

ENTWURF

**Die Freigabe der vorliegenden Studie
zum Thema**

**„Anreize für die
Entwicklung und Anwendung
umweltfreundlicher biotechnischer
Produkte und Verfahren“**

FKZ 3708 66 300

durch das UBA / BMU steht noch aus.

**Der vorliegende Endbericht dient als
Erkenntnisquelle und ist bis zur ab-
schließenden Freigabe durch den Auf-
traggeber noch nicht zitierfähig.**

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Chemische Industrie und Energieerzeugung

Förderkennzeichen (UFOPLAN) 3708 66 300

Anreize für die Entwicklung und Anwendung
umweltfreundlicher biotechnischer Produkte und Verfahren

von

Dr. Hans-Bernhard Rhein, Umweltkanzlei

Prof. Dr. Roland Ulber, TU Kaiserslautern

Dr. Kai Muffler, TU Kaiserslautern

Felix Müller, TU Kaiserslautern

Katharina Endler, Umweltkanzlei

Projektleitung

Dr. Hans-Bernhard Rhein

Umweltkanzlei Dr. Rhein

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES

Juli 2009

Berichts-Kennblatt

| | | |
|---|-----|---|
| 1. Berichtsnummer 3708 66 300 | 2. | 3. |
| 4. Titel des Berichtes Anreize für die Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher biotechnischer Produkte und Verfahren | | |
| 5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Dr. Hans-Bernhard Rhein Prof. Dr. Roland Ulber Dr. Kai Muffler Felix Müller Katharina Endler | | 8. Abschlussdatum 20.07.2009 |
| | | 9. Veröffentlichungsdatum |
| 6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Umweltkanzlei Dr.Rhein Bahnhofstraße 17 31157 Sarstedt, Deutschland Tel. 05066 / 900 99-0 Fax. 05066 / 900 99-9 Technische Universität Kaiserslautern FB Maschinenbau und Verfahrenstechnik Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik Gottlieb-Daimler-Straße 44 67663 Kaiserslautern, Deutschland Tel. 0631-2054043 Fax: 0631-2054312 | | 10. UFOPLAN-Nr. 3708 66 300 |
| | | 11. Seitenzahl Studie: 132 Anhänge: 105 |
| | | 12. Literaturangaben 128 |
| | | 13. Tabellen und Diagramme 5 |
| 7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau | | 14. Abbildungen 11 |
| 15. Zusätzliche Angaben | | |
| 16. Kurzfassung Studien weisen der Biotechnik eine hohe Wachstumsrelevanz zu. Der für das Jahr 2010 prognostizierte Anteil biotechnisch erzeugter Produkte in der chemischen Industrie von 20 % wird jedoch eher bei dem heutigen Anteil von ca. 5 % verbleiben. Die Studie befasst sich mit der Fragestellung, wieso sich biotechnische Produkte nicht schneller am Markt etablieren. Dazu werden die aktuellen Hemmnisse und bestehende bzw. neue Anreizinstrumente in Bezug auf die Weiße (industrielle) Biotechnik analysiert, um gezielt die Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher biotechnischer Produkte und Verfahren fördern zu können. Neben einer Recherche zur Entwicklung und Umweltrelevanz der Weißen Biotechnik werden die postulierten Hemmnisse und Anreize sowie neue Fördermöglichkeiten mit Hilfe von Expertenbefragungen erörtert. Hieraus werden – nach erneuter Diskussion mit Fachleuten – anhand einer Vorstudie konkrete Vorschläge zu Verbesserungen der Biotechniketablierung abgeleitet. Anhand von Fallstudien (Biokraftstoffe der 2. Generation, Polyhydroxybutyrat als Biopolymer und Phytase als Futtermittelzusatz) werden die praktischen Auswirkungen und spezifischen Bedingungen zu Anreizen aus Sicht der biotechnischen Prozesse und umweltfreundlichen Produkte untersucht. Insgesamt wurden ca. 40 Handlungsempfehlungen gegeben, die den Bereichen der direkten staatlichen Anreizinstrumente (Steuerpolitik/Subventionen, Fördermittel-, Bildungs- und Forschungspolitik, politische Rahmenbedingungen, staatliche Nachfrage und Informationspolitik/Verbraucheraufklärung) sowie den nicht-staatlichen Anreizinstrumenten (Wissenstransfer/Kooperation, Verbandspolitik, Kapitalmarktfinanzierung) zugeordnet werden können. | | |
| 17. Schlagwörter Biotechnik, Weiße Biotechnik, Biotechnologie, Anreize, Handlungsempfehlungen, Nachhaltigkeit, Klimaschutz, Ressourcenschonung, Ökoeffizienz, umweltfreundliche Produkte und Verfahren, Ökolabel, Biokraftstoffe, Polyhydroxybutyrat (PHB), Phytase, Technologieförderung, Steuerpolitik, Kapitalmarkt, KMU | | |
| 18. Preis | 19. | 20. |

Report Cover Sheet

| | | |
|--|---|-----|
| 1. Report No 3708 66 300 | 2. | 3. |
| 4. Report Title Incentives for development and application of environmentally friendly biotechnological products and processes | | |
| 5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Dr. Hans-Bernhard Rhein Prof. Dr. Roland Ulber Dr. Kai Muffler Felix Müller Katharina Endler | 8. Report Date 2009-07-20 | |
| | 9. Publication Date | |
| 6. Performing Organisation (Name, Address) Umweltkanzlei Dr.Rhein Bahnhofstraße 17 31157 Sarstedt, Germany Tel. 05066 / 900 99-0 Fax. 05066 / 900 99-9 Technische Universität Kaiserslautern FB Maschinenbau and Verfahrenstechnik Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik Gottlieb-Daimler-Straße 44 67663 Kaiserslautern, Germany Tel. 0631-2054043 Fax: 0631-2054312 | 10. UFOPLAN-Ref. No. 3708 66 300 | |
| | 11. No. of Pages study: 132 attachment: 105 | |
| | 12. No. of Reference 128 | |
| | 13. No. of Tables, Diagrams 5 | |
| 7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau | 14. No. of Figures 11 | |
| 15. Supplementary Notes | | |
| 16. Abstract Studies assign a tremendous growth potential related to biotechnology. However, the predicted proportion of biotechnological manufactured products in the chemical industry for the year 2010 by 20 % will more likely remain by today's 5 %. The study deals with the question why biotechnological products are currently established at the market in the obvious slow way. Therefore, the current constraints and existing respectively new incentive instruments referring to the white (industrial) biotechnology are analyzed to focus on the promotion of the development and application of environmentally friendly biotechnology products and methods. In addition to a search concerning environmental relevance and further development of white biotechnology, the postulated constraints and incentives as well as new promotions are discussed with the help of expert interviews. On the basis of a preliminary study - after further discussion with experts - concrete proposals on improvements related to an ongoing establishment of biotechnology will be derived. Based on case studies (2nd generation biofuels, polyhydroxybutyrate as biopolymer and phytase as an animal feed additive), the practical effects and specific conditions to incentives, from the perspective of biotechnological processes and environmentally friendly products are investigated. Overall, about 40 activities were recommended, which could be assigned to areas of direct government incentives (tax policy/subsidies, subsidies, education and research policy, basic political conditions, government demand and information policy/consumer intelligence) as well as non-governmental incentives (knowledge transfer and cooperation, organisation-related policy, capital market financing). | | |
| 17. Keywords biotechnology, white biotechnology, incentives, recommendations, sustainability, climate protection, resource conservation, eco-efficiency, environmentally friendly products and processes, eco-label, biofuels, polyhydroxybutyrate (PHB), phytase, technological support program, tax policy capital market, small and medium-sized companies (SME), funding instruments | | |
| 18. Price | 19. | 20. |

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Abbildungsverzeichnis | 6 |
| Tabellenverzeichnis | 6 |
| Abkürzungsverzeichnis | 7 |
| Zusammenfassung..... | 9 |
| Summary..... | 18 |
| 1 Einleitung und Zielsetzung..... | 27 |
| 2 Methodik | 30 |
| 3 Hintergründe und Rahmenbedingungen..... | 34 |
| 3.1 Entwicklung der industriellen Biotechnik..... | 34 |
| 3.1.1 Kategorisierung und Einordnung als Wissenschaft | 34 |
| 3.1.2 Methoden und Verfahren | 37 |
| 3.1.3 Anwendungszweige und Produkte | 38 |
| 3.1.4 Wirtschaftliche Bedeutung und Prognosen..... | 41 |
| 3.2 Umweltrelevanz der Weißen Biotechnik | 44 |
| 3.2.1 Biotechnik im Kontext einer Nachhaltigen Entwicklung | 44 |
| 3.2.2 Umweltentlastungseffekte durch biotechnische Produkte und Verfahren | 46 |
| 3.2.3 Ökobilanzielle Fallstudien | 50 |
| 4 Ergebnisse..... | 54 |
| 4.1 Staatliche Anreizinstrumente | 56 |
| 4.1.1 Steuerpolitik / Subventionen | 56 |
| 4.1.2 Fördermittel-, Bildungs- und Forschungspolitik..... | 60 |
| 4.1.3 Politische Rahmenbedingungen | 77 |
| 4.1.4 Staatliche Nachfrage | 88 |
| 4.1.5 Informationspolitik/Verbraucheraufklärung | 89 |
| 4.2 Nicht-staatliche Instrumente | 91 |
| 4.2.1 Wissenstransfer und Kooperation..... | 91 |
| 4.2.2 Verbandspolitik | 93 |
| 4.2.3 Kapitalmarktfinanzierung | 94 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.3 | Fallstudien | 98 |
| 4.3.1 | Fallstudie 1: Biokraftstoffe der 2. Generation (Plattformchemikalie auf Basis NawaRo) | 98 |
| 4.3.2 | Fallstudie 2: PHB als Biopolymer (Alternativkunststoff) | 103 |
| 4.3.3 | Fallstudie 3: Enzym Phytase als Futtermittelzusatz (Nutztierhaltung) | 108 |
| 5 | Handlungsempfehlungen | 111 |
| 6 | Literaturverzeichnis | 118 |
| | Anhang | 132 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|--------------|--|-----|
| Abbildung 1 | Eckpunkte des Projektablaufs | 30 |
| Abbildung 2 | Farbenlehre der Biotechnik | 37 |
| Abbildung 3 | Umsatzprognose für Produkte der Weißen Biotechnik..... | 43 |
| Abbildung 4 | Wirkungskategorieergebnisse des ökobilanziellen Vitamin B ₂ - Vergleichs | 52 |
| Abbildung 5 | Finanzierungsquellen der Forschungseinrichtungen, aus /99/ . | 75 |
| Abbildung 6 | Nachhaltigkeitskriterien in der chemischen Produktion /112/ ... | 82 |
| Abbildung 7 | Mehraufwendungen für umweltfreundliche Produkte /54/ | 87 |
| Abbildung 8 | Einfluss der Selbsteinstufung von Unternehmen als „grün“ auf die Kaufentscheidung der Kunden nach Ländern /54/ | 88 |
| Abbildung 9 | Systematik der Biokraftstoffe nach /64/ | 99 |
| Abbildung 10 | Engagement der Südchemie AG im Bereich fossiler und nachwachsender Rohstoffe, mit freundlicher Genehmigung durch H. Zorbas nach /123/..... | 100 |
| Abbildung 11 | Übersicht Prozessstufen PHA-Fermentation nach /31/ | 104 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabelle 1 | Zeitbedarf und Kosten bis zum Markterfolg /75/ (Ursprungs- Quelle: OECD Taskforce on Industrial Biotechnology 2008).... | 67 |
| Tabelle 2 | Kompetenznetze im Bereich Biotechnologie in Deutschland nach /59/ | 68 |
| Tabelle 3 | Siegercluster des BMBF-Wettbewerbs BioIndustrie 2021 /76/ . | 71 |
| Tabelle 4 | Schlüsselindikatoren der nachhaltigen Entwicklung /111/ | 81 |
| Tabelle 5 | Übersicht der direkt beteiligten Verbände und Stiftungen mit Literaturverweis | 93 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|------------|---|
| BlmSchG | Bundes-Immissionsschutz-Gesetz |
| BMBF | Bundesministerium für Bildung und Forschung |
| BMELV | Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz |
| BMU | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit |
| BMWi | Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie |
| BtL | biomass to liquid |
| BUND | Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. |
| BVT | beste verfügbare Technik |
| CMA | Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH i. L. |
| DBU | Deutsche Bundesstiftung Umwelt |
| DFG | Deutsche Forschungsgemeinschaft |
| DIB | Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie |
| DME | Dimethylether |
| DNA | Desoxyribonukleinsäure |
| EEG | Erneuerbare-Energien-Gesetz |
| EFI | Expertenkommission Forschung und Innovation |
| EMAS | Eco-Management and Audit Scheme |
| EnergieStG | Energiesteuergesetz |
| ETBE | Ethyl- <i>tert</i> -butylether |
| F&E | Forschung und Entwicklung |
| FNR | Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. |
| FT KW's | Fischer-Tropsch Kohlenwasserstoffe |
| GMP | Good Manufacturing Practice |
| GVO | gentechnisch veränderter Organismus |
| ICI | Imperial Chemical Industries |

| | |
|--------|--|
| IEKP | integriertes Energie- und Klimaprogramm |
| ISI | Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung |
| KEA | kumulierter Energieaufwand |
| KMU | kleine und mittlere Unternehmen |
| KStG | Körperschaftsteuergesetz |
| LCA | Life Cycle Assessment |
| MoRaKG | Gesetz zur Modernisierung der Rahmenbedingungen für Kapitalbeteiligungen |
| MSR | Mess-, Steuer-, Regeltechnik |
| NawaRo | nachwachsende Rohstoffe |
| OECD | Organisation for Economic Co-operation and Development |
| PDO | Propandiol |
| PET | Polyethylenterephthalat |
| PHA | Polyhydroxyalkanoate |
| PHB | Polyhydroxybutyrat |
| PLA | Polylactid |
| REACH | Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals |
| ROI | return on investment |
| SBIR | Small Business Innovation Research (USA) |
| SMR | Steam Methane Reforming |
| TEHG | Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz |
| THG | Treibhausgasemission |
| UBA | Umweltbundesamt |
| VC | Venture Capital (Risikokapital) |
| VCI | Verband der chemischen Industrie |
| VOC | Flüchtige Organische Verbindungen |
| WBCSD | World Business Council for Sustainable Development |
| WBT | Weißer Biotechnik |

Zusammenfassung

Die Biotechnik gilt als eine der innovativen Technologien zur nachhaltigen Sicherung des Produktionsstandortes Deutschland im globalen Wettbewerb. Der Anteil biotechnisch erzeugter Produkte in der chemischen Industrie belief sich im Jahr 2005 auf 5 %. In einigen Studien wurde für das Jahr 2010 ein Anstieg auf bis zu 20 % prognostiziert. Aus heutiger Sicht wird sich der gegenwärtige Anteil von ca. 5 % für 2010 nicht wesentlich erhöhen.

Die daraus ableitbare Fragestellung, warum sich biotechnische Verfahren und Produkte nicht schneller am Markt etablieren, ist Gegenstand der vorliegenden Studie. Es werden die aktuellen Hemmnisse sowie bestehende bzw. neue Anreizinstrumente analysiert, um gezielt die Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher biotechnischer Produkte und Verfahren fördern zu können.

Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt dabei auf Verfahren und Produkten der Weißen (industriellen) Biotechnik (WBT).

Aufbauend auf einer Vorrecherche anhand veröffentlichter Argumente zur Benennung relevanter Wachstumsfaktoren der Biotechnik erwies es sich als sinnvoll, zunächst anhand eines entwickelten Fragebogens ein breites Meinungsspektrum bei Fachleuten in Deutschland zu erheben.

Die Ergebnisse und Thesen anhand der Fragebogenauswertung wurden im Rahmen zweier Folgeveranstaltungen und von Einzelinterviews anschließend einem Fachpublikum vorgelegt.

Dabei konnten anhand ausgewählter Fallstudien die Aussagen der Studie überprüft und exemplarisch die Hemmnisse und Anreize verdeutlicht werden:

1. Biokatalytische Erzeugung von Zucker als Plattformchemikalie aus Pflanzeninhaltsstoffen wie (Hemi-)Cellulose für beispielsweise die Synthese von Biokraftstoffen der 2. Generation
2. Umweltfreundliche (fermentative) Herstellung von Polymerwerkstoffen (z. B: PHB (Polyhydroxybutyrat)) aus nachwachsenden Rohstoffen

3. Herstellung des Enzyms Phytase durch gentechnisch veränderte Mikroorganismen zur Verbesserung der Phosphatverwertung für Nicht-Wiederkäuer (Monogastrier) und gleichzeitig Reduzierung der Umweltbelastung durch Phosphoreintrag

Die Beispiele lassen die gleichzeitige Berücksichtigung der folgenden Schwerpunkte zu:

1. Die Umweltrelevanz der Produkte und Verfahren, insbesondere hinsichtlich CO₂-Reduktion und Klimaeffekten, nachhaltiger Ressourcennutzung sowie sonstiger Umwelt entlastende Effekte unmittelbar im Herstellungsprozess (z. B. Reduktion der Anlagengefahren bzw. des Betriebssicherheitsrisikos) oder bei der Produktverwendung (Schadstoffvermeidung).
2. Betrachtung vorwiegend synthetischer Produktionsverfahren anstatt z. B. des Einsatzes von Mikroorganismen beim Schadstoffabbau im nachsorgenden Umweltschutz.
3. Differenzierte Betrachtung von Bulk- und Feinchemikalien, Vergleiche gegenüber klassisch-chemischen Verfahren, einschließlich solcher biotechnisch hergestellten Produkte, die sich auf klassischem Wege nicht oder nur mit erheblichem Aufwand herstellen lassen.

Da Hemmnisse und Anreize vorrangig von der subjektiven Betrachtungsweise der Akteure und ihrer jeweiligen Rolle abhängen, sind die entsprechend differenzierten Interessenlagen (KMU/Großunternehmen, öffentliche/nicht öffentliche Ausbildungs- und Forschungseinrichtungen, Verbände) bei der Auswertung berücksichtigt.

Insgesamt gliedert sich die Projektbearbeitung damit in folgenden Ablauf:

- **Phase 1:** Vorerhebung Literatur, Identifizierung der Akteure
- **Phase 2:** Expertenfrage mit Hilfe eines entwickelten Fragebogens zu den Themenkomplexen:

- Qualifizierung, Forschung und Know-how-Transfer
- Etablierung biotechnischer Verfahren
- Etablierung biotechnisch hergestellter umweltfreundlicher Produkte
- Allgemeine Anreizinstrumente
- **Phase 3:** Auswertung der Umfrage und Vorlage einer Vorstudie mit formulierten Konsequenzen und Anreizen, zugleich Diskussionsgrundlage für das Expertengespräch
- **Phase 4:** Expertentreffen in Form zweier aufeinander folgender Fachgespräche zur Erörterung der in der Vorstudie vorgeschlagenen Anreize, um den Bedarf geeigneter Anreizinstrumente für die Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher biotechnischer Produkte und Verfahren zu ermitteln
- **Phase 5:** Auswertung des/der Fachgespräche(s) und Einzelinterviews
- **Phase 6:** Endbericht zu Ergebnissen und Anreizempfehlungen

Die Ergebnisse der einzelnen Phasen werden in der Studie auf praktische und allgemeingültige Empfehlungen hin für vom Auftraggeber bzw. vom Staat zu schaffende Anreize ausgewertet und inhaltlich nach folgenden Themen strukturiert:

| Staatliche Anreizinstrumente |
|---|
| Steuerpolitik / Subventionen: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Steuerliche Behandlung von F&E und Risikokapital ▪ KMU-spezifische Betroffenheit ▪ Steuerliche Anreize außerhalb Deutschland ▪ Verfahrens- und produktorientierte Steuerregelungen |
| Fördermittel-, Bildungs- und Forschungspolitik <ul style="list-style-type: none"> ▪ Förderprogramme und Abwicklung ▪ Inhaltliche Förderschwerpunkte und -voraussetzungen ▪ Förderung von Start-up-Unternehmen |

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Netzwerkförderung ▪ Förderung von Demo-Projekten ▪ Förderung öffentlicher Einrichtungen und Bildungs-/Forschungspolitik |
| Politische Rahmenbedingungen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Genehmigungs- und ordnungspolitische Instrumente ▪ Patentrecht ▪ Quotierungen ▪ Nachhaltigkeitsstrategien ▪ Staatliche Zertifikate, Ökolabel |
| Staatliche Nachfrage |
| Informationspolitik/Verbraucheraufklärung |
| Nicht-staatliche Anreizinstrumente |
| Wissenstransfer und Kooperation |
| Verbandspolitik |
| Kapitalmarktfinanzierung |

Aus den beschriebenen Ergebnissen lassen sich verschiedene Anreize zur Förderung bzw. Etablierung umweltfreundlicher biotechnischer Verfahren und Produkte formulieren. Diese Handlungsempfehlungen werden pragmatisch in direkte und indirekte monetäre Fördermöglichkeiten, veränderte bildungs-, wirtschafts- und umweltpolitische Rahmenbedingungen sowie begleitende Maßnahmen unterteilt. Sie sind im folgenden einzeln zusammengefasst:

Direkte Förderung biotechnischer Produkte/Verfahren

- bestehende Förderung effektiver gestalten:
 - stärkere thematische Strukturierung und Bündelung der Förderprogramme, Verbesserung der Transparenz der KMU-Förderprogramme z. B durch Einführung eines KMU-Lotsendienstes
 - bessere Koordination der Förderstellen
 - verstärkte Integration von Fachverbänden bei der Förderprogrammdefinition
 - Vereinfachung der Antragsstellung

- kurzfristigere Förderzusagen (1 – 3 Monate nach Antragstellung)
- flexibler gestaltete Zeiträume der Förderprogramme
(einige Monate bis 5 Jahre)
- Förderbereiche erweitern,
verlängerte Förderzeiträume (2 – 5 Jahre) auch über mehrere Entwicklungsstufen, z. B. umfassende Förderung von Downstream-Processing für niederepreisige Produkte *bis zum vermarktungsfähigen Produkt*
- parallele Förderschwerpunkte setzen,
z. B. durch Bereitstellung von Finanzmitteln für gezielte Nachwuchsförderung
- neue Förderbereiche eröffnen,
z. B. durch Sicherstellung von Anschlussfinanzierungen in der Post-Seed-Phase, ggf. über Gewinnbeteiligungsmodelle anstelle von Zuschussförderung
- Förderquoten erweitern,
z. B. durch Erhöhung von Zuschussförderungen, wenn übergeordnete Ziele wie Nachhaltigkeitskriterien erfüllt werden
- Rahmenbedingungen der Förderung anpassen,
z. B. durch Senkung oder variable Gestaltung der geforderten KMU-Beteiligungen
- Fördermittelentscheidungen transparenter gestalten,
z. B. durch thematisch ausgewählte, interdisziplinäre Zusammensetzung von Fachgutachterausschüssen
- Staatliche Unterstützung von Demo-Anlagen:
 - umfangliche Förderung von Demo-Anlagen („direkter Zuschuss“), die zwischen Hochschulen und KMU/Großunternehmen projiziert werden
 - darlehensorientierte Förderung von Demo-Anlagen, die auf Einzelprozesse zugeschnitten sind und aus Know-how-Schutz-Aspekten firmeneigen bleiben

- staatliche Investitionsmöglichkeiten in Demo-Anlagen mit Rückfluss der Mittel an die Förderinstitutionen, die Beteiligungskapital zur Verfügung gestellt haben, oder spätere Teilsozialisierung der Gewinne
- klare Unterscheidung sog. „Demo-Anlagen“ hinsichtlich ihrer eigenen Vermarktungsfähigkeit (Anlagenbau) und/oder hinsichtlich ihres Einsatzes zur Entwicklung/Optimierung von Prozessen
- Bereitstellung von Bürgschaften, um Firmenkooperationen mit KMUs zu stützen
- staatliche Unterstützung geeigneter Beteiligungsmodelle über die Förderphase hinaus (vgl. Modell *Founding Angels*)

Indirekte Förderung biotechnischer Produkte / Verfahren

- Kapitalmobilisierung für Start-ups und KMU:
 - Freistellung der Gewinne aus privaten Veräußerungsgeschäften bzgl. Beteiligungen an Technologieunternehmen, ggf. unter Einführung einer Mindesthaltedauer, von der Besteuerung, einschließlich Arbeitnehmer-Beteiligungen
 - Abschaffung der Abgeltungssteuer bei Kursgewinnen aus direkten oder indirekten Beteiligungen an innovativen Unternehmen
 - Erweiterung der Verlustausgleichsregelungen bei den Investoren, Möglichkeiten der uneingeschränkten Nutzung von Verlusten in innovativen Unternehmen, Gleichstellung von KMU mit Großunternehmen (Änderung Körperschaftssteuergesetz)
 - Einführung einer Quote - bezogen auf das Gesamtinvestitionsvolumen - institutioneller Anleger zur Festlegung eines Mindestanteils an innovativen und umweltfreundlichen Unternehmen
- Erhöhung des Nachfragepotenzials für WBT-Produkte, im Rahmen öffentlicher Ausschreibungen für z. B. biotechnisch hergestellte Wasch- und Reinigungsmittel, Verpackungskunststoffe o. ä.

Bildungs-, wirtschafts- und umweltpolitische Rahmenbedingungen

- Erweiterung der Hochschulausbildung:
 - spezielle Gründungsausbildungen in das Studium integrieren
 - praxisnahe Vorhaben zur Aus-/Weiterbildung verstärkt fördern
 - Doktorandenausbildung in Sonderforschungsbereichen fördern
- Stärkung und Weiterentwicklung vorhandener Kompetenznetze
Initiierung vergleichbarer Netze bei sinnvoller räumlicher und thematischer Verteilung, Einrichtung einer strategischen Koordinationsstelle auf Bundesebene
- Erarbeitung von Leitlinien und Mustervorlagen für Konsortienbildungen zwischen Unternehmen, insbesondere Rechtshilfen für Start-ups und KMU zur Absicherung von Know-how und Lizenzvergaben

Begleitende Maßnahmen

- zentrale Vergabe von Labeln (für Produkte) und Zertifikaten (für Verfahren) nach einheitlichen, überprüfbaren Vergabekriterien: klare Identifizierung der Umweltvorteile gegenüber konventionellen Produkten/Verfahren (siehe Rubrik „Staatliche Zertifikate, Ökolabel“ unter Kapitel 4.1.3)
- Zugang zu Demonstrationsanlagen, Publikation von Modellprojekten über die gesamte Wertschöpfungskette
- aktive Öffentlichkeitsarbeit, Einbindung von Umweltschutz- und Verbraucherverbänden, differenzierte Verbraucheraufklärung durch unabhängige neutrale Institutionen; insbesondere Aufgreifen der Thematik „Gentechnik in geschlossenen und offenen Systemen“
- Initiierung einer öffentlichen Akzeptanzkampagne zur Verdeutlichung des Nutzwertes der Biotechnik
- Einführung politisch begleiteter „Round Tables“:
 - Überwindung von Kommunikationsbarrieren („Geschäftsleute“, „Technikexperten“ und „Politikern“)
 - Organisation des Erfahrungsaustausches der Transferstellen untereinander und mit Netzwerken

- Frühzeitige Einbindung der Verbände bei der Realisierung neuer Anreize
- Publizistische Aufbereitung von Erfolgsgeschichten der WBT zur Verwendung für Öffentlichkeitsarbeit (Journalisten) und fachfremde Wissensdisziplinen (Kaufleute, Politiker)
- Einführung von gesetzlichen Präferenzen oder Quoten gegenüber konventionellen Verfahren/Produkten unter den Voraussetzungen erfüllter Nachhaltigkeitsziele
- Schaffung eines Anreizsystems oder gesetzliche Vorgaben zur Identifizierung und Analyse umweltgefährlicher Produktionsprozesse und Bestimmung der Nachhaltigkeitskriterien mit Möglichkeiten der Umstellung auf biotechnische (Teil-)Prozesse; evtl. Vorgaben in BVT-Merkblätter einarbeiten.

Die aufgeführten Vorschläge zur Förderung umweltfreundlicher biotechnischer Verfahren und Prozesse sind – jeder für sich – nur begrenzt zielführend.

