich zu den anderen betrachteten Szenarien günstig ist.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

5.4.2 Mitteleinsatz-Nutzen-Profil und Wechselwirkungen der Maßnahmenbündel

In einem ersten Schritt wurde die positive Auswirkung der Maßnahmenbündel (bzw. der Nutzen) analog zur Quantifizierung des Mitteleinsatzes auf einer standardisierten Skala bewertet. Diese Einstufung basierte auf dem erwarteten Nutzen in den festgelegten fünf Schlüsselindikatoren:

- „Nano"-Beschäftigung: Der Indikator „Nano"-Beschäftigung spiegelt den Impact der Maßnahme auf die Nachfrage nach „Nano"-Qualifizierten am Arbeitsmarkt wieder.
- „Nano"-Bildungswesen bzw. –Bildungseinrichtungen: Der Indikator „Nano"-Bildungswesen bzw. –Bildungseinrichtungen ist ein Maß für die Auswirkung der jeweiligen Maßnahmen auf die Angebotssituation im nanorelevanten Ausbildungssektor.
- „Nano"-Awareness Building: Der Indikator „Nano"-Awareness Building bewertet die Maßnahme nach dem Beitrag zur gesellschaftspolitischen Bewusstseinsbildung zu Nanothemen.
- „Nano"-Wirtschaftspotenzial: In diesen Indikator wird die Erwartung der Marktteilnehmer betreffend des wirtschaftlichen Impacts der Maßnahme projiziert.
- „Nano"-Arbeitsmarkt: In diesem Indikator wird die Auswirkung der Maßnahme auf das Gleichgewicht zwischen dem Angebot an Nano-Qualifikationen im Ausbildungssektor (abgebildet in „Nano"-Bildungswesen bzw. –Bildungseinrichtungen) und der Nachfrage an derart Qualifizierten am Arbeitsmarkt (abgebildet in „Nano"-Beschäftigung) bewertet.

Die Wertungen leiten sich aus den empirischen Erhebungen ab und spiegeln sowohl die Ergebnisse der ExpertInnengespräche als auch der quantitativen Erhebungen wider. Sie basieren einerseits auf der Häufigkeit der Nennungen einzelner Anregungen und andererseits auf den qualitativen Bewertungen durch die ExpertInnen der Bildungs-, Forschungs- und Unternehmenslandschaft. Je häufiger ein Maßnahmenbündel genannt und je höher dessen Bedeutung von den RespondentInnen eingeschätzt wurde, desto höher war demnach die Nutzen-Bewertung des untersuchten Szenarios.

Dieser kumulierte Nutzen der fünf zentralen nanotechnologischen Schlüsselindikatoren ergibt das Nutzenniveau eines Maßnahmenbündels je Zeithorizont.

Durch diese Berechnung ergeben sich Indikationen, wann ein Maßnahmenbündel im Zeitablauf welche Auswirkungen ausübt – dies abhängig davon, ob und in welchem Ausmaß Maßnahmen zur Förderung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich ergriffen werden.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

In einem **zweiten Schritt** sollte die **Wechselwirkung** der einzelnen Maßnahmen zueinander überprüft werden. Basierend auf den Häufigkeiten der Nennungen in der Online-Befragung und der damit verbundenen Wertigkeit für die Befragten wurde die Gewichtung der Maßnahmen verfeinert und durch Projektion auf eine normierte Skala quantifiziert. Auf der Grundlage des erhobenen Datenmaterials konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Nanoaktivität der Unternehmen und Auswahl der Maßnahmen nachgewiesen werden. Die Erhebung der Aus- und Weiterbildungsanbieter vermittelte zwar ein sehr detailliertes Bild der Maßnahmenwünsche, eine aufgeschlüsselte quantitative Gewichtung war allerdings – entsprechend der hohen Bandbreite der Ergebnisse je nach Fachgebiet, Bildungsebene und Technologiefeld sowie der limitierten Anzahl der Grundgesamtheit der zu Befragenden – statistisch nicht aussagekräftig.

In der Methodik der Szenarienerstellung erfolgte daher eine Zuordnung der Maßnahmen zu den Schlüsselindikatoren der Studie wie Beschäftigung, Bildungssystem, Wirtschaftspotenzial u.a.m. Damit wurde die Wechselwirkung der einzelnen Maßnahmenbündel zueinander *implizit* berücksichtigt. So enthalten diese Werte beispielsweise eine Auswirkung eines Maßnahmenbündels, das primär auf das Aus- und Weiterbildungswesen abgestimmt ist, auf den Zielbereich Wirtschaftspotenzial – oder umgekehrt den Impact einer Maßnahme für den Unternehmenssektor (wie z. B. die „Förderung begrenzter Mitarbeit von Firmen an Nano-Forschungsprojekten“) auf Bildungseinrichtungen oder den Arbeitsmarkt.

In einem **dritten Schritt** sollte dem Zusatznutzen der Maßnahmenbündel der erwartete **Mitteleinsatz** für deren Umsetzung gegenübergestellt werden. Die Größenordnungen des Mitteleinsatzes, die für die Bewertung herangezogen wurden, wurden nach erwartetem Förderziel und einer grundsätzlichen Annahme zur Einsatzbreite der möglichen Fördermaßnahmen gegliedert.

Die Mitteleinsatz-Alternativen wurden in drei Kategorien gegliedert: kein, mittlerer und starker Mitteleinsatz. Im ersten Fall besteht die Grundannahme, dass ohne Fördereinsatz auch kein Mitteleinsatz entsteht. Im zweiten Fall kann ein mittlerer Fördereinsatz (beispielsweise Begleitmaßnahmen, Personal- und Einzelprojektförderung) in kleinem oder mittlerem Ausmaß angenommen werden. Insgesamt wird hierbei von wenig Förderung größeren Ausmaßes oder kleinen Förderungen mit wenig bis breiter Streuung ausgegangen. Bei „starkem“ Mitteleinsatz werden hingegen intensive Förderaktivitäten vorausgesetzt (z. B. Infrastruktur- und Großprojektförderung, sehr breite und intensive Einzelprojekt- bzw. Personalförderung).

Die Annahmen zu den nachstehenden Mitteleinsatz-Kategorien wurden aus den Detailmaßnahmen der vierzehn Maßnahmenbündel abgeleitet, die wiederum aus den Nennungen der ExpertInnen extrahiert und nach Förderungsansätzen geclustert wurden.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 5.3
Beispiel für ein in den Szenarien bewertetes Maßnahmenbündel

Annahme zum Fördermitteleinsatz	Förderinstrumente – Beispiele
keine	–
mittel	Begleitmaßnahmen wie Studien, Homepages, Konzeptentwicklung Personal- und Einzelprojektförderung in kleinem oder mittlerem Ausmaß wenige Förderungen größeren Ausmaßes oder kleine Förderungen mit breiter Streuung
stark	intensive Förderaktivität: Infrastruktur- und Großprojektförderung sehr breite und intensive Einzelprojekt- und Personalförderung

Quelle: Eigene Darstellung

Das bewertete Mitteleinsatz-Niveau eines Maßnahmenbündels wurde auf einer fünfteiligen Skala standardisiert. Der abgeleitete notwendige Mitteleinsatz wurde als Referenz für den Mitteleinsatz eines Jahres herangezogen („Apa“ mit „kApa“ für den kurzfristigen, „mApa“ für den mittelfristigen und „lApa“ für den langfristigen Mitteleinsatz). Dabei wurde bei der Abgrenzung zwischen mittlerem und starken Förderausmaß jeweils die Art der Maßnahme berücksichtigt, um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die doch sehr differierenden Größenordnungen sinnvollen Investitionsmöglichkeiten entsprechen.

Im nächsten Schritt erfolgte eine Abschätzung der Bedeutung des Mitteleinsatzes im Zeithorizont. Dabei wurde insbesondere darauf eingegangen, ob für das betrachtete Maßnahmenbündel repetitiver Mitteleinsatz im Zeitablauf notwendig wäre oder ob einmalige intensivere Investitionen vergleichbare Effekte erwarten lassen. Um die in den Befragungen als wichtig identifizierte Nachhaltigkeit gewährleisten zu können, wurden für alle Maßnahmen längerfristige Programme angenommen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 5.4

Beispiel für ein in den Szenarien bewertetes Maßnahmenbündel

Berechnung des Mitteleinsatz-Niveaus pro Maßnahmenbündel	Zeitbezug der Betrachtung
kurzfristiger kumulierter Mitteleinsatz	Mitteleinsatz im Jahr 1 nach Start der Maßnahme
mittelfristiger kumulierter Mitteleinsatz	Mitteleinsatz in den Betrachtungsjahren 1-5 nach Start der Maßnahme
langfristiger kumulierter Mitteleinsatz	Mitteleinsatz in den Betrachtungsjahren 1-10 nach Start der Maßnahme

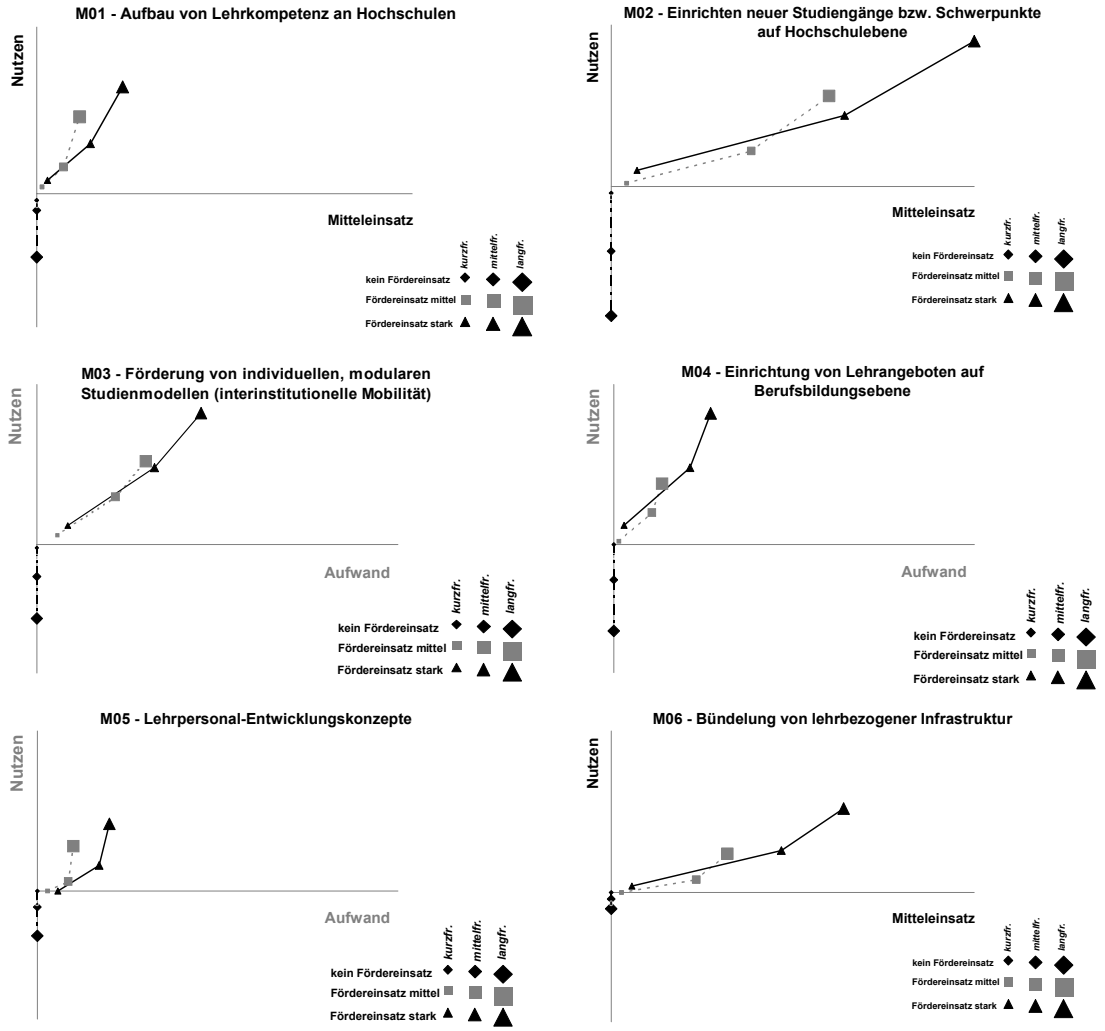
Quelle: Eigene Darstellung

Die in den Szenarien ermittelten Auswirkungen verschiedener Mitteleinsatz- Bandbreiten bei den einzelnen Maßnahmenbündeln werden in den folgenden Grafiken dargestellt.

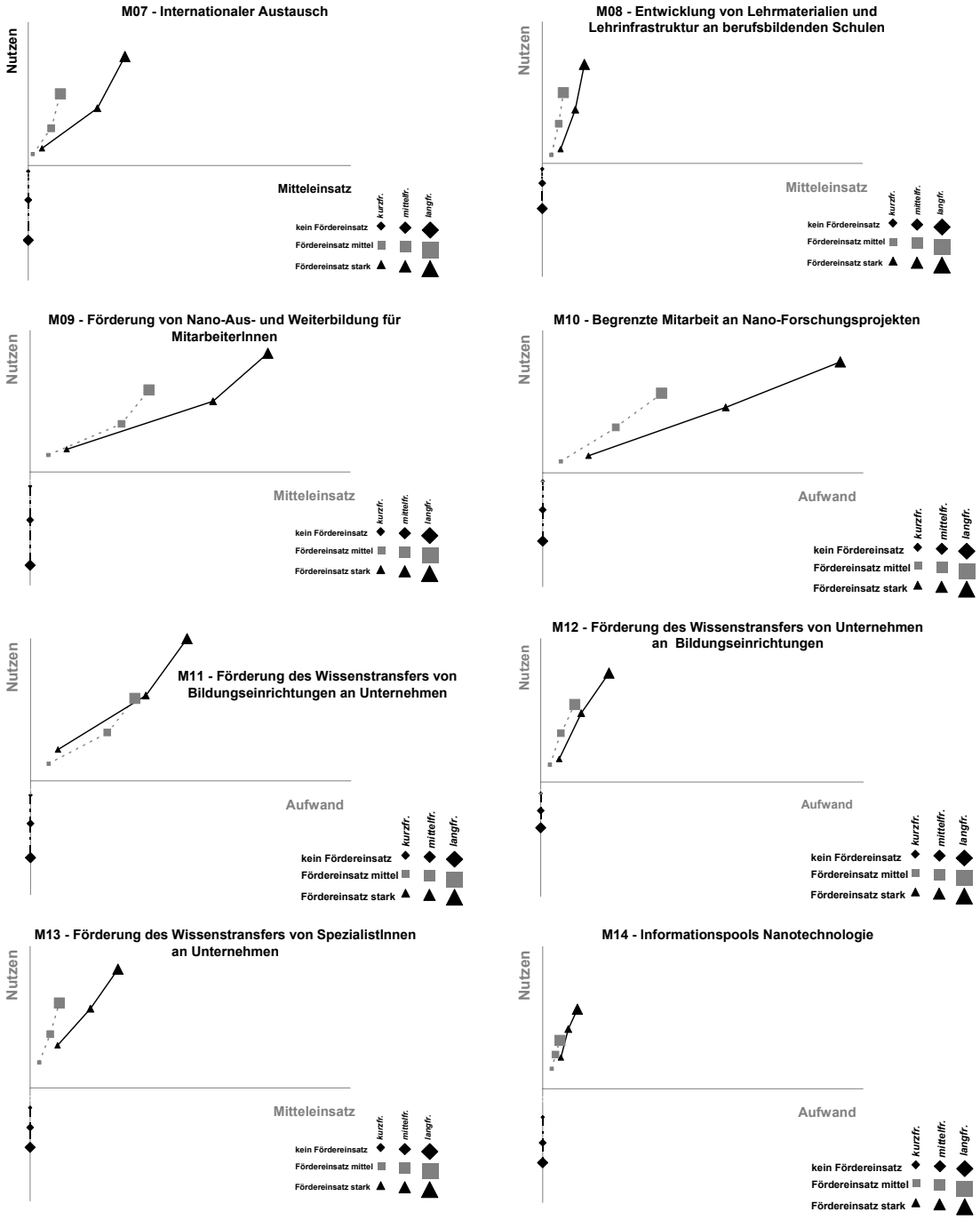
© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 5.5

Mitteleinsatz-Nutzen-Profil der einzelnen Maßnahmenbündel nach Förderintensität und Fristigkeit



© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research



Quelle: Eigene Berechnungen

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Als Nutzenniveau wurden die aggregierten positiven Effekte des untersuchten Mitteleinsatzes auf die definierten Schlüsselindikatoren interpretiert festgelegt. Das Mitteleinsatz-Niveau wurde über den Zeithorizont kumuliert betrachtet. Die Darstellungen enthalten die Mitteleinsatz-Nutzen-Position der Maßnahmenbündel und zeigen damit jeweils den zeitlichen Verlauf (kurz-, mittel- oder langfristig) des Impacts eines Maßnahmenbündels in Abhängigkeit vom vorgenommenen Einsatz an Fördermitteln (keiner, mittel oder stark).