So werden Ökolabel oder -zertifikate in der WBT ihre Wirkung nicht entfalten können, wenn sie nicht mit unmittelbarer monetärer Vorteilhaftigkeit (Steuervorteile, Sonderförderung) ausgestattet sind. Einzelne Anreize bergen darüber hinaus die Gefahr, bei unreflektiertem Einsatz mittelfristig kontraproduktiv zu wirken: so kann eine einseitige Förderung der anwendungsorientierten Forschung an Hochschulen eine Marktverzerrung hervorrufen, die Start-ups verhindert und die Existenz gleichartig forschender KMUs bedroht – vor diesem Hintergrund können indirekte steuerliche Mittel zwar primär ineffektiver, gleichwohl aber in ihrer Konsequenz „richtiger“ und damit real wirkungsvoller erscheinen.

Entscheidend wird daher die Entwicklung einer akteursbezogenen Matrix sein, in der die aufgezeigten Anreizsysteme sinnvoll gekoppelt werden und zum Beispiel unter dem Primat politisch gewollter Nachhaltigkeitsstrategien konsequent fortentwickelt werden.

Die gesellschaftliche Akzeptanz dieser notwendigen Bündelung unterschiedlichster Anreizsysteme erfordert die Einbeziehung kritischer Positionen und ist durch zielgerichtete, differenziert darstellende Öffentlichkeitsarbeit zu begleiten.

Ihre mittelfristige Wirksamkeit fordert dabei die Beachtung grundlegender wirtschaftlicher Voraussetzungen ein: die Sicherung getätigter Investitionen, die internationale Konkurrenzfähigkeit und damit die Beachtung vergleichbarer Modelle und Regelungen anderer Länder.

Summary

Biotechnology is one of the innovative technologies required in order to secure Germany as a sustainable production location in terms of global competition. The proportion of biotechnological products in the chemical industry was 5% in 2005. Some studies forecasted an increase in biotechnological products, taking the proportion to up to 20% by 2010. From a present perspective, the current proportion of approximately 5% for 2010 will not increase significantly.

The subsequent question as to why biotechnological processes and products are not establishing themselves on the market more quickly forms the subject of this study. The current constraints, as well as existing and new incentives, will be analysed in order to be able to promote systematically the development and use of environmentally friendly biotechnological products and processes.

The primary focus of the study is on white (industrial) biotechnological (WBT) processes and products.

Based on preliminary research using published arguments in favour of the naming of relevant growth factors in biotechnology, it has proven useful to collect a broad range of opinions from experts in Germany, starting with a developed questionnaire.

The results and theses based on the evaluation of the questionnaire were then presented to an audience of specialists and experts as part of two follow-up events and individual interviews.

Using selected case studies, it was possible to check the statements made during the study and to clarify the constraints and incentives by way of example:

1. Biocatalytic production of sugar as a platform chemical made up of plant substances such as (hemi)cellulose for the synthesis of 2nd generation biofuels for example
2. Environmentally friendly (fermentative) production of polymer materials (e.g.: PHB (polyhydroxybutyrate)) from renewable raw materials

3. Production of the enzyme phytase using genetically modified microorganisms to improve the utilisation of phosphates by non-ruminant animals (monogastric animals) and to simultaneously reduce environmental pollution resulting from phosphorus being released into the atmosphere

The examples permit the following main points to be considered at the same time:

1. The environmental relevance of the products and processes, in particular as regards CO₂ reduction and effects on the climate, sustainable use of resources and other effects that serve to relieve the burden on the environment directly during the production process (e.g. reduction of plant-related dangers or the risk to operational safety) or when using the product (the avoidance of hazardous substances).
2. Consideration of synthetic production processes primarily instead of, for example, the use of microorganisms to decompose hazardous substances as part of remedial environmental protection.
3. Differentiated consideration of bulk and fine chemicals, comparisons with traditional-chemical processes, including those biotechnologically produced products that cannot be produced using traditional methods or can only be produced with considerable outlay.

As constraints and incentives depend primarily on the subjective approach of players and their respective roles, the correspondingly differentiated respective interests (SMEs/large companies, state-funded/non-state-funded education and research facilities and associations) are taken into account in the evaluation.

Overall, projects are carried out in the following stages:

- **Phase 1:** preliminary survey of literature, identification of agents
- **Phase 2:** Survey of experts with the aid of a developed questionnaire on the range of topics:

- Qualification, research and knowledge transfer
 - Establishment of biotechnological processes
 - Establishment of biotechnologically produced environmentally friendly products
 - General incentive instruments
- **Phase 3:** Evaluation of the survey and presentation of a preliminary study with formulated consequences and incentives together with a basis for discussion for the experts' meeting
 - **Phase 4:** Experts' meeting in the form of two consecutive expert discussions aimed at considering the incentives proposed in the preliminary study, in order to determine the need for suitable incentives to encourage the development and use of environmentally friendly biotechnological products and processes
 - **Phase 5:** Evaluation of the expert discussion(s) and individual interviews
 - **Phase 6:** Final report on results and recommendations for incentives

The results of the individual phases are evaluated in the study of practical and general recommendations with regard to incentives to be provided by the client and the government and the content structured according to the following topics:

| Governmental incentives |
|---|
| Tax policy/subsidies: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tax treatment of R&D and venture capital ▪ SME-specific impact ▪ Tax incentives outside Germany ▪ Process and product-oriented tax regulations |
| Subsidies, education and research policy <ul style="list-style-type: none"> ▪ Support programmes and development ▪ Funding priorities in terms of content and funding criteria ▪ Sponsorship of start-up companies |

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Promotion of networks ▪ Promotion of demonstration projects ▪ Promotion of public facilities and education/research policy |
| <p>Basic political conditions</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Licensing tools and tools relating to policies and regulations ▪ Patent law ▪ Quota systems ▪ Sustainable development strategies ▪ Government certificates, ecological labels |
| Government demand |
| Information policy/consumer intelligence |
| Non-governmental incentives |
| Knowledge transfer and cooperation |
| Organisation-related policy |
| Capital market financing |

Various incentives to promote or establish environmentally friendly biotechnological processes and products can be formulated from the aforementioned results. These strategy recommendations are divided pragmatically into direct and indirect monetary promotion opportunities, modified basic educational, economic and environmental conditions and accompanying measures. They are individually summarised below:

Direct promotion of biotechnological products/processes

- Organise existing funding initiatives in a more effective manner:
 - Enhanced structuring according to topic and grouping of support programmes, improvement in the transparency of SME support programmes, e.g. by introducing an SME pilot service
 - Better coordination of funding bodies
 - Increased integration of professional associations in defining support programmes
 - Simplification of the application process

- More short-term grant approvals (1 – 3 months following application)
- Periods covered by support programmes to be organised in a more flexible manner (a few months to 5 years)
- Expand funding areas,
Longer funding periods (2 – 5 years) also across a number of developmental stages, e.g. extensive funding of downstream processing for low-priced products *until products are marketable*
- Set simultaneous funding priorities,
e.g. by providing financial resources in order to support junior staff
- Open up new funding areas,
e.g. by guaranteeing subsequent funding during the post-seed phase, if necessary using profit-sharing models instead of funding subsidies
- Extend funding quotas,
e.g. by increasing funding for subsidies when more important such as sustainable development criteria are met
- Adjust the basic conditions of funding,
e.g. by reducing or varying the number of SME shareholdings required
- Make decisions regarding funding more transparent,
e.g. by putting together, in an interdisciplinary and topic-based manner, committees of technical consultants for expert services
- State-funded support of demonstration facilities:
 - Extensive funding of demonstration facilities (“direct subsidies”),
that are planned between colleges/universities and SMEs/large companies
 - Loan-based funding of demonstration facilities that are tailored to individual processes and remain company-owned from the point of view of protecting knowledge and expertise
 - Government opportunities to invest in demonstration facilities with the resources being poured back into the funding bodies that provided the venture capital or subsequent partial socialisation of the profits

- Clear distinction between so-called “demonstration facilities” with regard to their own marketability (plant construction) and/or with regard to their use to develop/optimize processes
- Provision of guarantees in order to support company collaborations with SMEs
- Government support for suitable participation models throughout the funding phase and beyond (cf. *Founding Angels* model)

Indirect promotion of biotechnological products/processes

- Capital mobilisation for start-ups and SMEs:
 - Exemption from tax on profits from private disposal transactions relating to shareholdings in technology companies, with a minimum holding period being introduced, if necessary, including employee shareholdings
 - Abolition of capital gains tax on capital gains from direct or indirect shareholdings in innovative companies
 - Extending the regulations pertaining to balancing losses for investors, opportunities to make unlimited use of losses in innovative companies, SMEs to be put on an equal footing with large companies (modification of the German Corporation Tax Act)
 - Introduction of a quota - based on the overall investment volume – for institutional investors in order to establish a minimum proportion of innovative and environmentally friendly companies
- Increase in the potential demand for WBT products, within the framework of public calls for tender for e.g. biotechnologically produced detergents and cleaning agents and plastic packaging or similar.

Basic educational, economic and environmental conditions

- Expansion of tertiary education:
 - Incorporate special foundation courses into studies
 - Promote practical plans to undertake training/further training more
 - Promote doctorate-level qualifications in specialist research areas

- Strengthen and develop existing skills networks
Launch comparable networks that are distributed in a sensible manner in terms of location and topic addressed and establish a strategic coordinating body at the national level
- Development of guidelines and models for establishing consortia between companies, in particular legal assistance for start-ups and SMEs, in order to safeguard know-how and the granting of licences

Accompanying measures

- Central allocation of labels (for products) and certificates (for processes) in accordance with standard, verifiable awarding criteria: clear identification of environmental advantages compared to conventional products/processes (see heading “Government Certificates, Ecological Labels” in section 4.1.3)
- Access to demonstration facilities, publication of model projects across the entire value creation chain
- Proactive PR work, involvement of environmental protection and consumer associations, differentiated consumer intelligence carried out by independent and impartial institutions; above all, tackling the issue of “genetic engineering in closed and open systems”
- Launching of a public acceptance campaign to emphasise the usefulness of biotechnology
- Introduction of “Round Tables” to accompany policy:
 - Overcoming communication barriers (“businessmen/women”, “technical experts” and “politicians”)
 - Organisation of an exchange of experience between knowledge transfer centres and with networks
 - Early involvement of associations in the development of new incentives
- Preparation of WBT success stories by media executives to be used for PR work (journalists) and non-technical knowledge-based disciplines (business people and politicians)

- Introduction of legal preferences or quotas compared to conventional processes/products subject to the requirements of sustainable development aims being met
- Creation of an incentive system or statutory provisions for identifying and analysing production processes that are hazardous to the environment and determining sustainable development criteria with the possibility of transferring these to biotechnological (partial) processes; perhaps include these provisions in BAT data sheets.

The aforementioned proposals of ways to promote environmentally friendly biotechnological procedures and processes only lead to limited results when taken individually.

This means that ecological labels and certificates will not have an impact on WBT unless they are accompanied with immediate monetary advantages (tax benefits, special funding). Individual incentives also run the risk of being counterproductive in the medium term if used without due consideration. One-sided funding of application-based research at colleges and universities may therefore give rise to a market distortion that prevents start-ups from emerging and threatens the existence of SMEs conducting the same style of research. Taking this into account, although indirect taxes primarily appear to be more ineffective, they nevertheless produce “more desirable” results and are therefore much more effective.

It will therefore be important to develop an agent-based matrix in which the aforementioned incentive systems are usefully combined and further developed in a consistent manner, for example, with politically desirable sustainable development strategies being awarded priority.

In order to make this necessary grouping of a very wide range of incentive systems socially acceptable, it is necessary to involve people in important positions. This must be accompanied by targeted and differentiated PR work.

For it to be effective in the medium-term, consideration must be given to fundamental economic principles: the guaranteeing of investments made, international competitiveness and therewith observation of comparable models and regulations in other countries.

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Biotechnik¹ gilt als eine der innovativen Techniken zur nachhaltigen Sicherung des Produktionsstandortes Deutschland im globalen Wettbewerb. Studien weisen der Biotechnik eine hohe Wachstumsrelevanz gegenüber den klassischen Produktionsweisen der chemischen Industrie zu.

Bei einem Anteil der Produkte der „Weißen Biotechnologie“ an denen der Chemischen Industrie von 2,5 % im Jahre 2001 und etwa 5 % im Jahre 2005 schien die Prognose einiger Studien vertretbar, für 2010 einen Anteil von bis zu 20 % anzusetzen /1/, /34/. Hierbei wurde für die Sparte der Feinchemikalien bis 2015 allein eine Erhöhung des Anteils biotechnischer Verfahren von derzeit 20 % auf 50 % prognostiziert.

Ein vom BMU, UBA und DIB am 18.10.2006 in Berlin veranstalteter Expertenworkshop „Weiße Biotechnologie – ökologische und ökonomische Chancen“ ließ allerdings berechtigte Zweifel an dieser optimistischen Prognose aufkommen /2/. Obwohl gerade auch Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes die Vorteile der Biotechnik belegen konnten /9/, /31/, /83/, /114/, standen diesen Vorteilen doch zunehmende Unsicherheiten der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung entgegen: Preisentwicklung der Einsatz- und Rohstoffe, Veränderung der politischen Rahmenbedingungen, Nachfrage- und Investitionsunsicherheiten.

Aus heutiger Sicht wird sich der gegenwärtige Anteil von ca. 5 % für 2010 /3/ nicht wesentlich erhöhen, auch McKinsey /35/ begrenzt seine Schätzung auf mittlerweile 10 %. Pressemeldungen wie /84/, /85/ bestätigen den geringen

¹ **Biotechnik** = **Biotechnik**, **Biotechnologie** oder **Bioverfahrenstechnik**, alle diese Begriffe werden nachfolgend weitestgehend synonym verwendet und insbesondere bei Zitaten nicht verändert. Diese Begriffe werden eingesetzt, um die Nutzung der Stoffumwandlungsfähigkeit von Mikroorganismen im industriellen Maßstab zu beschreiben, kurzum die technische Nutzung von Mikroorganismen. Die **Biotechnik** als Querschnittswissenschaft umfasst die naturwissenschaftlich ausgerichteten Gebiete Genetik, Molekularbiologie, Mikrobiologie, Biochemie, Chemie und technisch orientierte Fächer wie Bioprozesstechnik, mechanische und thermische Prozesstechnik, chemische Reaktionstechnik und Prozessautomatisierung.

Schwung der Biotechnik-Branche und die Langwierigkeit der Umstellung auf neue Rohstoffe.

Diese erkennbare Entwicklung veranlasste bereits das Expertentreffen in Berlin 2006 zur Initiative eines entsprechenden Forschungsauftrages, um mittels „Anreize(n) für die Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher biotechnischer Produkte und Verfahren“ diesem Trend entgegenzuwirken.

Das vom UBA am 19.08.2008 vergebene Forschungsvorhaben an die Umweltkanzlei Dr. Rhein, Sarstedt in Zusammenarbeit mit dem Lehrgebiet Bioverfahrenstechnik der TU Kaiserslautern (Prof. Dr. Ulber) sollte deshalb der Fragestellung nachgehen, wieso sich biotechnische Verfahren nicht schneller am Markt etablieren.

Das Forschungsprojekt soll hierzu die aktuellen Hemmnisse einerseits und bestehende bzw. neue Anreizinstrumente andererseits analysieren, um gezielt die Entwicklung und Anwendung biotechnischer Produkte und Verfahren fördern zu können.

Der Betrachtungsfokus richtet sich auf die Verfahren bzw. Produkte der sog. (industriellen) Weißen Biotechnik (IWBT, WBT).

Zur weitergehenden Konkretisierung und Spezifizierung der bereits durch Nusser et al. /26/ ermittelten Hemmnisfaktoren für die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte und Verfahren der Weißen Biotechnik in Deutschland werden folgende Aspekte betont:

1. Die Umweltrelevanz der Produkte und Verfahren bemisst sich insbesondere über die CO₂-Reduktion und Klimaeffekte, die nachhaltige Ressourcennutzung sowie Umwelt entlastende Effekte unmittelbar im Prozess oder Produkt, das sind z. B. eine Reduktion der Anlagengefahren oder eine Schadstoffvermeidung.
2. Die Untersuchung soll sich auf vorwiegend synthetische Produktionsverfahren, nicht auf Abbaureaktionen (z. B. durch Einsatz von Mikroorganismen beim Schadstoffabbau) konzentrieren.

3. Eine differenzierte Betrachtung von Bulk- und Feinchemikalien soll ebenso Bestandteil sein wie Vergleiche gegenüber klassisch-chemischen Verfahren, einschließlich solcher biotechnisch hergestellten Produkte, die sich auf klassischem Wege nicht herstellen lassen.

Als beispielhaft können folgende Verfahren/Produkte der WBT diese Aspekte verdeutlichen; sie werden deshalb als Fallstudien für eine weitergehende Betrachtung und Verifizierung der Hemmnisse und Anreizsysteme angesehen:

1. Biokatalytische Erzeugung von Zucker aus Pflanzeninhaltsstoffen wie (Hemi-)Cellulose als Plattformchemikalie für beispielsweise die Synthese von Biokraftstoffen der 2. Generation²
2. umweltfreundliche (fermentative) Herstellung von Polymerwerkstoffen (z. B: PHB (Polyhydroxybutyrat)) aus nachwachsenden Rohstoffen
3. Herstellung des Enzyms Phytase durch gentechnisch veränderte Mikroorganismen zur Verbesserung der Phosphatverwertung für Nicht-Wiederkäuer (Monogastrier) und gleichzeitig Reduzierung der Umweltbelastung durch Phosphoreintrag

Die vorgelegten Ergebnisse und Handlungsempfehlungen sind ebenso Reflexionen einer aktuellen Literaturrecherche und der durchgeführten Fragebogenerhebung als auch der Erkenntnisse aus dem Fachgesprächstreffen mit Experten aus dem Bereich der WBT und den ergänzend geführten Telefonbefragungen.

² Kraftstoffe der 2. Generation nutzen gegenüber der 1. Generation die Verwertung der gesamten Pflanze (Cellulose, Hemicellulose) und nicht nur die Früchte.

2 Methodik

Hemmnisse einerseits und Anreize andererseits zur Entwicklung und Anwendung einer Technologie sind nicht anhand absoluter Maßstäbe bestimmbar. Sie hängen vielmehr von der subjektiven Betrachtungsweise der Akteure und ihrer jeweiligen objektiven Rolle ab. Die heterogene Ausrichtung der Weißen Biotechnik und ihrer Akteure implizieren eine differenzierte Interessenlage und ein breites Betroffenheitsspektrum: von KMU bis Großunternehmen, von öffentlichen bis zu nicht öffentlichen Ausbildungs- und Forschungseinrichtungen, von Know-how-Schutz bis Wissenstransfer und Vernetzung. Dabei bleiben die Folgen nicht auf ein Betrachtungsfeld beschränkt, sondern wirken sich zugleich auf viele interdisziplinäre Randgebiete, die die Biotechnik einbeziehen, aus. Die Herausforderung des Forschungsauftrages bestand deshalb darin, die einzelnen Ergebnisse und Erkenntnisse aus diesem Tätigkeitsspektrum auf praktische und allgemeingültige Empfehlungen hin für vom Auftraggeber bzw. vom Staat zu schaffende Anreize auszuwerten.

Die im Rahmen des Projektes zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, insbesondere aber der Anspruch eines Höchstmaßes an Aktualität der Ergebnisse, forderten den Einsatz einer entsprechenden Untersuchungsmethodik, die auf den Projektzeitraum abgestimmt war.

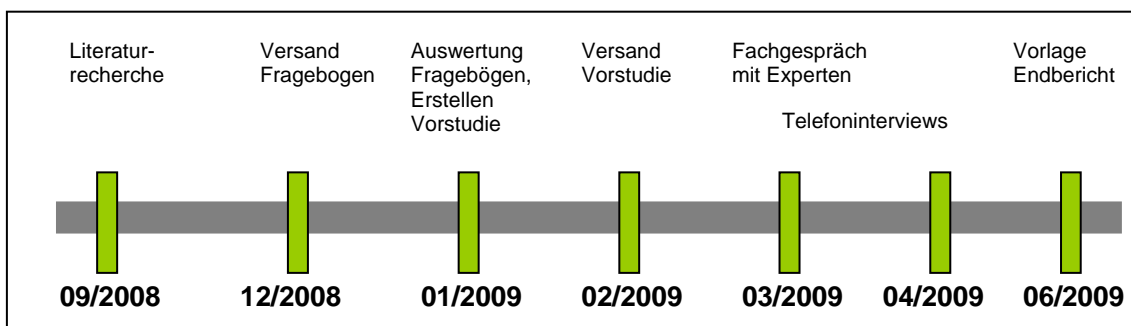


Abbildung 1 Eckpunkte des Projektablaufs

1. Phase 1: Vorerhebung Literatur, Akteure

Die Auswertung neuerer Fachliteratur sollte insbesondere Hinweise auf den Entwicklungsstand der WBT liefern und hieraus Hinweise auf potenzielle Hemmnisse bzw. Anreize erschließen. Die Messen „Biotechnica“, Hannover und „ProcessNet“, Karlsruhe boten einen geeigneten Einblick in die aktuellen Trends und Marktentwicklungen. Besonders auffällig waren die vielfältigen Verbundprojekte, Netzwerke bzw. Cluster.

2. Phase 2: Expertenbefragung mit Hilfe eines entwickelten Fragebogens

Mit Hilfe einer Expertenbefragung in Form eines Fragebogens erfolgte eine Detailerhebung zu postulierten Hemmnissen und Anreizen sowie zu neuen Fördermöglichkeiten.

In dem Fragebogen wurden die bisher vorliegenden Erkenntnisse anderer Forschungsprojekte und Literaturangaben zur zukünftigen wirtschaftlichen Bedeutung der Weißen Biotechnik berücksichtigt und teilweise mit Hilfe der Fragen konkretisiert. Der Fragebogen ist dem Anhang 1 zu entnehmen. Der Schwerpunkt der Befragung lag hierbei auf der Ermittlung von Situationsbewertungen aufgrund persönlicher Erfahrungen der Befragten, um Tendenzen aus vorliegenden Untersuchungen zu hinterfragen und diese speziell mit Blick auf umweltfreundliche Verfahren oder Produkte ggf. zu relativieren bzw. zu konkretisieren.

Der Fragebogen wurde an insgesamt 96 Experten versandt. Der aufgrund bestehender Kontakte und Literaturrecherche ausgewählte Expertenkreis setzte sich aus folgenden Vertretern der WBT zusammen:

- Unternehmen (Großunternehmen, KMU)
- Forschungseinrichtungen/Universitäten
- Kompetenznetzwerke, Verbände
- Dienstleistungsanbieter, Beratung, Fördereinrichtungen

Es wurde bewusst auf eine Vorerhebung und Repräsentativauswahl der einzelnen Akteursgruppen verzichtet, da nicht die Repräsentativität der Einzelaussagen für das Betrachtungskollektiv im Vordergrund stand,

sondern die Erhebung des möglichst umfassenden Meinungsspektrums der Akteure im Bereich der WBT. Im Nachhinein festgestellte „Unterrepräsentierungen“ der Fragebogenrückläufe einzelner Akteursgruppen wie den KMU wurden durch ergänzende Interviews berücksichtigt.

3. Phase 3: Auswertung der Umfrage und Vorlage einer Vorstudie

Die Umfrageergebnisse wurden in einer Vorstudie (siehe Anhang 2) zusammengefasst. Dabei wurde eine thematische Gliederung in vier Themenblöcke vorgenommen:

- a. Qualifizierung, Forschung und Know-how-Transfer
- b. Etablierung biotechnischer Verfahren
- c. Etablierung biotechnisch hergestellter umweltfreundlicher Produkte
- d. Allgemeine Anreizinstrumente

Die Auswertung der Umfrageergebnisse erfolgte anonymisiert mit Hilfe eines SPSS³-basierten Auswertetools.

Bei jedem Statement innerhalb der Vorstudie beziehen sich quantifizierte Anteile grundsätzlich auf die Gesamtheit der zurückgesandten Fragebögen, im Ausnahmefall auch auf die Gesamtheit tatsächlich vorliegender Antworten.

Die bereits genannte Intention dieses Fragebogens zur Abbildung des Meinungsspektrums der Experten verbietet eine rein rechnerische Überbewertung der erhaltenen Antworten.

Zu jedem Fragekomplex des Fragebogens wurden **Konsequenzen** aus den Antworten im Sinne eines Handlungsbedarfs aufgezeigt und zugleich **Anreize** formuliert, die im weiteren Projekt den Experten im Fachgespräch zur Diskussion vorgelegt wurden.

³ SPSS (Akürzung für Superior Performing Software System) ist die Bezeichnung einer Softwarefirma, die Statistik- und Analysesoftware entwickelt und vertreibt.

4. Phase 4: Expertentreffen in Form eines Fachgespräches zur Vorstudie

Die vorgenannten Anreizvorschläge aus der Vorstudie, die den Teilnehmern vorab zur Verfügung gestellt wurde, wurden bei dem am 03.03. und 04.03.2009 in Frankfurt/Main veranstalteten Fachgespräch diskutiert. Am Fachgespräch nahmen Vertreter aus der Chemischen Industrie, von Förder- und Beratungsinstitutionen, Hochschulen, Verbänden und Ministerien teil. Im Ergebnis sollte der Bedarf geeigneter Anreizinstrumente für die Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher biotechnischer Produkte und Verfahren konkretisiert werden. Die Teilnehmerliste des Fachgespräches ist Anhang 3, die Präsentationsfolien zu der Veranstaltung Anhang 4 zu entnehmen.

5. Phase 5: Auswertung des Fachgespräches und Einzelinterviews

Nach Auswertung der konstruktiven Diskussion aus dem Fachgespräch ergab sich die Notwendigkeit, einzelne Fragestellungen – insbesondere mit Blick auf die Fallstudien – erneut mit Experten zu diskutieren, die zuvor nicht am Fachgespräch teilgenommen hatten (vgl. Anhang 5) und zugleich weitere Aspekte speziell der KMU zu beleuchten.

6. Phase 6: Endbericht zu Ergebnissen und Anreizempfehlungen

Die Ergebnisse aus der Literaturrecherche und der Umfrage, die beim Fachgespräch erörterten Vorschläge sowie die Ergebnisse der geführten Telefon-Interviews sind im vorliegenden Bericht zusammengefasst. Unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse wurden Vorschläge zum weiteren Vorgehen zur Förderung der Weißen Biotechnik formuliert.

3 Hintergründe und Rahmenbedingungen

3.1 Entwicklung der industriellen Biotechnik

3.1.1 Kategorisierung und Einordnung als Wissenschaft

In einem weitgefassten Sinn lässt sich Biotechnik als Anwendung von wissenschaftlichen und verfahrenstechnischen Methoden zur Umwandlung von Stoffen mittels lebender Organismen oder Teilen von ihnen zur Herstellung von Gütern begreifen /4/. Die konventionellen Ausprägungen der Biotechnik wie Landwirtschaft, Viehhaltung und Waldwirtschaft stellten über Jahrtausende der Menschheitsgeschichte die wichtigsten Wirtschaftsformen zur Produktion von Nahrungsmitteln, Baumaterialien und Kleidung dar. Diese Güter basierten zumeist auf den direkten Stoffwechselprodukten von Pflanzen und Tieren /5/. Allerdings hat auch die gezielte Verwendung von Mikroorganismen, beispielsweise bei Gärprozessen in der Bier- und Weinproduktion, eine mehr als 8.000jährige Tradition /6/. Die moderne Biotechnologie umfasst darüber hinaus als interdisziplinäre Wissenschaft Gebiete der Molekular- und Humangenetik, der Medizin sowie der Mikro-, Zell- und Systembiologie. Dabei kommen u. a. Methoden der Bio- und Lebenswissenschaften, der Informationstechnologie, der Materialwissenschaften wie auch der klassischen Naturwissenschaften – Chemie und Physik – zur Anwendung /7/. Im Gegensatz zur traditionellen Biotechnik gelingt es, durch molekularbiologische Methoden zur Änderung der genetischen Eigenschaften von Organismen direkt auf den biologischen Umwandlungsprozess Einfluss zu nehmen. In diesem Zusammenhang kann die erste Anwendung rekombinanter DNA-Techniken, d. h. die Expression fremder Gene in einem Wirtsorganismus, durch *COHEN* und *BOYER* im Jahr 1973 als Begründung der modernen Biotechnologie angesehen werden /8/. Daraus resultieren seitdem Produktsynthesen und Prozesse, welche auf konventionelle Weise gar nicht oder nicht mit der notwendigen Effizienz möglich waren /5/.

Aus den vielfältigen Anwendungen der modernen Biotechnik haben sich vier übergeordnete Bereiche herauskristallisiert, welche durch Farben gekenn-

zeichnet sind. Die so genannte **Rote Biotechnik** bezeichnet medizinisch-pharmazeutische Anwendungen, welche sich tierischer Zellen oder transgener, d. h. technisch veränderter Tiergene, bei der Herstellung von Hormonen, Antikörpern und sonstigen Wirkstoffen bedienen. Ihr Marktanteil in diesem Industriesektor beträgt ca. 20 % bei deutlicher Tendenz zu einem weiteren Wachstum /9/.

Unter **Grüner Biotechnik** sind Verfahren zu sehen, welche die Nutzung transgener Pflanzen und pflanzlicher Zellkulturen beinhalten, was sich auf den Sektor der Landwirtschaft erstreckt /10/. Die Zulassungsverfahren für die industrielle Umsetzung sind jedoch insbesondere in Europa aus Sicht der Antragsteller aufwendig. In den USA werden derzeit überwiegend Soja und Mais unter Verwendung gentechnisch veränderten Saatguts angebaut /11/.

Vereinzelt werden marine Anwendungen, die sich auf sämtliche Methoden der Biotechnik an Meeresorganismen beziehen, mit der Farbe Blau belegt. Der **Blauen Biotechnik** wird zukünftig ein großes Entwicklungspotenzial beigemessen /12/. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund zu verstehen, dass vermutlich bislang weniger als 1 % der insgesamt in marinen Habitaten existierenden Mikroorganismen bekannt sind /13/, /14/ und sich aufgrund der enormen Anpassungsfähigkeit der Organismen im Verlauf der Evolution einzigartige Stoffwechselprozesse entwickelt haben, deren technische Nutzung angestrebt wird. Als ein Beispiel kann die *Taq-Polymerase* aus dem marinen Mikroorganismus *Thermus aquaticus* genannt werden. Mit deren Anwendung wurde die heute zum Stand der molekularbiologischen Technik zählende Polymerase-Kettenreaktion ermöglicht /15/. Vielversprechend scheint zudem der Einsatz weiterer thermostabiler und alkaliphiler Enzyme aus Mikroorganismen extremophiler Standorte. So sind solche proteolytischen Enzyme, welche die Fähigkeit besitzen, Proteine in kleinere Peptide und Aminosäuren zu fragmentieren, von Interesse für Unternehmen der Waschmittelbranche, da diese hohe Konzentrationen an Detergenzien sowie alkalische pH-Werte tolerieren /16/. Ferner besteht von Seiten der Zucker-Industrie der Bedarf an temperaturstabilen stärkeabbauenden Enzymen, um die Hydrolyse effizienter und wirtschaftlicher gestal-

ten zu können /16/. Ein weiteres Potenzial der Marinen Biotechnik ist darin zu sehen, neuartige biologisch aktive Leitstrukturen für die Pharmabranche zu identifizieren und bereitzustellen. Interessant ist, dass derzeit neue Wirkstoffe fast exklusiv marinen Ursprungs sind /17/.

Die **Weißer Biotechnik**, auf welche die vorliegende Studie fokussiert ist, umfasst den industriellen Gebrauch der Biotechnik zur Produktion chemischer Wert- und Wirkstoffe, Materialien und Energieträger. Als Triebfeder der zukünftigen Entwicklung wird der weitreichende Beitrag zu allen drei Dimensionen der Nachhaltigkeit gesehen. Darauf basierend soll sich die Weiße Biotechnik zu einem zukünftigen Eckpfeiler einer *Knowledge-Based Bio-Economy* entwickeln /18/.

Die Unternehmensberatung McKinsey sieht die Weiße Biotechnik als „chemical industry's next challenge“ und betrachtet sie als Schlüsselement „to the competitiveness of many industries that are already using biotechnology processes“ /19/. Die anzustrebende Ausbreitung der Weißen Biotechnik lässt sich nach deren Untersuchungen auf drei zentrale Promotoren zurückführen:

- Als Ausgangsstoffe kommen im großen Maßstab erneuerbare Energieträger zur Anwendung und ersetzen die bisher verwendeten fossilen Rohstoffe wie Erdöl und Erdgas.
- An Stelle von chemischen Synthesen sollen in zunehmendem Maße Fermentation und Biokatalyse genutzt werden und
- schließlich sollen sich gänzlich neue Produkte wie Biopolymere oder technische Enzyme entwickeln lassen /20/.

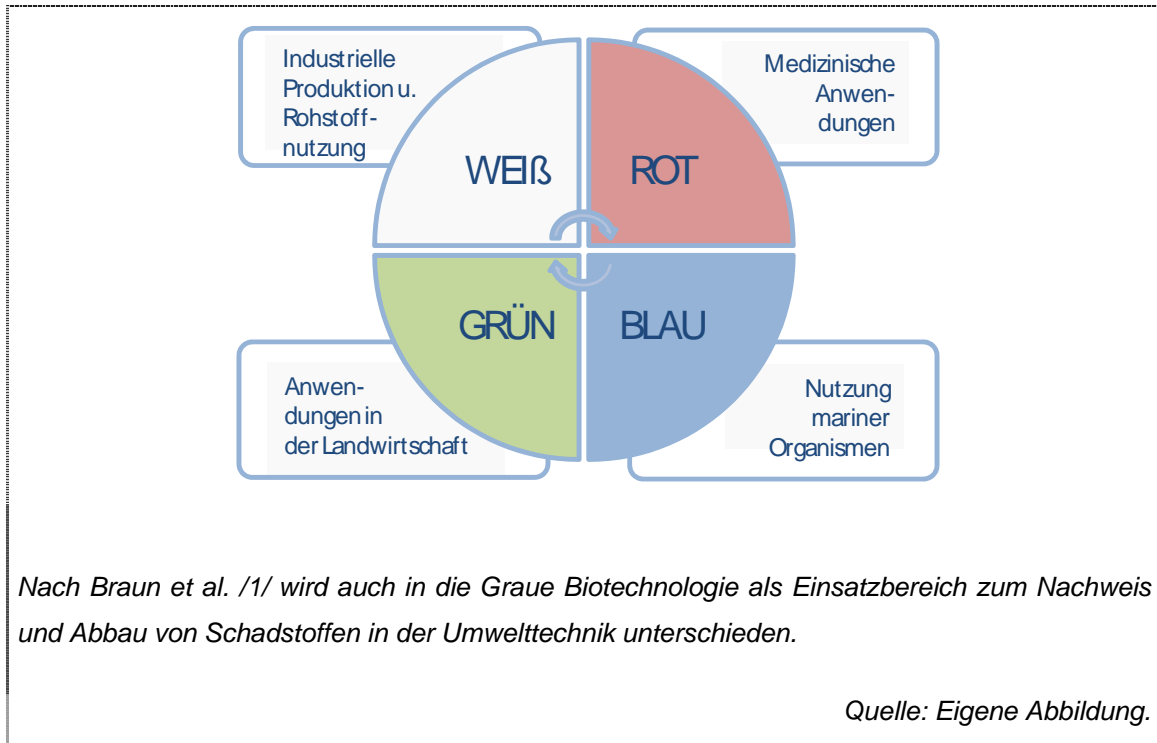


Abbildung 2 Farbenlehre der Biotechnik

Da die Aufteilung der Biotechnik in Teilbereiche eine gewisse Willkür aufweist, sind die vier Farbdomänen keineswegs diskret abgegrenzt. So bilden Pharmaproteine wie Insulin, Antikörper und Wachstumshormone zwar den Schwerpunkt der Roten Biotechnik, können aber definitionsgemäß auch der Weißen Biotechnik zugeordnet werden.

3.1.2 Methoden und Verfahren

Den Motor für biotechnische Produktionsverfahren bilden stoffwechselaktive Biokatalysatoren, deren natürliche Vielfalt sehr groß ist. Die effektiven Stoffwechseleigenschaften von Mikroorganismen wie Bakterien, Pilzen und Zellkulturen ermöglichen die gezielte Umwandlung von einfachen Kohlenstoff- und Stickstoffquellen zu Produkten hoher Wertschöpfung, die auf chemisch-synthetischem Weg teilweise nur mit deutlich höherem Energieaufwand und problematischen Schwermetallkatalysatoren zugänglich sind /22/. In diesen als

Fermentationen bezeichneten Prozessen sind die gewünschten Produkte natürliche Metabolite der eingesetzten Organismen. Hiervon abzugrenzen sind die Methoden der **Biotransformation**, welche auch die Umwandlung eines spezifischen Substrats durch die so genannte stereospezifische Katalyse⁴ isolierter Enzyme, Mikroorganismen oder Zellen beinhalten und sich aus der Enzymkatalyse und der Ganzzellbiotransformation konstituieren. Bei letzterer sind die ablaufenden Reaktionen im Gegensatz zur Fermentation kein Bestandteil des normalen Zellstoffwechsels /23/.

Bei der **Enzymkatalyse** kommen Enzyme als katalytisch aktive Proteine zum Einsatz, welche in der Lage sind, hochselektive chemische Umsetzungen in zellfreien Systemen durchzuführen /22/. Im Stoffwechsel aller lebenden Organismen erfüllen Enzyme essentielle Steuer- und Katalysefunktionen und sind auch bei den bereits erwähnten Ganzzellbiotransformationen und Fermentationen die ausschlaggebenden Moleküle. Das genetische Engineering von Mikroorganismen und Zellkulturen lässt es zu, gewünschte Enzyme statt in den ursprünglichen, in leichter kultivierbaren Organismen zu produzieren, ihre katalytischen Eigenschaften weiter zu verbessern oder auch ihre Toleranz bezüglich der späteren Reaktionsbedingungen zu erhöhen /24/.

3.1.3 Anwendungszweige und Produkte

Verfahren der Weißen Biotechnik kommen bereits in zahlreichen Branchen zum Einsatz. Als wichtigste Bereiche mit bereits realisierten Einzelanwendungen für technische Enzyme gelten die Chemische Industrie, die Papier- und Zellstoffindustrie, die Leder- und Textilwirtschaft, die Lebensmittel- und Futtermittelindustrie, die Bergbauwirtschaft sowie die Energieindustrie /4/.

Zur Klassifizierung der biotechnisch erzeugten Produkte ist eine Unterteilung in Bulk- und Feinchemikalien angemessen. Die auch als Massenchemikalien bezeichneten **Bulkchemikalien** werden in einem Umfang von mindestens

⁴ Diese zielt auf die Herstellung eines bestimmten Stereoisomers ab. Letztere sind Moleküle gleicher Summenformel und Struktur mit unterschiedlicher räumlicher Positionierung der Atome und Atomgruppen.

10.000 Jahrestonnen hergestellt und gehen von Biomasse als Einsatzsubstrat aus. Da ihre Marktpreise relativ gering sind, setzt ihre Herstellung einfache, kostengünstige Verfahren voraus, die keine großen Anforderungen an die Produktaufarbeitung stellen und mit leicht kultivierbaren, produktiven Biokatalysatoren ablaufen /25/. Biotechnische Produkte mit großen Marktvolumina finden sich vornehmlich in der Lebens-, Pharma- und Futtermittelindustrie. Zahlreiche Aminosäuren, Antibiotika, organische Säuren und Vitamine werden nahezu ausschließlich über biotechnische Syntheserouten dargestellt.

Unter Bulkchemikalien lassen sich jedoch auch Biopolymere und Energieträger subsumieren. Biologisch abbaubare Kunststoffe wie *Polylactid* (PLA), ein Polymer auf Milchsäurebasis, gewinnen nicht zuletzt wegen ihrer meist umweltschonenden Herstellungsverfahren zunehmend an Bedeutung. PLA, das überwiegend auf Basis von Maisstärke hergestellt wird, kann als Substitut für Polyamide, Polyester wie PET, und Polystyrole dienen. Diese Eigenschaften, annähernd komparative Produktionskosten vorausgesetzt, lassen ein beachtliches Anwendungspotenzial im Verpackungsbereich und als Matrixmaterial für Verbundwerkstoffe erkennen /25/. Zudem gelten die zu Grunde liegenden Milchsäuremonomere als Plattformchemikalien, aus denen ein sehr breites chemisches Produktportfolio durch Derivatisierungen erschlossen werden kann /26/. Die Anzahl der praktizierten Anwendungen von PLA ist derzeit jedoch noch sehr überschaubar /27/, /28/.

Unter den zahlreichen alternativen Biopolymeren, die sich im Entwicklungsstadium befinden, werden auch *Polyhydroxyalkanoate* (PHA) wie beispielsweise *Poly-3-hydroxybutyrat* (PHB) als attraktive Substitute für konventionelle Kunststoffe angesehen. Sie zeichnen sich durch gute physikalische, mechanische und thermische Eigenschaften aus, wobei sich durch Modifikationen am Polymergerüst eine enorme Vielfalt an gewünschten Eigenschaften realisieren lässt /29/. Außerdem lassen sie sich thermoplastisch genauso be- und verarbeiten wie Kunststoffe auf petrochemischer Rohstoffbasis.

Ebenso werden Fermentationsverfahren zur Erzeugung von Biokraftstoffen und von Methan als Biogas eingesetzt. Bioethanol ist dabei ein viel diskutierter

Ottokraftstoff, der unter einigen weiteren biotechnisch, zu mindestens im Labormaßstab zugänglichen Energieträgern wie Wasserstoff, Methan sowie Aceton und Butanol, derzeit die größte Relevanz besitzt. Es ist anzumerken, dass die weltweite Ethanolproduktion zu 93 % fermentativ erfolgt /30/. Als Stand der Technik gilt noch immer die Bioethanolproduktion der so genannten *1. Generation*, bei der zuckerhaltige Substrate Verwendung finden, die durch Hefen in großvolumigen Fermentern zu Ethanol umgesetzt und anschließend destillativ aufgereinigt werden /31/. Als Rohstoffquelle werden, je nach regionaler Verfügbarkeit, Zuckerrohr, Zuckerrüben oder auch stärkehaltige Kulturpflanzen wie Mais, Kartoffeln, Roggen und Weizen eingesetzt.

Die Biodieselproduktion kann hingegen nicht der Weißen Biotechnik zugeordnet werden, da seine Herstellung einen konventionellen Prozess der Oleochemie darstellt und im Zuge dessen bisher keine katalytisch wirksamen Enzyme eingesetzt werden.

Im Gegensatz zu den Massenchemikalien werden pharmazeutische Produkte, Spezialchemikalien und Zusatzstoffe biotechnischer Provenienz mit einem Marktvolumen unterhalb von 10.000 Jahrestonnen zu den **Feinchemikalien** gezählt. Sie zeichnen sich durch einen hohen Funktionalisierungsgrad, mehrere Reaktionszentren sowie häufig auch durch *Chiralität*⁵ aus. Wenngleich sie in relativ kleinen Mengen bis hin zum Kilogrammmaßstab produziert werden, sind an ihre Reinheit hohe Anforderungen gestellt. Insbesondere Pharmawirkstoffe benötigen einen aufwändigen *Downstream*-Prozess, da sie den Richtlinien einer Good Manufacturing Practice (GMP) entsprechen müssen /32/. Unter dem Downstream-Processing sind all jene Verfahrensschritte zu verstehen, die zwischen der Produktbildung und der Formulierung des Endproduktes liegen. Allerdings lassen sich mit Feinchemikalien auch deutlich höhere Preise am Weltmarkt erzielen, wodurch ein höherer Aufarbeitungsaufwand gerechtfertigt werden kann /25/.

⁵ Eine Bezeichnung für eine Eigenschaft von Molekülen, die sich nicht mit ihrem Spiegelbild in Deckung bringen lassen. Ein prominentes Beispiel hierfür ist Thalidomid (Contergan), das einerseits ein wirksames Beruhigungsmedikament darstellt, dessen spiegelbildliches Molekül jedoch in der Schwangerschaft zu schweren Fehlbildungen am Fötus führt.

Neben den einzelnen Segmenten der technischen Enzyme sowie der Bulk- und Feinchemikalien sind integrative Konzepte von Bioraffinerien zukunftsweisende Anwendungsbereiche für Verfahren der Weißen Biotechnik. Im erweiterten Sinne sind darunter Produktions- und Wertschöpfungsverbunde zu verstehen, die sowohl nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) als auch Biomasseabfälle in vollem Umfang verwerten und dabei biotechnische, thermische und mechanische Konzepte synergistisch bündeln /22/. Es bestehen durchaus Analogien zur Kuppelproduktion einer Erdölraffinerie, in welcher auch aus einem Inputmaterial in vernetzten Stoffkreisläufen ein weites Spektrum an Wertstoffen gebildet wird, indem zunächst eine Trennung in verschiedene Fraktionen erfolgt, die dann in vielfältigen Veredelungsschritten aufgearbeitet werden. Dabei werden aus Nebenprodukten der Land- und Forstwirtschaft neben Grund- und Feinchemikalien auch Kraftstoffe der so genannten 2. *Generation* erzeugt. Derartige Bioraffinerien sind aber industriell noch nicht im großen Maßstab umgesetzt worden.

3.1.4 Wirtschaftliche Bedeutung und Prognosen

Getragen von der Erschließung und Realisierung neuer Wertschöpfungspotenziale bei neuen Produkten oder durch verbesserte, den konventionellen Verfahren überlegene Herstellungsprozesse, nährt die Weiße Biotechnik die Erwartung an ein signifikantes Wachstum. Ökologische Aspekte einer ressourcenschonenden Produktion und ein zusätzlicher gesellschaftlicher Nutzen sind zwar keineswegs irrelevant, können jedoch kaum Investitionsentscheidungen herbeiführen, wenn die ökonomische Rentabilität nicht gewährleistet ist /21/. Die Senkung der Produktionskosten wird daher auch als vorrangiges Argument für einen Wechsel zu biotechnischen Produktionsverfahren aufgeführt /33/.

Einer Marktstudie von *FESTEL* /34/ zufolge sollen im Jahr 2010 ca. 20 % aller Chemieprodukte auf biotechnischem Wege hergestellt werden, wohingegen deren Anteil im Jahr 2001 bei lediglich 2,5 % gelegen hat (Abbildung 3). In absoluten Größenordnungen entspricht dies einem Umsatz im Wert von ungefähr 300 Mrd. US-\$. Wenngleich die erwarteten Zuwächse für Biopolymere auf Basis

nachwachsender Rohstoffe ebenso wie jene für sonstige industrielle Grundchemikalien beträchtlich sind, wird das größte Potenzial für eine umfangreiche Implementierung der Biotechnik in der Feinchemie verortet /34/. *MCKINSEY* bestätigt in einer eigenen Studie /35/ die Tendenz dieser Prognosen und bezifferte die Umsatzquote biotechnischer Produkte für 2010 in einem Basis-szenario auf 10 % bis hin zu 20 % in einer optimistischen Prognose. Diese Schwankungsbreite wird mit der Preisentwicklung der Einsatz- und Rohstoffe, Veränderungen der politischen Rahmenbedingungen, technischen Entwicklungen und Investitionen sowie der Unsicherheit hinsichtlich der Nachfrage begründet /20/. In jüngeren Veröffentlichungen der Unternehmensberatung wird nur noch die 10 %-Quote als Prognosewert favorisiert /35/. In einer Studie des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) /26/ werden die Marktanteile in der Chemischen Industrie Deutschlands für das Jahr 2004 mit 4-6 % angegeben. Dies entspricht einem Volumen von ca. 4 Mrd. €. Das Weltmarktvolumen für biotechnische Feinchemikalien wird auf über 55 Mrd. € geschätzt /36/.

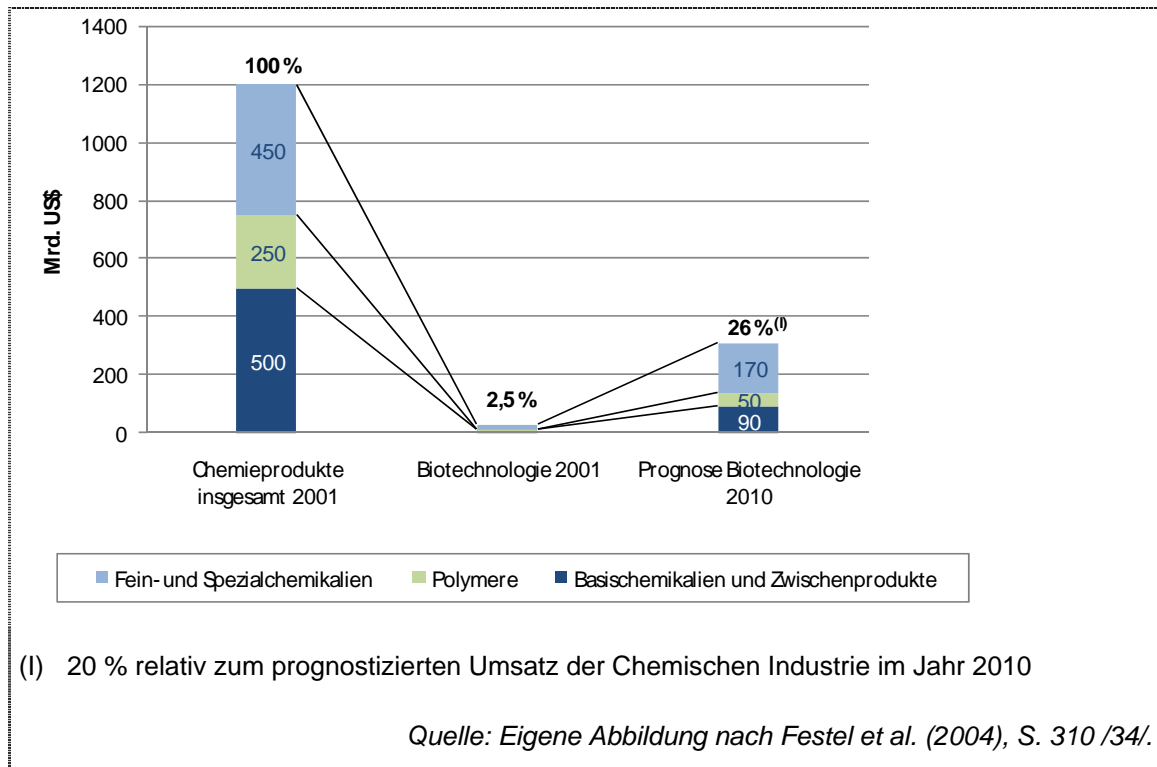


Abbildung 3 Umsatzprognose für Produkte der Weißen Biotechnik

Auch wenn die angeführten, optimistischen Prognosen in der Chemiebranche umstritten sind und absehbar ist, dass sie nicht erreicht werden können, besteht Konsens darüber, dass die Weiße Biotechnik schneller wächst als die konventionelle Chemieindustrie /33/. Dies kann insbesondere auch für die deutsche Industrie gelten. Die ca. 500 *dedizierten* Biotechnologieunternehmen /37/ in Deutschland erzielten im Jahr 2007 Umsätze in Höhe von 2 Mrd. €. Wenngleich die Zahl der Unternehmen seit 2005 nahezu unverändert geblieben ist, wurden die Umsatzerlöse um ungefähr ein Drittel gesteigert. In vergleichbarem Maße wurden im Betrachtungszeitraum die F&E-Aufwendungen auf ca. 1 Mrd. € angehoben. Nur 8 % der Unternehmen verorten ihren Schwerpunkt in der Industriellen Biotechnik, jedoch wird ein Viertel der Umsätze durch Verfahren, Produkte und Dienstleistungen in diesem Sektor erwirtschaftet /38/. In diesen Kennzahlen finden allerdings 91 weitere Firmen keine Berücksichtigung, bei denen die Biotechnologie nur ein Tätigkeitsfeld neben anderen darstellt. Bei diesen als *innovativ biotechnologisch aktiv* bezeichneten Firmen /37/ - zumeist

Pharma- und Chemiekonzerne sowie Saatguthersteller – sind rund 15.000 Biotechnik-Mitarbeiter tätig und somit ca. 50 % aller in der deutschen Biotechnik-Industrie Beschäftigten. Deren Umsätze sind bei den 2 Mrd. € der dedizierten Biotechnik nicht berücksichtigt /38/.

Verglichen mit den Umsätzen der gesamten Chemischen Industrie im selben Jahr von ca. 170 Mrd. € ist der Beitrag der Industriellen Biotechnik derzeit in jedem Fall noch äußerst gering /39/.

3.2 Umweltrelevanz der Weißen Biotechnik

3.2.1 Biotechnik im Kontext einer Nachhaltigen Entwicklung

Bereits in den Anfangsjahren der modernen Biotechnik galten potenzielle Umweltentlastungseffekte und ein Beitrag zur sozialen Dimension der Nachhaltigkeit als vielversprechende Ziele, obgleich die Aussicht auf qualitativ verbesserte Produkte und Produktivitätsgewinne der maßgebliche Impetus für die Zuwendung von Forschungs- und Entwicklungsbemühungen gewesen ist. Eine ökologische und soziale Perspektive der Biotechnik wurde seitdem weiter diskutiert und mit der Agenda 21 des Weltgipfels in Rio de Janeiro einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht. In dem Handlungsprogramm für das 21. Jahrhundert wird der Biotechnologie ein komplettes Kapitel gewidmet, in welchem – neben der Verbesserung des Umweltschutzes und der menschlichen Gesundheit – Programmbereiche wie die Steigerung der Verfügbarkeit von nachwachsenden Rohstoffen diskutiert werden. Als übergreifendes Gesamtziel fordert die Agenda „to prevent, halt and reverse environmental degradation through the appropriate use of biotechnology in conjunction with other technologies“ /40/. Die Anwendung biotechnischer Verfahren zum langfristigen Schutz der Natur und zur Sanierung der Umweltmedien sollen dafür ebenso wegweisend sein, wie der Einsatz von „production processes making optimal use of natural resources, by recycling biomass, recovering energy and minimizing waste generation“ /40/. Die Biotechnik wird folglich nicht nur als ein reicher

Pool nachsorgender Sanierungsmethoden angesehen, sondern gleichsam als aussichtsreiche und integrierte Umweltschutztechnologie.

Jedoch wurde bei den frühen Aktivitäten hinsichtlich einer ökologischen Bewertung biotechnischer Prozesse in den 1980er Jahren zunächst weniger die Idee einer nachhaltigeren Produktionstechnik oder nachhaltigerer Produkte, sondern die Beseitigung von Abfällen und Schadstoffemissionen fokussiert /41/. Das auf absehbare Zeit weitaus größte Problemlösungspotenzial der Biotechnik wurde neben der klassischen „*Bioremediation*“, d. h. der nachträglichen Sanierung von Umweltmedien, in der Umwandlung von Abfallströmen in nutzbare Produktströme und der Etablierung von biotechnischen End-of-Pipe-Verfahren gesehen. Letztgenannte sind Bestandteil additiver Umweltschutztechniken, bei denen einem vorhandenen Produktionsverfahren ein zusätzlicher Prozessschritt zur Verminderung von umweltbelastenden Emissionen nachgelagert wird /42/.

In der viel beachteten OECD-Studie *Biotechnology for Clean Industrial Products and Processes* /4/ wird schließlich den integrierten „*Clean Technologies*“ eine langfristig exponierte Stellung eingeräumt und damit ein Paradigmenwechsel eingeleitet. Dieser ist auf den Ansatz zurückzuführen, Produkte und Vorgänge in den natürlichen Ökosystemen und die in ihnen lebenden Organismen neu zu bewerten und letztlich die Natur als effizientes Konzept in industriellen Prozessen zu imitieren. Es wird das Ziel verfolgt, die Notwendigkeit von Schadenskompensationen a priori auszuschließen und Strategien zur Entsorgung zu vermeiden /43/. Die „*Clean Technologies*“ dienen der ökologischen Modernisierung der Produktion und zielen unter Strukturveränderungen des Produktionsprozesses auf eine Umsetzung des Vorsorgeprinzips als tragendes Paradigma der Umweltpolitik ab.

Mit dem Verweis auf die inhaltliche Kongruenz industrieller Nachhaltigkeit und den „*Clean Technologies*“ werden ein niedriger Verbrauch an Energie und nicht-erneuerbaren Ressourcen sowie die Verminderung respektive die Vermeidung von Abfällen als substanzielle Elemente einer umweltfreundlichen Technologie erachtet /4/. Darüber hinaus werden dieselben als Verfahren aufgezeigt, „that extract and use natural resources as efficiently as possible in all

stages of their lives; that generate products with reduced or no potentially harmful components; that minimise releases to air, water and soil during fabrication and use of the product; that produce durable products which can be recovered or recycled as far as possible; and are energy-efficient" /4/. Diese Lebenszyklusbetrachtung, an der sich die Biotechnik messen lassen muss, steht im Einklang mit dem Perspektivenwandel in der Umweltwahrnehmung, welchen die Agenda 21 angeregt hat.