Je stärker der positive Anstieg einer einzelnen Kurve, desto geringer ist der zusätzliche Mitteleinsatz im Zeitablauf, der für das Erreichen eines Nutzenniveaus notwendig ist. Liegt ein flacher Verlauf vor, so ist von höherem Mitteleinsatz auszugehen, um bestimmte Nutzenniveaus weiter zu steigern (z.B. Maßnahmenbündel 2 „Einrichten neuer Studiengänge bzw. Schwerpunkte auf Hochschulebene“).

Ein weiterer Indikator für die Ableitung der Empfehlungen war die Zunahme des Mitteleinsatzes beim Übergang von mittel- zu langfristigen Beobachtungszeiträumen. Bei einigen Maßnahmen ist der langfristige Zusatznutzen des eingesetzten Mitteleinsatzes geringer als der mittelfristige – und vereinzelt auch geringer als der kurzfristige (z.B. Maßnahmenbündel 14 „Informationspools Nanotechnologie“; siehe Abb. 5.7 bis 5.9).

5.4.3 Vergleich der Maßnahmenbündel – erwarteter Nutzen und Mitteleinsatz, Extremszenarien

Neben der Analyse der Einzelprofile ist der direkte Vergleich der Maßnahmenbündel notwendig. Für den Quervergleich der Maßnahmenbündel und als Basis für die Ableitung der Empfehlungen über die Verteilung des Mitteleinsatzes wurden die Maßnahmenbündel je Fristigkeit in ein Mitteleinsatz-Nutzen-Diagramm geclustert.

Durch Berechnung des Mitteleinsatz-Nutzen–Indikators je Fristigkeit (Mitteleinsatz dividiert durch Nutzen) konnten die Maßnahmen mit günstigem Verhältnis ermittelt beziehungsweise bestätigt werden. Daraus wurde abgeleitet, welche Maßnahmen in kurzer Frist mit wenig Mitteleinsatz in ein bestimmtes Nutzenniveau überführt werden können und für welche ein deutlich größerer Fördermitteleinsatz empfehlenswert wäre.

Die Mitteleinsatz-Nutzen-Bewertung macht keine Aussagen zu bestehenden Fördermaßnahmen, die bereits für untersuchte oder verwandte Technologiefelder in Österreich anzutreffen sind. Wie im Kapitel „Empfehlungen“ dargestellt wird, sollte der aus den Szenarien abgeleitete Mitteleinsatz-Nutzen-Indikator nicht als alleiniges Maß für relevante Entscheidungen herangezogen werden: Als wichtige zusätzliche Einflussfaktoren

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

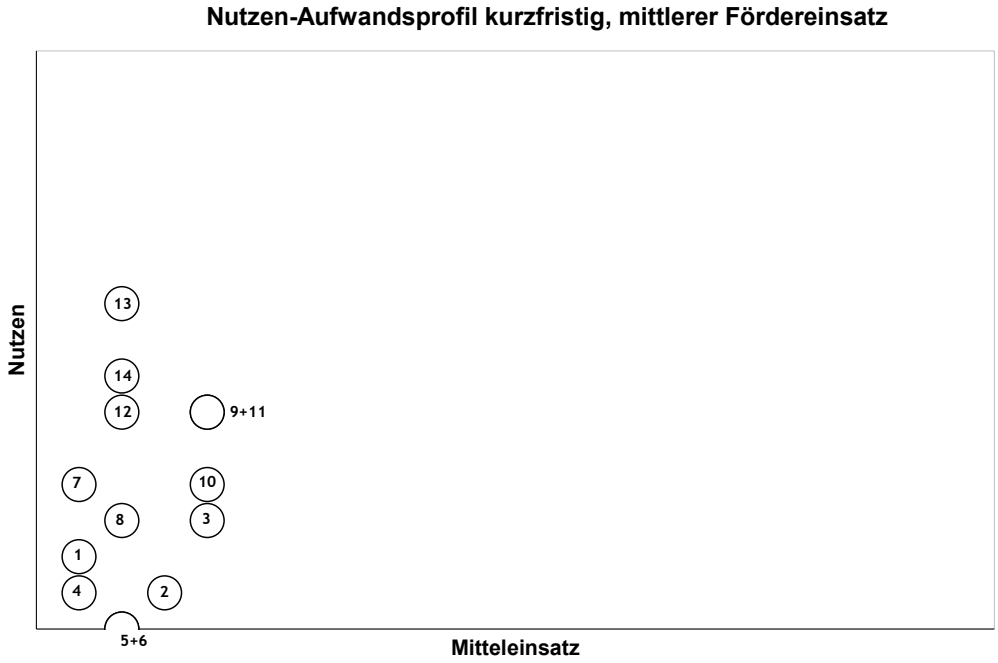
sollten vielmehr auch die absolute Höhe des Mitteleinsatzes, der Anteil des Mitteleinsatzes für das jeweilige Maßnahmenbündel an den insgesamt verfügbaren Mitteln u.a.m. Berücksichtigung finden.

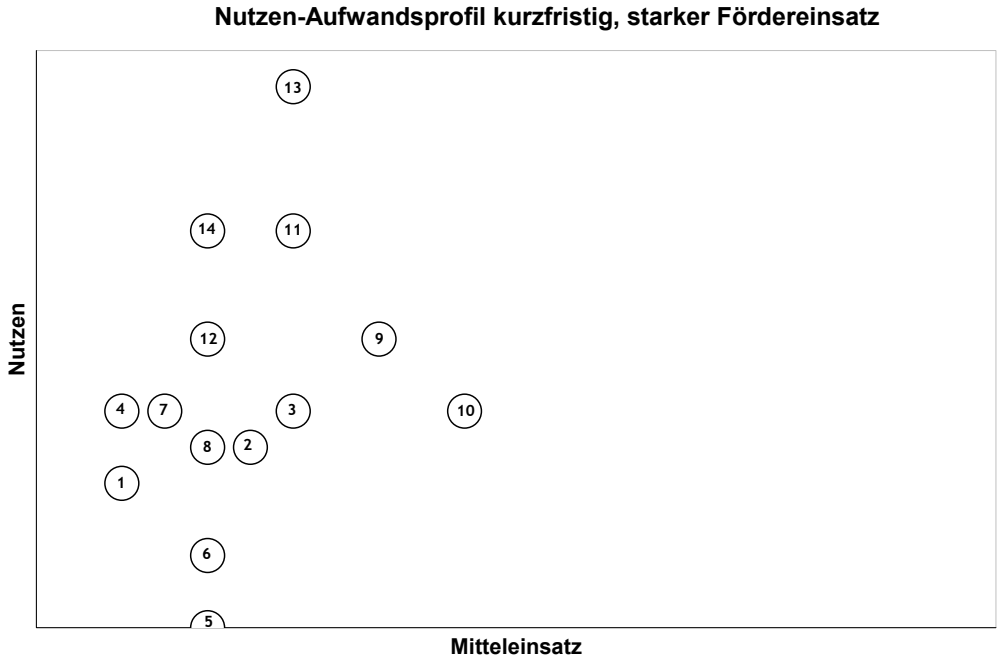
Die in den nachfolgenden Grafiken verwendete Nummerierung steht für folgende Zuordnung zu Maßnahmenbündeln:

1 = Aufbau von Lehrkompetenz an Hochschulen
2 = Einrichten neuer Studiengänge bzw. Schwerpunkte auf Hochschulebene
3 = Förderung von individuellen, modularen Studienmodellen (interinstitutionelle Mobilität)
4 = Einrichtung von Lehrangeboten auf Berufsbildungsebene
5 = Lehrpersonal-Entwicklungskonzepte
6 = Bündelung von lehrbezogener Infrastruktur
7 = Internationaler Austausch
8 = Entwicklung von Lehrmaterialien und Lehrinfrastruktur an berufsbildenden Schulen
9 = Förderung von Nano-Aus- und Weiterbildung für MitarbeiterInnen
10 = Begrenzte Mitarbeit an Nano-Forschungsprojekten
11 = Förderung des Wissenstransfers von Bildungseinrichtungen an Unternehmen
12 = Förderung des Wissenstransfers von Unternehmen an Bildungseinrichtungen
13 = Förderung des Wissenstransfers von SpezialistInnen an Unternehmen
14 = Informationspools Nanotechnologie

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 5.6
Nutzen und Mitteleinsatz bei mittlerem und starkem Fördereinsatz – kurzfristig

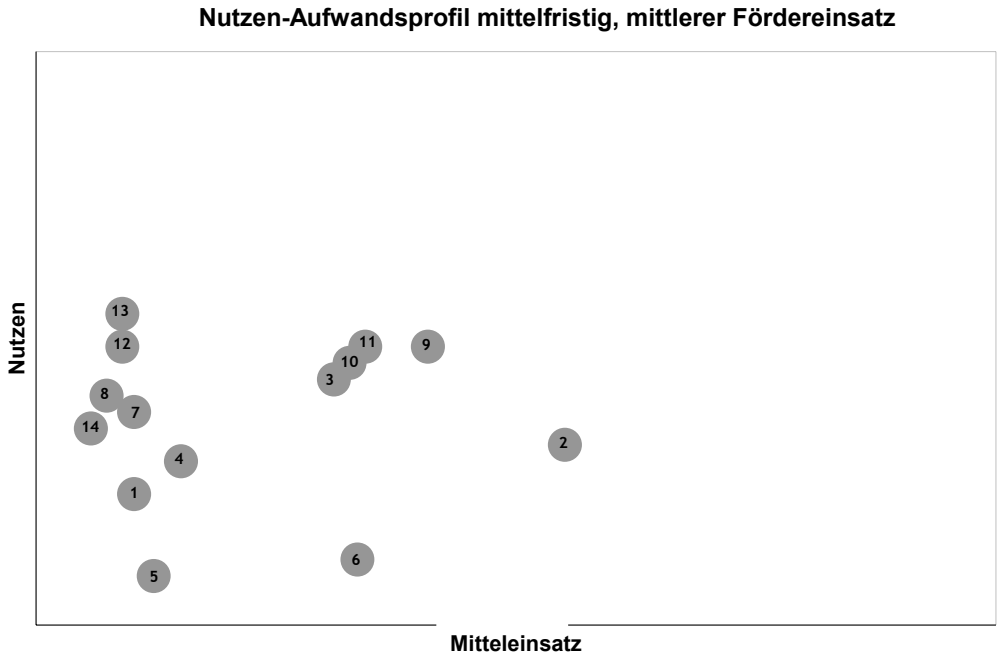


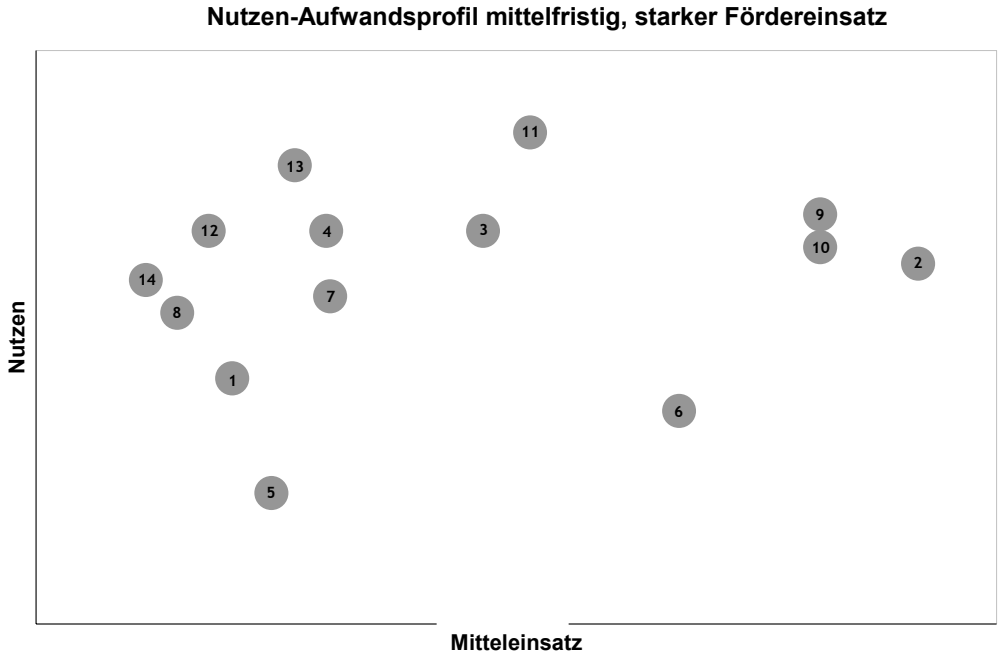


© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 5.7

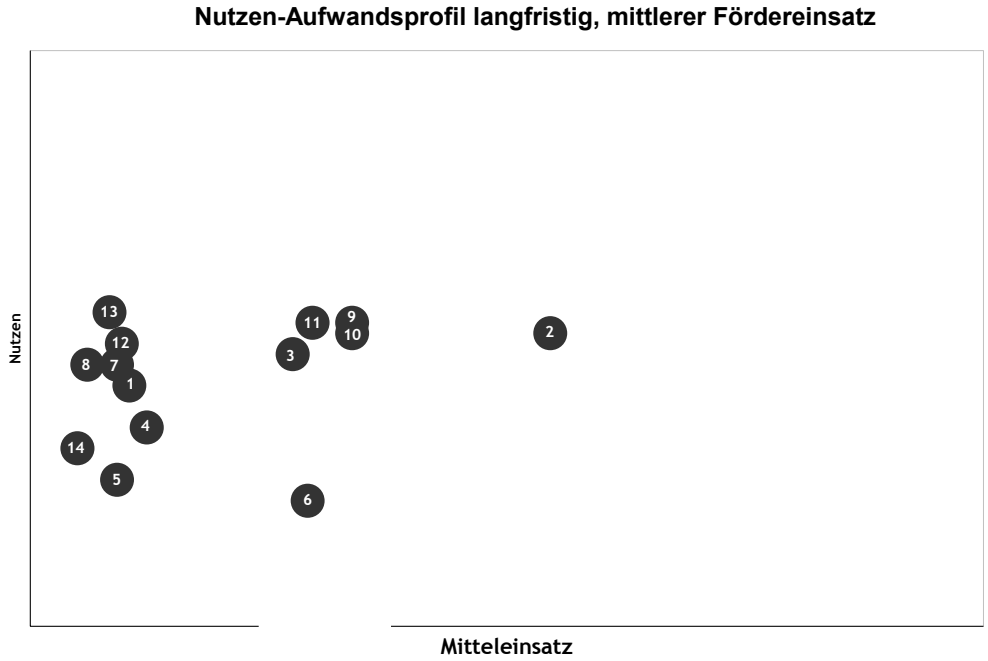
Zusatznutzen und Mitteleinsatz bei mittlerem und starkem Fördereinsatz – mittelfristig

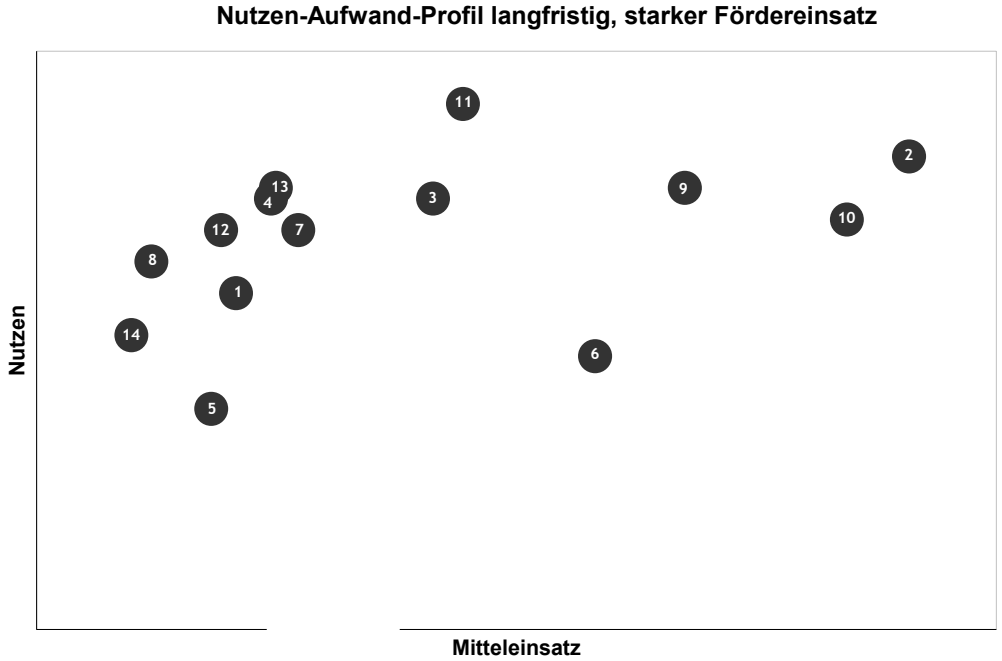




© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 5.8
Nutzen und Mitteleinsatz bei mittlerem und starkem Fördereinsatz – langfristig





© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

5.4.4 Auswertung der Szenarienanalyse

Wie in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben, wurde für jedes einzelne Maßnahmenbündel für die angegebenen Zeithorizonte jeweils die im Mitteleinsatz/Nutzen günstigste Förderungsintensität ermittelt. Für diese Beurteilungen wurden Szenarien für durchgängig mittleren bzw. starken Mitteleinsatz erstellt. Dem wurden darauf aufbauende Mischszenarien mit wechselndem Mitteleinsatz je Maßnahmenbündel gegenübergestellt und bewertet. Die Bevorzugung von mittlerer oder intensiver Förderung wurde aufgrund des beschriebenen Mitteleinsatz-Nutzen-Indikators ausgewählt.