3.2.2 Umweltentlastungseffekte durch biotechnische Produkte und Verfahren

Auf den Stoffwechselleistungen von Enzymen und Mikroorganismen beruhend, laufen biotechnische Anwendungen zumeist unter Normaldruck, niedrigen Temperaturen und in wässrigen Medien ab. Die Verwendung und Emission toxischer Stoffe lassen sich ebenso wie der Energie- und Ressourceneinsatz verringern. Außerdem sind erschöpfbare, fossile Ressourcen durch nachwachsende Rohstoffe substituierbar. Im Gros der themenbezogenen Publikationen wird die Weiße Biotechnik folglich mit einer ausgesprochen „positiven Aura“ naturnaher Herstellungsverfahren angepriesen und in die breite Öffentlichkeit getragen /44/.

Dass diese wohlwollende Grundhaltung nicht ganz unbegründet entstanden ist, zeigen wichtige traditionelle Industriezweige, in denen biotechnische Verfahren im Produktionsprozess einen großen Stellenwert haben. So ist beispielsweise in den großen verarbeitenden Branchen wie der Papier-, Textil- und Lederindustrie der Einsatz von Enzymen nicht mehr wegzudenken /4/. *Xylanasen, Cellulasen, Lipasen* und zahlreiche weitere Enzyme sind in der **Papier- und Zellstoffindustrie** als Bleichmittel, zur Entfernung von Störstoffen oder der Altpapieraufarbeitung bereits fest etabliert. Sie tragen u. a. zur produktionsintegrierten Reduktion der Treibhausgas-Emissionen und der chlorhaltigen Abwasserströme bei /45/. Da in der Regel Verfahrenskombinationen aus biotechnischen, physikalischen und chemischen Prozessen zur Anwendung kommen,

ist eine Bemessung der realen biotechnischen Umwelteffekte jedoch schwierig. Desgleichen nimmt in der **Gewebeherstellung und Textilveredelung** das Interesse an der Anwendung biotechnischer Prozesse weltweit zu. Auf sieben von insgesamt zehn Prozessstufen der so genannten *textilen Kette* vom Rohmaterial zum Endprodukt werden teilweise enzymatische Verfahrensschritte eingesetzt /26/. Die konventionelle Textilindustrie ist relativ energieintensiv und verursacht Abfallströme in beträchtlichem Umfang. Allein beim so genannten „*Textile Wetting*“ werden pro Kilogramm Faserstoff 100 Liter Wasser verbraucht /45/. Enzymatische Verfahren helfen nicht nur, bessere Produktqualitäten zu erzielen, sondern auch Umweltentlastungen, insbesondere hinsichtlich des Wasser- und Energieverbrauchs, herbeizuführen. Teilweise werden komplette Heißwasser-Verfahrensschritte obsolet. Letzteres ist beispielsweise beim Entfernen von Faserbegleitstoffen in der Baumwollproduktion der Fall, wo mit Hilfe von *Cellulasen* und *Pektinasen* eine umweltschonende Alternative zum ursprünglich dominierenden alkalischen Abkochen entwickelt wurde /26/. Jedoch bestehen auch diesbezüglich nur lückenhaft Daten zu den ganzheitlichen Umwelteffekten. In der **Lederindustrie** sind bei der Verarbeitung von tierischen Häuten zu Leder 14 bis 15, meist nasschemische Verfahrensstufen erforderlich, bei denen der Einsatz von Enzymen zuweilen einen sehr hohen Stellenwert hat /26/. Durch den optimierten Einsatz von *Proteasen* und *Lipasen* seit den frühen 1990er Jahren bei der Reinigung, Entfettung und Enthaarung der Häute konnten teilweise Verfahren mit hohem Chemikalienbedarf ersetzt und die Abwassermengen reduziert werden /4/. Sowohl hinsichtlich der Effizienz der verwendeten Enzyme als auch der Prozessoptimierung wird für biotechnische Methoden im Bereich der Lederverarbeitung noch ein Entwicklungspotenzial gesehen, das mit Umweltentlastungseffekten einhergehen kann.

Auch in der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie kommt die Biotechnik seit Jahrhunderten zur Anwendung und wurde entsprechend angepasst. In ungefähr der Hälfte aller verarbeitenden Segmente der **Lebensmittelindustrie** werden mittlerweile Biokatalysatoren, vielerorts mit Diffusionsquoten von 100 %, eingesetzt /45/. Auf diese Weise werden vor allem Produktqualitäten erzielt, die

auf keinem sonst bekannten Wege zugänglich sind. Dies gilt beispielsweise für die alkoholische Getränkeproduktion, die Milch- und Fleischverarbeitung sowie die Stärkeindustrie /26/. Die verhältnismäßig milden Prozessbedingungen der biokatalytischen Verfahren sind unterdessen eher ein willkommener Nebeneffekt.

Entlastungspotenziale in der **Feinchemie** sind vor allem dann erkennbar, wenn es gelingt, eine komplexe Synthese um mehrere Stufen zu vereinfachen. Dieser Zusammenhang lässt sich an der Verringerung des *E-Faktors*⁶ /46/ und des Toxizitätspotenzials ablesen. Denn gerade bei hochkomplexen chemischen Strukturen ist der Energie- und Stoffeinsatz in den konventionellen Verfahren zumeist sehr hoch, womit meist auch toxische Abfallströme von beachtlichem Ausmaß verbunden sind. Außerdem ist auch bei diesen ein umfangreicher Aufarbeitungsprozess notwendig, um Produkte der gewünschten Reinheit zu erhalten. Die biokatalytischen Verfahren sind zwar ebenso mit großen Stoffströmen verbunden, allerdings handelt es sich outputseitig vorrangig um geringer belastetes Abwasser und Fermentationsbiomasse, die noch einer qualitativen Nutzung zugeführt werden kann. Ausgangspunkt für eine größere Enzymaktivität zur Erzielung einer besseren Fermentationseffizienz und damit verbundenen Energie- und Ressourceneinsparungen sind häufig gentechnisch veränderte Organismen.

In der **Bulkchemie** sind die chemisch-technischen Verfahren hochgradig optimiert und die Chemie auf wenige, zumeist katalytische und energieeffiziente Syntheseschritte beschränkt. Die Verringerung der notwendigen Prozessschritte ist hierbei im Gegensatz zu Feinchemikalien keine treibende Kraft für biotechnische Verfahren. Das Potenzial für biotechnische Bulkchemikalien liegt vor allem darin, praktikable Substitute für petrochemische Produkte bereitzustellen und dabei eine regenerative Ressourcenbasis zu erschließen. Ebenso sind validierte Ansätze zur Verringerung der nicht-regenerativen Prozessenergie vorhanden, die im gleichen Zuge eine Senkung der Treibhausgas-

⁶ Dieser bildet den Quotienten aus der Masse an Nebenprodukten pro Masseinheit des Zielproduktes ab, vgl. Sheldon (1997) /46/.

Emissionen zulassen. Dabei ist eine intensivere landwirtschaftliche Flächennutzung gegenüber einer Verbesserung der Primärenergie- und Treibhausgas-Bilanz abzuwägen. Für Biopolymere wie PHA und PLA als Substitute auf Funktionalitätenbasis kann die biologische Abbaubarkeit als Zusatznutzen begriffen werden.

Es ist wenig zweifelhaft, dass die geschilderten biotechnischen Prozesse und Produkte in den jeweiligen Industriezweigen bereits messbare Umweltentlastungseffekte herbeiführen. Doch sind sie dadurch nicht automatisch nachhaltig, auch nicht im eingeschränkten Sinne der ökologischen Nachhaltigkeit. In Demonstrationsvorhaben werden oft nur einzelne Kenngrößen wie der Energie- oder Rohstoffeinsatz und die Abfallbilanz der vergleichsweise schonenden Verfahren hervorgehoben, für die sich Entlastungen ergeben. An erster Stelle sind in dieser Hinsicht häufig Energieeinsparungen aufgeführt, die gleichsam einen positiven Beitrag zur Treibhausgas-Bilanz herbeiführen und unterdessen auch ein wichtiges betriebswirtschaftliches Rentabilitätskriterium darstellen /47/. Eventuelle Belastungseffekte finden dagegen keine oder zumindest nicht ausreichend Erwähnung. Da diese nicht zwangsweise auch im Produktionsprozess selbst, sondern in vor- oder nachgelagerten Prozessstufen - beispielsweise die Steigerung des Eutrophierungs- und Versauerungspotenzials bei erhöhter Flächennutzung - auftreten können, muss im Einzelfall das Potenzial für konkrete Umweltentlastungen im Zuge einer detaillierten Ökobilanz geprüft werden. Diese stellt eine Methodik dar, alle relevanten Umweltauswirkungen eines Produkts, Verfahrens oder einer Dienstleistung über alle Lebenswegabschnitte zu erfassen, zu aggregieren und zu bewerten /52/. Das im englischen Sprachraum als Life Cycle Assessment (LCA) bezeichnete Verfahren wird durch die DIN EN ISO 14040 /44 standardisiert und konstituiert sich aus der Festlegung des Untersuchungsrahmens, einer Sachbilanz, einer Wirkungsabschätzung sowie einer Auswertung /48/.

3.2.3 Ökobilanzielle Fallstudien

Bisher sind nur wenige biotechnische Verfahren in einem Umfang offen gelegt worden, die eine tatsächlich verlässliche Quantifizierung der ganzheitlichen Umwelteffekte erlauben. Häufig ist die Erfassung der Stoffstrombilanzen als Grundlage einer validierten Sachbilanz mit einem erheblichen Aufwand verbunden und tangiert sensible Wissensbereiche, die der Geheimhaltung unterliegen. In dem OECD-Projekt *The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability* /49/ wurden 21 Fallstudien zu dokumentierten biotechnischen Anwendungen, darunter zahlreiche Beispiele der Chemischen Industrie, präsentiert. Als Zielsetzung galt es, Umwelt- und Kosteneffekte von erprobten biotechnischen Anwendungen zu ermitteln und die Erfahrungen von Unternehmen mit dieser Technologie zu kommentieren. In nahezu allen Fällen wurden Umweltentlastungseffekte gefunden. Ein gut dokumentiertes Beispiel stellt *Cephalexin* dar, das wie auch Penicillin der Gruppe der β -Lactam-Antibiotika zugehörig ist. Es bildet einen wichtigen Vertreter der Stoffgruppe der *Cephalosporine*, die ein Drittel des weltweiten Antibiotikamarktes konstituieren /6/. Durch die Direktfermentation einer strukturell ähnlichen Vorstufe des *Cephalexins* konnte die ursprüngliche 10-Stufen-Synthese auf vier Prozessschritte reduziert werden. Die Einbindung biotechnischer Reaktionsstufen hat trotz Verdreifachung des Wasserbedarfs zu einer Reduktion der Abfallmengen um 200 % bei deutlich geringerer Toxizität der verwendeten Chemikalien beigetragen. Der *E-Faktor*⁷ wurde von 15 auf 2 bis 5 gesenkt, wobei die überwiegend wässrigen Abfallströme des neuen Verfahrens maßgeblich unbedenkliche organische Salze enthalten. Im traditionellen Prozess kamen hingegen in großem Maße organische Lösungsmittel, darunter kritische, halogenierte Stoffe wie *Dichlormethan* und zahlreiche Schutzgruppenreagenzien⁸ zum Einsatz. Der Gesamtenergiebedarf beider Verfahren ist im weitesten Sinne äquivalent. Der Mehrverbrauch

⁷ vgl. Kap. 3.2.2.

⁸ Bezeichnung für Substanzen, mit denen bestimmte funktionelle Gruppen eines Moleküls vorübergehend gegen den Angriff von Reagenzien geschützt werden können, so dass Reaktionen nur an gewünschten (ungeschützten) Stellen stattfinden.

an elektrischer Energie der Biokatalyse egalisiert die Einsparungen an Prozesswärme /49/.

Als prominentester und meistzitiertes ökobilanzieller Vergleich eines biotechnischen Produkts kann die Herstellung von Riboflavin (Vitamin B₂) gelten. Die Ergebnisse des biotechnischen Prozesses der Firma DSM Nutritional Products mit dem konventionellen chemisch-technischen Prozesses sind in Abbildung 4 zusammenfassend in einem normiert dargestelltem *Fingerprint*⁹ wiedergegeben /9/. Es wurden für die aggregierten Wirkungskategorien Kumulierter Energieaufwand (KEA), Treibhaus-, Versauerungs-, terrestrisches Eutrophierungs- sowie das Ozonbildungspotenzial deutliche Umweltentlastungen bilanziert. Ebenso konnten zuweilen klare Entlastungen für 8 von 14 toxikologisch relevanten Stoffen festgestellt werden, von denen insbesondere flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC) und SO₂ hervorzuheben sind. Darüber hinaus wird das Abfallaufkommen nicht-kompostierfähiger Abfälle um mehr als zwei Drittel gesenkt.

Eine zusätzliche Belastung wurde im Gegenzug für das aquatische Eutrophierungspotenzial und fünf toxikologisch relevante Stoffe festgestellt, von denen allerdings nur drei erwähnenswert abweichen.

⁹ Der ökobilanzielle Vergleich des traditionellen mit dem biotechnischen Vitamin B₂-Prozess der BASF SE führt in der Tendenz zu ähnlichen Ergebnissen.

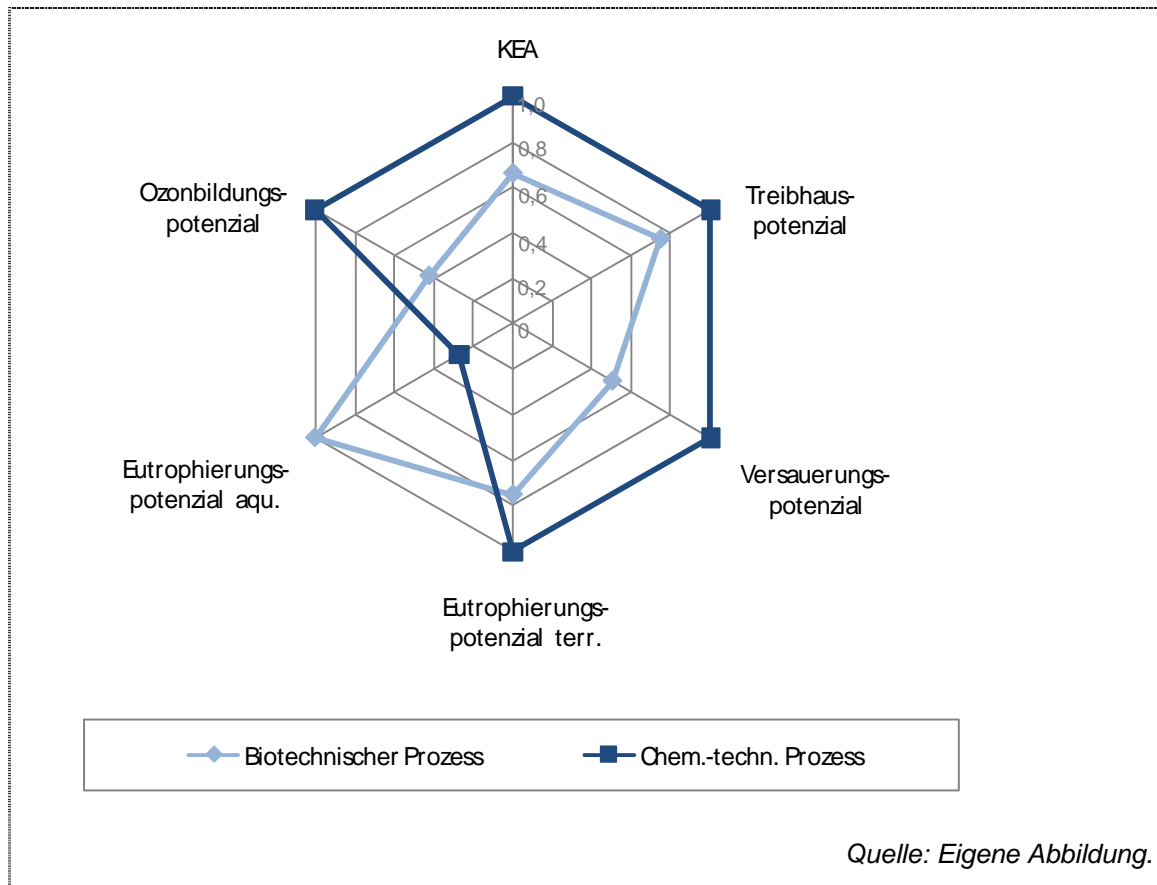


Abbildung 4 Wirkungskategorieergebnisse des ökobilanziellen Vitamin B₂-Vergleichs

Dass sich Umweltentlastungseffekte bei der ganzheitlichen Betrachtung biotechnischer Verfahren nicht zwangsweise einstellen müssen, wurde anhand der *Indigo*- und *Astaxanthin*-Herstellung demonstriert. Für den bekannten blauen Jeansfarbstoff wurden bei Fa. BASF SE im Rahmen einer Ökoeffizienz-Analyse umweltseitige Nachteile der biotechnischen Herstellung gegenüber den existierenden chemisch-technischen Prozessen ermittelt. Unter Annahme eines gesamten Färbvorgangs als funktionelle Einheit führten sehr hohe Boden- und Wasseremissionen durch die landwirtschaftlichen Vorketten in Aggregation zu dieser nachteiligen Bewertung der biotechnischen Herstellung /50/. Zu einem ähnlichen Ergebnis führt ein Ökoeffizienzvergleich des roten Lebensmittel-farbstoffs *Astaxanthin*, der u. a. als Futterzusatz in der Fischzucht Verwendung findet. Bei Berücksichtigung der Vorketten kann die fermentative Herstellung

nur geringe Vorteile hinsichtlich des Toxizitätspotenzials aufweisen. In den übrigen Kategorien, insbesondere dem Energiebedarf und dem Ressourcenverbrauch, sind zuweilen deutliche Mehrbelastungen ausgewiesen /51/. Die zu Grunde liegende Ökoeffizienz-Analyse, die das World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) konzeptionell geprägt hat, hat die BASF SE zu einem methodischen Bewertungsinstrument der ökologisch-ökonomischen Effizienz von Prozessen und Produkten erweitert. Grundlage der Bemessung der Umwelteffekte ist ein *cradle-to-grave*-Ansatz, analog dem Vorgehen bei einer vereinfachten Ökobilanzierung /50/.

Angesichts der vielfältigen Einsatzbereiche und überwiegend umweltentlastenden Effekte der Biotechnik verwundert gerade im Bereich der WBT ein hinter den Erwartungen zurückbleibendes Realwachstum.

4 Ergebnisse

Die im folgenden wiedergegebene Darstellung der Ergebnisse des Forschungsprojektes basieren auf der Auswertung der durchgeführten Fragebogenaktion bei 96 Experten aus dem Bereich der Weißen Biotechnik, den Diskussionen und Hinweisen im Rahmen der Fachgesprächsveranstaltung am 03.03. und 04.03.2009 in Frankfurt/Main sowie den 11 ergänzend geführten Telefoninterviews mit einzelnen Unternehmensvertretern vorwiegend aus KMU sowie Verbands- und Dienstleistungsvertretern (siehe Anhang 5). Die Themenschwerpunkte der Interviews setzten die Diskussionsschwerpunkte aus dem Fachgespräch fort und sind damit auch Ausdruck der zentralen Ansatzpunkte für Anreize: Steuern und staatliche Förderung, Start-up-/Gründerförderung, Demoprojekte, Ökolabel/Zertifikate und Unternehmenserfolgsberichte.

Die Auswertung des **Fragebogens** und der hieraus entwickelten Vorschläge werden an dieser Stelle nicht wiederholt und bleiben der im Anhang beigefügten Vorstudie vorbehalten (siehe Anhang 2). Es sei an dieser Stelle betont, dass die Zuordnung einzelner Themenkomplexe und Maßnahmen des Fragebogens – und folgerichtig die Vorstudie – eher entlang der Wertschöpfungskette, bestehend aus Inventionsphase, Produkt- und Verfahrensentwicklung, Produktionsaufbau sowie Markteinführung und Adaptions-/Diffusionsphase orientierten. Zum Teil gegensätzliche Interessenlagen einzelner Akteure oder Akteursgruppen traten dabei ebenso zu Tage wie deren unterschiedliche Kompetenz, zu einzelnen Fragen überhaupt aus eigener Kenntnis Stellung nehmen zu können. Daher wurde bei der Auswertung und Bewertung regelmäßig auch auf die Gruppenzugehörigkeit geachtet, wenn sich z. B. sowohl Hochschulvertreter als auch Industrievertreter zur Hochschulausbildung äußerten. Insgesamt ist zu berücksichtigen, dass die Fragebogenteilnehmer mehrheitlich technisch-naturwissenschaftlich geprägt waren; entsprechend eingeschränkt – auch nach eigener Einschätzung der Befragten – wurden steuerliche und Finanzaspekte bewertet.

Diese Rahmenbedingungen der Erhebung führten zu teilweise ausgeprägten Gegensätzen und kontroversen Diskussionen im Rahmen der **Fachgespräche**, die wesentlicher Bestandteil des Endergebnisses sind. In den **Interviews** wurden diese aufgegriffen und verstärkt mit Vertretern von KMU erörtert.

Es erscheint zweckmäßig, Anreizvorschläge für die Entwicklung und Anwendung umweltfreundlicher biotechnischer Verfahren und Produkte aus Sicht desjenigen zu strukturieren, der den Anreiz schafft oder finanziert. Entsprechend der Initiierung dieses Projektes dürfte dies in erster Linie „der Staat“ sein. Weitere Anreize, die sich aus der Interaktion insbesondere nicht-staatlicher Akteure ergeben, auf die der Staat allenfalls indirekten Einfluss ausüben kann, werden folgerichtig eher nachrangig bewertet.

Eine vor kurzem von Roland Berger Strategy Consultants GmbH durchgeführte Umfrage im Auftrag des BMU zum Thema „Auswirkungen der Wirtschafts- und Finanzkrise auf die Umwelttechnikbranche in Deutschland“ gliedert die Erwartungen der befragten Unternehmen ebenfalls anhand einer primären Blickrichtung auf den Staat:

- Sicherung der Finanzierung
- Schaffung einer möglichst großen Nachfrage am Markt durch
 - o Ge-/Verbote
 - o Steuerliche Anreize
 - o Subventionen
 - o Staatliche Nachfrage
- Förderung von Netzwerken und des Austausches mit der Forschung
- Direkte finanzielle Förderung von Forschung bzw. Innovationstätigkeiten
- Förderung von Unternehmensgründern
- Zielgerichtete Ausbildung an Universitäten
- Sicherung einer zukunftsorientierten Weiterbildung
- Standortpolitik: Schaffung und Förderung von Technologie-Clustern
- Unterstützung der Internationalisierung

Leider lagen die Ergebnisse zum Zeitpunkt dieses Endberichtes noch nicht veröffentlicht vor, so dass ein Abgleich mit den hier vorgeschlagenen Anreizen

nicht mehr möglich war. Die nachfolgende „Sortierung“ der Anreizinstrumente folgt bewusst einem ähnlichen Prinzip und soll einen Vergleich zu entsprechend strukturierten Untersuchungen ermöglichen.

4.1 Staatliche Anreizinstrumente

4.1.1 Steuerpolitik / Subventionen

Die Steuerpolitik zählt neben den direkten Subventionen zu den wichtigsten Lenkungsinstrumenten des Staates.

Da sich die Fragebogenaktion primär nicht an Wirtschafts- und Finanzexperten der WBT-Branche richtete, waren die diesbezüglichen Ergebnisse naturgemäß wenig aussagefähig. In logischer Konsequenz wurde die Thematik in den nachfolgenden Fachgesprächen/Interviews umfassend erörtert.

Unstrittig ist, dass eine staatliche Lenkung insgesamt und speziell über Steuern und Abgaben zwar als kritischer, möglicherweise Wettbewerb verzerrender Eingriff angesehen wird, dennoch aber notwendig und gewünscht ist, da viele biotechnische Prozesse anderenfalls nie in einen „Industrial Scale“ kommen könnten.

Die Wirksamkeit von Steuerbe- und -entlastungen und die Steuergerechtigkeit sind dabei sehr unterschiedlich zu bewerten, je nachdem, ob sich Unternehmen in der Gründungsphase befinden, als KMU etabliert sind oder als Konzerngesellschaften agieren.

Die real „lenkende“ Funktion staatlicher Förderung darf dabei nicht überbewertet werden, denn schließlich – so ein Experte – sind zusätzliche Mittel grundsätzlich willkommen, wenn die Rahmenbedingungen, die an die Förderung geknüpft werden, akzeptabel sind.

Steuerliche Behandlung von F&E und Risikokapital

Wesentliche Impulse ergeben sich zu den Fragen der steuerpolitischen Maßnahmen aus den einzeln geführten Interviews. Diese korrelieren mit den u. a. durch BIO DEUTSCHLAND /53/ aufgezeigten primären Möglichkeiten zur Förderung von F&E bei Technologieunternehmen:

- mindestens Gleichstellung von KMU mit Großunternehmen hinsichtlich der Geltendmachung ihres F&E-Aufwandes, z. B. durch Möglichkeiten der uneingeschränkten Nutzung von Verlusten in innovativen Unternehmen,
- Freistellung der Gewinne aus privaten Veräußerungsgeschäften bzgl. Beteiligungen an Technologieunternehmen, ggf. unter Einführung einer Mindesthaltedauer, von der Besteuerung, einschließlich Arbeitnehmer-Beteiligungen sowie
- Abschaffung der Abgeltungssteuer bei Kursgewinnen aus direkten oder indirekten Beteiligungen an innovativen Unternehmen.

Bezüglich der Abgeltungssteuer wird auch auf die Kritik des Sachverständigenrates am „Gesetz zur Modernisierung der Rahmenbedingungen für Kapitalbeteiligungen“ (MoRaKG) verwiesen. So wurde das MoRaKG zwar als „Schritt in die richtige Richtung“ bezeichnet, aber als unzureichend erachtet, „um die durch die 2009 kommende Abgeltungssteuer nochmals verschärfte, steuerliche Diskriminierung der Beteiligungsfinanzierung gegenüber der Fremdkapitalfinanzierung auszugleichen“ /88/. Die im Rahmen des Projektes Befragten äußerten sich zurückhaltend zu diesem Punkt, was auch dem erst kurzen Erfahrungszeitraum mit diesem Gesetz entsprechen dürfte.

KMU-spezifische Betroffenheit

Bei der durchgeführten Untersuchung zeigte sich sehr deutlich, dass nicht zuletzt wegen der genannten Ungleichstellung die KMU wesentlich stärker von den steuerpolitischen Maßnahmen, zum Beispiel der Unternehmenssteuerreform, tangiert sind als Großunternehmen – letztere reagierten eher wenig betroffen.

Die Initiative von 63 „Finanzexperten der Biotechnologiebranche“, die sich in einem offenen Brief vom 24.03.2009 an die Bundesregierung wandten /96/, sieht in der Unternehmenssteuerreform 2008 eine „verstärkte Diskriminierung innovativer Mittelstandsunternehmen“. Genau dort erschweren die Regelungen zum Verlustabzug im Körperschaftssteuergesetz (§ 8c KStG) den Einstieg von Risikokapital. So ist für innovative junge Unternehmen gerade in der Produktentwicklungsphase oft eine Erweiterung der Anteilseigner erforderlich, eben diese wird durch die Regelungen zum Verlustabzug behindert. Die Experten rechnen vor, dass ein Investor (VC-Kapitalgeber) für eine Investition von 10 Millionen 14 Millionen veranschlagen wird, da er den durch den Forschungsaufwand einhergehenden Verlust der Verlustvorträge einkalkulieren muss. Dies führt nach Einschätzung der Experten zu einem erheblichen Wertverlust kleiner Unternehmen und deren Produkten und wirkt sich damit auf die dynamische Entwicklung der Biotechnik-Branche aus.