Analoge Überlegungen wurden für mittelfristige und langfristige Optimierungen des Mitteleinsatzes je Maßnahmenbündel angestellt. Somit ergab sich für jedes Maßnahmenbündel und jeden Zeithorizont eine Entscheidungsgrundlage für die Auswahl des potenziellen Mitteleinsatzes. Die folgende Tabelle zeigt den optimalen Mitteleinsatz für die untersuchten Fristigkeiten der Maßnahmen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Tabelle 5.5

Optimale Förderung aufgrund der Mitteleinsatz-Nutzen-Relation je Maßnahmen nach Frist

Handlungsoption	kurzfristig	mittelfristig	langfristig
Aufbau von Nano-Lehrkompetenz an Hochschulen	mittel	mittel	mittel
Einrichtung neuer Studiengänge bzw. Schwerpunkte auf Hochschulebene	stark	stark	mittel
Förderung von individuellen, modularen Studienmodellen (interinstitutionelle Mobilität)	stark	stark	stark
Einrichtung von Lehrangeboten auf Berufsbildungsebene	stark	stark	stark
Lehrpersonal-Entwicklungskonzepte	mittel	stark	mittel
Bündelung von lehrbezogener Infrastruktur	stark	stark	stark
Internationaler Austausch	mittel	mittel	mittel
Entwicklung von Lehrmaterialien und Lehrinfrastruktur an berufsbildenden Schulen	mittel	mittel	mittel
Förderung von Nano-Aus- und Weiterbildung für MitarbeiterInnen	mittel	mittel	mittel
Begrenzte Mitarbeit an Nano-Forschungsprojekten	mittel	mittel	mittel
Förderung des Wissenstransfers von Bildungseinrichtungen an Unternehmen	stark	stark	stark
Förderung des Wissenstransfers von Unternehmen an Bildungseinrichtungen	mittel	mittel	mittel
Förderung des Wissenstransfers von SpezialistInnen an Unternehmen	mittel	mittel	mittel
Informationspools Nanotechnologie	mittel	mittel	mittel

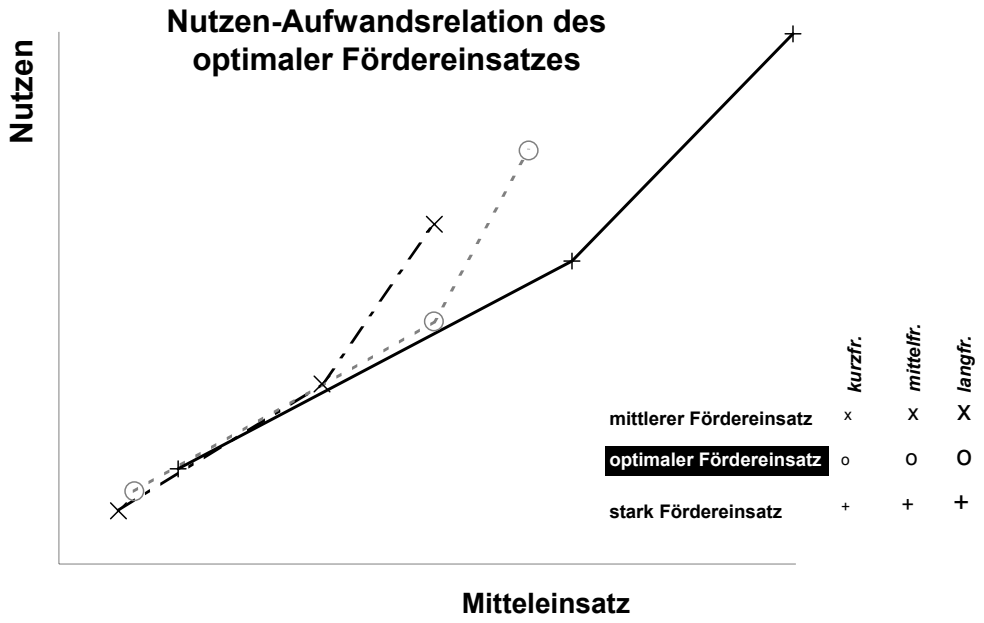
Quelle: Eigene Berechnungen

Anmerkung: Zum Ausmaß des Fördermitteleinsatzes siehe Erklärung nach Tabelle 5.3.

Diese gefundenen Förderansätze je Maßnahme wurden in der Folge in ein Ergebnisszenario – mit einem im Vergleich zu anderen Szenarien günstigen Mitteleinsatz-Mix – übergeleitet. Das Mitteleinsatz-Nutzen-Verhältnis dieses Szenarios ist für die untersuchten Fristigkeiten im folgenden Diagramm dargestellt.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 5.9
Mitteleinsatz-Nutzen-Profil ausgewählter Szenarien: 1. durchgehend mittlerer Fördereinsatz, 2. günstiger Fördermitteleinsatz und 3. durchgehend starker Förderansatz



Quelle: Eigene Berechnungen

Die Darstellung zeigt, dass durch geeignete Kombination des Mitteleinsatzes für die Einzelmaßnahmen ein günstigeres Mitteleinsatz–Nutzen-Verhältnis für das gesamte Förderpaket erreicht werden kann, als es etwa bei durchgehend starker Förderung der Fall wäre. Durch Zusammenführung der aus den Szenarien ermittelten Bewertungen mit den anderen in dieser Studie verwendeten Indikatoren werden (im Kapitel „Empfehlungen“) schlussendlich die Empfehlungen für die Umsetzung der Maßnahmenbündel abgeleitet.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

6 Empfehlungen

6.1 Einleitung

In Kapitel 5 wurden Handlungsoptionen aus Sicht der Bildungs- und ArbeitsmarktexpertInnen und analytischen Ergebnissen aus den verschiedenen Erhebungen abgeleitet und zusammengefasst. In einem weiteren Schritt wurden nun Priorisierungen vorgenommen, die auf Basis der Ergebnisse durch das Studienteam abgeleitet wurden. Diese priorisierten Empfehlungen werden im Sinne eines handlungsorientierten Katalogs zusammengefasst und dargestellt. Die Empfehlungen dienen als Übersicht bzw. Leitlinie für die Optimierung von Aus- und Weiterbildungen im Sinne des Arbeitsmarkt- und Bildungsbedarfs in Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich für die NANO Initiative und ihre Partner. Jede Empfehlung ist inhaltlich aufbereitet, nach grober Aufwandsschätzung gereiht und mit einem Zeitbezug (Umsetzung, Wirksamkeit) versehen. Die mögliche Trägerschaft für jede Empfehlung wurde vor allem dort hervorgehoben, wo das Studienteam synergetische Vorteile durch mehrere Träger sieht. Die Empfehlungen werden durch „Beispiele guter Praxis“ in Bezug auf die österreichische Aus- und Weiterbildungslandschaft bzw. im internationalen Umfeld untermauert.

6.2 Überblick

Aus den Handlungsoption werden Empfehlungen und ergänzende Maßnahmen herausgearbeitet. Empfohlen werden vor allem wettbewerbliche Maßnahmen, um die erfolgsversprechendsten Proposals in die Umsetzung einzubinden. Ein erster Block an Empfehlungen betrifft die Entwicklung der österreichischen Hochschullandschaft (Universitäten und Fachhochschulen) für Nanowissenschaften und Nanotechnologien:

- Empfehlung A1: Verstärkte Positionierung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien an Universitäten und Fachhochschulen zur stärkeren mittelfristigen Etablierung von dem Arbeitsmarkt entsprechenden Humanressourcen
- Empfehlung A2: Förderung von Nano-Diplomarbeiten und Dissertationen zur kurzfristigen Überbrückung des Personalbedarfs bis zum Greifen von Empfehlung A1.
- Empfehlung A3: Informationskampagnen zur Verbreiterung der Nachfrage nach Aus- und Weiterbildung im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien sowie entsprechende Entwicklung von Arbeitsmärkten in Unternehmen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Der zweite Block von Empfehlungen richtet sich an das berufsbildende und allgemeinbildende Sekundarschulwesen, um zeitgerecht auf den erwarteten Schub in Richtung Anwendungsorientierung zu reagieren und breite Awareness für die alle Lebensbereiche umfassende Durchdringung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu schaffen.

- Empfehlung B1: Vorbereitung des technischen Schulwesens (auf Ebene der höheren und mittleren technischen Lehranstalten sowie auf relevanter Berufsschulebene) auf die kommende Anwendungsorientierung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien
- Empfehlung B2: Schaffung einer breiten Awareness für Nanowissenschaften und Nanotechnologien durch breite Informationsoffensiven und Basis-Integration im gesamten Sekundarschulwesen.

Ergänzende Empfehlungen (dritter Empfehlungsblock) sollen dazu dienen, die optimale Nutzung der infrastrukturellen Basis für Aus- und Weiterbildungen auf allen Ebenen zu unterstützen sowie den Informationsfluss in die Unternehmenslandschaft zu stärken:

- Empfehlung C1: Informationskampagne „Österreichische Unternehmen lernen von erfolgreichen österreichischen Nano-Vorreitern“
- Empfehlung C2: Gemeinschaftliche Nutzung von Nano-Ausbildungsinfrastruktur zur Nutzung von Synergien mehrerer Aus- und Weiterbildungsträger

Aus Handlungsoptionen, die weder die NANO Initiative als (Teil-)Träger von Maßnahmen ansprechen, noch als „nano-spezifische“ Empfehlungen angesehen werden, wurden keine Empfehlungen generiert. Diese Handlungsoptionen

- wurden als Randbedingungen in die Empfehlungen integriert,
- sind aus Sicht des Studienteams nicht in mittelfristige Prioritäten und ergänzende Maßnahmen zu integrieren, da sie – im Vergleich von Kosten und Nutzen – zu geringe positive Effekte nach sich ziehen würden,
- oder sind übergeordnete Herausforderungen, die nicht alleine durch die NANO Initiative und ihre Proponenten gelöst werden können, sondern denen eher auf systemischer Ebene begegnet werden kann.

Die folgende Tabelle verdeutlicht die Genese von Empfehlungen des Studienteams auf Basis der Handlungsoptionen. Hellgrau hinterlegte Felder (++ als Zellwert) bedeuten eine hohe erwartete Wirksamkeit durch Umsetzung der jeweiligen Empfehlung in einem Handlungsfeld und mittelgrau hinterlegte Felder (+ als Zellwert) eine mittlere erwartete

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Wirksamkeit. Dunkelgrau hinterlegte Handlungsoptionen ergeben – aufgrund der voranstehenden Argumente – zum jetzigen Zeitpunkt keine Empfehlungen.

Tabelle 6.1

Zusammenhang Handlungsoptionen und vom Studienteam formulierte Empfehlungen

Handlungsoption (vgl. Kap. 5)	A1: Studienangebote	A2: Diplomarbeiten, Dissertationen	A3: Studieninformation	B1: Förderung Nano an technischen Schulen	B2: Lehrmaterialen für Sekundarstufe	C1: Info-Kampagne Unternehmen	C2: Nutzung gemeinsamer Infrastruktur
Aufbau von Nano-Lehrkompetenz an Hochschulen	++						
Einrichtung neuer Studiengänge bzw. Schwerpunkte auf Hochschulebene	++						
Förderung von individuellen, modularen Studienmodellen (interinstitutionelle Mobilität)	+	+					
Einrichtung von Lehrangeboten auf Berufsbildungsebene				++			
Lehrpersonal-Entwicklungskonzepte							
Bündelung von lehrbezogener Infrastruktur							++
Internationaler Austausch							
Entwicklung von Lehrmaterialien und Lehrinfrastruktur an berufsbildenden Schulen				++			
Förderung von Nano-Aus- und Weiterbildung für MitarbeiterInnen							
Begrenzte Mitarbeit an Nano-Forschungsprojekten							
Förderung des Wissenstransfers von Bildungseinrichtungen an Unternehmen		+					
Förderung des Wissenstransfers von Unternehmen an Bildungseinrichtungen		+					
Förderung des Wissenstransfers von SpezialistInnen in Unternehmen						++	
Informationspools Nanotechnologie			++	+	++	++	

Quelle: Eigene Darstellung Studienteam

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

6.3 Erhobene Handlungsoptionen ohne Empfehlungen

Einige der in Kap. 5 formulierten Handlungsoptionen ergaben – wie im voranstehenden Kapitel ausgeführt – keine Empfehlungen.

Handlungsoption 5: Entwicklung von Lehrpersonalentwicklungskonzepten an Universitäten: Die Veränderungen der universitären Bildungsangebote und die aktuell stattfindende universitäre Positionierung sowie die geänderten Personalrahmenbedingungen an Universitäten brachten völlig neue Strukturanforderungen im Personalbereich mit sich. Die verschiedenen Universitäten reagierten mit unterschiedlichen Personalentwicklungskonzepten auf diese neuen Herausforderungen, wobei die Rahmenbedingungen nach wie vor als schwierig zu bezeichnen sind (Integration verschiedener Personalkonzepte in ein neues universitäres Personalkonzept). Aus Sicht des Studienteams ist eine Formulierung und Umsetzung von Personalentwicklungskonzepten Kernaufgabe der einzelnen Universitäten, eine diesbezügliche Steuerung durch die NANO Initiative wird nicht als zielführend angesehen. In der Empfehlung A1 könnten jedoch entsprechende Lehrpersonalentwicklungskonzepte für neue universitäre und fachhochschulische Studienangebote integrativer Bestandteil sein.

Handlungsoption 7: Internationaler Austausch: Der internationale Austausch ist als zentraler Bestandteil der Entwicklung von Know-how (insbesondere in innovativen Wissenschafts- und Technologiefeldern mit neuen Anwendungskonzepten) anzusehen. Dennoch ist es aus Sicht des Studienteams nicht zielführend, nano-spezifische Konzepte für den internationalen Austausch von Studierenden explizit zu forcieren. Internationaler Austausch sollte vielmehr eine flächendeckende Unterstützung für die formulierten Empfehlungen sein, da hier bereits auf eine Vielzahl von anderen Unterstützungsprogrammen zurückgegriffen werden kann.

Handlungsoption 9: Förderung von Nano-Aus- und –Weiterbildung von MitarbeiterInnen: Hierbei handelt es sich um eine Handlungsoption, die mittel- bzw. langfristig umgesetzt werden sollte, wobei jedoch die Entwicklung einer soliden Ausbildungsbasis (Empfehlungen A1 und B1) zunächst notwendig ist, um Know-how-Transfer für Berufstätige ermöglichen zu können. Derzeit ist eine Informationskampagne für Unternehmen und deren Beschäftigte zielführender, da der größte Handlungsbedarf im Bereich der generellen Information über Entwicklungs- und Anwendungspotenziale von Nanowissenschaften und Nanotechnologien liegt.

Handlungsoption 10: Begrenzte Mitarbeit an Forschungsprojekten: Auch diese Handlungsoption zielte in erster Linie auf die Etablierung alternativer Know-how-Entwicklungsmöglichkeiten von Berufstätigen insbesondere in KMUs ab, die jedoch

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

durch entsprechende flankierende Maßnahmen in Empfehlung A2 – Betreuung von Diplomarbeiten und Dissertationen durch Unternehmen – abgedeckt werden kann.

Auch die Handlungsoptionen 11 (Förderung des Wissenstransfers von Bildungseinrichtungen an Unternehmen) und 12 (Förderung des Wissenstransfers von Unternehmen an Bildungseinrichtungen) sollte durch die Empfehlung A2 abgedeckt werden, wobei diese beiden Aspekte aus Sicht des Studienteams in jedem Falle mit berücksichtigt werden sollten. Der derzeitige Call der NANO Initiative („Research and Technology Development in Project Clusters (RPC)“ - Call for Prolongation of the existing RTD Project Clusters: NSI, NADINE, NANO-HEALTH, NANOCOAT, ISOTEC) deckt unter anderem diese beiden Handlungsoptionen ebenfalls ab, sodass keine zusätzliche Empfehlungsableitung notwendig ist.

Handlungsoption 13 (Förderung des Wissenstransfers von SpezialistInnen in Unternehmen) schließlich wird durch vorhandene Projektförderungsprogramme auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene abgedeckt.

6.4 Empfehlungen zur Entwicklung der österreichischen Hochschullandschaft im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien

Die Notwendigkeit der Entwicklung der österreichischen Hochschullandschaft (sowohl Universitäten als auch Fachhochschulen) ergibt sich aus dem hohen Akademisierungsgrad des mit Nanowissenschaften und Nanotechnologien beschäftigten Personal sowie aus den hohen interdisziplinären Anforderungen an Fragestellungen rund um Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Sowohl auf dem Unternehmenssektor als auch auf Ebene der Universitäten und Fachhochschulen selbst als relevante Arbeitgeber (Abwicklung von Forschungsprojekten, Lehranforderungen etc.) sind vor allem Universitäts- und FachhochschulabsolventInnen mit Bezug zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien nachgefragt. Die relevante Nachfrage wird in den kommenden Jahren deutlich höher sein als die Zahl der in Österreich verfügbaren AbsolventInnen (vgl. dazu die Ausführungen in Kap. 5.2). Dieser sich öffnenden Schere zwischen Arbeitsmarkt- bzw. Qualifikationsbedarf und Humanressourcenangebot kann nur durch gezielte Förderungen von Maßnahmen im Universitäts- und Fachhochschulsektor begegnet werden. Dabei reicht es nicht aus, neue entsprechende Studienangebote zu etablieren, sondern es muss auch eine ausreichende Basis an StudieninteressentInnen angesprochen werden. Weiters muss die Mittelfristigkeit der Wirksamkeit von neuen Studienrichtungs- bzw. Studiengangsent-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

wicklungen gesehen werden, sodass kurzfristige greifende Maßnahmen zur Überbrückung des akuten Personal- und Qualifikationsbedarfs gesetzt werden sollen.

6.4.1 Empfehlung A1: Verstärkte Positionierung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Hochschulwesen

___ Ausgangssituation

Die Arbeitsmarktnachfrage im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien wird auch in den kommenden Jahren primär auf HochschulabsolventInnen fokussiert sein, die absolute Personal- und Qualifikationsnachfrage wird weiter steigen. Somit ist aus Sicht des Studienteams eine Stärkung der akademischen Arbeitsmarktbasis eine conditio sine qua non. Generell ist die notwendige strukturelle Basis an Qualifikationen durch technische und naturwissenschaftliche Studienrichtungen an Universitäten und Fachhochschulen bereits gelegt, dennoch ist davon auszugehen, dass die quantitative Nachfrage nach AkademikerInnen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien bis 2010 und darüber hinaus deutlich höher als deren Angebot am Arbeitsmarkt sein wird.

___ Spezifikation der Empfehlung

Bis 2010 ist mit einem geschätzten zusätzlichen Bedarf von in Summe rund 500 AbsolventInnen relevanter universitärer Studienrichtungen von Seiten der im Zuge der Erhebungen kontaktierten Unternehmen am österreichischen Arbeitsmarkt zu rechnen. Bestehende und bis zum Redaktionsschluss der Studie geplante Studienrichtungen können davon nur rund die Hälfte dieses zusätzlichen Bedarfs decken.[1] Somit ist mit einem Mangel von 250 AbsolventInnen relevanter universitärer Studienrichtungen von Seiten der Wirtschaft am österreichischen Arbeitsmarkt bis 2010 zu rechnen – dies entspricht einem jährlichen Zusatzbedarf (Bedarf über derzeit bestehender Ausbildungskapazität) von 50 AbsolventInnen.

Zusätzlich ist durch die empfohlene Ausdehnung der Studienmöglichkeiten auch auf Seiten der Universitäten ein Arbeitskräftemangel an AkademikerInnen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu erwarten. Letzlich formulierten die Unternehmen bis 2010 einen Mangel an AbsolventInnen eines stark anwendungsorientiert gestalteten Studiengangs, der an Fachhochschulen umgesetzt werden sollte.

Dementsprechend sollten bis 2010 zwei bis drei zusätzliche universitäre Studienmöglichkeiten und eine Studienmöglichkeit an Fachhochschulen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien etabliert werden. Diese Studienmöglichkeiten auf uni-

1 Abgang von AbsolventInnen in die Wissenschaft bzw. ins Ausland.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

versitärer und fachhochschulischer Ebene müssen nicht unmittelbar in eigenen Studienrichtungen oder Studiengängen münden. Wichtiger sind fächerübergreifende Aspekte und flexible Anpassungen an die Veränderung des Wissens- und Anwendungsstandes in Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Die Zugangsvoraussetzungen sind jedenfalls so zu definieren, dass eine interdisziplinäre Zusammensetzung der Studierenden möglich ist.

Es sollten insbesondere Eigeninitiativen von Universitäten und Fachhochschulen gefördert werden. Die Schwerpunktbildung sollte insbesondere auf folgende Aspekte und Rahmenbedingungen Rücksicht nehmen:

- Internationale Einbindung: Projekte mit konkreter Anbindung an internationale Partner sollen bevorzugt werden.
- Studieninnovationen im Sinne zusätzlicher Studienmöglichkeiten: Viele technische und naturwissenschaftliche Studienrichtungen (vor allem an Universitäten) werden in den kommenden Jahren an die neue Studienarchitektur im Sinne des Bologna-Prozesses angepasst. Dabei planen einige Universitäten auch bereits konkrete Masterstudiengänge im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien (siehe Kap. 2.1.4). Bei Förderung dieser bereits geplanten Studienmöglichkeiten ist vor allem darauf zu achten, dass nicht nur eine reine Substituierung bestehender Studienmöglichkeiten (lediglich Ablösung des Diplomstudiums durch gleichlautende Masterstudien) stattfindet, sondern dass eine Erweiterung der AbsolventInnenzahlen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien im Sinne der Empfehlung A1 passiert.
- Thematische Verflechtung und Kooperation mit anderen Einrichtungen in Österreich – Projekte mit konkreter Anbindung an nationale Partner sind zu bevorzugen.
- Kritische Masse – Schwerpunkte, die im Umfeld von nationalen oder grenzüberschreitenden Netzwerken gestartet werden[1] und einen thematischen Fokus bilden, der mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen verstärkt wird, sind zu bevorzugen.
- Keine ausschreibungsseitige Einschränkungen Technologiefelder – auf Basis der genannten Rahmenbedingungen sollten die erfolgsversprechendsten Konzepte gefördert werden, sodass auf Basis der Darstellung von Verflechtungsbeziehungen, Studieninnovation, Entwicklungspotenzial und kritischer Masse eine Auswahl getroffen werden kann.

Mittelfristig soll der Aufbau einer soliden Basis an Humanressourcen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien unterstützt werden. Bis zur Verfügbarkeit der Absol-

1 Wie beispielsweise der FH Rheintal-Initiative in Vorarlberg

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

ventInnen dieser neuen Studienangebote soll parallel die Empfehlung A2 (siehe 6.4.2) greifen.

___ Beispiele guter Praxis

Als ein interessantes Beispiel guter Praxis dienen die Studiengänge Nanowissenschaften der Universität Basel (Schweiz). An diesen wird sowohl der Abschluss Bachelor of Science (BSc) als auch Master of Science in Nanosciences (MSc) angeboten. Die Schwerpunkte der Studiengänge, welche die Philosophisch-Naturwissenschaftliche Fakultät anbietet, liegen in Nanophysik, Nanochemie und Nanobiologie.

___ Umsetzungsvorschlag und Zeitbezug

Wettbewerbliche Förderung der Entwicklung von Master-Studiengängen an Universitäten und Fachhochschulen ab 2006: Förderung der Entwicklung von zwei bis drei universitären Konzepten und einem fachhochschulischen Konzept bis zur Akkreditierung bzw. Implementierung. Evaluierung der Förderung, Überprüfung des Umsetzungsfortschritts und Neuerhebung des Bedarfs bzw. Prüfung der Erweiterung auf Bachelorstudien im Jahr 2009.

___ Trägerschaft und Zielgruppen

___ Träger: Die NANO Initiative schreibt die Entwicklung der Studiengänge aus und fördert die Konzeptfindung; nach Akkreditierung bzw. Implementierung der Studienangebote liegt die Trägerschaft beim BM:BWK bzw. den einzelnen Universitäten und FH-Erhaltern.

___ Direkt Begünstigte: Hochschulen und Fachhochschulen

___ Indirekt Begünstigte: Arbeitsmarkt und Studierende

6.4.2 Empfehlung A2: Förderung von Nano-Diplomarbeiten und -Dissertationen

___ Ausgangssituation

In Nanowissenschaften und Nanotechnologien erfolgt der Zugang zum Arbeitsmarkt derzeit überwiegend informell, d.h. nicht über standardisierte Aus- und Weiterbildung, sondern über individuelle Spezialisierungen im Rahmen des Studiums. Um der Unternehmenslandschaft bereits kurzfristig eine ausreichende Basis für aktuelle und zukünftige Aktivitäten in Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu ermöglichen und im Ausbildungssystem forschende und auf die Materie spezialisierte Humanressourcen aufzubauen, ist es prioritär notwendig, die Zahl der AbsolventInnen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien an Hochschulen bereits vor 2010 zu erhöhen. Der Aufbau an universitären Einrichtungen oder Schwerpunkten (Empfehlung A1) ist längerfristig wirksam; bis dahin soll über die Förderung der Diplomarbeiten und Dissertationen die

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Basis an Humanressourcen bereits kurz- bis mittelfristig verbreitert werden. DiplomandInnen und DissertandInnen bzw. AbsolventInnen relevanter Studienrichtungen werden die benötigte Diffusion des einschlägigen Know-hows in österreichische Unternehmen vorantreiben. Förderungen von wissenschaftlichen Arbeiten sind in unterschiedlicher Form bereits vorhanden, die Empfehlung orientiert sich am nanospezifischen Zusatzbedarf, der durch die Implementierung von Empfehlung A1 – im besprochenen Zeitrahmen – noch nicht abgedeckt wird.

___ Spezifikation der Empfehlung

Es wird empfohlen

___ kurzfristig ein Programm zur Förderung von Nano-Diplomarbeiten und -Dissertationen einzurichten,

___ ergänzend wettbewerblich Incentives auszuschreiben - z.B. Honorierung der besten Arbeiten (wissenschaftlicher Wert, Anwendungsorientierung u.a.m.) – und

___ mittelfristig dieses Programm größtenteils durch Empfehlung A1 zu substituieren, d.h. die weitere Positionierung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien an Universitäten und Fachhochschulen, deren Umsetzung aufgrund der notwendigen institutionellen Verankerung größeren Zeitbedarf benötigt, ersetzt die Unterstützung der einschlägigen Arbeiten.

Bei der Ausschreibung sollen folgende Randbedingungen berücksichtigt werden:

___ interdisziplinäre Forschungsansätze

___ interinstitutionelle Projekte

___ ggf. Anwendungsorientierung in Kooperation mit Unternehmen

Ergänzend sieht das Studienteam die Notwendigkeit, ein österreichisches Pendant zu internationalen Austauschförderprogrammen einzuführen, das das Verfassen einschlägiger Arbeiten an verschiedenen Hochschulen gleichzeitig ermöglicht. Dies sollte folgende Aspekte umfassen:

___ Teil-Förderung von Diplomarbeiten und Dissertationen, die an mehreren Partneruniversitäten verfasst werden

___ Teilkostenersatz für Gastuniversität(en)

___ Förderung der Aufenthaltskosten an Gastuniversität(en) für Studierende

___ Förderung für gemeinsam mit KMUs durchgeführte Arbeiten (abgestuft nach Bezug zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien)

___ Beispiele guter Praxis

Recherchen ergeben eine eine große Zahl an Förderpreisen für Diplomarbeiten, Dissertationen und Habilitationen auf europäischer Ebene sowie in Österreich (z.B. Spezialfor-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

schungspreis für Nanowissenschaften und Nanotechnologien des Landes Steiermark, Kategorie 3: Forschungspreis für Nanowissenschaften und Nanotechnologien - Nachwuchsförderung). Bei annähernd allen angetroffenen Förderinstrumenten werden Preise jedoch erst nach Abschluss der einschlägigen Arbeiten vergeben. Der österreichische Bildungsbedarf für Nanowissenschaften und Nanotechnologien der kommenden Jahre benötigt jedoch eine breite Basis an DiplomandInnen und DissertantInnen. Dementsprechend soll ein Unterstützung eingerichtet werden, die vor Start der wissenschaftlichen Arbeit ansetzt und einen Anreiz gibt, sich mit der untersuchten Materie zu befassen.

___ Umsetzungsvorschlag und Zeitbezug

___ Teil-Förderung von (Nano-)Diplomarbeiten und –Dissertationen, die einen klar nachgewiesenen Nano-Bezug aufweisen

___ Startphase 2007 und 2008: 20 bis 30 Diplomarbeiten und 10 Dissertationen mit nachweisbar starkem Nanobezug (beispielsweise Anwendungsorientierung, Grundlagenforschung, aber auch Technologiepolitik, Awareness, u.a.m.) pro Jahr

___ 2009: erneuter Abgleich mit Arbeitsmarktbedarf (parallel zu Evaluierung von Empfehlung A1)

___ Ab 2010: Wenn durch Empfehlung A1 universitäre und fachhochschulische Studienangebote mit regelmäßigen AbsolventInnen am Markt etabliert wurden, nur mehr wettbewerbliche Förderung von Einzelarbeiten (z.B. beste Diplomarbeit/Dissertation in Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich)

___ Trägerschaft und Zielgruppen

___ NANO Initiative, Abstimmung mit BM:BWK

___ Direkt Begünstigte: DiplomandInnen und DissertandInnen, interdisziplinär orientierte Hochschulinstitute, KMUs

___ Indirekt Begünstigte: Arbeitsmarkt

6.4.3 Empfehlung A3: Informationskampagnen zur Verbreitung des Zugangs von BildungsinteressentInnen und Unternehmen

___ Ausgangssituation

Im Rahmen der Untersuchung hat sich gezeigt, dass potenziell Interessierte an Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten in Nanowissenschaften und Nanotechnologien nicht ausreichend informiert sind. Einerseits muss eine breitere Informationsbasis für angehende StudentInnen einschlägiger Studienrichtungen ermöglicht werden (um das generelle Studieninteresse für Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu steigern) und andererseits muss relevante Bildungsinformation aufgrund der Nischeneigenschaften vieler Anwendungen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien spezifisch für einzelne

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Branchen und Regionen aufbereitet werden. Letzteres kann durch gemeinsame Aktionen mit den Interessenvertretungen synergetisch und aufwandsoptimiert durchgeführt werden (z.B. Mitgliederinformation Wirtschaftskammer Österreich, Industriellenvereinigung und regionale Wirtschaftsförderungseinrichtungen als Distributionskanäle).

___ Spezifikation der Empfehlung

Dieses Maßnahmenpaket setzt sich aus drei Bausteine zusammen, die den Informationsbedarf abdecken und die notwendige Bekanntheit der Aus- und Weiterbildungsoptionen steigern.

___ Beauftragung der Erstellung einer Broschüre über Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten in Nanowissenschaften und Nanotechnologien
___ Beauftragung der Erstellung einer Webseite über Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten in Nanowissenschaften und Nanotechnologien
___ Durchführung von PR-Aktionen mit Interessenvertretungen (z.B. Wirtschaftskammer, betroffene Ministerien, Landesregierungen und deren Wirtschaftsförderungsabteilungen)

___ Beispiele guter Praxis

SchülerInnen, die sich in Deutschland für Hochschulangebote im Bereich Nanotechnologie interessieren, können auf die Publikation „Studienführer Nanotechnologie“ des VDI Technologiezentrums zurückgreifen. Sie liegt als PDF-Dokument im Internet vor. Der Studienführer wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) erstellt. Die von VDI und BMBF getragene Aktion wird von namhaften Industriesponsoren unterstützt. Für die österreichische Informationsaktion sollte auch ein deutlicher Schwerpunkt auf die Aus- und Weiterbildungsinformation für Unternehmen gelegt werden, da in Zielbranchen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien ein deutlicher Informationsmangel konstatiert wurde.