Steuerliche Anreize außerhalb Deutschlands

In anderen europäischen Staaten wird die Mobilisierung von Eigenkapital durch vielfältige Anreize bzw. Pflichten erreicht. In Österreich gibt es neben Forschungsfreibeträgen und Forschungsprämien auch attraktive Verlustverrechnungsmöglichkeiten, zu Großbritannien wird auf Steuervorteile für Beteiligungen an bestimmten Technologieunternehmen verwiesen, große institutionelle Anleger werden in Frankreich sogar verpflichtet, einen Anteil ihrer Anlagen in innovative Unternehmen zu investieren /53/. In diesem Zusammenhang sei auch die Bestrebung der EU-Kommission genannt, eine europaweit einheitliche Definition „junger innovativer Unternehmen“ („Young Innovative Companies“ – YIC) zu verankern /93/, werden doch 80 % der neuen Jobs in der Biotechnik durch innovative KMU geschaffen /94/.

Die Finanzexperten der Biotechnologie-Branche weisen in ihrem zitierten Schreiben auf eine weitere Möglichkeit hin, die Benachteiligung kleiner, noch nicht profitabler Unternehmen gegenüber Großkonzernen auszugleichen. Dem-

nach werden in England 24 %, in Kanada bis zu 35 % des F&E-Aufwandes direkt an die Unternehmen ausgezahlt, anstatt Verluste vorzutragen.

In der Konsequenz sollten die bestehenden Regelungen insbesondere der Körperschaftssteuer revidiert und in klare Anreizinstrumente verwandelt werden, um die Entwicklung innovativer Verfahren und Produkte der WBT auch und vor allem jenseits der forschenden Großunternehmen zu fördern.

Ergänzend sei auch auf die jüngsten Vorschläge der „Expertenkommission Forschung und Innovation – EFI“ hingewiesen /92/ :

- die Einführung eines innovationsfreundlichen Steuersystems und
- eine deutliche Verbesserung der Rahmenbedingungen für Wagniskapital und *Business Angels*.

In der WBT wird die Forschung und Entwicklung auch als wesentlicher Bestandteil der jungen Unternehmen und KMU verstanden, wenngleich einzelne Experten – aus Unternehmen! – diese Aufgabenzuordnung zugunsten einer vorindustriellen Forschung verneinen.

Verfahrens- und produktorientierte Steuerregelungen

Neben den vorgenannten Möglichkeiten befinden sich auch Anreizinstrumente in der politischen Diskussion, die sog. innovative Hochtechnologien steuerlich fördern sollen. Die Befragten sollten die erwartbare Wirkung z. B. von Steuererleichterungen für den Einsatz innovativer Ökotechnik oder Spreizung der Mehrwertsteuersätze für „Ökoprodukte“ einschätzen und diese mit erwartbaren Effekten direkter staatlicher Investitionslenkung in energieeffiziente Techniken und materialeffiziente Verfahren vergleichen.

Die unmittelbare Förderung der Verfahren wird von den Befragten deutlich positiver beurteilt als die indirekt wirkenden Steuererleichterungen über die produzierten Produkte oder Anwendungsbereiche.

Diese Einschätzung erfolgte weniger vor dem – erwartbaren – Hintergrund, „direkte“ Mittelflüsse würden eben auch eine unmittelbarere Wirkung entfalten,

sondern in detaillierter Auseinandersetzung mit den tatsächlich bestehenden Vorschlägen. So wurden die von Bundesumweltminister Gabriel im Zuge einer gezielten „Konjunkturförderung an ökologisch wichtigen Stellen“ /89/ vorgeschlagenen Steuerspreizungen – wenngleich für viele Bereiche potenziell zielführend – für die WBT deutlich kritisch gesehen: für die Industrie wäre demnach eine Steuerspreizung weitestgehend wirkungslos, da die Mehrwertsteuer vollkommen vom Endkunden getragen werde. Für den Endkunden sei wiederum bei Substituten ohne wahrnehmbare Vorteile gegenüber einem konventionellen Produkt nur der (zumeist höhere) Bruttopreis entscheidend, der durch eine Spreizung der Steuersätze nur um wenige Prozent abgesenkt werden könne. Hinzu kommt nach Ansicht eines Experten eine schwierige Abgrenzung, da „fast immer Kuppelprodukte vorhanden“ sind.

Gleichwohl sei an dieser Stelle auf bestehende aktuelle Initiativen innerhalb der Europäischen Kommission hingewiesen, die den Mitgliedstaaten ein höheres Maß an Mehrwertsteuervorteilen für umweltfreundliche Produkte zugestehen („Green-VAT“) wollen. Einer Pressemitteilung /95/ zufolge wird diesem Vorschlag aber nur eine geringe Realisierung eingeräumt.

4.1.2 Fördermittel-, Bildungs- und Forschungspolitik

Grundsätzlich wird jedwede Förderung von Seiten der Empfänger (Hochschulen, Unternehmen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) als ein schlichtes „Mehr an Mitteln“ begrüßt. Bei genauerer Betrachtung ergibt sich aber ein wesentlich differenzierteres Bild, das nicht zuletzt durch eigene Erfahrungen der Befragten und ihrer subjektiven förderpolitischen Positionierung geprägt ist.

Im Rahmen der Umfrage sollten die Experten selbst Stellung nehmen, welche Anreizinstrumente aus ihrer Sicht zur Förderung umweltfreundlich biotechnisch hergestellter Produkte bestehen.

Die gruppenspezifische Auswertung der Umfrage zu den drei wichtigsten Förderansätzen liefert folgendes Ergebnis:

- Mehr als die Hälfte der Befragten aus Unternehmen sehen die Verbesserung der politischen Rahmenbedingungen als wichtigen Ansatzbereich, gefolgt von Fördermittelinstrumenten und Verbraucheraufklärung.
- Mitglieder von Forschungseinrichtungen bewerten eher die Förderung der Grundlagenforschung und des Know-how-Transfers höher.
- Vertreter von Verbänden und Sonstige geben demgegenüber eine indifferente Einschätzung, wobei „Verbraucheraufklärung“ als wichtiger Ansatzpunkt genannt wurde.

Um Erfinder und Entwickler bei der Finanzierung und Entwicklung innovativer Ideen zu Verfahren und Produkten bis hin zur Markteinführung zu unterstützen, sind nach Auffassung der Experten direkte monetäre Leistungen wie langfristige Investitionsförderung/-kredite und (Einzel-)Projektförderung am besten geeignet. Aus diesem Grunde wird die Fördermittelsituation im folgenden eher umfanglich dargestellt.

Förderprogramme und Abwicklung

Zur Stärkung der WBT gibt es diverse Förderprogramme und -institutionen. Dabei fällt es auch den Experten schwer, die unterschiedlichen Ansätze und Zielgruppen der Programme auseinander zu halten. Interessant ist, dass der Vorschlag zur Einführung eines einheitlichen Förderregisters von den Experten sehr unterschiedlich bewertet wird: gerade die Vielfalt der Förderprogramme wird einerseits von den Experten befürwortet und als Chance gesehen, andererseits aber auch wegen fehlender Transparenz bemängelt. Mehrfach kam zum Ausdruck, dass die Zahl der Förderprogramme ausreichend, eher zu hoch ist.

Der Wunsch der potenziellen Fördermitteladressaten ist vielmehr eine bessere Übersicht, eine an die Bedürfnisse angepasste Abwicklung der Förderung und die bessere Koordination der Fördermittelgeber. Verbesserungen in diesen Bereichen hätten gerade auch einen Anreiz zum Einsatz derartiger Mittel für klei-

neren Unternehmen, die sich kein eigenes „Fördermittelmanagement“ leisten können:

- Stärkere thematische Strukturierung und Bündelung der Förderprogramme. Um mehr Transparenz der KMU-Förderprogramme zu erreichen, ist z. B. die Einführung eines KMU-Lotsendienstes auf der DBU-Homepage angedacht.
- Verminderung des bürokratischen Aufwandes bei der Antragsstellung. Von einigen Befragten wird jedoch ein gewisser Aufwand für gerechtfertigt angesehen, da ein wesentliches Eigeninteresse der Unternehmen bestehe. In Großunternehmen gibt es hierfür eigene Abteilungen für Fördermittelanträge, die sich mit der Informationsbeschaffung zu Förderprogrammen und -bedingungen auseinandersetzen, KMU haben dafür meist nicht die personellen Kapazitäten. Häufig wird auch aus diesem Grund den nationalen Förderprogrammen gegenüber internationalen der Vorrang gegeben. Ein Experte mochte die Europäischen Förderprojekte überhaupt nicht empfehlen, da ein extrem hoher Koordinierungsbedarf mit vielen Projektpartnern besteht. Im Vergleich zu anderen Ländern wie Frankreich und Holland scheint es aber nach den Diskussionsbeiträgen im Rahmen des Projektes in Deutschland verhältnismäßig unkompliziert, Fördermittel bereitgestellt zu bekommen (ProInno, DBU, FNR...). Mitentscheidend ist auch der „kurze Weg“ zum Fördermittelgeber. Dies eröffnet auch Ansätze für Verbesserungen bei der Fördermitteletablierung in regionalen Zusammenhängen.
- Mehr Planungssicherheit z. B. durch kurzfristigere Förderzusagen innerhalb 1-3 Monaten nach Antragsstellung, soweit die Qualität der Antragsstellung dies zulässt.
- Bessere Koordination der Förderstellen. Dieser Punkt wurde bereits in vorangegangenen Studien festgestellt und als mangelnde Koordinierung der Förderaktivitäten kritisiert. Ein Versuch zur Ministerien-übergreifenden Abstimmung vor ca. 5 Jahren muss aus Sicht eines DBU-Vertreters aber aufgrund unterschiedlicher Begehrlichkeiten als gescheitert angesehen

werden. Auch die „Expertenkommission Forschung und Innovation“ erhebt in Ihrem aktuellen Gutachten als Maßnahme zur Steigerung der Innovationsfähigkeit von kleinen und mittleren Unternehmen die Forderung nach weiterer „Vereinfachung und Erhöhung der Transparenz der existierenden Projektförderprogramme für KMU in Kombination mit einer optimierten Abstimmung zwischen den verschiedenen Ressorts“ /92/.

- Gemäß Auswertung der Fragebögen halten gut zwei Drittel der Befragten die Projektförderzeiten für zu kurz und erachten einen Förderzeitraum von 2-5 Jahren für sinnvoll. Erwähnenswert ist auch die Aussage eines Experten, wonach Förderprogramme unterschiedliche Zeiträume (wenige Monate bis 5 Jahre) abdecken sollten, um den spezifischen Anforderungen der Firmen gerecht zu werden. Bei einigen Projekten lassen sich in drei Monaten schon die wesentlichen Versuchsergebnisse generieren, um ein weiteres Vorgehen zu entscheiden.

Inhaltliche Förderschwerpunkte und -voraussetzungen

Mit Hilfe des speziell an die Weiße Biotechnik gerichteten Förderprogramms des BMBF, BioIndustrie 2021, sollen Kompetenzen und Strukturen aufgebaut werden, um die Entwicklung neuer Produkte und Produktionsverfahren im Bereich der WBT voran zu bringen.

In dem Fragebogen wurden den Experten diverse Programme fördernder Institutionen vorgegeben, anhand derer Sie angeben sollten, welcher der Programme ihnen bekannt sind und ob und welche davon sie bereits in Anspruch genommen haben. Fast allen Befragten war das BMBF-Programm „BioIndustrie 2021“ bekannt, fast die Hälfte von ihnen haben einzelne Clusterprogramme genutzt.

Die wesentlichen Erschwernisse bei der Etablierung der WBT und ein Bedarf an Förderung werden von Seiten der Befragten den Downstream-Techniken und der Rohstoff-/Substratlage zugerechnet. Um sich am Markt zu etablieren, sind zunächst z. B. preisgünstige Fermentationsprodukte notwendig. Von den Experten wird die Förderung von Downstream-Processing für niederpreisige Produkte

sowie die Weiterförderung bis zum vermarktungsfähigen Produkt befürwortet. Dabei empfahl ein Experte innerhalb eines KMU zur Erzielung einer Wirtschaftlichkeit eine Entwicklungsdauer von maximal 2-3 Jahren bis zur Marktreife eines Produktes, und stellte sich damit gegen die Auffassung, dass KMU eher wenig Chancen sehen, zumal in kurzer Zeit, Entwicklungen bis zur Produktionsreife zu realisieren. Hierzu sei auch auf die Beschreibung der KMU als „Ideen-schmieden“ verwiesen. Auch wurde darauf hingewiesen, dass die Transferzeiten für die wirtschaftliche Entfaltung von Entwicklungen für KMU häufig zu lang seien und sich erst für bestimmte Scalinggrößen positiv darstellen lassen; diese Effekte sind offenbar nur bedingt durch die Förderpolitik auszugleichen.

Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte verlangen gerade im Downstream-Processing und bei der Substratoptimierung ein hohes Maß an Interdisziplinarität z. B. aus Verfahrens- und MSR-Technik, Biologie/Chemie, Analytik etc. Von den Experten wurde verschiedentlich darauf hingewiesen, dass dieses sich auch in der Zusammensetzung von Fachgutachterausschüssen zur Fördermittelbewilligung widerspiegeln müsse.

Viele Förderprojekte sind nach Expertenansicht aufgrund der hohen geforderten Eigenanteile von beispielsweise 50 % KMU-Beteiligung gehindert, die zudem noch häufig wenig flexibel gehandhabt werden.

Höhere Förderquoten gegenüber den Eigenanteilen bzw. Industriebeteiligungen ließen sich möglicherweise an Nachhaltigkeitskriterien des Förderprojektes festmachen.

In der Diskussion kam auch zur Sprache, dass z. B. ein variabler KMU-Anteil über die Projektzeit gerade die Projekte in der Startphase entlasten könnte. Beispielsweise könnte in der Antragsphase ein „letter of intent“ des Unternehmens ausreichen, um das Projekt mit 100 % Förderung zu starten.

Das Projektteam sieht im Bereich der Forschungsförderung aber auch die Gefahr einer wachsenden Konkurrenz für Biotech-Dienstleistungsunternehmen durch eine nicht zielgerichtete Förderpolitik. So könnten Großunternehmen biotechnische Entwicklungen an Hochschulen unter Umständen zu besseren Konditionen gefördert bekommen, als in Kooperationen mit KMUs. Hier sollten

die Universitäten nicht als Konkurrenten zu den KMUs auftreten, sondern diese sinnvoll in Kooperationen mit der Großindustrie ergänzen. Die Gefährdung des Marktgleichgewichtes, wenn die anwendungsorientierte Hochschulforschungsfinanzierung allein aus Drittmitteln oder allein aus staatlichen Fördermitteln finanziert wird, besteht in beiden Fällen. Konsequenz könnte die flexible Handhabung der Förderanteile über eine längere Projektlaufzeit sein, die verschiedentlich von den Experten gefordert wurde, um Entwicklungsprojekte bis zur Marktreife zu begleiten.

Die mögliche Beeinträchtigung der KMU, an Fördermittel zu kommen, sei es aufgrund mangelnder Managementressourcen zur Bewältigung des Antragsverfahrens oder durch starre Beteiligungsvorgaben, verkennt die nach Expertenansicht eines Interviewpartners bestehende Bedeutung von KMU, in der Regel bessere und kostengünstigere Innovationen zu liefern, wenn auch in der WBT die Produktionserfahrung eher bei den Großunternehmen zu finden ist. Häufig stellen sich KMU als „Ideenschmieden“ dar. Dies sollte auch bei Förderprojekten beachtet werden, damit Anreize an der richtigen Stelle platziert werden können.

Eine weitere Chance für die Biotechnik kann auch in zwei von drei der aktuellen Schwerpunkte, Rohstoffe und Klimaschutz, des „Masterplan Umwelttechnologie“ der Bundesregierung gesehen werden /82/, zu denen die Biotechnik in Bezug steht, siehe auch Rubrik „Nachhaltigkeitsstrategien“ in Kapitel 4.1.3.

Förderung von Start-up-Unternehmen

Ein Interviewpartner im Expertengespräch fasste die vorherrschende Meinung wie folgt zusammen: die Gründung neuer Unternehmen und ihre Etablierung wird aufgrund zunehmender Verbundprozesse immer schwieriger. Die Gründungsdynamik ist jedoch ein wichtiger Faktor, um einen entsprechenden Marktdruck zur Innovation aufzubauen, allein über erhöhte Handlungsanforderungen an etablierte Unternehmen.

Bei dem Fachgespräch in Frankfurt und den Einzelinterviews wurde deshalb auch die Start-up-Förderung diskutiert. Die Mehrheit der Befragten spricht sich

gegen spezielle Start-up-Förderprogramme für die Weiße Biotechnik aus, da die wesentlichen Herausforderungen für Gründer unabhängig von der Branche sind und vorhandene Programme ausreichend seien. Nach Expertenmeinung sei für die Förderung von Start-ups viel entscheidender, dass der in der Regel 50%-ige Eigenanteil pragmatisch gehandhabt werden müsse (z. B. Verringerung des Eigenanteils oder dessen zeitversetzter späterer Nachweis bzw. geeignete Beteiligungsmodelle über die Förderphase hinaus).

Die Erfahrung eines Befragten zeigt, dass es teilweise an Liquidität fehle, um kleine Projekte zu starten. 50.000 € reichen nach seiner Ansicht manchmal bereits aus, um für einen Forschungsauftraggeber verwertbare Ergebnisse zu produzieren. Auch größere labortechnische Geräte lassen sich gebraucht bereits für einige Zehntausend Euro erwerben. Allerdings wären „Kleinkredite“ kaum zu bekommen, größere Beträge mit langfristiger Verzinsung hingegen schon. Gerade in diesem Zusammenhang lassen sich eine Reihe von Verbesserungen erzielen und damit Anreize geben (Kleinkredite durch Förderbanken, Bürgschaften o. ä.). In diesem Zusammenhang gibt es weitere Möglichkeiten, Firmengründungen zu initiieren wie das Modell der *Founding Angels* /76/. Diese gründen zusammen mit den Wissenschaftlern Unternehmen, mit denen die von den Wissenschaftlern entwickelten Technologien zielgerichtet kommerzialisiert werden. Dies bedeutet in der Praxis, dass eine „Unterstützung von interessanten Geschäftskonzepten schon weit vor der eigentlichen Unternehmensgründung erfolgt, während *Business Angels* in der Regel bei schon gegründeten Firmen einsteigen“. Interessant an diesem Modell ist auch, dass die Entlohnung der Tätigkeit der *Founding Angels* über eine Kapitalbeteiligung am gegründeten Unternehmen erfolgt.

Die Bedeutung und Zunahme der Start-ups für die WBT ist unübersehbar. Allerdings adressieren derzeit nur 36 von 439 deutschen Biotech-KMU den Markt der chemischen Industrie /75/, obwohl diese mittlerweile dem Trend der Pharmabranche folgt und zunehmend Innovationen von Partnern zukaufte. Die befragten Experten sehen für Start-ups insbesondere dann eine Chance, wenn sich die Entwicklung von Verfahrensschritten zunächst auf Teilprozesse oder

Reaktionsschritte (z. B die Entwicklung von speziellen Hefezellen zur Butanolproduktion) ausrichtet. Bei klarer Unternehmensplanung sei eher das Auslizenzieren das Ziel, als die eigene Weiterentwicklung zur großtechnischen Produktion.

Außerdem repräsentieren mit Bezug auf den VCI die mit jeweils 5-9 % als wachstumsrelevant erkannten Segmente Fein- und Spezialchemie, Polymere und Detergentien und Körperpflege 75 % der deutschen Chemie /75/. Gerade hier liegen aber auch die größten Erfolgchancen für einen Umstieg auf oder eine Beteiligung unter Einsatz von Biotechnik, für deren angewandte Forschung, Entwicklung und Prototypisierung gerade Start-ups und KMU eine Schlüsselrolle spielen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Zeitbedarf und Kosten bis zum Markterfolg /75/
(Ursprungs-Quelle: OECD Taskforce on Industrial Biotechnology 2008)

| | | Jahre | Kosten (Mio. Euro) | |
|--|--|------------------------|--------------------|-----------|
| Akademia Start-up; KMU Industrie | | Grundlagenforschung | 2 – 5 | 0,1 - 1 |
| | | Angewandte Forschung | 3 – 5 | 0,3 - 3 |
| | | Entwicklung & Prototyp | 3 – 5 | 5 - 50 |
| | | Scale-up & Produktion | 2 – 3 | 100 - 300 |
| | | Marktdurchdringung | 3 – 5 | 10 - 100 |

Neue Start-up-Gründungen gehen einher mit den Kenntnissen über Risiken und Chancen. Bei der Kontaktabahnung und Informationsbeschaffung spielen High-Tech-Gründerfonds eine wichtige Rolle, kennen sie doch die besonderen Anforderungen, die an die unternehmerische Tätigkeit in schnell entwickelnden Technologiemarkten zu stellen sind. Entscheidend ist aber die bereits an der Hochschule vermittelte Attraktivität einer selbständigen Tätigkeit und Gründungsinitiative. Hierzu sei bereits an dieser Stelle auf die wachsende Notwendigkeit der Hochschulausbildung hingewiesen, spezielle Gründungsausbildungen in das Studium zu integrieren /98/.

Die unabhängige Unterstützung von Start-ups ist auch aus der skeptischen Sicht der Fachexperten gegenüber Wagniskapitalgebern (VC-Investoren) erforderlich: mit ihrer Hilfe können Eigenkapital-Engpässe unbürokratisch überbrückt

und Anschlussfinanzierungen in der Post-Seed-Phase sichergestellt werden. Gerade in dieser für die KMU-Etablierung wichtigen Konsolidierungsphase werden nach Expertenaussage aber „fatalerweise keine Fördermaßnahmen adressiert“. Die Inanspruchnahme von Krediten ist demgegenüber teilweise deutlich aufwendiger (Sicherheiten, Bonität, Ertragsaussichten...).

Beim frühzeitigen Eintritt von VC-Kapitalgebern besteht jedoch die Gefahr, dass dieser massiv Druck auf Geschäfts- und Entwicklungstätigkeit ausübt. Dabei geht eventuell – was kritisch anzusehen ist – die Autonomie junger Gründer verloren. Andererseits gibt es nach 1-2 Jahren „Durchhängerphasen“ der Jungunternehmen, in denen der VC-Geber seine Beteiligungen überprüft und ggf. durch Zulassungsverfahren oder Anbahnung von Verkäufen seiner Beteiligungen einen schnellen Rückzug aus dem Unternehmen anstrebt. Vor diesem Hintergrund betonen die befragten Experten, dass VC-Geber gerade bei akademischen Spin-offs nicht zu früh ins Boot geholt werden sollten.

Netzwerkförderung

Der Jahresbericht 2008/2009 des BMWi gibt eine Übersicht der „Kompetenznetze in Deutschland“. Von insgesamt 107 Kompetenznetzen bestehen 19 im Bereich Biotechnologie (siehe Tabelle 2), darunter auch solche mit Arbeitsgebieten der Weißen Biotechnik.

Tabelle 2 Kompetenznetze im Bereich Biotechnologie in Deutschland nach /59/

| Netzwerk | Schwerpunkt |
|-----------------|---|
| BioCon Valley® | <i>Life Science und Gesundheitswirtschaft</i> in Mecklenburg-Vorpommern Kernkompetenzen: Medizin/Medizintechnik, Agrobiotechnologie, Marine Biotechnologie Sitz: Greifswald |
| BioHyTec | <i>Biohybride Technologien</i> zur Steigerung der Leistungsfähigkeit in der Bioanalytik Kommunikations-/Austauschplattform für die regionale Bioindustrie Sitz: Wildau |
| BIOKON | <i>Bionik</i> Vereinigung von mehr als 70 Universitäten, Forschungsinstitute, Unternehmen u. Einzelpersonlichkeiten aus Dtl. u. Europa Sitz: Berlin |

| Netzwerk | Schwerpunkt |
|---|---|
| Bio ^M Biotech Cluster Development GmbH | Koordinationsstelle der BioTech-Region München u. Koordination des bayerischen Clusters Biotechnologie innerhalb der Initiative „AllianzBayernInnovativ“ Sitz: Martinsried |
| BioPark Regensburg GmbH | <i>Life Science</i> Administration des Biotechnologie-Clusters BioRegio Regensburg in Ostbayern Sitz: Regensburg |
| BioProfil | <i>Funktionelle Genomanalyse</i> Schwerpunkte: Infektion, Neurobiologie und Stammzellbiologie Kordinierung durch BioRegioN Sitz: Hannover |
| BPR – BioProfile Regenerationsbiologie | <i>Regenerationstechnologien für Biologie und Medizin</i> Konzept der Biotechnologie-Firmen und Forschungsinstitute der BioRegio STERN (Stuttgart, Tübingen, Esslingen, Reutlingen, Neckar-Alb) Sitz: Stuttgart |
| BioRegioN | <i>Life Science</i> in Niedersachsen Sitz: Hannover |
| BioRiver [®] | <i>Life Science</i> im Rheinland Austauschplattform zwischen Wirtschaft, Wissenschaft, Investoren und Politik Sitz: Düsseldorf |
| BioTop | Koordinierungsstelle für Berlin-Brandenburg Sitz: Berlin |
| BioValley Plattform Deutschland | <i>Life Science</i> Partner des trinationalen Netzwerks BioValley (Freiburg (D), Straßburg (F), Basel (CH)) - Koordinierung durch Technologiestiftung BioMed Freiburg Sitz: Freiburg im Breisgau |
| GABI – Genomanalyse im biologischen System Pflanze | <i>Pflanzen genomforschung</i> finanziert vom BMBF zusammen mit privatwirtschaftlichen Unternehmen in einer Public-Private-Partnership Sitz: Potsdam |
| GIQS e.V. – Grenzüberschreitende Integrierte Qualitätssicherung | <i>Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien in Agrar- und Ernährungswirtschaft</i> Sitz: Bonn |
| Heartbeat | <i>Life Science</i> in Europa Förderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit im Dreiländereck (Dtl., Belgien, Niederlande) Sitz: Aachen |
| InnoPlanta | <i>Pflanzenbiotechnologie</i> Kompetenzplattform der Region Nordharz / Börde Sitz: Gatersleben |
| Biomimetik | <i>Biomimetik / Bionik</i> - Erforschung von Konstruktions- und Funktionsdisziplinen der Natur u. deren Übertragungen in technische Anwendungen Netzwerkförderung durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg Sitz: Freiburg |

| Netzwerk | Schwerpunkt |
|---|---|
| NGFN – nationales Genomforschungsnetz | <i>Medizinische Genomforschung</i> (NGFNplus, NGFNtransfer) Sitz: Heidelberg |
| NieKE – niedersächsisches Kompetenzzentrum Ernährungswirtschaft | <i>Ernährungswirtschaft</i> in Niedersachsen Sitz: Vechta |
| RiNA | <i>Forschung im Gebiet der RNA-Technologien</i> Sitz: Berlin |
| ScanBalt | <i>Life Science</i> Netzwerk bestehend aus 11 Ländern: Akteure der Life Science und Biotechnologie-Branche in Nordeuropa (Skandinavien, Baltikum, Polen, nördlicher Teil Dtl., Nordwesten Russlands) Sitz: Greifswald |

Das über die Netze zugängliche Know-how soll insbesondere den vielen kleinen und mittleren Unternehmen zugute kommen, die rund die Hälfte der Mitglieder repräsentieren. Kompetenznetze sollen sich nach den Vorstellungen der Bundesregierung insbesondere bei der Förderung von Innovation und interdisziplinärer Zusammenarbeit als hilfreich erweisen und somit den Technologietransfer fördern.

Dies könnte umso besser gelingen, je klarer sich Kompetenzzentren entsprechend ihrer sie umgebenden Infrastruktur spezialisieren, aber zwingend in einen überregionalen Erfahrungsaustausch eingebunden werden.

Wenn sich bekannte, strukturelle bzw. föderalistische Hemmnisse überwinden lassen, kommen die Vorteile einer regionalen Verteilung der Kompetenznetzwerke zum Tragen: strukturelle Förderung der jeweiligen Region, beste Möglichkeiten echter Interdisziplinarität (Praktikabilität durch „kurze Wege“).