___ Umsetzungsvorschlag und Zeitbezug

___ Broschüre: Ausführliche Präsentation aller Studienangebote im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien, Aktivitäten der NANO Initiative, wobei eine Ko-Finanzierung durch Partnerfirmen der Nano-Netzwerke sinnvoll erscheint. Präsentation der Unternehmen als potenzielle Arbeitgeber zur Imagestärkung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien bei StudieninteressentInnen.
___ Ergänzende Website mit an die Broschüre angelehnten Inhalten und Präsentation aktueller Themen aus Nanowissenschaften und Nanotechnologien sowie der entsprechenden Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten, Broschüre als Download, Einbindung in das Informationskonzept der Homepage der NANO Initiative.
___ Regelmäßige Aktualisierung von Broschüre und Website

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Konzentrierte PR-Aktion (inkl. Pressekonferenzen) zum Start von Broschüre und Website, um maximale Aufmerksamkeit beim Zielpublikum zu erreichen.
___ Ausschreibung: Herbst 2006
___ Umsetzung: 2007

___ **Trägerschaft und Zielgruppen**
___ NANO Initiative, ev. in Zusammenarbeit mit Interessensvertretungen der Wirtschaft (Wirtschaftskammer, Industriellenvereinigung).
___ Direkt Begünstigte: StudieninteressentInnen, Unternehmen, die neue MitarbeiterInnen und Weiterbildungsoptionen für bestehende MitarbeiterInnen suchen
___ Indirekt Begünstigte: Bildungseinrichtungen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien

6.5 Empfehlungen für das Sekundarschulwesen

Als zweite Priorität werden Empfehlungen für das Sekundarschulwesen gereiht. Die Schaffung einer Informationsbasis im Sekundarschulwesen wirkt stark synergetisch auf die Positionierung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf Hochschulebene. Für die zu erwartende Anwendungsorientierung ist ergänzend auch die Implementierung von relevantem Know-how vor allem in technischen und naturwissenschaftlichen Ausbildungsbereichen auf Sekundarstufe notwendig.

6.5.1 Empfehlung B1: Vorbereitung des technischen berufsbildenden Schulwesens auf die kommende Anwendungsorientierung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien

___ **Ausgangssituation**
Der Handlungsbedarf im berufsbildenden Schulwesen ist weniger zeitkritisch als im Hochschulwesen. Dennoch besteht die Notwendigkeit, diese Bildungseinrichtungen mit Instrumenten auszustatten, um für die vorhersehbare verstärkte Anwendungsorientierung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien gerüstet zu sein. Unterstützung der Zusammenarbeit von Nano-Unternehmen und beruflichen Ausbildungsstätten im Sinne des Kennenlernens von Produkten und Verfahren, Projekten sowie für diese Ausbildungsebene geeigneter Wissenstransfer ist in diesem Zusammenhang zielführend. Mittelfristig sind Grundkenntnisse über Nanotechnologien in das einschlägige Berufsbildungswesen (höhere technische Lehranstalten, mittlere technische Lehranstalten, relevante Berufsschulen) zu integrieren, wobei zunächst die Implementierung spezifischer curricularer Aspekte in bestehende Ausbildungen empfehlenswert erscheint. Erst in spä-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

terer Folge – bei dezidierter Ausprägung bestimmter Massenanwendungen – ist eine starke curriculare Veränderung notwendig.

___ Spezifikation der Empfehlung

___ Lehrunterlagen für berufliche Aus- und Weiterbildungseinrichtung, speziell in den Bereichen Nanomaterialien und Nanooberflächen
___ Integration nanotechnologischer Grundlagen in die Ausbildung an berufsbildenden Schulen
___ Präsentation von Nano-Verfahren und Nano-Anwendungen durch Unternehmen an berufsbildenden Schulen
___ Umsetzung fokussierter nano-spezifischer Schulprojekte (z.B. Anforderung „Nano-Truck“, Exkursionen)

___ Beispiele guter Praxis

In Deutschland wurden bereits für das berufsbildende Schulwesen verschiedenste Lehrmaterialien umgesetzt, etwa der deutsche Experimentierkasten „NanoToolBox“ für berufliche Schulen mit der Absicht, Jugendliche für Nanotechnologie zu begeistern, sowie das Lehrbuch „Faszination Nanowelten“. Die Übernahme bzw. Adaptierung derartiger Materialien für das österreichische berufliche Bildungswesen in einschlägigen Fachrichtungen ist zu empfehlen. Auf Ebene der Einbindung der Nanowissenschaften und Nanotechnologien in die Berufsbildung dient als gutes Beispiel die Schweizer Initiative Nano-4-Schools. Dabei wurden in der Pilotphase mit ausgewählten Berufsschulen aus der West- und Deutschschweiz in den Bereichen Berufskunde und Allgemeinbildung geeignete Lerninhalte aus verschiedenen Gebieten der Nanotechnologie evaluiert und durch die Lehrkräfte berufsfeldspezifisch umgesetzt. Ein Projektteam begleitete und betreute dabei die beteiligten Schulen, stellte Kontakte zu SpezialistInnen aus Forschung und Industrie her und ermöglichte dadurch einen breiten Wissenstransfer. Die Ziele von Nano-4-Schools sind adäquate Vorbilder für vergleichbare zukünftige österreichische Initiativen:

___ Sensibilisierung der AusbildnerInnen und zukünftigen Berufsleute für Entwicklungen im Nanometerbereich
___ Kennenlernen von neuen Instrumenten für die Nanodimension
___ Förderung des Technologieverständnisses in der Ausbildung von Berufsschullehrpersonen und im Berufsschulunterricht
___ Aufbau von Kontakten zu Partnern aus Forschung und Wirtschaft

___ Umsetzungsvorschlag und Zeitbezug

Lehrbücher und Anschauungsmaterialien für berufsbildende Schulen mit technischem und naturwissenschaftlichem Fokus sollen für das technische Sekundarschulwesen in

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Österreich zur Verfügung gestellt werden. Eine Eigenentwicklung dieser Unterlagen ist dabei nicht notwendig, da die Nutzung von Materialien aus dem gesamten deutschprachigen Raum bzw. die Adaptierung von international Vorhandenem möglich ist.

Ergänzend dazu sollen Unterlagen mit Empfehlungen zur Integration von Nano-Inhalten in die einschlägige Berufsbildung den entsprechenden Lehrenden zur Verfügung gestellt werden.

Bereitstellung von Mitteln für Kleinstförderungen für Fokus-Initiativen und Schulprojekte zum Thema Nanowissenschaften und Nanotechnologien.

Ausschreibung Herbst 2006
Umsetzung ab 2007

___Trägerschaft und Zielgruppen
___Träger: NANO Initiative gemeinsam mit dem BM:BWK
___Direkt Begünstige: SchülerInnen, LehrerInnen, Unternehmen
___Indirekt Begünstige: Arbeitsmarkt, Hochschulen

6.5.2 Empfehlung B2: Steigerung der Awareness bei allen SchülerInnen der Sekundarstufe für Nanowissenschaften und Nanotechnologien

___Ausgangssituation
Das generelle Know-how zum Themenbereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien ist – trotz umfangreicher einschlägiger Informationsmaßnahmen – in der österreichischen Bevölkerung sehr gering. Insbesondere immer wieder aufkeimende Diskussionen um einzelne Problembereiche (Feinstaubbelastung, Technologiefolgenabschätzung u.a.m.) bergen jedoch auch Gefahrenpotenzial für die Gesamtentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in sich, etwa im Sinne einer breiten gesellschaftlichen Ablehnung. Insbesondere an Sekundarschulen sollte deshalb die Awareness für Nanowissenschaften und Nanotechnologien durch entsprechende aufbereitete Information von Chancen, Entwicklungspotenzialen, aber auch Risikoaspekten gefördert werden, um eine vorurteilsfreie Entwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu ermöglichen. Die breite Information zum Thema Nanowissenschaften und Nanotechnologien ermöglicht auch das Ansprechen neuer InteressentInnengruppen für Studienmöglichkeiten in diesem Bereich, was den stagnierenden StudienanfängerInnenzahlen in Technik und Naturwissenschaften entgegenwirken kann.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Spezifikation der Empfehlung

Informations- und Anschauungsmaterial soll LehrerInnen (Chemie, Physik, Biologie) im Sekundarschulwesen zugänglich gemacht werden. Implementierung in bestehende Lehrpläne soll die Vermittlung von Basiswissen zum Thema Nanowissenschaften und Nanotechnologien (spezifische Eigenschaften von Materialien, Verbesserungspotenziale durch neue Verfahren, Nutzungsmöglichkeiten neuer Produkte etc.) für alle SchülerInnen der Sekundarstufe nach sich ziehen.

Die Aufbereitung erfolgreicher Nano-Anwendungen aus österreichischen Unternehmen sowie die Verwendung von internationalen Beispielen kann auch in Maßnahme B2 eine Erleichterung darstellen.

Begleitend muss ein Konzept zur Kompetenzentwicklung des entsprechenden Lehrpersonals – etwa in Form einer Weiterbildungs- oder Vortragsreihe – angeboten werden.

___ Beispiele guter Praxis

Als Beispiel interessanter Praxis dient hier das deutsche übergreifende Modell des gemeinnützigen Vereins „Nanotechnologie und Schule e.V.“, der 2003 in Bonn gegründet wurde. Sein Ziel ist die Förderung der naturwissenschaftlich-technischen Schulbildung mit dem Schwerpunkt der Nanotechnologie und kontextbezogener Wissenschaften. Neben Veranstaltungen und Mitgliedschaft bietet dieser Verein Zugriff auf didaktische Unterlagen und Hinweise zu Lehrmaterialien für Nanowissenschaften und Nanotechnologien. Auf „Lehrer-Online“ werden Unterrichtseinheiten zur Nanotechnologie didaktisch aufbereitet und für interessierte LehrerInnen online verfügbar gemacht. Eine vergleichbare Verbindung von aktiv agierende Personengruppen in Verbindung mit systematischer Bereitstellung der Informationen für Lehrende mit einfachem Zugriff ist empfehlenswert. Ergänzende Aktionen zur Awarenessbildung sind international zahlreich und sollten in Österreich - idealerweise durch Schulen selbst - durchgeführt und entsprechend gefördert werden (Nanoaktionstage, „Kennenlernaktionen“ etc.).

___ Umsetzungsvorschlag und Zeitbezug

___ Bestellung eines Gremiums zur Entwicklung dieser Maßnahme in Abstimmung mit dem BM:BWK
___ Sammlung und Zusammenstellung von Informationsmaterial ab Beginn 2007
___ Weiterbildungsveranstaltungen und Vortragsreihe ab Sommer 2007
___ Abstimmung über Implementierung ab dem Schuljahr 2007/08 mit dem BM:BWK
___ Evaluierung der Maßnahme 2009

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Trägerschaft und Zielgruppen

- Träger: NANO Initiative beauftragt Erstellung von Informationsmaterial sowie Vortrags- bzw. Weiterbildungsreihe
  Abstimmung in Fragen der Didaktik, der relevanten Weiterbildung der Lehrenden und der konkreten Implementierung in bestehende Lehrpläne mit dem BM:BWK.
- Direkt Begünstigte: LehrerInnen, Sekundarschulen, tw. Unternehmen mit Nano-Anschauungsmaterialien
- Indirekt Begünstige: Unternehmen mit Nano-Bezug, Universitäten und Fachhochschulen

6.6 Ergänzende Empfehlungen

Bei diesen Empfehlungen handelt es sich um Maßnahmen, die den Zugang zu Nano-Know-how ermöglichen, um für das in der Studie identifizierte Potenzial an Unternehmensaktivitäten Initialzündungen zu geben. Weiters soll vor allem neuen Bildungsanbietern der Zugang zu relevanter Ausbildungsinfrastruktur ermöglicht werden, um neue Konzepte der Aus- und Weiterbildung im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien zu ermöglichen.

6.6.1 Empfehlung C1: Informationskampagne „Österreichische Unternehmen lernen von erfolgreichen österreichischen Nano-Vorreitern“

- Insbesondere für KMUs ist die Markteintrittsbarriere im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien hoch. Unter anderem deshalb erfolgt die Entwicklung von nanotechnologischen Anwendungen schleppend. Eine entsprechende Informationskampagne über erfolgreiche Beispiele der Umsetzung von Nano-Anwendungen in anderen österreichischen Unternehmen (insbesondere in der jeweiligen Branche) kann diese Markteintrittsbarriere senken.
- Rund 250 Unternehmen beabsichtigen den Einstieg in die Nanotechnologie. Eine kooperative Informationskampagne gemeinsam mit Standesvertretungen soll über branchenspezifische Veranstaltungen – die Know-how-Partnersuche, Marktpotenziale und Ansprechpartner der NANO Initiative bündeln – informieren. Die Einbindung der Interessen- bzw. Standesvertretungen ermöglicht das gezielte Ansprechen von Unternehmen in den einzelnen Branchen.
- Organisation einer Vortragsreihe und Informationskampagne „Österreichische Unternehmen lernen von erfolgreichen österreichischen Nano-Vorreitern“ mit branchen- und regionalspezifischer Einladung.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Umsetzung der Informationskampagne ab 2007 nach Branchen, Regionen und Nano-Themenstellungen
___ Trägerschaft bei NANO Initiative gemeinsam mit regionalen Wirtschaftsförderungsagenturen, Einbindung regionaler Netzwerkunternehmen
___ Direkt Begünstigte: Unternehmen

6.6.2 Empfehlung C2: Gemeinschaftliche Nutzung von Nano-Ausbildungsinfrastruktur

___ Insbesondere für „junge" Ausbildungsinstitutionen ist der Zugang zu nanorelevanter Ausbildungsinfrastruktur aufgrund der geringen Finanzierungsmöglichkeiten in der Startphase schwierig. Für diese Institutionen sind gemeinschaftliche Nutzungskonzepte von bestehender Ausbildungsinfrastruktur zielführend, um die Ausbildungsqualität – im Sinne der konkreten Arbeit mit Mess- und Analyseverfahren und entsprechenden Großgeräten – zu steigern.
___ Die Anschaffung von teuren Großgeräten ist jedoch auch für etablierte Ausbildungsinstitutionen auf eigene Kosten in der Regel nicht möglich, sodass auch hier ein gemeinschaftliches Nutzungskonzept mit anderen Ausbildungsinstitutionen eine Synergieoption darstellt.
___ Obwohl die gemeinsame Nutzung von Ausbildungsinfrastruktur per se keine nanospezifische Problematik ist, bedingt die hohe Interdisziplinarität nanotechnologischer Aufgabenstellungen einen vergleichsweise hohen Infrastrukturaufwand. Internationale Beispiele (siehe Schweden) zeigen, dass durch entsprechende Nutzungskonzepte für die Infrastruktur von Bildungseinrichtungen speziell auch KMUs der Zugang zu für den Einstieg in Nanotechnologien notwendiger Basisinfrastruktur erleichtert werden kann.
___ Unterstützung von Projekten, die den gemeinsamen Aufbau von Nano-Infrastruktur durch verschiedene Interessensgruppen (zumindest zwei Aus- und Weiterbildungsinstitutionen wie etwa höhere technische Lehranstalten, Fachhochschulen, Universitäten, außeruniversitäre Weiterbildungsveranstalter) vorsehen.
___ Deklaration und Abstimmung der Bedürfnisse hinsichtlich nano-infrastruktureller Ausstattung von Aus- und Weiterbildungseinrichtungen
___ Ab Wintersemester 2007/08 Umsetzung eines Incentive-Systems für die gemeinsame Nutzung von Nano-Infrastruktur, Förderungen in Abstimmung mit einem gemeinschaftlichen Nutzungskonzept
___ Träger: NANO Initiative gemeinsam mit regionalen Wirtschaftsförderungsagenturen in Abstimmung mit dem BM:BWK, ev. Erstellung eines „Nano-Großgeräte-Plans"
___ Direkt Begünstigte: Bildungseinrichtungen
___ Indirekt Begünstige: Unternehmen, StudentInnen

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

7 Anhang: Methodik

7.1 Methodik der Erhebungen im Aus- und Weiterbildungssektor

Der Erhebung ging eine umfangreiche Recherche voraus, im Rahmen welcher sämtliche nanorelevanten Aus- und Weiterbildungsanbieter in Österreich erfasst wurden. Unter Punkt 7.1.1 wird das mehrstufige Vorgehen bei der Ermittlung der AnsprechpartnerInnen erläutert. Punkt 7.1.2 beschreibt die Ergebnisse der folgenden Kontaktaufnahme via Telefon und E-Mail. Unter Punkt 7.1.3 wird auf die Durchführungsmodalitäten der Erhebung eingegangen. Punkt 7.1.4 thematisiert schließlich die Rückmeldungen der Interviewten zum Begriff „Nano“, vor deren Hintergrund auch Bewertungen, z. B. in Bezug auf die Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien in der eigenen Bildungseinrichtung, verstanden werden müssen.

7.1.1 Ermittlung nanorelevanter Aus- und Weiterbildungsanbieter

Die Auswahl nanorelevanter Aus- bzw. Weiterbildungsangebote erfolgte in einem mehrstufigen Vorgehen, das nachfolgend beschrieben wird.