Diese Wirkung kann auch den Clusterprojekten zugeschrieben werden, von denen insbesondere die Sieger des vom BMBF initiierten Wettbewerbs Bio-Industrie 2021 bei fast allen Befragten bekannt waren und von fast der Hälfte bereits genutzt wurden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3 Siegercluster des BMBF-Wettbewerbs BioIndustrie 2021 /76/

| | Fördersumme | Gegründete Start-ups |
|--|--------------------|--|
| Cluster „CLIB 2021“ in Nordrhein-Westfalen | 20 Mio. Euro | <ul style="list-style-type: none"> • Autodisplay Biotech GmbH: Gründung Mai 2008 als Spin-off der Universität Düsseldorf • Direvo Industrial Biotechnology GmbH |
| Cluster „Biokatalyse 2021“ in Hamburg | 20 Mio. Euro | SeSam-Biotech GmbH |
| Cluster „Biopolymere / Biowerkstoffe“ in Baden-Württemberg | 10 Mio. Euro | - |
| Cluster „Biogene Building Blocks“ in Bayern | 5 Mio. Euro | ChromoTEk (in Gründung, Finanzierung durch GO-Bio-Projekt des BMBF) |
| Cluster „Integrierte BioIndustrie“ in Hessen | 5 Mio. Euro | <ul style="list-style-type: none"> • BayGenetics GmbH: Gründung Mai 2008 als Spin-off der Universität Bayreuth • Butalco GmbH: Gründung August 2007 als Spin-off der Universität Frankfurt |

Von den Befragten wurde aber auch ein hohes Maß an thematischen Überschneidungen der Cluster und Kompetenznetzwerke und eine gewisse föderalistische Konkurrenz kritisiert.

Aus Sicht möglicher Anreizinstrumente gilt, was bereits weiter vorne unter dem Abschnitt dieses Kapitels „Förderprogramme und Abwicklung“ genannt wurde.

Förderung von Demo-Projekten

Ausgegangen wurde von der These, dass die Förderung von Demo-Anlagen eine Praxisreife der Verfahrensentwicklung beschleunigen und zugleich die Kooperation zwischen Hochschule/KMU und Großindustrie stärken könne.

Aus den Umfrageergebnissen geht hervor, dass einige Defizite beim Scale-up biotechnischer Verfahren und Produkte tatsächlich nicht nur auf geringe Erfahrungen aus eigener biotechnischer Produktion, sondern vor allem auf dem fehlenden Zugang zu Modell- bzw. Pilotprojekten zurückzuführen sind. Dies wird von den Befragten auch dadurch bestätigt, indem für eine höhere Planungssicherheit für verfahrenstechnische Alternativen der Biotechnik die Förderung von Pilotprojekten, der Zugang zu Demonstrationsanlagen sowie die Förderung

und Publikation von Modellprojekten über die gesamte Wertschöpfungskette gewünscht werden.

Die Großindustrie benötigt ihrerseits Demoanlagen, um frühzeitig Probleme beim Scale-up zu identifizieren, die Prozesstechnik zu optimieren, Produktmuster zu generieren und einen Nachweis einer wirtschaftlichen Produktion zu liefern. Darüber hinaus sollen Demonstrationsanlagen auch als Präsentationsobjekt für zukünftige Kunden dienen.

Derartige Demoanlagen erfordern jedoch spezielle, prozessspezifische Voraussetzungen, so dass ein Multifunktionstechnikum nach Expertenmeinung kaum möglich ist – die Nutzung sog. Demo-Zentren sei für die Industrie auch aus der nicht exklusiven Zugangsmöglichkeit und aus Geheimhaltungsgründen schwierig.

Die Demonstrationsanlagen sollten nach Expertenauffassung auf Einzelprozesse zugeschnitten und aufgrund von Know-how-Schutz-Aspekten eher firmeneigen sein.

Am Chemiestandort Leuna ist jedoch ein „Chemisch-Biotechnologisches Prozesszentrum (CBP)“ in Planung, das es Unternehmen ermöglicht, chemisch-biotechnische Verfahren vom Labor in die industrielle Anwendung zu bringen. Dabei ist es erklärtes Ziel, durch nachwachsende Rohstoffe fossile Energieträger abzulösen, wobei neuere technische Verfahren ohne den Einsatz von Lebens- und Futtermitteln auskommen wollen. Nach der Aufbauphase sollen 2011 ca. 20 Mitarbeiter am CBP beschäftigt sein. „Gegenwärtig planen 23 Industrieunternehmen sowie 15 Universitäten und Forschungseinrichtungen ihre Beteiligung an den Projekten“ /125/, /126/.

Gemäß persönlicher Erfahrungen der befragten Experten erweisen sich Demovorhaben zwischen Hochschulen und KMU/Großunternehmen als erfolgreich, soweit sie eine günstige Konstellation darstellen, um Produkte bis zur Marktreife zu entwickeln. Dabei besitzen die Unternehmen die notwendige Marktkenntnis. In diesem Sinne kann aber die Markteinführung in Pilotprojektphasen auch auf

Eis gelegt werden, wenn die erwartbaren Deckungsbeiträge nicht lukrativ erscheinen (eigene Erfahrung eines Experten). Vermeintlicher Innovationsgehalt der Produkte spielt dann nahezu keine Rolle!

Bei sog. Projekt-Konsortien – nicht nur bei Demo-Anlagen – ist der Aufwand für die Koordinierung und Abgabe von Rechten nach Expertenauffassung für den kleineren Partner ungleich höher einzustufen. Ein Interviewpartner sieht beim Wissenstransfer die Großforschungseinrichtungen im Vorteil, wenn unter deren Federführung auch großtechnische Versuchsanlagen unter Beteiligung der Anlagenbauer für kooperierende Unternehmen oder Einzelunternehmen zugänglich gemacht werden. Als Beispiel führte er das Projekt „bioliq[®]“ an der Universität Karlsruhe unter Beteiligung der Firma Lurgi Anlagenbau an. Eine Firmenkooperation „ungleicher“ Partner hat sich in der Vergangenheit aus Sicht eines Unternehmensberaters nicht bewährt, da „Partialegoismen zu hoch“ seien und „Projektbeteiligungen häufig nur an Projekten erfolgen würden, für die das betreffende Unternehmen nur nachgeordnete Interessen zeige“. Andererseits führt nach Expertenansicht eine partnerschaftliche Abwicklung eher zum Erfolg, wenn der größere Partner auch auf den kleineren Partner z. B. durch dessen begleitende Analytikentwicklung angewiesen ist und beide das gleiche Vermarktungsinteresse verfolgen.

Erfahrungen seitens der Experten zeigen aber auch, dass Demonstrationsanlagen nach einzelnen Aussagen (z. B. Universität Münster) nicht ausgelastet sind.

Inwiefern Demo-Anlagen durch öffentliche Mittel gefördert werden sollen, blieb bislang unbeantwortet. Nach Meinung der Großunternehmen können Demovorhaben nicht allein von Ihnen finanziert werden, die Unterstellung, mit solchen Anlagen bereits produktiv zu agieren, wurde mit wirtschaftlichen Argumenten verneint.

Die Auffassung, Demo-Projekte erst dann zu fördern, wenn „Marktpotenziale ersichtlich“ sind, fand unter den Experten keine Resonanz.

Schließlich bleibt die Frage der „Betreiberschaft“ von Demonstrationsanlagen zu klären. Hier sollte in Hinblick auf einen Fördermitteleinsatz unterschieden werden, ob die Demo-Anlage selbst zum Projektziel wird (Anlagenbauer, Dienstleister) oder zur Entwicklung einer Verfahrenstechnik/Prozessoptimierung beitragen soll.

Die Öffentliche Hand wird als Betreiber eher als ungeeignet erachtet, nach Expertenmeinung sollten Demo-Vorhaben der Federführung von Unternehmen unterliegen, zumal Erfahrungen zeigen, dass Demo-Vorhaben, finanziert mit öffentlichen Mitteln, am Ende nicht ausgelastet sind und unklar ist, wer nach der Pilotierung die Verantwortung trägt.

Folgende Vorschläge, wie eine Förderung von Demo-Projekten erfolgen könnte, wurden von Experten eingebracht:

- eine spätere – teilweise – Sozialisierung der Gewinne, die dann erneut in Forschungsvorhaben fließen können
- Orientierung an den „High-Tech-Gründerfonds“ (Rückfluss der Mittel an die Förderinstitutionen, die Beteiligungskapital zur Verfügung gestellt haben)

Förderung öffentlicher Einrichtungen und Bildungs-/Forschungspolitik

Zu fragen ist, welche Anforderungen für eine aktiv gestaltende Bildungs- und Forschungspolitik bestehen, damit sich Kooperationen zwischen forschenden und lehrenden Institutionen in staatlicher Trägerschaft mit privatwirtschaftlichen Unternehmen für alle Beteiligten vorteilhafter entwickeln.

Konkret bedeutet dies, verbesserte Rahmenbedingungen für die angestrebte enge Verbindung zwischen (Hochschul-)Forschung und -lehre zu schaffen.

Zunächst erscheint es sinnvoll, den Bereich der Grundlagenforschung, der vorzugsweise an Hochschulen und öffentlichen Forschungsinstitutionen angesiedelt wird – auch wenn in Unternehmen auf diesem Gebiet maßgebliche Beiträge geleistet werden – gesondert zu betrachten: eben hier besteht eine besondere Verquickung zwischen Forschung und Lehre und öffentlichen Mittel-

ausstattungen. Gleichzeitig werden nicht unerhebliche (Grundlagen-)Forschungsaufträge aus Drittmitteln finanziert.

Eine Ergebnisauswertung von Roland Berger Strategy Consultants GmbH im Rahmen der 2008 durchgeführten Studie „GreenTech made in Germany“ /99/ belegt die Finanzierungsquellen der Forschungseinrichtungen vorwiegend aus Mitteln des Bundes (siehe Abbildung 5).

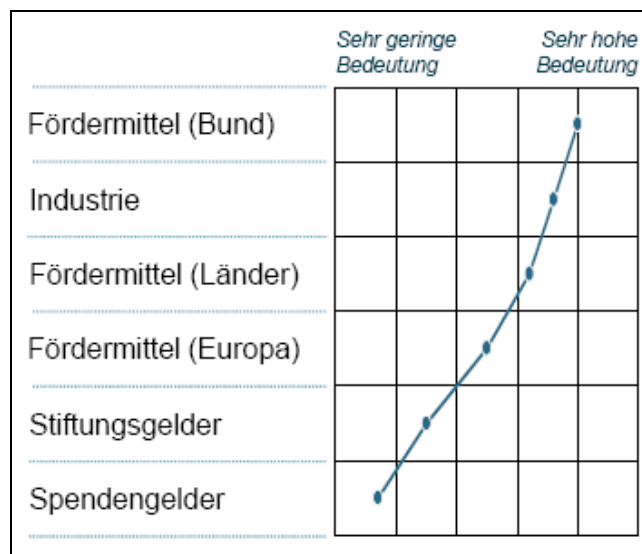


Abbildung 5 Finanzierungsquellen der Forschungseinrichtungen, aus /99/

Schon hieraus zeigen sich reale, direkt wirkende Einflusschancen der Politik auf Ausrichtung und Inhalte von Forschung und Lehre mit dem Ziel, bestehende Defizite auszuräumen und Anreize zu schaffen.

Die befragten Experten erkannten im Bereich Forschung/Lehre wesentliche Defizite, u. a.:

- zu geringes feed-back und fehlende Anwendungsbeispiele aus der Praxis für die Hochschulausbildung
- unzureichendes Angebot zur Aus-/Weiterbildung an praxisnahen Vorhaben (vgl. auch Hinweise zu Demo-Vorhaben)
- unzureichende Berücksichtigung der Biotechnologie in anderen Wissenschaftsdisziplinen

- fehlende Vermittlung grundlegender wirtschaftlicher Zusammenhänge in der naturwissenschaftlich-technischen Ausbildung.

Vor allem die letztgenannten Aspekte werden mittelfristig dazu führen, dass auch künftig wichtige Entscheider mit kaufmännischem Hintergrund die Potenziale der Biotechnik nur unzureichend nachvollziehen können, so dass notwendige Investitionen möglicherweise unterbleiben und umgekehrt auch die Naturwissenschaftler/Techniker nur unzureichend in der Lage sind, die Potenziale der Biotechnik mit kaufmännischen Argumenten zu hinterlegen.

Es bedarf intensiver Anstrengungen, „um die Ausbildung von Naturwissenschaftlern zu verbessern, dass diese den interdisziplinären Erfordernissen der biotechnologischen Berufswelt gerecht werden können. Dabei müssen die Ausbildungsinhalte zwar genügend Breite und Interdisziplinarität sicherstellen, aber gleichzeitig auch die Spezialisierung in den einzelnen Fachgebieten (Mikrobiologie, Molekularbiologie, Biochemie, Verfahrenstechnik, Bioinformatik) nicht vernachlässigen“ /81/. Als positive Beispiele werden genannt:

- DFG-gefördertes Graduiertenkolleg
- Doktorandenausbildung in Sonderforschungsbereichen.

Insgesamt sollte beim Einsatz der öffentlichen Forschungsmittel beachtet werden, dass deren Rückgang oder deren Anbindung an Drittmittel nicht eine einseitige Verschiebung der Forschungsschwerpunkte an den Hochschulen induziert oder – deutlicher formuliert –: Es darf nicht zu einer „Stärkung der Anwendungsorientierung [...] zu Lasten der Grundlagenforschung“ kommen /26/.

Vor diesem Hintergrund ist das nachfolgende Beispiel eher ambivalent zu werten:

In einem Interview /74/ begründet der Vorstandsvorsitzende der Süd-Chemie AG, warum diese in den nächsten 5 Jahren 1,3 Mio. Euro in den neuen Lehrstuhl für molekulare Biokatalyse auf dem TUM-Campus in Garching investieren wird. Mit der Errichtung dieses Stiftungslehrstuhls solle in Bayern ein führender „Spitzenforschungsplatz im Bereich der Weißen Biotechnik mit internationaler Ausstrahlung“ etabliert werden. Es „soll ein enger Kontakt zwischen Akademie und Industrie zur Verstärkung der anwendungsorientierten Ausbildung und

Forschung bestehen, z. B. durch die Anpassung und Praxisorientierung von Lehrinhalten, durch Zugang zu Industriepraktika, aber auch industriellen Technologien“. „Eine frühzeitige Orientierung des akademischen Nachwuchses hin zur Weißen Biotechnik allgemein und zur Biokatalyse im Speziellen“ kann somit erreicht werden.

Ergänzend zu den vorgenannten Feststellungen sei noch auf die „Expertenkommission Forschung und Innovation“ hingewiesen: diese fordert attraktivere Rahmenbedingungen für den Arbeitsmarkt Wissenschaft, denn sie erkennt sowohl den zukünftigen Bedarf an Akademikern in Deutschland als auch die im OECD-Vergleich festgestellten erhöhten Abwanderungsraten dieser Hochqualifizierten ins Ausland. Die Kommission fordert folgerichtig die erweiterte Bereitstellung von Finanzmitteln für gezielte Nachwuchsförderung /92/.

4.1.3 Politische Rahmenbedingungen

Genehmigungs- und ordnungspolitische Instrumente

Den Umfrageergebnissen zufolge stellen Genehmigungs- und ordnungspolitische Instrumente des Staates zumindest für den Bereich der Weißen Biotechnik kein wesentliches Hemmnis – aber auch keinen Anreiz – dar.

Die Antworten (z. B. zum Fachkompetenzeinfluss der Behörden auf die Genehmigungspraxis) sind offenbar sehr stark durch die persönlichen Erfahrungen des einzelnen Befragten gekennzeichnet und ergeben kein einheitliches Antwortmuster. Wie bereits in vorangegangenen Arbeiten dargelegt wurde /9/, /83/, ergeben sich Vorteile für biotechnische gegenüber klassisch-chemischen Verfahren. Die Biotechnik kann nicht in jedem Fall umweltverträglicher als chemische Verfahren angesehen werden /108/, dies wäre im Einzelfall zu prüfen. Aber durch die milderen und weniger toxischen Reaktionsbedingungen entfallen eine Reihe von Regelwerksanforderungen aus Emissions-/Immissionsschutzrecht, Gefahrstoffrecht sowie Arbeits- und Anlagensicherheit. In dieser Reihenfolge erkennen auch die befragten Experten Vorteile für die Biotechnik, wäh-

rend im Bereich Abfall/Abwasser ein solcher nicht gesehen, von einigen sogar als Nachteil reklamiert wird.

Insgesamt gesehen wurde dieser Thematik des Genehmigungsrechts und der Regelwerke zum ordnungsgemäßen Anlagenbetrieb aber keine weitere Relevanz beigemessen.

Die Relevanz des Genehmigungsrechts bzw. der Genehmigungs- und Regelungspraxis ist jedoch für Bereiche der WBT hoch, die in Verbindung mit Gentechnik, sei es über die pflanzlichen Substrate oder die mikrobiologischen Prozesse der Enzymoptimierung, und damit im Kontext des Gentechnikrechts stehen. Hier äußerte sich bei den Fachgesprächen mehrfach Unmut über die undifferenzierte öffentliche Diskussion. Die überwiegende Expertenmeinung sieht bei der Einbindung von weiteren Rechtsvorschriften wie denen des Gentechnikrechts eine Erschwernis im Genehmigungsverfahren.

Patentrecht

Das BMBF hat im Jahre 2002 die Patentverwertungsoffensive initiiert, um die wirtschaftliche Verwertung der Forschungsergebnisse zu forcieren und eine professionelle Patentverwertung an Hochschulen zu etablieren. Für die Umsetzung erfolgte u. a. die Einrichtung von 20 Patentverwertungsagenturen /100/.

In der Umfrage wurden die Wirkungen des Patentrechts hinterfragt. Den Ergebnissen zufolge wird von den Befragten dem Patentrecht bei der Einführung neuer Produkte/Verfahren eine eindeutige Schutzwirkung in der Existenzgründungsphase und bei der Markteinführung/Lizenzvergabe zugewiesen. Von der im Patentrecht geforderten Offenlegung geht dabei nach Expertenmeinung keine hemmende Wirkung auf die Innovation aus.

Wenn die an anderer Stelle dieses Berichtes geäußerte These stimmt, dass Großunternehmen zunehmend die Entwicklungen von KMU anstelle von Eigenentwicklungen nutzen, so kommt der lizenzrechtlichen Absicherung und Abwicklung darüber hinaus eine zunehmende Bedeutung zu.

Vor dem Hintergrund der Komplexität des Patentrechts bieten Lizenzberatungs- und Patentverwertungsagenturen Erfindern und Entwicklern ihre Unterstützung

an. Laut den Umfrageergebnissen kennen alle Befragten solche Agenturen, diese Serviceleistung wurde zum Teil auch in Anspruch genommen.

Laut Beschluss des Bundeskabinetts vom 15.10.2008 ist mit dem geplanten Patentrechtsmodernisierungsgesetz eine Verbesserung des Verfahrens zur vereinfachten Patentanmeldung angestrebt. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung waren die Gesetzesänderungen noch nicht veröffentlicht /101/.

Das vom BMWi geförderte Programm SIGNO /103/ – Schutz von Ideen für die gewerbliche Nutzung – unterstützt Hochschulen, Unternehmen und Erfinder bei der Sicherung und Verwertung ihrer Innovationen.

Häufig wird die Zahl der Patentanmeldungen mit der Innovationskraft gleichgesetzt, erkennbar an der Zahl der Firmenausgründungen und gemessen als prozentualer Anteil auf Basis der Patente. Stimmt dies, so ist die nachfolgende Pressemitteilung zum Rückgang der Patentanmeldungen in Europa /102/ erst recht ein Alarmzeichen. Deutschland liegt mit 2,7 % aller Firmenausgründungen auf Basis der Biotech-Patente unter dem EU-Durchschnitt der EU-6, die von Großbritannien mit 9,7 % bzw. Spanien mit 9,3 % angeführt werden. Für Chemikalien und Pharmazeutika liegt der Anteil bei 3,1 %, bei Medizintechnik bei 10,5 % /67/.

Fatal ist auch ein u. a. von /106/ bemerkter Effekt, wonach die Entwicklung eines Verfahrens zwar in Deutschland, die Patentierung und Vermarktung aber im Ausland erfolge.

Allerdings ist bei der Interpretation der genannten Erkenntnisse Vorsicht geboten, da sie sich überwiegend auf Beispiele der Roten Biotechnik beziehen und die Übertragbarkeit auf die WBT nicht eindeutig belegt ist. Auch verkennt ein alleiniger quantitativer Vergleich die unterschiedlichen Schutzzinhalte und Schutzziele der Patente in Europa, erst recht im Vergleich zu USA /107/.

Quotierungen

Für die Stärkung der WBT wird von den Experten eher eine Wettbewerbsregulierung begrüßt und ein staatlicher Lenkungseingriff skeptisch beurteilt. Als solcher gilt z. B. auch die Einführung einer WBT-Quote, weil Zwangsmaßnah-

men aus Sicht der Experten regelmäßig mit einer Abwendung der Industrieproduktion ins Ausland einhergehen.

Interessant ist allerdings, dass bestimmte Quotierungen durchaus begrüßt werden, wenn sie mit einer klaren Zielsetzung zur Förderung übergeordneter Ziele wie der Nachhaltigkeit verbunden sind. Die Fallstudie „Biotreibstoffe der 2. Generation“ zeigt am Beispiel der industriell gewünschten Quote „60 % zu 40 % für die 1. Generation gegenüber der 2. Generation“¹⁰ in Kapitel 4.3.1 die Komplexität dieser politischen Handlungsoption.

Nachhaltigkeitsstrategien

Die Bundesregierung verfolgt eine Nachhaltigkeitsstrategie mit dem Ziel der Ressourcenschonung. Im Mittelpunkt steht dabei der Klima- und Ressourcenschutz. Um diese Entwicklung und die Vermarktung von Umwelttechnologien zu stärken, haben BMU und BMBF u. a. den „Masterplan Umwelttechnologie“ /110/ initiiert. Hierbei liegt die Priorität zunächst in den folgenden drei Bereichen:

- Wassertechnologie
- Technologie für Rohstoffproduktivität und -effizienz
- Klimaschutztechnologien

„Nachhaltigkeit“ ist jedoch in seiner Gesamtheit der erklärte Leitgedanke der Politik der Bundesregierung unter Einbindung und Berücksichtigung der Bereiche Wirtschaft, Umwelt und Soziales. Die nachhaltige Entwicklung ist ein gesamtgesellschaftlicher Reformprozess und langfristig sowie generationsübergreifend ausgerichtet /111/. Hierzu zählen aus dem Bereich des Umweltschutzes die nachfolgend mit ihren Zielen dargestellten Indikatoren (siehe Tabelle 4).

¹⁰ Kraftstoffe der 2. Generation nutzen gegenüber der 1. Generation die Verwertung der gesamten Pflanze (Cellulose, Hemicellulose) und nicht nur die Früchte.

Tabelle 4 Schlüsselindikatoren der nachhaltigen Entwicklung /111/

| Handlungsfeld | Indikatoren | Ziele |
|------------------------|---|--|
| Ressourcenschonung | Energieproduktivität | Verdopplung von 1990 bis 2020 |
| | Rohstoffproduktivität | Verdopplung von 1994 bis 2020 |
| Klimaschutz | Treibhausgasemissionen | Reduktion um 21 % gegenüber 1990 bis 2008/2012 |
| Erneuerbare Energien | Anteil Primärenergieverbrauch | Anstieg auf 4,2 % bis 2010 und 10 % bis 2020 |
| | Anteil Stromverbrauch | Anstieg auf 12,5 % bis 2010 und mindestens 30 % bis 2020 |
| Flächeninanspruchnahme | Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche | Reduzierung des täglichen Zuwachses auf 30 ha bis 2020 |
| Luftqualität | Schadstoffbelastung der Luft | Verringerung auf 30 % gegenüber 1990 bis 2010 |
| Artenvielfalt | Artenvielfalt und Landschaftsqualität | Anstieg auf den Indexwert 100 bis 2015 |

Eine der größten Herausforderungen wird beim **Klimaschutz** gesehen /111/. Mit dem Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) /104/ verfolgt die Bundesregierung energie- und klimapolitische Zielsetzungen zur Sicherstellung der Energieversorgung, zur Steigerung der Energieeffizienz sowie zum weiteren Ausbau regenerativer Energien.

Ein weiterer Fokus liegt in der **nachhaltigen Rohstoffwirtschaft** mit dem Ziel der Verminderung von Umweltauswirkungen. Hierfür sind die Verbesserung der Materialeffizienz, die Entwicklung neuer und ressourcenschonender Werkstoffe sowie die Verbesserung des Recycling und der verstärkte Einsatz von Sekundärrohstoffen und der sparsameren Rohstoffnutzung wichtige Handlungsfelder /111/.

Genau hier – in der Synergie zwischen Rohstoffen, Energie und Klimaschutz – liegen die Chancen der (Weißen) Biotechnik.

Bereits 1998 hatten Anastas und Warner die Ziele der „Grünen Chemie“ postuliert (siehe Abbildung 6).

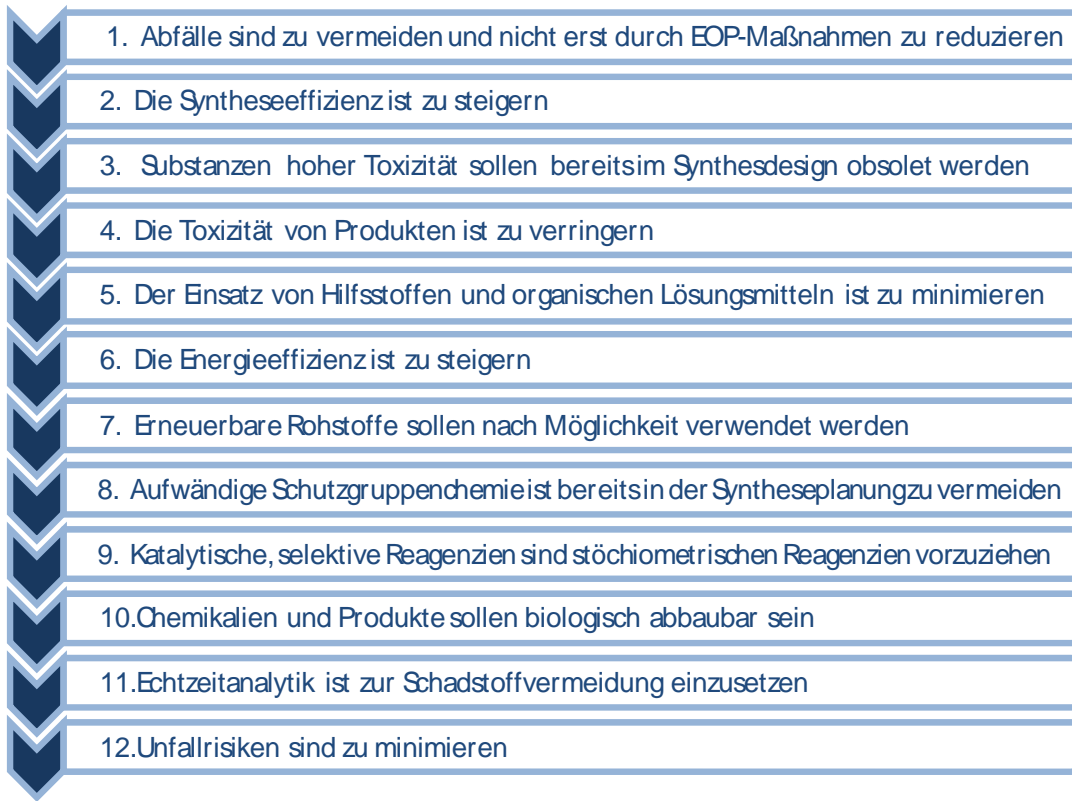
- 
1. Abfälle sind zu vermeiden und nicht erst durch EOP-Maßnahmen zu reduzieren
 2. Die Syntheseeffizienz ist zu steigern
 3. Substanzen hoher Toxizität sollen bereits im Synthesedesign obsolet werden
 4. Die Toxizität von Produkten ist zu verringern
 5. Der Einsatz von Hilfsstoffen und organischen Lösungsmitteln ist zu minimieren
 6. Die Energieeffizienz ist zu steigern
 7. Erneuerbare Rohstoffe sollen nach Möglichkeit verwendet werden
 8. Aufwändige Schutzgruppenchemie ist bereits in der Syntheseplanung zu vermeiden
 9. Katalytische, selektive Reagenzien sind stöchiometrischen Reagenzien vorzuziehen
 10. Chemikalien und Produkte sollen biologisch abbaubar sein
 11. Echtzeitanalytik ist zur Schadstoffvermeidung einzusetzen
 12. Unfallrisiken sind zu minimieren

Abbildung 6 Nachhaltigkeitskriterien in der chemischen Produktion /112/

Nach Expertenmeinung lässt sich das Optimierungspotenzial in Richtung auf nachhaltige biotechnische Verfahren und Produkte bereits durch Analyse der bestehenden verfahrenstechnischen Prozesse ermitteln. Diese könnten Anreiz für eine konkrete Weiterverfolgung von Verfahrensumstellungen bzw. Nutzung alternativer Rohstoffquellen sein. Hierzu schlägt ein Experte folgende Vorgehensweise vor:

1. vorwiegend umweltgefährliche Produktionsprozesse identifizieren und analysieren
2. Nachhaltigkeitskriterien aufstellen
3. Teilschritte gegebenenfalls auf biotechnische Prozesse umstellen.

Jedoch wird die mögliche „Vorsyntheseleistung“ der Natur auch nach Ansicht des UBA bislang nur unzureichend berücksichtigt /108/. Gleichzeitig wird aber die „Grüne Gentechnik“ als nicht nachhaltig angesehen. Diese stark

emotional geprägte Diskussion birgt die Gefahr, dass die Ablehnung jedweder gentechnischer Methoden z. B. bei der Optimierung der Enzymproduktion durch Mikroorganismen in den Strudel der Ablehnung gezogen wird, obwohl die in der Abbildung 6 genannten Nachhaltigkeitskriterien durch derartige Prozessverbesserungen belegbar und die Sicherheit gegenüber GVO in geschlossenen Systemen konstatiert werden kann.

Hier wären sachgerechte Differenzierungen seitens neutraler Institutionen ein wesentlicher Anreiz, die Erfolge derartiger Verfahrensschritte auch öffentlich zu kommunizieren.

Staatliche Zertifikate, Ökolabel

Der Fokus des Forschungsprojektes wurde auf umweltfreundliche biotechnische Verfahren und Produkte gelegt. Die Relevanz von ökologischen Prozessoptimierungen ist nach Expertenmeinung in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Im Rahmen der Umfrage wurden die Experten befragt, welche Argumente der Ökologie und Nachhaltigkeit für eine Marktabtastung biotechnisch hergestellter Produkte am ehesten geeignet sind und welchen Stellenwert dabei ein offizielles Ökolabel/Zertifikat besitzt.

Aus Sicht des Forschungsteams wird ein „Ökolabel“ (= Signet, Zeichen, Kennzeichen) eher einem Produkt zuzuordnen sein und ein Zertifikat eher einem Verfahren oder Prozess, welcher sich natürlich seinerseits mit einer Umweltaussage zum Produkt verknüpfen lässt.

Nach Meinung der Experten sind die Schlagworte „ressourcenschonend“ und „schadstoffarm“ sowohl für Verfahren als auch Produkte zielführend. Mit Hilfe eines entsprechenden Ökolabels (Umweltzeichen) oder Prozesszertifikates könnten die Kriterien für ein Produkt oder Verfahren zu einer Gesamtbewertung zusammengefasst werden, da gemäß den Umfrageergebnissen einer solchen erkennbaren Bewertung ein hoher Stellenwert beigemessen wird.

Bei den umweltfreundlichen Produkten/Verfahren im Bereich gewerblicher Endkunden, die derzeit den höchsten Biotech-Umsatz generieren, wurde jedoch von einzelnen Experten ein Bedarf an Zertifikaten verneint, zumindest solange

die Nachfrage nach Ökolabeln für ein Produkt nicht auf die vorgelagerten Herstellungsprozesse zurückwirkt.

Die Einführung biotechnischer Prozesse wird entsprechend der BMBF-Studie /26/ auch durch die geringe Aufklärung der Verbraucher über die industrielle Produktion gehemmt. Dem folgend könnte die Akzeptanz biotechnischer Produkte und Verfahren durch die Etablierung von standardisierten Herkunftsnachweisen/Zertifikaten erhöht werden, die zugleich die Nachhaltigkeit belegen könnten. Dies ist ein probates Mittel für die Transparenz der Nachhaltigkeit von Rohstoffen und ihrer Erzeugung/Gewinnung /108/.

Die befragten Experten hatten die Möglichkeit, Vorschläge zu formulieren, wie solche Zertifizierungsinstrumente ausgestaltet werden können. Einerseits werden ganzheitliche Bewertungen des Produktionsverfahrens oder des Produktes vorgeschlagen:

- „CO₂-Bilanz“ bzw. „CO₂-Neutralität“
- „Kenngrößen zur produktionsbedingten Umweltbelastung“
- „Aussage über Gefährdungspotenzial für die Umwelt durch Produktion/Produkt (transgenes Verhalten, Verdrängung natürlicher Arten etc.)“.

Zum anderen werden Kriterien genannt, die sich auf definierte Eigenschaften des Produktes beziehen:

- „antiallergen“, „geringe Umwelttoxizität“
- „Kenngrößen zum Ausmaß gentechnisch veränderter Materialien im Produktionsprozess/Endprodukt“
- „Aus natürlichen, regenerativen Rohstoffen“ bzw. „aus einheimischen Rohstoffen“.

Den Fragebogenauswertungen zufolge wird von mehr als der Hälfte der Befragten in solchen Nachweisen und/oder Zertifikaten/Ökolabeln ein möglicher Anreiz gesehen, wird doch bei den Endkunden das „Bauchgefühl“ mit solchen Umweltzeichen angesprochen; nur ein geringer Teil der Befragten spricht diesem Anreizinstrument eine positive Wirkung ab.

Etwas differenzierter und weniger überzeugt zeigten sich die Einzelinterviewpartner.

Eher akzeptabel erscheint ein Label für den Endverbraucherbereich: die Expertenmeinungen reichen von „im Endkundenbereich werden derartige Labels in „erheblichem Umfang“ nachgefragt“ über „Spielkarte für Marketingmanager“ bis hin zu „zumindest nicht abträglich“.

Im Bereich gewerblicher Abnehmer steht nach Expertenmeinung noch mehr als bei privaten Endverbrauchern der Preisdruck im Vordergrund: aufgrund dieses Preisdruckes auf Endprodukte und Halbzeuge bestünden für Einkäufer kaum Spielräume, die Vorteile eines Ökolabels/Zertifikates pekuniär zu berücksichtigen.

Schließlich ist die Neutralität und Objektivität der Zeichenaussage zu beachten. Nach Expertenmeinung müsse diese Aussage verschiedene Kategorien berücksichtigen (fossiler KEA, THG-Potenzial, Landverbrauch etc.), „dürfe aber in der Aggregation nicht verwässern und das eigentliche Alleinstellungsmerkmal verlieren“.

Die Zentrale Vergabe eines Labels unter der Ägide des UBA ist in diesem Zusammenhang gut vorstellbar, allerdings ist eine Harmonisierung wichtig.

In dem Hinweis eines Experten, der sich ein einfaches und schnelles, nicht von „Bürokraten“ erdachtes Zertifizierungsverfahren wünschte, kommt die ganze Skepsis gegenüber diesem Anreizinstrument zum Ausdruck: hoher interner Aufwand, Zertifizierungskosten außerhalb der Preisrelation eines wirtschaftlich mit dem Label verbundenen Vorteils, verwässerte Aussage. Diese Skepsis beruht teilweise auf Erfahrungen auch anderer Experten mit der mangelnden Beachtung der bereits existierenden Ökolabel und EMAS-Zertifikate, die durch Geschäftspartner nur wenig honoriert würden.

Die Zweckmäßigkeit eines Ökolabels/Zertifikates könnte nach Expertenauffassung dann gegeben sein, wenn ein Zusatznutzen kommuniziert werden könne (besondere Enantiomerenreinheit, biol. Abbaubarkeit etc.). Die Label müssten dann auf ein konventionelles Produkt normiert werden, da sonst die Werte/Aussagen für den Endkunden nicht greifbar wären.

Nach Expertenmeinung wird für ein Großteil der biotechnisch hergestellten Produkte ein Zertifikat nicht als Anreiz in Frage kommen, da es sich bei den Produkten oftmals um Zwischenprodukte handele.

Einzelne Firmen wie Cognis bieten mittlerweile eigene Klassifizierungssysteme an, die den Anteil der natürlichen und erneuerbaren Rohstoffe in jedem angebotenen Inhaltsstoff ausweisen und darüber die formulierten Produkte in eine Umwelthierarchie abbilden /109/.

Die Erkennbarkeit des Umweltvorteils eines Verfahrens oder Produktes bedeutet aber nicht zwangsläufig dessen Nachfrageerhöhung.

Ergebnisse einer Umfrage von TNS Global¹¹ /54/ zeigen, dass Europäer der Vermarktung des Umweltschutzes skeptischer gegenüberstehen als beispielsweise Verbraucher in Südamerika oder Asien.

Weltweit gesehen würden ca. 60 % der Befragten mehr für umweltfreundliche Produkte bezahlen, in Deutschland wären es den Umfrageergebnissen zufolge 57 %. Abbildung 7 veranschaulicht die Bereitschaft für Mehraufwendungen umweltfreundlicher Produkte in verschiedenen Ländern.

¹¹ TNS Global ist ein Unternehmen, das Verbrauchermarktforschung betreibt.

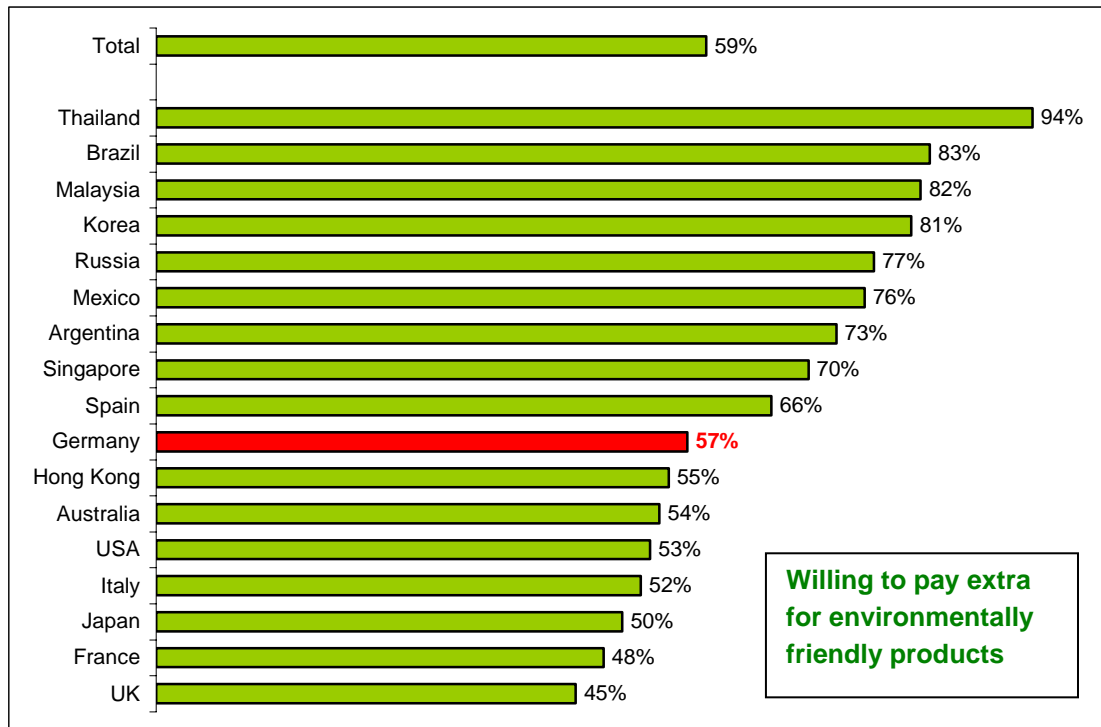


Abbildung 7 Mehraufwendungen für umweltfreundliche Produkte /54/

Einige Unternehmen verfolgen eine Nachhaltigkeitsstrategie und werben für sich als „umweltfreundliches Unternehmen“. Für durchschnittlich 24 % der Befragten hat dies einen Einfluss auf Ihr Kaufverhalten, dabei gibt es jedoch von Land zu Land große Unterschiede. In Abbildung 8 sind die einzelnen Umfrageergebnisse aufgeführt. Deutschland steht in der Rangfolge der befragten Länder zum Einfluss auf das Kaufverhalten mit 12 % an letzter Stelle, und ist damit nahezu unbeeinflusst durch derartige Selbsteinstufungen. Der Umfrage zufolge sehen nur wenige Verbraucher in Deutschland die Vermarktung des Umweltschutzes seitens der Unternehmen als Beitrag zum Umweltschutz, sondern vielmehr als Verbesserung des Unternehmensimages sowie für Marketingzwecke.

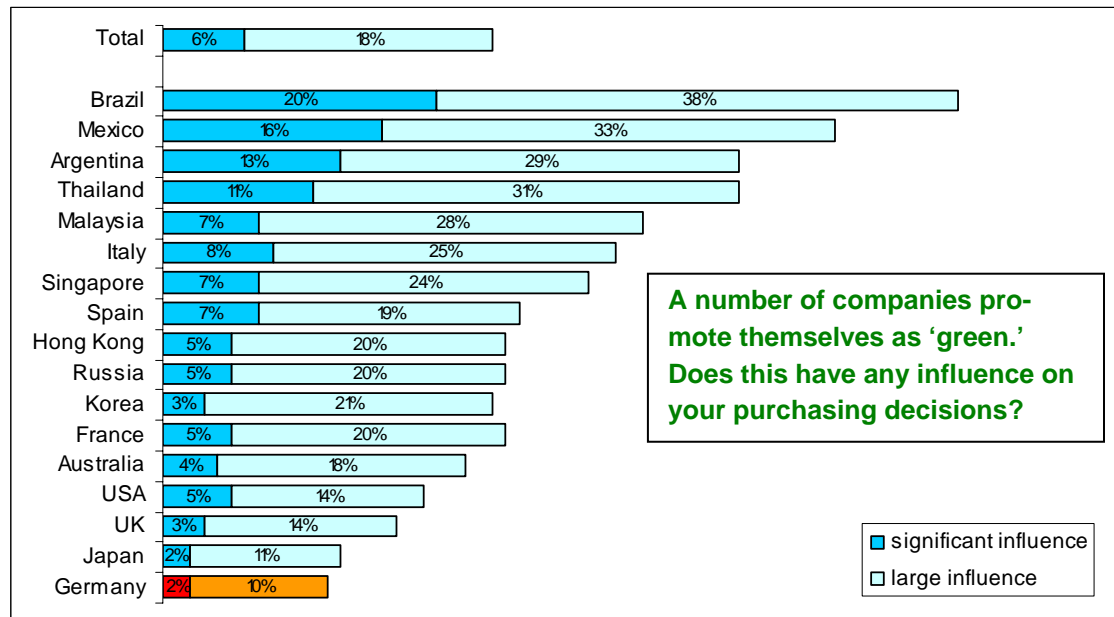


Abbildung 8 Einfluss der Selbsteinstufung von Unternehmen als „grün“ auf die Kaufentscheidung der Kunden nach Ländern /54/

Die Umfrage lässt sich auch so deuten, dass von den Käufern die Aussage eines Umweltzeichens nicht wahrgenommen wird und ihr Kaufverhalten nicht beeinflusst ist. Dies mag daran liegen, dass die Inflation von Verbraucherkennzeichen kaum noch eine Erkennbarkeit der tatsächlichen Zeichenaussage zulässt. Ein neues Ökolabel/Umweltzeichen sollte deshalb für Transparenz und Klarheit der Kriterien sorgen, wenn es überhaupt kaufrelevant wahrgenommen werden will. Insgesamt sollten ausschließlich glaubwürdige unabhängige und transparente Umweltauszeichnungen initiiert werden, die nicht im Verdacht eines „Green Marketing“ stehen (können).

4.1.4 Staatliche Nachfrage

Die staatliche Nachfrage nach Produkten/Verfahren der WBT z. B. im Rahmen von Ausschreibungen kann zu deren Stärkung beitragen.

Auch das BMWi /105/ wirbt für mehr staatliche Nachfrage nach Innovationen: „Jetzt haben innovative Ideen für neue Produkte und Verfahren, etwa im Hinblick auf mehr Energieeffizienz, beste Chancen“.

Die „Expertenkommission Forschung und Innovation“ erhebt in Ihrem aktuellen Gutachten /92/ die Forderung nach einer „verstärkten Berücksichtigung von innovativen KMU bei der Vergabe öffentlicher Aufträge in Anlehnung an das Programm *Small Business Innovation Research SBIR* in den USA“.

Unabhängig von diesen Lenkungsoptionen ist das Nachfragepotenzial z. B. im Bereich staatlicher Verwaltung auf Fertigerzeugnisse (Endprodukte) beschränkt, wie z. B. biotechnisch hergestellte Wasch- und Reinigungsmittel. Wengleich die Beeinflussung des Marktes durch künstliche Nachfrage außerhalb der marktwirtschaftlichen Regelungsmechanismen zu hinterfragen wäre, böte sich hier eine Lenkungsmöglichkeit, die durch klare allgemeine gesellschaftspolitische Ziele wie die Nachhaltigkeit im Einzelfall zu rechtfertigen wäre.

4.1.5 Informationspolitik/Verbraucheraufklärung

Die hohe Komplexität, Diversität und Aktualität der WBT lässt es an universellen aussichtsreichen Geschäftsmodellen mangeln, die nachhaltig zu messbaren Erfolgen im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren und Produkten führen.

Für die Stärkung der WBT in Deutschland sind nach übereinstimmender Auffassung der Experten sog. „Erfolgsgeschichten“ wichtig, die von einzelnen Experten generell in der Enzym-, Vitamin- und Antibiotika-Produktion gesehen werden. In der Regel sind die Erfolgsgeschichten nur dann kommuniziert worden, wenn wirtschaftliche oder Preisvorteile bestehen, oder „wenn Umstellung / Re-Investition im bestehenden Anlagenkapitalstock“ erfolgte.

Ein weiterer Grund ist, dass Vorbehalte in der Bevölkerung gegenüber dem Einsatz/Verwendung gentechnisch veränderter Organismen (GVO) als eine wesentliche Ursache für fehlende Transparenz bei Produktionsverfahren gesehen werden kann, infolgedessen die Firmen zurückhaltend agieren.

Die Forderung seitens der Experten liegt auf der Verbesserung der Verbraucheraufklärung und der bereits beschriebenen Differenzierung gegenüber der Gentechnik. Aus dem Kreis des Fachgespräches kam hierzu der Hinweis auf

den offensiven Umgang mit GVO in einer an den Hausfrauenbund gewandten Waschmittelbroschüre von Fa. Henkel.

Im Lebensmittelbereich wird insbesondere von Herstellern, aber auch von Umweltverbänden nach Ansicht der Experten („Verklärung der hochindustrialisierten Landwirtschaft“, „Bauchgefühl einer Ökolandwirtschaft“) bewusst auf den Erhalt eines romantischen Landwirtschaftsbildes hingewirkt, dessen idealisierte Produktionsformen schon lange nicht mehr mit der industriellen Lebensmittelfertigung im Einklang stehen und den bestehenden Einsatz biotechnisch/gentechnisch produzierter Hilfs- und Zusatzstoffe zu negieren trachten oder für verzichtbar halten.

Hier haben die staatlichen Institutionen eine wichtige Garantenstellung gegenüber der Bevölkerung durch Verbraucheraufklärung.

Stellvertretend sei hierzu auf die vom BMBF im Rahmen der Biotechnica 2008 vorgetragenen, zum Teil schon umgesetzten Vorschläge verwiesen:

- Initiierung einer öffentlichen Akzeptanzkampagne zur Verdeutlichung des Nutzwertes der Biotechnik
- MPI Köln / Betrieb eines Schaugartens in Sachsen-Anhalt
- Berlin-Brandenburg: Modellprojekt für Schulen „Call a Scientist“
- Einsatz des BMBF-Biotrucks.

Häufig fehlt es auch an Grundinformationen. Die innerbetriebliche Kommunikationsbarriere zwischen Kaufleuten und Naturwissenschaftlern/Technikern, die von den Experten als mangelndes gegenseitiges Verstehen konstatiert wurde, existiert auch zwischen den gesellschaftlichen Gruppen „Geschäftsleute“, „Technikexperten“ und „Politikern“. Auf einer Journalistenkonferenz in Brüssel wurde aktuell auf die Folgen der Ressorttrennung der Redaktionen in „Wirtschaft“, „Politik“ und „Technologie“ hingewiesen. Querschnittsthemen seien zunehmend eine Aufgabe des „innovativen Journalismus“, der darüber berichtet, wie „Ideen zu neuen Werten in der Gesellschaft werden“ und über das „Ökosystem verschiedener Akteure, die im Prozess der Innovation teilhaben“ /113/.

4.2 Nicht-staatliche Instrumente

4.2.1 Wissenstransfer und Kooperation

Die an Hochschulen und öffentlichen Forschungseinrichtungen geschaffenen Technologietransferstellen bilden eine wichtige Grundlage für den Wissenstransfer zwischen öffentlicher Forschung und Unternehmen.

Befragte Experten bewerteten ihre persönlichen Erfahrungen mit diesen Transferstellen jedoch extrem unterschiedlich; ein Verbesserungspotenzial, z. B. durch organisierten Erfahrungsaustausch der Transferstellen untereinander und mit Netzwerken ist sinnvoll.

Strategische Kooperationen der Biotech-Unternehmen untereinander ermöglichen nicht nur die Weiterentwicklung biotechnischer Fragestellungen und einen Technologietransfer, sondern die Schaffung und Nutzung von mittel- bis langfristigen Synergien.

Die Befragten stimmten nahezu einhellig der These zu, dass Kooperationen eher mit öffentlichen F&E-Einrichtungen als mit anderen Unternehmen stattfinden. Die - erwartbaren - Begründungen für die mangelnde Kooperationsbereitschaft zwischen WBT-Unternehmen leiten sich dabei aus wirtschaftlichen Erwägungen wie einer direkten Wettbewerbssituation oder dem grundsätzlichen Know-how-Schutz ab.

Interessant ist dieser Sachverhalt vor allem dann, wenn die Vermutung der BMBF-Studie /26/ zutrifft, dass ausländische Großunternehmen hier wesentlich stärker untereinander kooperieren und damit Wettbewerbsvorteile gegenüber hiesigen Unternehmen durch strategische Allianzen sichern.

Das BMBF beklagt die mangelnde nationale Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette /115/. Andererseits erscheint diese Erwartung im Bereich WBT auch recht hoch, wenn in Deutschland laut selber Quelle nur 38 Biotech-Unternehmen der WBT als solche gelistet sind. Es wurde aber bereits in Kapitel 3.1.4 auf die Bedeutung der sonstigen *innovativ biotechnologisch aktiven* Firmen hingewiesen. Für diese dürfte eine Kooperation im Umfeld neu zu erschließender Märkte aber noch schwieriger sein.

Die Vernetzung von Chemie-, Kosmetik- und Nahrungsmittelindustrie mit der Biotech-Branche zeigt sich in einigen Kooperationen des deutschen Biotech-Unternehmens BRAIN AG: „Neue Enzyme mit DSM, biobasierte Chemikalien mit Genencor, Kosmetikwirkstoffe mit Symrise, natürliche Süßstoffe mit Nutrinova oder Textilveredelung mit Clariant“ /90/, /115/.

Am Beispiel der Forschungskooperation zwischen BRAIN AG und Genencor, ein Unternehmensbereich von Danisco A/S, zur biotechnologischen Produktion von bio-basierten Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen wird deutlich, dass es „in dem heutigen industriellen, weißen Biotechniksegment [...] entscheidend ist, sich als ein integrierter Lösungsanbieter zur Entwicklung von vermarktbareren Produkten zu positionieren“ /90/.

Demnach wird Genencor seine Kenntnisse im Bereich der Optimierung von Stoffwechselwegen sowie der Produktion von industriellen Bioprodukten einbringen und BRAIN AG die Expertise in den Technologiefeldern Metagenomik und Screening beisteuern. BRAIN AG ermöglicht „Genencor den Zugang zu diesen Technologien und speziell zu den riesigen Metagenom-Ressourcen von mehr als 150 Million Genen aus unkultivierbaren Mikroorganismen“/90/.

Eine weitere Variante der Zusammenarbeit ist die Gründung eines Joint Venture. Die Firmen DuPont und Genencor haben beispielsweise ein neues Unternehmen, DuPont Danisco Cellulosic Ethanol LLC, gegründet mit dem Ziel der Entwicklung und Vermarktung einer kostengünstigen Technologie zur Ethanolproduktion aus Zellulose /91/.

Anreize zu derartigen Kooperationen, die zur Stärkung der WBT beitragen, können sich nur aus den Unternehmen selbst ergeben.

Wie bereits unter der Rubrik Demo-Projekte (vgl. Kapitel 4.1.2) erwähnt, hat sich nach Auffassung eines Experten eine Firmenkooperation „ungleicher Partner“ nicht bewährt, da „Partialegoismen zu hoch“ seien und Projektbeteiligungen häufig nur an Projekten erfolgen würden, für die das betreffende Unternehmen nur nachgeordnete Interessen zeige. Über den Weg staatlicher Bürgschaften könnten die kleineren Partner aber gegenüber dem größeren Partner

unabhängiger gestellt werden, wenn deren Allianz auch im Sinne staatlicher Ziele zu mehr Nachhaltigkeit führt.

Mit Verweis auf die Konsortienbildung von Unternehmen zur gemeinsamen Nutzung von Untersuchungsergebnissen bei der Stoffregistrierung nach der REACH-Verordnung und die mit den Konsortien geschaffenen Leitlinien zur gegenseitigen Interessenwahrung wurden die Befragten mit derartigen Lösungsansätzen konfrontiert. Die Resonanz war gering. Allerdings liegen mit den Konsortien auch noch keine längeren Erfahrungswerte vor. Diese könnten von dritter unabhängiger Seite künftig ausgewertet und den potenziellen Kooperationspartnern zur Verfügung gestellt werden und damit einen neuen Anreiz liefern.

4.2.2 Verbandspolitik

Verbände haben entsprechend ihrem Tätigkeitsfeld unterschiedliche Schwerpunktsetzungen. Sie vertreten nicht nur die Interessen zahlreicher Mitgliedsunternehmen, sondern sind zugleich wichtige Multiplikatoren.

Tabelle 5 nennt alle Verbände, die sich unmittelbar an der Fragebogenaktion und/oder den Veranstaltungen/Interviews über exponierte Vertreter beteiligten. Darüber hinaus wurden zahlreiche Publikationen aus dem Bereich weiterer Verbände und Institutionen verwendet, z. B. BioM WB GmbH /67/, /72/; BioPro Baden Württemberg GmbH /55/; MBPW GmbH /71/; VCI /39/; Fraunhofer Institute /26/, /31/.

Tabelle 5 Übersicht der direkt beteiligten Verbände und Stiftungen mit Literaturverweis

| | |
|---|------------------|
| - BIO Deutschland e.V. /53/, /70/, /96/ | - DIB /36/ |
| - CLIB 2021 /58/ | - Hessen Agentur |
| - DBU | - VDI e.V. /1/ |
| - DECHEMA e.V. | |

Bei der Realisierung von neuen Anreizen spielen die Verbände eine zentrale Rolle. Es wird deshalb empfohlen, diese frühzeitig an den geplanten (staatlichen) Maßnahmen zu beteiligen. Dabei ist darauf zu achten, dass gerade auch außerhalb mehrheitlicher Verbandspositionen einzelne Meinungen und Ideen nicht verloren gehen. Es muss die Aufgabe des Staates bleiben, auch die unternehmenskritischen Positionen in eine öffentliche Diskussion und Zielvorgabe einzubinden. Dies gilt gerade bei der Abwägung öffentlicher Interessen und gesellschaftspolitischer Zielsetzungen gegenüber den Wirtschaftsinteressen. Auffällig ist, dass die klassischen Umweltverbände wie z. B. BUND, Umwelthilfe oder Greenpeace die Biotechnologie trotz der offensichtlichen Vorteile – auch unter den Beschränkungen einer kritischen Ökobilanz oder Ökoeffizienz – bislang nicht als Lösungsansatz für eine nachhaltige Chemiewirtschaft aufgegriffen haben. Eine Versachlichung der Beiträge der Gentechnik in der WBT und ein Erkennen derer Bedeutung wird bei einer gemeinsamen Positionsfindung mit den Umweltverbänden eine deutliche Initiativwirkung haben. Dies gilt bei der Entwicklung biotechnischer Verfahren, besonders aber bei der Nachfrage nach entsprechenden Produkten.