7.1.1.1 Recherche nanorelevanter Aus- und Weiterbildungsangebote

Für die Recherche wurden folgende Suchstrategien angewandt:

- In einem ersten Schritt wurden sämtliche österreichische Aus- bzw. Weiterbildungsanbieter aus den Bereichen „Naturwissenschaften“ und „Technik“ recherchiert. Der Fokus lag dabei auf höheren technischen Lehranstalten (HTL) und höheren technischen Bundeslehranstalten (HTBLA), Fachhochschulen (FH), Universitäten und Technischen Universitäten.
- Im nächsten Schritt wurde die Recherche um Aus- bzw. Weiterbildungsangebote erweitert, bei welchen der Begriff „Nano“ in der Bezeichnung des Angebots selbst, im Titel von Lehrveranstaltungen oder Forschungsprojekten vorkommt.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Die Suche wurde in der Folge auf Angebote mit verwandten Themen ausgeweitet. Die wichtigsten Suchbegriffe, welche für die Auswahl herangezogen wurden, sind (in alphabetischer Reihenfolge): Analytik, Beschichtungstechnik, Biotechnologie, Kunststofftechnik, Materialwissenschaften, Mikrotechnologie, molekulare Biologie, Oberflächentechnologie, Polymere, Polymerwissenschaften, Verfahrenstechnik, Werkstoffe.

Sofern durch diese Recherche nicht ohnedies bereits erhoben, wurde die Liste potenzieller AnsprechpartnerInnen durch weitere Schritte ergänzt, welche nachfolgend erläutert werden.

7.1.1.2 Ergänzung der Recherche

Es wurden Aus- bzw. Weiterbildungsanbieter aufgenommen, die Mitglied der folgenden fünf von der Österreichischen NANO Initiative geförderten RTD-Projektcluster sind:

___ NaDiNe – „Nano Diamond Network“
___ NANO-HEALTH – „Nanostructured Material for Drug Targeting, Release and Imaging“
___ ISOTEC – „Integrated Organic Sensor and Optoelectronics Technologies“
___ NANOCOAT – „Development of Nanostructured Coatings for the Design of Multifunctional Surfaces“
___ NSI – „Nanostructured Surfaces and Interfaces“

Darüber hinaus wurden Mitglieder der folgenden österreichischen Nano-Netzwerke berücksichtigt, welchen das Österreichische NANO Forum als Informations- und Kommunikationsplattform dient:

___ NANONET-STYRIA
___ NanoScience and Technology Center Linz (NSTL)
___ Micro@Nanofabrication Austria (MNA Networking)
___ West Austrian Initiative for NANO Networking (w-Inn)

Des Weiteren wurden Anbieter einbezogen, die Mitglied der Österreichischen NANO Forums sind oder in der Vorläuferstudie vom Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (ISI)[1] genannt werden. Aus- und Weiterbildungsanbieter, die Mitglied von

[1] Friedewald, M.; Roloff, N. (2005): Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

themenverwandten Forschungsverbünden sind, wurden ebenso inkludiert. Die wichtigsten Verbünde, die dabei berücksichtigt wurden, sind:

___ Center for Computational Materials Science – daran beteiligt sind Institute der Technischen Universität Wien und der Universität Wien;
___ Center for Biomedical Engineering – ein Zentrum an der Technischen Universität Graz;
___ Center for Molecular Biosciences Innsbruck (CMBI) – ein Zentrum an der Universität Innsbruck;
___ „Advanced Materials" – Design, Synthese und Analyse hochentwickelter Materialien; eine Forschungsinitiative der Universität Innsbruck;
___ NAWI 2000 – eine Kooperation der Technischen Universität Graz und der Universität Graz.

Sofern bei der Befragung von InterviewpartnerInnen weitere nanorelevante Ansprechpersonen genannt wurden, wurden auch diese in die Erhebungen einbezogen. Dadurch erfolgte vor allem eine thematische Erweiterung um die Bereiche Medizin und Mineralogie. Schließlich wurden darüber hinaus vom Auftraggeber empfohlene AnsprechpartnerInnen in der Erhebung berücksichtigt.

7.1.1.3 Ergebnis von Recherche und Ergänzung: Grundgesamtheit der Erhebung

Das Ergebnis der Recherche und ihrer Ergänzung waren in Summe 308 AnsprechpartnerInnen in für die Befragung relevanten Aus- und Weiterbildungsinstitutionen. Dazu zählten:

___ InstitutsleiterInnen
___ LehrgangsleiterInnen
___ AbteilungsleiterInnen
___ LeiterInnen von Arbeits- oder Forschungsgruppen
___ StudiengangsleiterInnen
___ von Kontaktpersonen genannte Verantwortliche für Nano-Schwerpunkte

Diese eruierten 308 Kontakte dienten als Ausgangsbasis für den nächsten Schritt, in welchem eine Gewichtung der Institutionen nach dem Grad ihrer Nanorelevanz erfolgte. Dafür wurden folgende Kriterien herangezogen:

___ der Begriff „Nano" in der Bezeichnung der Aus- und Weiterbildungsangebote, von Studienzweigen oder -schwerpunkten, von Lehrveranstaltungen, von DoktorandIn-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

nen- oder Postdoc-Programmen, von wissenschaftlichen Arbeiten, Forschungsprojekten etc.;
- der Umfang von nanorelevanten oder -verwandten Inhalten in der Aus- bzw. Weiterbildung und
- Mitgliedschaften in RTD-Projektclustern, Nano-Netzwerken und/oder in themenverwandten Forschungsverbünden.

Zweck dieser Gewichtung war es, die einzelnen Institutionen entsprechend dem Grad ihrer Nanorelevanz für die nachfolgende telefonische Kontaktierung zu reihen, beginnend bei den Einrichtungen mit höchster Nanorelevanz. Anbieter, die trotz mehrmaliger telefonischer Kontaktierung nicht erreicht werden konnten, bzw. solche, die von geringer Relevanz waren, wurden in der Folge per E-Mail kontaktiert. Somit konnten sämtliche 308 recherchierten AnsprechpartnerInnen kontaktiert werden.

7.1.2 Ergebnisse der Kontaktierungen

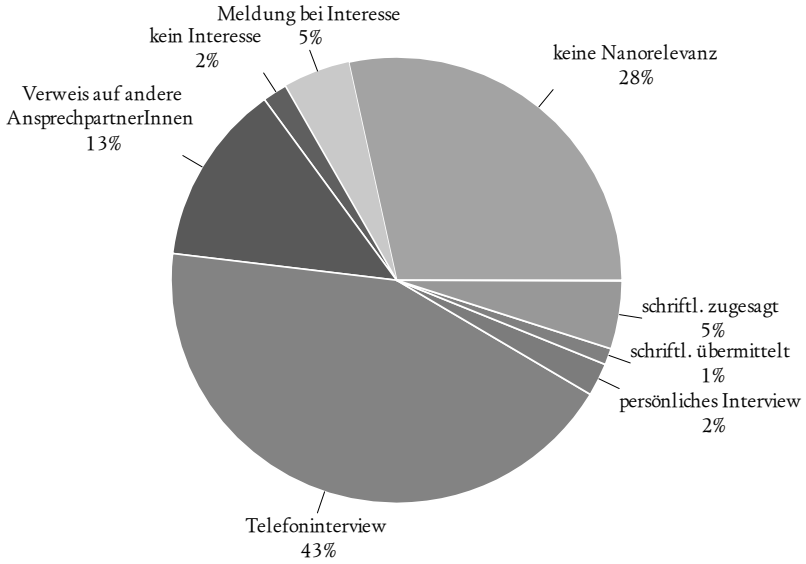
Die Kontaktaufnahme zu den Aus- und Weiterbildungsinstitutionen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien erfolgte im ersten Teil der Erhebung telefonisch. Derart konnten 166 Personen erreicht und befragt werden. In einem zweiten Teil der Erhebung wurden Personen, deren Institutionen als wenig nanorelevant eingestuft wurden, sowie AnsprechpartnerInnen, die telefonisch nicht erreicht werden konnten, per E-Mail kontaktiert, insgesamt 153 Personen. Das ergibt 308 Personenkontakte bzw. 319 Kontaktaufnahmen (durch Mehrfachkontaktierung einzelner Ansprechpersonen via Telefon und E-Mail).

7.1.2.1 Ergebnisse der telefonischen Kontaktaufnahme

Insgesamt wurden 166 Personen telefonisch kontaktiert (vgl. Abb. 7.1). Davon waren 72 Personen (43%) zu einem telefonischen Interview bereit. Von diesen 72 Personen füllten sechs InterviewpartnerInnen den zugesandten Leitfaden vorweg aus und retournierten ihn per E-Mail. Im Interview wurde dann im Detail darauf eingegangen.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 7.1
Ergebnisse der telefonischen Kontaktaufnahme



Quelle: 3s-Darstellung (n=166)

Vier Personen (2%) wurden auf ihren Wunsch hin persönlich interviewt. Zehn Personen (6%) beabsichtigten, anstatt eines Interviews den Fragebogen schriftlich auszufüllen und zu retournieren, dies wurde von zwei Personen auch umgesetzt.[1] 47 der telefonisch kontaktierten AnsprechpartnerInnen (28%) gaben an, keine nanorelevanten Themen zu behandeln. 22 Personen (13%) verwiesen auf andere AnsprechpartnerInnen, die allesamt befragt wurden (sie sind in der Zahl der geführten Interviews bzw. ausgefüllten Fragebögen inkludiert). Weitere drei Personen (2%) hatten kein Interesse an einem Gespräch, acht Personen (5%) gaben zwar an, sich bei Interesse an einem Interview zu melden, unterließen dies jedoch in weiterer Folge.

7.1.2.2 Ergebnisse der Kontaktaufnahme über E-Mail

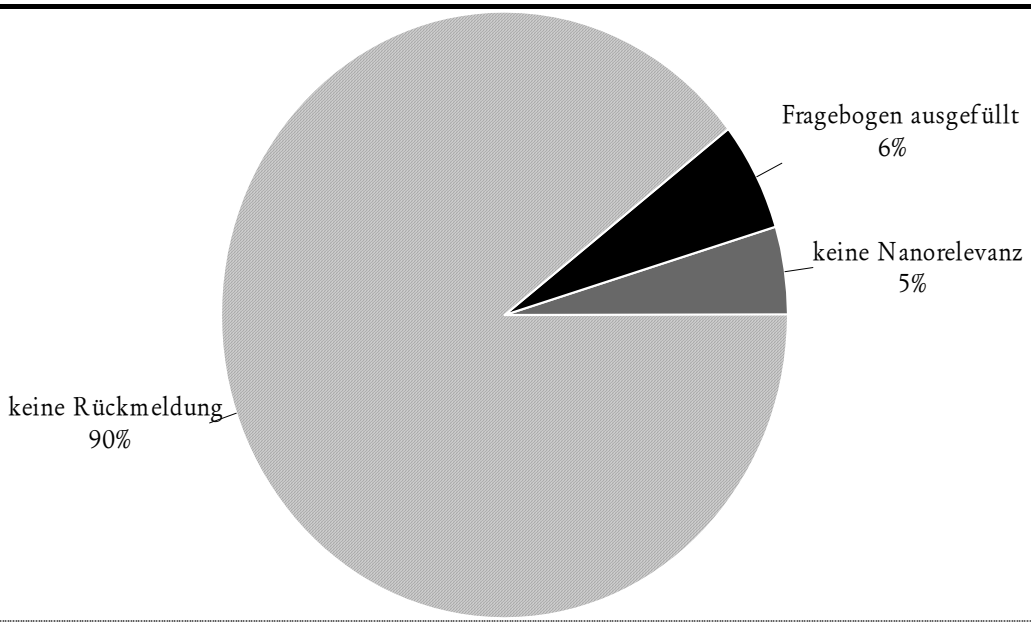
An Ansprechpersonen von Aus- bzw. Weiterbildungsinstitutionen mit geringer Nanorelevanz sowie an Personen, die bei der telefonischen Kontaktaufnahme nicht erreicht werden konnten oder die sich bei Interesse melden wollten, dies jedoch unterließen,

1 Darunter sind auch zwei Personen, mit welchen ursprünglich Termine für ein telefonisches Interview vereinbart wurden. Nach mehrmaligen Verschiebungen und Nichterreichbarkeit zu den Terminen wurde vereinbart, dass sie den Fragebogen ausgefüllt retournieren, was nicht geschehen ist.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

wurde der Interviewleitfaden als adaptierte Fragebogenversion per E-Mail ausgesandt. Die derart kontaktierten 153 Personen wurden gebeten, den Fragebogen bei Vorliegen eines nanorelevanten Aus- bzw. Weiterbildungsangebots innerhalb einer vorgegebenen Frist ausgefüllt zu retournieren oder bekannt zu geben, falls keine nanorelevanten Angebote vorliegen würden (vgl. Abb. 7.2).

Abbildung 7.2
Ergebnisse der Kontaktaufnahme über E-Mail



Quelle: 3s-Darstellung (n=153)

Neun Personen (6%) retournierten den ausgefüllten Fragebogen, sieben Personen (5%) antworteten, in ihrem Aus- bzw. Weiterbildungsangebot keine nanorelevanten Themen zu behandeln. 89,5% (137 Personen) zeigten keine Reaktion auf den Fragebogen, was auch durch die vorwiegend geringe Nanorelevanz der auf diese Art kontaktierten Institutionen erklärbar ist.

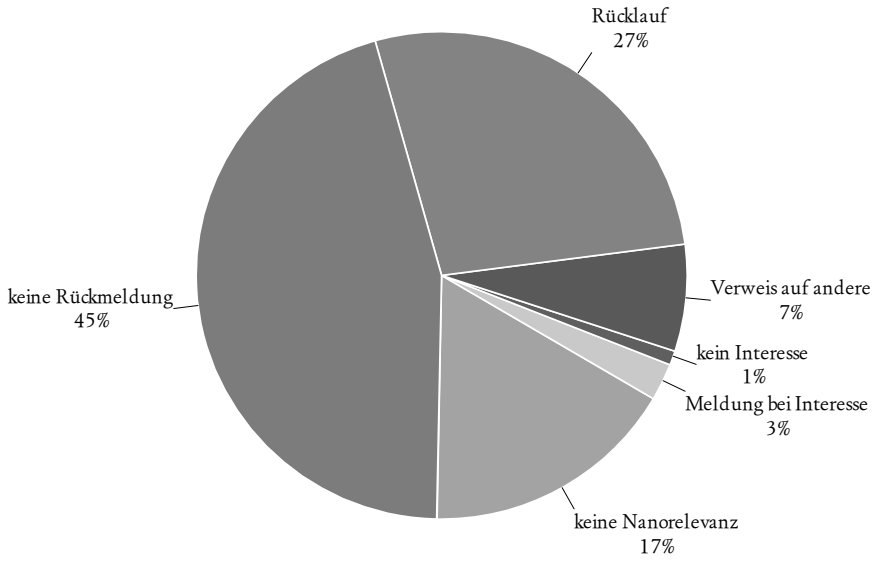
7.1.2.3 Ergebnisse der Kontaktaufnahme in einer Gesamtschau

In Bezug auf die 319 telefonischen wie schriftlichen Kontaktaufnahmen gaben 54 (17%) der AnsprechpartnerInnen an, keine nanorelevanten Themen in ihrem Aus- bzw. Weiterbildungsangebot zu behandeln. 87 Personen (27%) waren zu einem telefonischen oder

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

persönlichen Interview bereit bzw. retournierten den ausgefüllten Fragebogen via E-Mail.

Abbildung 7.3
Gesamtergebnis der Kontaktaufnahme



Quelle: 3s-Darstellung (n=319)

22 (6,9%) der kontaktierten Personen verwiesen auf andere AnsprechpartnerInnen, die sie für diese Befragung als besser geeignet ansahen (diese wurden allesamt befragt). Acht Personen (2,5%) baten um Zusendung von Informationsunterlagen zu dieser Erhebung und gaben an, sich bei Interesse an einer Befragung zu melden, drei Personen (0,9%) zeigten kein Interesse an einer Teilnahme an der Erhebung. Von 145 Personen (45,5%) gab es (sowohl im Rahmen der telefonischen Vorkontakte als auch der E-Mail-Erhebung) keine Rückmeldung (vgl. Abb. 7.3).

7.1.3 Durchführung der Erhebung

Die telefonische Erhebung basierte auf teilstandardisierten, leitfadengestützten qualitativen Interviews. Bei der telefonischen Kontaktierung wurden die Ansprechpersonen über die Rahmenbedingungen und das Ziel der Studie informiert. Stimmten sie einem

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Interview zu, wurde dafür ein Termin vereinbart.[1] Darüber hinaus wurde ihnen der Interviewleitfaden per E-Mail zugestellt, damit sie sich bereits vorab mit den wichtigsten Fragen vertraut machen konnten. Einige der InterviewpartnerInnen nutzten die Möglichkeit, den Leitfaden als Fragebogen ausgefüllt zu retournieren, im Gespräch wurde dann auf noch offene Fragen eingegangen. Für die schriftliche Erhebung via E-Mail wurde der Interviewleitfaden leicht adaptiert: Als Fragebogenversion wurden hier Instruktionen zum Ausfüllen ergänzt.

Im Rahmen der telefonischen wie schriftlichen Erhebung wurden folgende Themenbereiche erfasst:

___ Aus- bzw. Weiterbildungsangebot im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien bzw. damit vernetzten Themenfeldern (z. B. schulische Ausbildung, Lehrveranstaltung, Studienzweig, Studienschwerpunkt, Studienrichtung, DoktorandInnen- und/oder Postdoc-Programme)
___ im Aus- bzw. Weiterbildungsangebot behandelte Nanothemen
___ für das Aus- bzw. Weiterbildungsangebot erforderliche Eingangsqualifikationen
___ Erwartungen an bzw. Empfehlungen für vorgelagerte Aus- bzw. Weiterbildungen
___ im Aus- bzw. Weiterbildungsangebot vermittelte nanorelevante Ausgangsqualifikationen
___ Qualifikationen, die für eine nanorelevante Tätigkeit generell als wichtig erachtet werden
___ Nachfrage der SchülerInnen bzw. Studierenden nach nanorelevanten Aus- bzw. Weiterbildungsangeboten (generell sowie in Bezug auf das Geschlecht und die Nationalität)
___ strukturelle Merkmale der SchülerInnen bzw. Studierenden (Alter, vorhergehende Berufstätigkeit)
___ Art und Umfang von Kooperationen im nanorelevanten Aus- bzw. Weiterbildungsangebot mit anderen Anbietern im Inland sowie im Ausland
___ Art und Umfang von Kooperationen im Aus- bzw. Weiterbildungsbereich mit Firmen
___ Art und Umfang nanorelevanter Forschung (derart wurde vor allem forschungsgeleitete Aus- und Weiterbildung erfasst, d. h. Diplomarbeiten, Dissertationen, Postdocs)
___ Kenntnis vergleichbarer inländischer Aus- bzw. Weiterbildungsangebote (um gegebenenfalls weitere AnsprechpartnerInnen zu identifizieren)
___ Potenziale und Stärken des eigenen Aus- bzw. Weiterbildungsangebots
___ Optimierungsmöglichkeiten auf interner sowie externer Ebene

[1] Vereinzelt wurde vonseiten der InterviewpartnerInnen die Bitte geäußert, ihnen den Interviewleitfaden und eine kurze Information über Art und Ziel der Studie zuzusenden, um zu beurteilen, ob sie sich hierfür als relevante AnsprechpartnerInnen sahen bzw. Aussagen zu den Fragen tätigen konnten. Einige weitere Personen wünschten vor Terminvereinbarung und Weitergabe von Informationen in einem Interview eine schriftliche Beglaubigung von den Auftraggebern.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Bedeutungsentwicklung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien über die Zeitachse von 2000 bis 2010
___ weitere relevante Informationen zum nanorelevanten Aus- bzw. Weiterbildungsangebot

Im Anschluss an die Interviews wurden die Aussagen transkribiert. Jedes geführte Gespräch sowie jeder eingegangene ausgefüllte Fragebogen wurde zwecks Anonymisierung und gleichzeitiger Dokumentation mit einer Nummer versehen, welche bei Zitaten von den InterviewpartnerInnen in diesem Bericht immer angegeben ist.

7.1.4 Relevanz der Begriffsdefinition „Nano“

Es gab zahlreiche Rückmeldungen der Interviewten zur dehnbaren Verwendung des Begriffs „Nano“. Vor diesem Hintergrund müssen auch Bewertungen, beispielsweise in Bezug auf die Bedeutung von Nanowissenschaften und Nanotechnologien, reflektiert werden: Je exakter die Definition von Nano verstanden wurde, desto strenger ging man auch in der Einstufung der Bedeutung für die eigene Aus- und Weiterbildung vor.

Zur Definition von „Nano“ I
Zitate von ExpertInnen
„Also man kann die Frage, ob das [Anm.: die Themen betreuter Diplomarbeiten und Dissertationen des Interviewpartners] Nanothemen sind, sowohl mit Ja als auch mit Nein beantworten, das kommt auf die Definition von Nanotechnologie an.“ (INT54)
„Der Begriff der Nanomaterialien ist ein dehnbarer. Wenn ich Suspensionen mache und Tropfen im Nanometer-Bereich erzeuge, dann sind diese Tröpfen Nanomaterialien. Nach der Definition von Nanotubes etc. machen wir das [Anm.: Nanomaterialien] eher nicht.“ (INT61)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Ein Experte präzisierte das in der Wissenschaft gängige Begriffsverständnis:

Zur Definition von „Nano" II
Zitat eines Experten
„Wichtig ist die Definition von Nano: Nano ist ein System, das zumindest in einer räumlichen Dimension eine Länge von weniger als einem Nanometer hat. Das können dünne Schichten, Cluster etc. sein." (INT59)

Das „Modewort Nano" birgt nach Ansicht von vielen Befragten die Gefahr einer missbräuchlichen Verwendung in sich. Um vonseiten der Industrie den Marktanforderungen und vonseiten der Forschung den Förderausschreibungen gerecht zu werden, wird vieles unter dem Begriff „Nano" deklariert, was obiger Definition nicht standhält. Gerade auch in diesem Zusammenhang wird für eine klare Festlegung, was Nano ist bzw. was es nicht ist, plädiert.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Zum „Modewort Nano“
Zitate von ExpertInnen
„Es gibt weit auseinander klaffende Vorstellungen von Nanotechnologie. Viele KMUs werden zurzeit in diesen Markt gedrängt, etwas im Bereich Nano zu tun, z.B. Kleiderhersteller können keine Kleidung mehr ohne Nano verkaufen. Hier ist eine Bewusstseinsschaffung nötig, was Nano ist und was es nicht ist. Dieser Begriff wird derzeit für vieles verwendet, was es aber nicht ist. Das ist für die Aus- und Weiterbildung in diesem Bereich ein Anliegen, dass man eine gemeinsame Sprache mit der Industrie entwickelt und auch ein bisschen davon herunterkommt, dass Nanotechnologie ***die*** *Technologie des 21. Jahrhunderts ist.“ (INT26)*
„Nano ist zum Verkaufswort geworden, da findet ein Begriffsmissbrauch statt. Es muss aber der offiziellen Definition genügen – das heißt, um Nano zu sein, muss es unter 100 Nanometern liegen.“ (INT59)
„Oft ist es auch so, dass Sachen als Nanotechnologie deklariert werden, die nichts damit zu tun haben. Trotzdem erhalten sie dann Förderungen. Das ist das Problem, wenn es keine scharfe Definition gibt, die es gleichzeitig aber auch nicht geben kann. Wenn die öffentliche Hand die Schwerpunkte deklariert und dafür viele Fördermittel vergibt, ist die Problematik viel globaler: Die Schuld liegt nicht bei den Forschern, die sich daran orientieren, sondern vielmehr bei den Ausschreibenden, weil damit gute Forschungsprojekte oft umdeklariert werden müssen, um in den Genuss einer Förderung zu kommen. Daher werden viele Fördermittel fehlgeleitet – das betrifft die nationale wie die internationale Förderung.“ (INT11)

7.2 Methodik der Erhebungen bei Unternehmen

Für die Bestands- und Bedarfsermittlung der Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien auf seiten der Bildungsnachfrager[1] wurde ein Methodenmix angewandt, der die Ansprüche an empirischen Untersuchungen in komplexen und jungen Technologiebereichen mehrschichtig berücksichtigt. Dieser bestand aus:

___ Erhebung von Sekundärliteratur und Sekundärdatenrecherche
___ Qualitative Erhebung bei ExpertInnen der Unternehmens- und Forschungslandschaft

1 Als bildungsnachfragende Institutionen wurden alle jene definiert, die aktuell und zukünftig überwiegend als Humanressourcen nachfragend agieren und zu deren Aufgaben im Kern nicht die Aus- und Weiterbildung zuzurechnen sind.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Quantitative Erhebungen:

- Telefonische Vorerhebung zur Identifikation von Nanotechnologieunternehmen
- Online-Befragung von Firmen in Branchen mit Bezug zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien

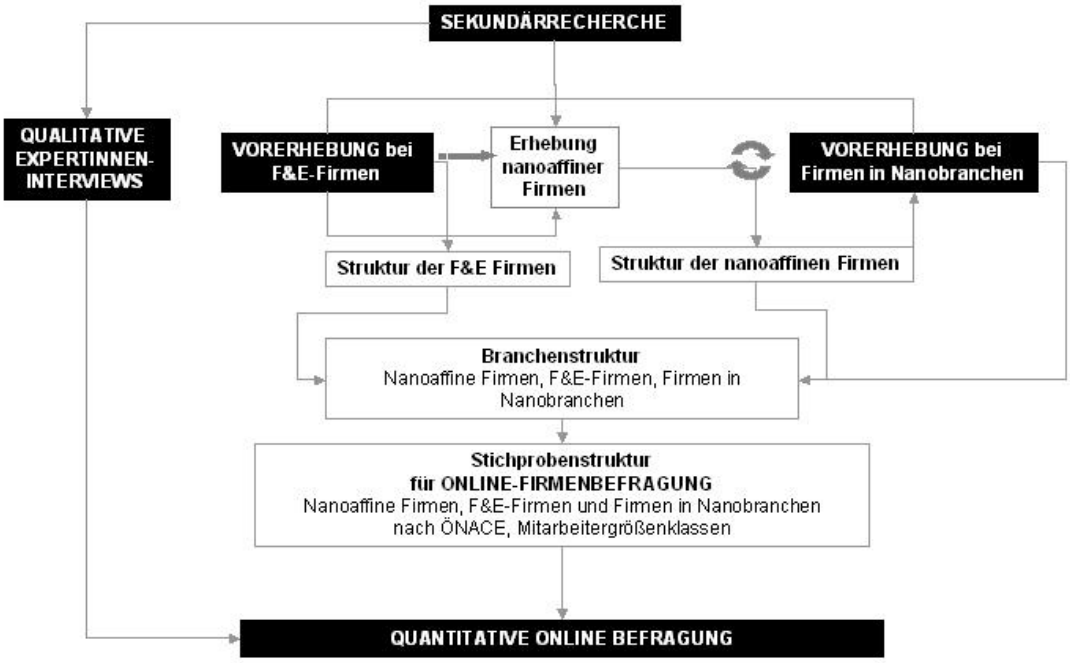
In einem ersten Schritt wurde eine Sekundärliteratur- und Datenrecherche bei Interessenvertretungen und akademischen Einrichtungen national und international, Internetrecherchen sowie Datenerhebungen amtlicher Statistiken (ISIS-Abfrage bei Statistik Austria) durchgeführt. Die Ergebnisse dienten speziell als Basis für die Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes, die repräsentative Bestandsaufnahme, Hochrechnungen und Projektionen von Bestandsdaten sowie als Kontrolldaten für die Szenarienbildung.

In einem zweiten Schritt wurden VertreterInnen der Nano-Szene aus Wirtschaft und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in einer qualitativen Erhebung im Sinne von ExpertInneninterviews befragt. Vorrangiges Ziel dieses Projektteils war es, die Details zu Qualifikationsbestand und -bedarf sowie genaue Profile des für Nanowissenschaften und Nanotechnologien spezifischen Einsatzes an Humanressourcen zu verstehen und darzulegen. Des Weiteren wurde diese ExpertInnenbefragung als Grundlage für die quantitativen Erhebungsschritte genutzt.

An dritter Stelle des empirischen Konzepts standen die beiden quantitativen Erhebungen bei österreichischen Branchen mit Nanotechnologiebezug. Ihr war Ziel es, einerseits das Potenzial an Nanotechnologieunternehmen in Österreich zu erheben und andererseits die so gewonnenen Bestandsdaten zahlenmäßig zu relativieren und quantitative Analysen zu den zentralen Bestandsaspekten zu ermöglichen. Die quantitativen Erhebungen dienten als Grundlage für den Vergleich von Bestands- bzw. Bedarfsaspekten des Unternehmenssektors und des Bildungssystems sowie als Ausgangspunkt für die Szenarienbildung.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Abbildung 7.4
Erhebungsdesign der empirischen Untersuchungen im Unternehmenssektor



Quelle: Eigene Darstellung

7.2.1 Methodik der qualitativen Erhebung

Aus 180 Firmen der Bruttostichprobe der potenziell in Nanowissenschaften und Nanotechnologien tätigen Unternehmen wurden zu Beginn der Untersuchung 168 Firmen als Grundlage für die ExpertInneninterviews ausgewählt. Diese Nettostichprobe ergab sich durch die Bereinigung redundanter Firmendatensätze und die Bereinigung um Forschungsinstitutionen, die dem Aus- und Weiterbildungssektor zugerechnet wurden. Letztere wurden für die Analyse des Aus- und Weiterbildungsangebots an die 3s Unternehmensberatung weitergeleitet. Es resultierten 60 (36% der Nettostichprobe) ExpertInneninterviews, welche die Grundlage für den qualitativen Untersuchungsteil im Unternehmenssegment bildeten. 22% der Nettostichprobe verweigerten ein Interview, 20%

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

haben das Interview mit dem Hinweis auf wenig entwickelte Nanoaktivitäten abgekürzt und bei den verbleibenden 30% war bis zum Erreichen der Zielanzahl der Interviews kein Kontaktabschluss möglich. Die Feldzeit dauerte von Februar bis März 2006.

Die Durchführung der Interviews erfolgte entweder telefonisch oder in einem persönlichen face-to-face Gespräch. Der Gesprächsleitfaden umfasste dabei 16 offene Fragen bzw. Themenkomplexe, die im Zuge des Gespräches erörtert und vertieft wurden. Die Dauer der Interviews betrug durchschnittlich 29 Minuten. Die Gespräche wurden transkribiert und in elektronischer Form erfasst.

Die Auswertung der dadurch gewonnenen Daten richtet sich nach interpretativen und deskriptiven Methoden, wodurch die wichtigsten Aussagen und Trends herausgearbeitet und zusammengefasst wurden. Ein Teil der qualitativen Daten ist einer Quantifizierung unterzogen worden: Vor allem Strukturdaten (Betriebsgröße, Branche, Tätigkeitsfelder, etc.) sowie Aussagen zur Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung. Diese Vorgehensweise ermöglicht nicht nur eine inhaltliche Beschreibung der Ergebnisse nach Trends und wichtigen Aussagen, sondern auch Vergleiche mit den Ergebnissen der nachfolgenden quantitativen Erhebungen.

Die Interviews wurden elektronisch erfasst, transkribiert und mit Verfahren der qualitativen Sozialforschung nach Themenbereichen und Zielgruppen analysiert.

Die befragten ExpertInnen sind meist im Bereich Forschung und Entwicklung als LeiterInnen dieser Abteilungen tätig. Einen weiteren Anteil der ExpertInnen stellen GeschäftsführerInnen dar, die oft auch technische Agenden betreuen. Weitere Aufgabengebiete der InterviewpartnerInnen sind andere Leitungsfunktionen im Bereich Forschung und Entwicklung. Sie sind vor allem für folgende Agenden zuständig: Projektleitung, Produktentwicklung, Produktmanagement, Patent- und Technologieverwaltung, Vertriebsleitung und Verkauf.

Mit 60% der GesprächspartnerInnen sind einschlägig aktive Unternehmen mit explizitem Verfahrens- und Produktbezug am stärksten vertreten. 27% sind außeruniversitäre Forschungsinstitute, 7% reine Vertriebsorganisationen und jeweils 3% der Interviews entfallen auf Dienstleistungsfirmen der Beratung bzw. der Finanzdienstleistung.

Die Unternehmen rechnen sich folgenden Branchen zu (in alphabetischer Reihenfolge): Automobil, Beratung, Biotechnologie, Chemie, Diamantbeschichtungen, Elektronik, Erzeugung und erste Bearbeitung von Edelmetallen, Farben und Lacke, Feinoptik, F&E, Gerätebau, Halbleitertechnik, Integrated Optics, Kunststoff, Maschinenbau, Metall, O-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

berflächenbeschichtungen, Oberflächentechnik, Papier, Software Development, Textil, Venture Capital, Vertrieb, Weltraumtechnik.

7.2.2 Methodik der quantitativen Erhebungen

Die Grundgesamtheit der Österreichischen Firmen in Nanowissenschaften und Nanotechnologien kann im weitesten Sinn durch die Sachgütererzeugung (inkl. Bergbau), den Handel und Dienstleistungen beschreiben werden. Sie ist in der amtlichen Statistik in der „Leistungs- und Strukturstatistik Produktion und Dienstleitung Referenzjahr 2003“ der Statistik Austria abgebildet.

Ergänzend sind als wichtiger Teil dieser Grundgesamtheit die in Österreich F&E-betreibenden Unternehmen inklusive der außeruniversitären Forschungseinrichtungen anzunehmen, die in der amtlichen Statistik in „Forschung und Experimentelle Entwicklung im Unternehmenssektor 2002“ registriert sind. Tabelle 7.1 erläutert die Details zur Grundgesamtheit sowie zu Stichprobe und Methodik.

Tabelle 7.1

Grundgesamtheit und Stichprobe der quantitativen Unternehmenserhebungen

Grundgesamtheit	Stichprobe - Beschreibung	Stichprobe - Methodik
Sachgütererzeugung (zus. Bergbau), Handel und Dienstleistung, N= 266.258 (per 2003)	Branchenüberbegriffe laut ISI-Studie (Metall, Gummi und Kunststoff, Chemie und Maschinenbau)*	Geschichtete disproportionale Zufallsstichprobe n=2.400 (600 pro Branche nach ISI)
F&E-Unternehmen in Österreich, N=1.942 (per 2002)	F&E-Unternehmen der Firmendatenbank Neuberger Research	Vollerhebung, n=821
Als in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktiv bekannte Unternehmen, N=150 laut einschlägigen Studien	Identifikation der Aktivitäten über Sekundärrecherche führte zu 180 Unternehmen potenziellem Bezug zu Nanowissenschaften und Nanotechnologien	Vollerhebung, n=180

Quelle: Statistik Austria, eigene Quellen und Erhebungen

*) Quelle: Friedewald / Roloff (2005)

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Folgende Quellen wurden für den Aufbau der Kontakt- und Strukturdatendaten für die Stichprobe genutzt (alphabetisch):

___ Datenbanken Neuberger Research,
___ Datenbanken von Interessenvertretungen,
___ Firmendatenbank des Kreditschutzverbands von 1870
___ Firmenregister und Marketingdatenbanken
___ Internetrecherche - speziell Hinweise aus österreichischen Nanotechnologie-Netzwerken
___ Kontakte zu ExpertInnen der Nanotechnologie-Unternehmensszene
___ Kontakte zu Interessenvertretungen

Ergänzend wurden alle Hinweise zu österreichischen Firmen erfasst, die durch den eigenen Auftritt oder Hinweise in den zuvor angeführten Quellen als in Nanotechnologie aktives Unternehmen auftreten. Diese Firmen bezeichneten sich im Namen als „Nano-Aktive“ oder nutzen, handeln, produzieren oder forschen im Bereich Nanowissenschaften und Nanotechnologien.

Dankenswerterweise vermittelten Vertreterinnen der NANO Initiative unter Wahrung der österreichischen Datenschutzbestimmungen ergänzend Kontaktdaten von wichtigen Unternehmen der österreichischen Nanoszene.

Angelehnt an die Empfehlung der Europäischen Kommission[1] wird für die Ergebnisse nach Betriebsgrößenklassen überwiegend folgende Unterteilung eingesetzt:

___ Kleinstunternehmen: bis 9 Beschäftigte
___ Kleine Unternehmen: 10 bis 49 Beschäftige
___ Mittlere Unternehmen: 50 bis 249 Beschäftigte
___ Großunternehmen: ab 250 Beschäftigte

Die Frage, inwieweit sich Unternehmen bereits mit Nanowissenschaften und Nanotechnologien beschäftigen[2] oder sich zukünftig mit der Materie unternehmerisch auseinander setzen wollen, ist die Grundlage für die Schätzung des weiteren Firmenpotenzials für Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich.

---

1 Europäische Kommission, Empfehlung der Kommission vom 6.5.2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen

2 Telefonische Vorerhebung, ExpertInneninterviews und Online-Befragung, n=905, Frage: „Beschäftigt sich Ihr Unternehmen derzeit mit dem Thema Nanotechnologie oder Nanowissenschaften (NANO)?“

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

7.2.2.1 Telefonische Vorerhebung

Nach Bereinigung der Firmenbruttostichprobe um redundante, nicht mehr existente oder anderwertig auszuscheidende Unternehmenseinheiten fand eine Vorerhebung von Februar bis Mai 2006 mittels einer telefonische Kontaktaufnahme bei einer Stichprobe von 3.094 Unternehmen statt.

Diese Firmen wurden gebeten, telefonisch fragebogengestützt mehrere Fragen zum Untersuchungsgegenstand zu beantworten. Gleichzeitig wurde um die Einwilligung ersucht, ein E-Mail mit der Bitte um Teilnahme und den entsprechenden Internet-Link zum digitalen Fragebogen der Online-Befragung zusenden zu dürfen. Diese telefonische Vorerhebung war notwendig, um das Einverständnis der UnternehmensvertreterInnen zur elektronischen Kontaktaufnahme im Sinne geltender Datenschutzbestimmungen einzuholen.

Im Rahmen dieser 3.094 telefonischen Vorkontakte gaben 801 Unternehmen (26,8%) ein Kurzinterview. Im Sample dieser telefonischen Vorerhebung waren 256 Unternehmen, welche nach eigenen Angaben in der Nanotechnologie aktiv sind. Weitere 245 Unternehmen teilten mit, dass sie vorhaben, in diese Technologie einzusteigen. Letztlich bekundeten 300 RespondentInnen, dass ihre Firma in ansehbarer Zukunft kein Interesse bzw. keine Absicht hat, sich mit der Materie zu beschäftigen. Neben dem Ziel der Identifikation von Aktivitätsstrukturen zu Nanotechnologien und Nanowissenschaften in Wirtschaftsklassen, in denen Nanoaktivität angenommen wird, wurden mit dieser telefonischen Vorerhebungen bereits erste Hinweise zu Einstellungen und Bewertungen der Unternehmenslandschaft zum untersuchten Thema generiert.

7.2.2.2 Online-Befragung

Die Online-gestützte Durchführung der Befragung fand im Internet statt. Das Befragungsinstrument wurde in einen HTML-Fragebogen umgesetzt. Der Fragebogen enthielt eine spezifische Filterführung und überwiegend getrennte Fragen einerseits für die Gruppe der Firmen, die sich aktuell oder zukünftig mit Nanowissenschaften und Nanotechnologien beschäftigen, und andererseits für jene, die dies nicht vorhaben.

Die Befragung wurde mit 7. April 2006 im Internet freigegeben und am 15. Mai 2006 geschlossen. Die UnternehmensvertreterInnen erhielten eine Einladungs-E-Mail, die Hinweise zur Bearbeitung sowie den Hyperlink zur Befragung im Internet enthält. Durch die Vergabe von Logins wurde eine Mehrfachbeteiligung verhindert und gleichzeitig ein Wiedereinstieg in die Befragung nach einem temporären Abbruch aus Zeit-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

gründen ermöglicht. Zur Optimierung des Rücklaufs wurde in mehreren Wellen per Reminder-E-Mails erneut um Teilnahme an der Befragung gebeten.

1.463 Unternehmen oder 47,3% der Nettostichprobe erklärten sich bereit, das E-Mail mit dem Befragungslink zu empfangen. Insgesamt haben 568 Firmen der Online Stichprobe die Befragung gestartet, 425 Firmen (13,7% der Stichprobe) nahmen schließlich an der Online-Befragung Teil und haben zumindest die Frage, ob ihr Unternehmen aktuell in Nanowissenschaften und Nanotechnologien aktiv ist oder es für die Zukunft plant, beantwortet.

Die erhobenen Daten wurden nach statistischen Methoden einem Cleaning unterzogen sowie hinsichtlich statistischer Ausreißer untersucht und diese je nach Fragestellung auf deren Auswirkungen analysiert. Ergänzend wurden Plausibilität und Validität der Daten geprüft. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe statistischer EDV-Programme.

7.3 Methodik der Erhebungen bei internationalen ExpertInnen

Das Konzept der Studie enthält ergänzend eine Recherche zur Situation und den Aktivitäten der Förderung von Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien in europäischen Vergleichsstaaten. Sie setzte sich aus Sekundärrecherche zu einschlägiger Literatur und Informationsquellen im Internet, ExpertInneninterviews mit neun europäischen SpezialistInnen in Fragen der Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien zusammen.

Es fand eine Literatur- und Internetrecherche über den Status Quo der Bildungs- und Beschäftigungssituation und einschlägiger Fördermaßnahmen der Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Europa statt. Die Recherchen zielten vor allem auf konkrete Beispiele für Fördermaßnahmen in den Vergleichsstaaten ab. In diesem Zusammenhang wurden die Trägerinstitutionen der Förderungen für Aus- und Weiterbildung in Nanowissenschaften und Nanotechnologien der einzelnen Staaten ermittelt und in telefonischer Recherche die zentralen AnsprechpartnerInnen des Untersuchungsgegenstandes identifiziert. Die internationalen AnsprechpartnerInnen sind in folgenden Zielstaaten beheimatet:

___ Deutschland,
___ Schweiz,

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

___ Finnland,
___ Irland und
___ Belgien.

Die ExpertInnen wurden in deutscher oder englischer Sprache persönlich kontaktiert und entweder um einen Interviewtermin oder um Rückmeldung per E-Mail gebeten. Dies resultierte in sieben Interviews sowie zwei schriftlichen Stellungnahmen.

Die Interviews und schriftlichen Stellungnahmen deckten folgende zentralen Themenbereiche ab, wobei zur Ergänzung einzelner Aspekte zusätzlich verantwortliche Kontaktpersonen um klärende Hinweise gebeten wurden.

___ Einschätzung der Situation der Aus- und Weiterbildung für Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Europa
___ Bewertung der Aus- und Weiterbildungssituation im eigenen Staat
___ Strategische Ausrichtung der Integration des Bildungswesens in die nationalen Aktivitäten in Nanowissenschaften und Nanotechnologien
___ Einschlägige Förderstrukturen und Maßnahmen

Die Befragten sind in Institutionen aktiv, die über die nationale Ebene und internationale Vergleiche zum Untersuchungsgegenstand Auskunft geben konnten. Dazu zählen:

___ Ministerien zu Forschung, Bildung, Technologie und Innovation
___ Nationale Agenturen zur Forschungsförderung
___ Sozial- und Wirtschaftwissenschaftliche Forschungsinstitute, die sich in Studien mit dem Untersuchungsthema auseinandergesetzt haben
___ Nationale Einrichtungen zur Förderung von ökonomisch relevanten Technologiefeldern
___ Internationale Großunternehmen

Die Interviews wurden transkribiert und nach Themenbereichen analysiert.

7.4 Interviews mit nationalen BildungsexpertInnen

Zusätzliche Hintergrundinformationen wurden von fünf nationalen BildungsexpertInnen eingeholt, die zum Teil bereits in der Kontaktphase bei Aus- und Weiterbildungsinstitutionen erreicht wurden, drei dieser Interviews wurden mit weiteren übergeordneten In-

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

terviewpartnerInnen durchgeführt, die dem BM:BWK, dem BHS-Sektor und dem Hochschulsektor zuzurechnen sind.

Themenbereiche dieser Interviews waren vor allem die Überprüfung der grob vorformulierten Handlungsoptionen und deren Implementationsmöglichkeiten in die jeweiligen Bildungssystembereiche.

Die Interviews wurden transkribiert und nach Themenbereichen analysiert.

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

8 Literatur

Abicht, L. (2003): „Ermittlung von Trendqualifikationen im Bereich der Nanotechnologie. Untersuchungscluster: Nanochemie / Materialien und Nanoanalytik, Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung gemeinnützige GmbH (isw), Halle

Abicht, L. (2004): „Ermittlung von Trendqualifikationen im Bereich der Nanotechnologie. Untersuchungscluster: NanoOptik und Nanoanalytik, Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung gemeinnützige GmbH (isw), Halle

Abicht, L. (2004): „Ermittlung von Trendqualifikationen im Bereich der Nanotechnologie. Untersuchungscluster: Nanobiotechnologie und Nanoanalytik“, Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung gemeinnützige GmbH (isw), Halle

Abicht, L. (2005): „Schlussbericht Trendqualifikationen in der Nanotechnologie“, I Kurze Darstellung, Institut für Strukturpolitik und Wirtschaftsförderung gemeinnützige GmbH (isw), Halle

Abicht, L. (2005): Trendqualifikationen in der Nanotechnologie. Schlussbericht, Halle

Abicht, L., et al. (2006): “Identification of skill needs in nanotechnology”, Cedefop Panorama series 120, Luxemburg

Academy of Finland (2005): Research Programme on Nanoscience (Finnano) 2006-2010, Programme Memorandum, Helsinki

Agence française pour les investissements internationaux (2004): Les Nanotechnologies en France, AFII JAPON Newsletter No.107, Tokyo

Baumgartner et al. (2003): „Nanotechnologie in der Medizin“, Studie des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung, TA-SWISS 2003

BMBF (2002): „Nanotechnologie in Deutschland. Strategische Neuausrichtung.“, Bonn

BMBF (2002): Förderprogramm IT-Forschung 2006, Förderkonzept Nanoelektronik, Bonn

BMBF (2002): Regulations governing support for the BMBF Junior Researchers Competition Nanotechnology, Bonn

BMBF (2005): „Duale Ausbildung in innovativen Technologiefeldern. Hochqualifizierte Fachkräfte für unsere Zukunft“, Berlin

Brugger J. (LMIS-1), Hoffmann P (IOA) (2005): „Nanotechnology for Engineers“. Präsentation an der Ecole Polytechnique Federal de Lausanne

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Bundesamt für Berufsbildung und Technologie BBT (2002): „Investitionen in den Denkplatz Schweiz, Die vom Bundesrat vorgeschlagene Politik der Förderung von Bildung, Forschung und Technologie während der Jahre 2004 – 2007 im Überblick“, Bern

Cebulla, E. et. al. (2006): „Innovationsbegleitung Nanotechnologie, Hochschulangebote im Bereich Nanotechnologie“, VDI Technologiezentrum GmbH, Düsseldorf

CSC (2002): “CSC Annual Report 2002”, Espoo

Department of Innovation, Industry and Regional Development Victoria (2004): Nanotechnology, skills capabilities requirements for Victoria, Paper for Discussion, Victoria

Europäische Kommission (2003): Empfehlung der Kommission vom 6.5.2003 betreffend die „Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen“, Amtsblatt der Europäischen Union, (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2003) 1422), Brüssel

Europäische Kommission (2005): „Nanowissenschaften und Nanotechnologien: Ein Aktionsplan für Europa 2005-2009“, Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament, und den Sozialauschuss , Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel, 7.6.2005 KOM(2005) 243

European Commission (2005): “Some Figures about Nanotechnology R&D in Europe and Beyond”, Compiled by Unit G4 Nanosciences and Nanotechnologies, , Research DG, Version: 8 December 2005

Friedewald, M.; Roloff, N. (2005): „Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich – Eine Fakten- und Potenzialanalyse im internationalen Vergleich“, Abschlussbericht an die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG) ENTWURF, ISI Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe

Hinze, S.; Geisser, S. (2003): „Nanotechnologie und Life Science“, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe

Luther W., Malanowski, N. (2004): „Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt, Innovations- und Technikanalyse“, Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH (Hrsg.), Düsseldorf

Mattila, M. (2005): „Nanoscience spearheads in Finland. Committee on the development of nanoscience. Ministry of Education“, Finland

Messmann, K., Schiefer, A. (2005): „Forschung und experimentelle Entwicklung (F&E) im Unternehmenssektor 2002“, Statistische Nachrichten 6/2005, Statistik Austria, Wien

Mitteilung der Komission (2004): „Auf dem Weg zu einer europäischen Strategie für Nanotechnologie“, GD Forschung, Luxemburg

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research

Morrison (2005): “Sixth Nanoforum Report - European Nanotechnology Infrastrucure and Networks”, European Nanotechnology Gateway, Düsseldorf

Nanoforum Report (2003): “Nanotechnology in the Nordic Region – An Introduction”, European Nanotechnology Gateway, Düsseldorf

Nanoforum Report (2005): “European Nanotechnology”, Education Catalogue, European Nanotechnology Gateway, Düsseldorf

Nanoforum Report (2005): “European Support for Nanotechnology Small and Medium-sized Enterprises”, European Nanotechnology Gateway, Düsseldorf

Oud, M.; Malsch, I. (2003): “Socio-economic report on Nanotechnology and Smart Materials for Medical Devices”, European Nanotechnology Gateway

Rupf, M., et al (2005): „Nanotechnologie in der Berufsbildung. NANO-4-SCHOOLS. Eine Projektbilanz” SIBP Schriftenreihe Nummer 30, Zollikofen

Sixth Nanoforum Report (2005): “European Nanotechnology Infrastructure and Networks”, Nanoforum. Düsseldorf

Statistik Austria, Hrsg. (2005): „Konjunkturstatistik im Produzierenden Bereich Band 1 - Ergebnisse auf Unternehmens- und Betriebsebene sowie Indizes“, Wien

Swiss Technology Consulting Group (2001): „Das schweizerische Kompetenznetz in der Mikro- und Nanotechnologie“, Zürich

Swissmem (2004): „Berufliche Grundbildung Mikro- und Nanotechnologie“, Konzeptbericht, Bern

Swissmem, (2005): „Berufliche Grundbildung Mikro- und Nanotechnologie“, Konzeptbericht, Zürich

TEKES (2004): Enabling Innovations, FinNano – Nanotechnology Programme 2005-2009, Helsinki

VDI nachrichten in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) (2004): Fachkräftemangel bei Ingenieuren? Aktuelle Situation und Perspektiven, Düsseldorf

VDI Technologiezentrum GmbH (2005): „Innovations- und Technikanalyse, Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt“, Düsseldorf

© 2006 3s Unternehmensberatung GmbH, RSI Consulting, neuberger research