4.2.3 Kapitalmarktfinanzierung

Biotech-Firmen sind zur Absicherung langer und kostenintensiver Entwicklungsprozesse im Gegensatz zu etablierten Pharma-Unternehmen auf externe Finanzierungsquellen, vorwiegend in Form von Eigenkapital, angewiesen /116/. Neben strategischen Allianzen, die immer mehr an Bedeutung gewinnen und die sich durch eine gewisse Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit auszeichnen /117/, kann auch die Übernahme eines Unternehmens durch einen finanzkräftigen Käufer als mögliche „fortgesetzte“ Finanzierung gesehen werden /116/.

In Deutschland gibt es nur eine verhältnismäßig geringe Investitionsbereitschaft und Risikoaffinität im Bereich der WBT /26/. Laut den Expertenaussagen ist dies unter anderem auf die unzureichenden Kenntnisse über die WBT im Finanzsektor zurückzuführen. In einem Interview mit *O. Litzka von Edmond de*

Rothschild Investment Partners /118/ gibt dieser einen deutlichen Rückgang der institutionellen Investoren in den vergangenen Jahren an.

Obwohl nur ein kleiner Teil (27 %) der Biotech-Unternehmen in Deutschland mit Eigenkapital finanziert ist, spielt diese Finanzierung eine wichtige Rolle /121/ - zumindest für Medikamentenentwickler mit hohen Entwicklungskosten.

Nach anderen Quellen steht Deutschland in der VC-Finanzierung gar nicht so schlecht da.

Die Eigenkapitalfinanzierung der europäischen Biotech-Unternehmen ist seit 2004 jährlich zwischen 18 % und 34 % gestiegen /116/. Vor allem die sog. Sekundärfinanzierungen bereits börsennotierter Unternehmen, zum einen über den öffentlichen Kapitalmarkt und zum anderen über private, institutionelle Investoren, konnten einen wesentlichen Beitrag zu den gestiegenen Wachstumsraten leisten. Im europäischen Vergleich nahmen deutsche und britische Biotech-Firmen in den vergangenen Jahren den absolut gesehen größten Anteil des Risikokapitals ein. Relativiert nach der (in D und UK höchsten) Zahl der Biotech-Unternehmen ergibt sich ein differenziertes Bild. Während danach UK deutlich unter den durchschnittlichen europäischen Anteil des VC zurückfällt, konnte Deutschland bereits 2007 zu den Topländern aufschließen.

Laut Ernst & Young /121/ erreicht nach den Erfolgsmeldungen aus 2005 („Risikokapitalfinanzierung steigt in der deutschen Biotech-Branche um 38 % auf 326 Mio. €“) der Risikokapitalanteil 2006 mit 213 Mio. € nicht einmal den niedrigen Wert von 2003 – bei einem Anteil von etwa 50 % an der Eigenkapitalfinanzierung (Risikokapital, Börsengang, Sekundärfinanzierung) stellt dies eine erhebliche Auswirkung auf das Eigenkapitalvolumen dar. Für 2008 beläuft sich der Wert für die gesamte Eigenkapitalfinanzierung nur noch auf 247 Mio. € /122/.

Die Schlussfolgerung lautet für die Zukunft der Biotech-Branche in Deutschland: Entweder Profilierung als „eigenständiger „Key Innovator“ mit „nachhaltigen Geschäftsmodellen – und entsprechender Finanzierung durch eigene Marktpräsenz“ oder Reduzierung auf eine Rolle als „Ideengeber und Zulieferer mit begrenzter eigener Wertschöpfung“ /122/.

Die Rolle staatlicher Förderung dürfte unter diesem Gesichtspunkt weiter an Bedeutung zunehmen – kann aber den Kapitalmarkt nicht ersetzen. Hier wird es auch auf die langfristige (politische) Investitionssicherheit ankommen, wenn schon ein „sehr hoher Kapitalbedarf, ein langer Finanzierungshorizont sowie ein signifikant höheres Risiko im Vergleich zu anderen Branchen“ besteht /122/.

Eine Kooperation zwischen Investor und Unternehmen bringt hierbei für beide Seiten Vorteile: Dem Unternehmen eröffnet dies „den Zugang zu Wachstumskapital für die Ausweitung des Geschäfts durch Internationalisierung, Spezialisierung sowie Steigerung des Innovationsgrades durch Zukauf und Zugang zu neuen Produkten“ /119/. Die Vorzüge für die Investoren liegen darin, dass Sie „ihr internationales Portfolio an innovativen Unternehmen und Produkten um eine Beteiligung“ bereichern, „die sich durch Wachstumschancen mit geringeren Risiken auszeichnet“ /119/. Gerade hierzu mangelt es an ausreichenden Fakten und Belegen (siehe auch Kapitel 4.1.5 „Informationspolitik“ und Kapitel 4.1.2 unter der Rubrik „Förderung von Demo-Projekten“), die eben diese positive Perspektive erkennen lassen.

An ein Investment sind nach /118/ u. a. folgende Voraussetzungen geknüpft:

- mindestens ein „*Proof of Concept*“ der Technologie
- mehr als ein „*Pipelinekandidat im Portfolio*“
- eine starke „*Intellectual Property-Situation*“
- mindestens ein „*erfahrener und kompetenter Biotech-Manager*“ im Vorstand.

Damit Investoren biotechnische Unternehmen finanziell unterstützen, müssen auch nach Ansicht der Experten den Investoren die Potenziale der WBT vermittelt werden. Hierzu können Erfolgsberichte einen wesentlichen Beitrag leisten. Darüber hinaus sollte die Geschäftsführung über ausreichend biotechnisches Know-how verfügen.

Gerade hierin offenbart sich nach Expertenmeinung ein gegenwärtiger Mangel, indem das biotechnische Know-how nicht auf allen Personalebene vertreten ist und insbesondere der kaufmännischen Geschäftsleitung überwiegend keine oder nur geringe biotechnische Kenntnisse zugesprochen werden. Dort liegen

aber in aller Regel die Entscheidungskompetenzen über Finanztransaktionen und investive Engagements. Andererseits sind die Naturwissenschaftler und Techniker zwar fachlich versierter, zeigen aber regelmäßig Defizite in kaufmännischer Argumentation.

Entsprechende Fragen im Rahmen des Projektes zeigten diesen Unterschied der fachlichen Kompetenzen in den Unternehmen sehr deutlich. Die Lösungen und Vorschläge zur Hochschulqualifizierung, zur außer- und innerbetrieblichen Qualifikation und zu den Auswirkungen von Wissensdefiziten fielen sehr uneinheitlich aus und waren nicht eindeutig zu bewerten. In den Fachgesprächen und Interviews spielte das Thema keine Rolle mehr.

4.3 Fallstudien

Anhand dreier Fallstudien sollten die Ergebnisse des Forschungsprojektes aus der Umfrage, dem Fachgesprächstreffen und den Einzelinterviews verifiziert werden.

Die Auswahl erfolgte unter folgenden Rahmenbedingungen:

- ✚ Möglichst klare Zuordnung zur WBT
- ✚ Keine klassischen „Bioremediation“-Verfahren; keine Umwandlung von Abfällen („Biodegradation“)
- ✚ Erkennbare Nachhaltigkeit in den Umweltbereichen Energie, Klimaschutz, Ressourcenschonung oder Schutz von Umweltmedien
- ✚ Erkennbare Substitutionspotenziale (Werkstoffe, Schadstoffe etc.)
- ✚ Prinzipielle Eignung als „Erfolgsgeschichte“, aktuelle Beispiele.

Die Auswahl fiel auf die Biokraftstoffe der 2. Generation (zugleich ein Beispiel für Plattformchemikalien auf Basis NawaRo und Bulkprodukte), das Biopolymer PHB (Substitutionsprodukt für erdölbürtige Kunststoffe) und das Enzym Phytase (als Beispiel der optimierten Enzymproduktion und der Phosphatentlastung der Umwelt).

4.3.1 Fallstudie 1: Biokraftstoffe der 2. Generation (Plattformchemikalie auf Basis NawaRo)

Bei der Gewinnung von Biokraftstoffen der 2. Generation steht die Verwertung von Ganzpflanzen als Biomasse im Vordergrund. Während bei der 1. Generation die zucker- oder stärkehaltigen Früchte der Pflanze (z. B. Zuckerrohr, Mais) durch alkoholische Gärung zu Bioethanol umgewandelt werden, stehen bei der 2. Generation die Vergasung von Biomasse (biomass-to-liquid BtL, Herstellung von Synthesekraftstoffen über Syngas) oder als biotechnisches Verfahren die Vergärung von Lignocellulose (Holz, Stroh) zur Verfügung.

Letzteres Verfahren benötigt allerdings eine 2-stufige Verfahrensweise, wobei zunächst die enzymatische Umsetzung und anschließend eine Fermentation mittels Hefezellen erfolgt.

Die Entwicklung z. B. substratspezifischer Hefen mit erhöhter Substratausbeute ist Ziel der technischen Nutzbarmachung.

In Deutschland lag bislang ein Schwerpunkt auf der Entwicklung und Herstellung von biomass-to-liquid-Verfahren (BtL-Technologie).

Die Biokraftstoffgewinnung lässt sich wie folgt einteilen /64/:

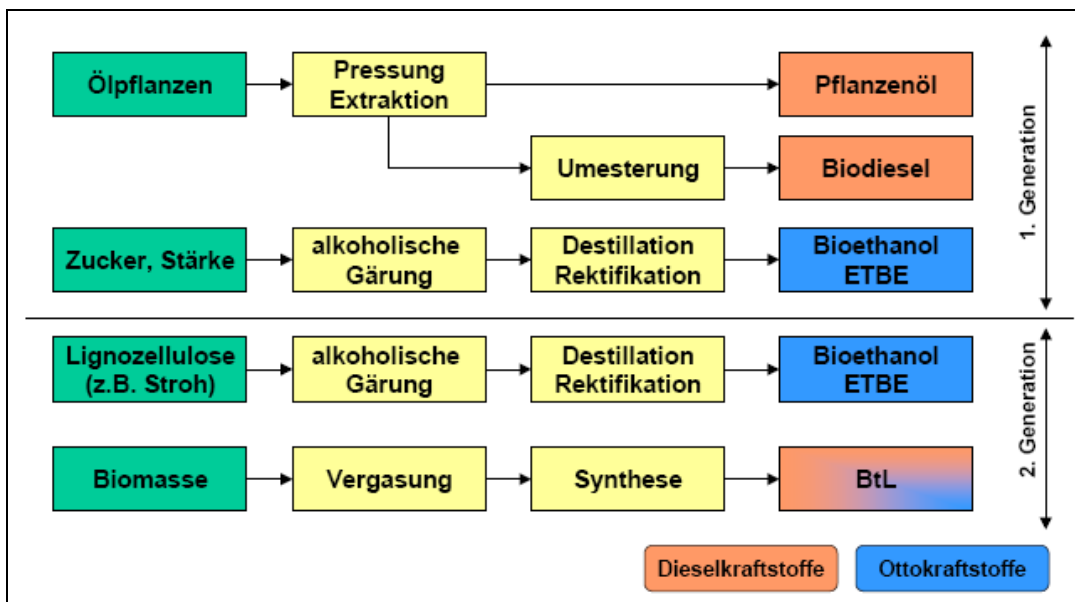


Abbildung 9 Systematik der Biokraftstoffe nach /64/

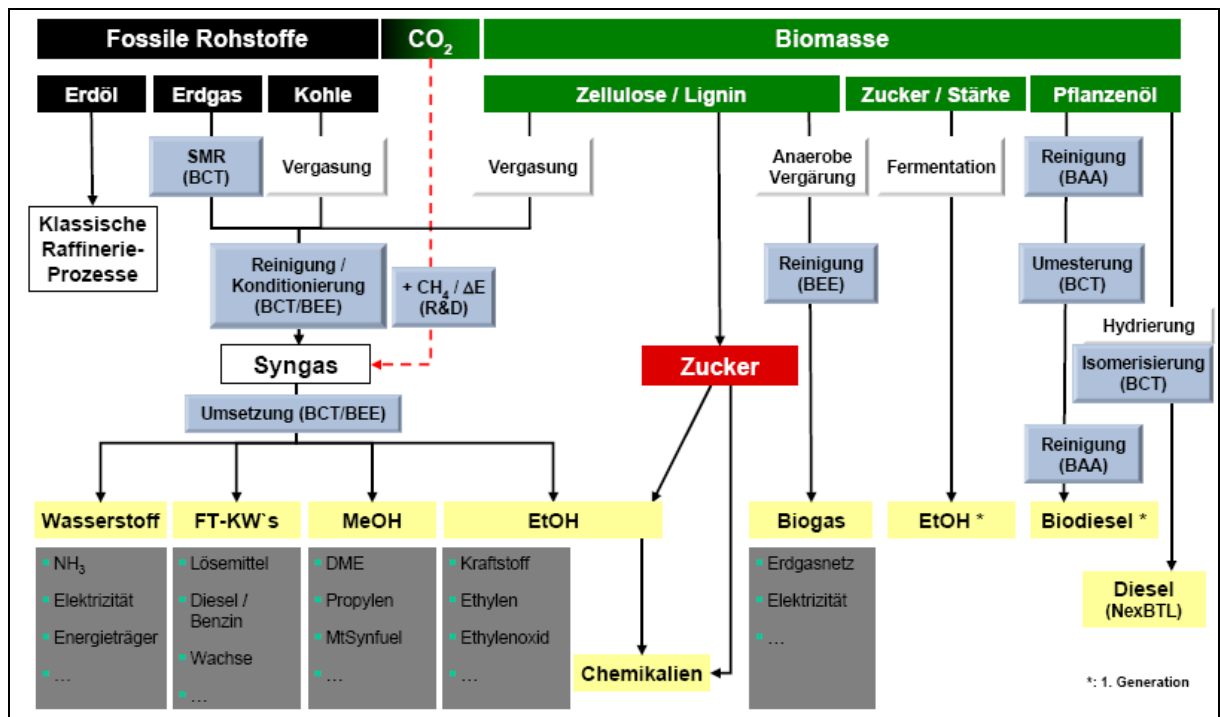
Ein prägendes Unternehmen wie die Südchemie lässt die Vernetzung des Edukt-Produkt-Portfolios zwischen Chemieprodukten und Kraftstoffprodukten und damit bereits das **Konzept der „Bioraffinerie“** erkennen.

Die Vorteile der biotechnischen Produktionslinie sind klar zu erkennen:

1. Einsatz nachwachsender Rohstoffe
2. verminderte Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion durch Verwertung der gesamten Pflanze (Holz) oder Pflanzenreste (Stroh)
3. positive Klimabilanz (CO₂)
4. Zucker/Glucose als Schlüssel-Edukt in Syntheseprozessen

5. Zugang zu alternativen Kraftstoffen auf Ethanol-Basis, positive Prozessenergiebilanz gegenüber klassischer Erdölraffination.

Das Konzept der „Bioraffinerie“ verfolgt dabei das Ziel, die Wirtschaftlichkeit durch Wertschöpfung etwa aus den Nebenstoffströmen lignocellulosehaltiger Rohstoffe, wie z.B. Lignin, Proteine und Fette oder fermentierbare Zucker zu erschließen /78/.



BAA, BCT, BEE, R&D bezeichnen die firmeninternen Business units: Adsorbents & Additives, Catalytic Technologies, Energy & Environment, Research & Development

Abbildung 10 Engagement der Südchemie AG im Bereich fossiler und nachwachsender Rohstoffe, mit freundlicher Genehmigung durch H. Zorbas nach /123/

Die genannten Potenziale und Vorteile sollten einen erfolgreichen Einsatz der Biotechnik garantieren – dennoch bleibt die Realität weit hinter den Möglichkeiten zurück.

Auf dem Fachgespräch Anfang März 2009 wurde die Thematik „Biokraftstoffe der 2. Generation“ erörtert. Experten aus diesem Bereich beklagten in Deutschland eine bevorzugte Förderung der BtL-Technologie (u. a. Fa. Choren, vom BMU gefördert und KfW finanziert, Herstellung des ersten kommerziellen BtL-

Kraftstoffes) gegenüber den Bioethanolkraftstoffen der 2. Generation. Sie offenbaren damit zugleich einen ideologischen Richtungsstreit. Im Extremfall solle, so äußerte sich ein Experte, die Förderung der BtL in Gänze eingestellt werden, um letztlich auch die Rohstoffknappheit für die WBT zu senken.

Die Befürworter der Bioethanole der 2. Generation wünschten sich für die Zukunft eine *staatliche Unterstützung in Form einer Förderung von Demo-Projekten oder Demoanlagen (auch als Präsentationsobjekt)*, wemgleich die in Kapitel 4.1.2 erhobenen Bedenken zur öffentlichen Förderung und Auslastung einer Demoanlage nicht ausgeräumt werden konnten.

Die FNR /56/ fördert im Bereich Bioraffinerie aktuell ein Verbundvorhaben zur Entwicklung eines technischen Prozesses zum Aufschluss von lignocellulosehaltigen Rohstoffen. Das im Mai 2009 angelaufene Förderprojekt zur „integrierten chemisch-biotechnischen Herstellung von Synthesebausteinen auf Basis nachwachsender Rohstoffe in einer Bioraffinerie“ beinhaltet die durchgängige Entwicklung von Prozessen und Verfahren zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe vom Labor- bis zum Produktionsmaßstab. Solch ein Forschungsprojekt wurde bislang noch nicht realisiert. Nach Expertenangaben wird in etwa 3-4 Jahren eine Demonstrationsanlage vom BMELV installiert sein.

Die Diskussion um die Biokraftstoffe zeigt auch noch eine weitere Konfliktlinie: die Abgrenzung zu den nicht zur Biotechnik zählenden chemischen Umwandlungen von Pflanzenölen zu Biodiesel.

Biodiesel, BtL-Kraftstoffe und Bioethanol basieren ganz oder teilweise (BtL werden auch über mit Erdgas verschnittenes Synthesegas erzeugt) auf nachwachsenden Rohstoffen und sind als Energieträger im doppelten Sinne klimarelevant.

Als solche waren sie bereits Gegenstand mehrerer *rechtlicher Lenkungsinstrumente und einhergehender Fördermaßnahmen*, vgl. auch /97/:

- Biokraftstoffquotengesetz,
- Energieerneuerungsgesetz (EEG),
- Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG),
- Energiesteuergesetz (EnergieStG) in Verbindung mit § 37a BImSchG

Im Rahmen des integrierten Energie- und Klimaprogramms /104/ wird auch der Ausbau von Biokraftstoffen (Punkt 17 des IEKP) angestrebt. Dies umfasst die Novellierung des Biokraftstoffquotengesetzes sowie den Beschluss einer Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung. Im Dezember 2008 hat die Europäische Union sich auf Nachhaltigkeitsanforderungen für die energetische Nutzung von Biomasse verständigt /120/. Darüber hinaus soll eine weitere Verordnung Nachhaltigkeitskriterien speziell für Biokraftstoffe regeln. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung lag nur ein Entwurf der Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung vor.

Bei der Zersplitterung der Regelungen bleibt jedoch zu befürchten, dass die oben genannten ganzheitlichen Vorteile einer Technologie wie Bioethanol der 2. Generation auf der Strecke bleiben.

Hier ist der Gesetzgeber zu mehr Klarheit und Prioritätensetzung im Sinne des Stellenwertes der Nachhaltigkeit aufgefordert.

Aufgrund der Privilegierung nach § 50 EnergieStG werden gleichermaßen BtL als auch Bioethanol der 2. Generation als „besonders förderungswürdige Biokraftstoffe“ eingestuft. Sie sind damit *steuerlich entlastet*. Diese Regelungen privilegieren die Kraftstoffe der 2. Generation und sorgen sowohl für einen Anreiz zur Steigerung der F&E-Leistung der Unternehmen, als auch für eine Rechtssicherheit und Budgetplanung durch die Festschreibung der Quoten bis 2015 /97/. Gleiches gilt aber auch für „Energieerzeugnisse, die einen Bioethanolanteil von 70-90 % enthalten, hinsichtlich des Bioethanolanteils“. Damit ist Bioethanol der 1. Generation steuerlich der 2. Generation gleichgestellt.

Im Fachexpertengespräch wurde kritisiert, dass zudem die Bundesregierung/EU nicht dem Beispiel der USA gefolgt sei, eine *Quotenregelung* (z. B. 60 % 1. Generation, 40 % 2. Generation) zur Herstellung von Biokraftstoffen einzuführen.

4.3.2 Fallstudie 2: PHB als Biopolymer (Alternativkunststoff)

Das Biopolymer PHB (Polyhydroxybutyrat) ist ein aus regenerativen Rohstoffquellen fermentativ herstellbarer Polyester, dessen Eigenschaften mit denen des petrochemisch hergestellten Kunststoffes PP (Polypropylen) vergleichbar sind.

Neben der (bakteriellen) fermentativen Herstellung gibt es auch die Möglichkeit, PHB durch enzymatische Katalyse im zellfreien System sowie durch Synthese in gentechnisch veränderten Pflanzen biotechnisch herzustellen.

Aus vorangegangenen Studien ist bekannt, dass bislang drei Verfahren zur PHA¹²-Herstellung entwickelt wurden. Weitere Ausführungen dazu sind /31/ zu entnehmen. Danach wird die enzymatische Synthese in zellfreien Systemen vorzugsweise zur Grundlagenforschung herangezogen, während eine transgene Pflanzenproduktion („Grüne Biotechnik“) mit 5-10 % PHA-Gehalt der Pflanzentrockenmasse derzeit noch nicht wirtschaftlich genutzt werden könne.

Die im technischen Maßstab in der Regel als Batch- oder Fed-batch-Prozess ablaufende Fermentation ergibt realistischere nach folgendem Schema in Abbildung 11 bis zu 90 % (kommerzielles ICI-Verfahren bis 70 %) PHA in der Bakterientrockenmasse. Dem kommerziellen Verfahren von ICI/Zeneca kam u. a. das wachsende Interesse an einer Nachhaltigkeit der Polymere zugute. PHA werden nicht nur auf Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt, sondern sind selbst biologisch abbaubar, zudem sind bereits eine Vielzahl von Reststoffen auf ihre Eignung als Substrat für die PHA-Bildung untersucht worden. Hierzu sei auch auf ein Verbundvorhaben der BASF SE aus dem BioPro-Vorhaben („Gewinnung von PHB aus Abfall-Glycerin der Biodieselproduktion“) und die Arbeit von /114/ hingewiesen.

¹² PHA = Polyhydroxyalkanoate, PHB ist die einfachste und am häufigsten vorkommende Form der PHA

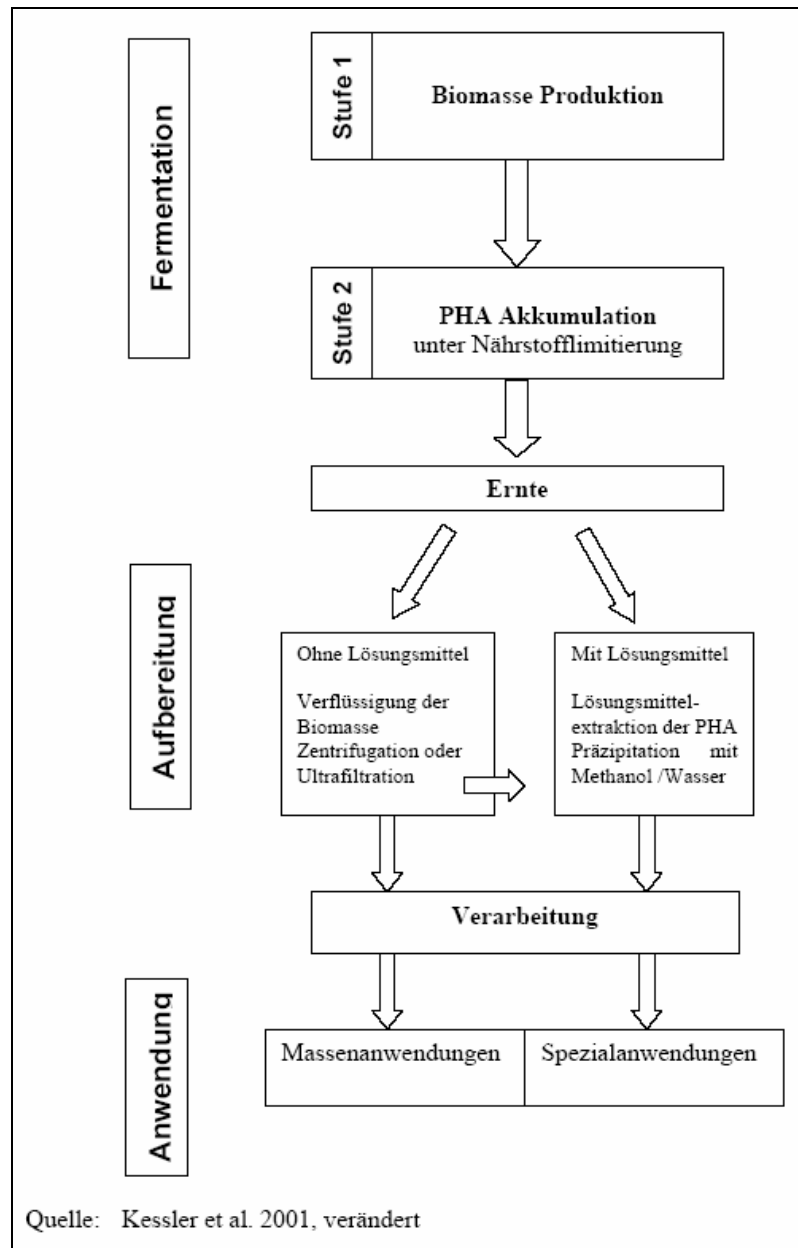


Abbildung 11 Übersicht Prozessstufen PHA-Fermentation nach /31/

Die bislang durchgeführten Forschungsprojekte befassten sich mit der Gewinnung und Optimierung von PHA-produzierenden Nutzpflanzen sowie mit der Verfahrensentwicklung zur fermentativen Herstellung von PHB. Derzeit fördert die FNR ein Projekt mit dem Ziel, die Herstellung von PHB-Fasern aus dem Labormaßstab in ein Produktionsverfahren zu übertragen /56/.

Gründe, weshalb die Kommerzialisierung des Biokunststoffes PHB bislang nicht erfolgt ist, sind nach /31/ und weiteren Experten in den Fachgesprächen u. a.:

- Weiterhin geringe Aufgeschlossenheit gegenüber biotechnischen Verfahren
- Hohe Herstellungskosten (s. Aufbereitung / Ausbeute, Kosten für C-Quelle)
- Unzureichende Gewährleistung und Sicherstellung einer gleich bleibenden Qualität
- Geringe Selektivität der Konversion vom Edukt zum Produkt
- Konkurrenz zu petrochemisch hergestellten Polymeren bei unzureichendem Preisvorsprung durch biologische Abbaubarkeit und Verwendung von NawaRo.

Es gibt bislang nur wenige kommerzialisierte Biopolymere und in den kommenden Jahren wird ebenso wenig mit einer größeren Zahl biotechnisch herstellbarer Polymere bzw. Polymerbausteine auf regenerativer Rohstoffbasis im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium gerechnet /31/: Eine mögliche Ausnahme bilden 1,3-Propandiol (1,3-PDO) oder Polymilchsäure (PLA), für die sich auch gegenüber dem Endverbraucher *ökologische Vorteile und Nachhaltigkeit kommunizieren* lassen.

Das weltweite Produktionsvolumen der kommerzialisierten, biotechnisch herstellbaren Biopolymere auf regenerativer Rohstoffbasis beläuft sich nach der zitierten Untersuchung auf eine Größenordnung von 200.000 t/a. In Relation zur Weltkunststoffproduktion (ca. 150 Mio. t/a) bzw. zur Kunststoffproduktion in Deutschland (ca. 12 Mio. t/a) wird die Herstellung von Biopolymeren mittelfristig keinen quantitativ relevanten Beitrag zur Schonung fossiler Rohstoffquellen liefern (können).

Eine Fragestellung im Fragebogen befasste sich damit, welches Gebiet die Experten zukünftig als Haupteinsatzbereich der WBT sehen. Unter den vorgege-

ben Bereichen war auch der Bereich Werkstoffe/Biopolymere ausgewiesen. Lediglich 1/8 der Befragten sehen in dieser Branche den Haupteinsatzbereich. Die Fachgespräche dieses Projektes machten deutlich, dass die Ökobilanzen für Biokunststoffe in den letzten zehn Jahren nicht eindeutig ausfielen, während neuere Publikationen ob der hohen Kosten für NawaRo eine positive Ökoeffizienz konstatieren.

Die Frage, ob eine Senkung der Substratkosten den PHA zum Durchbruch verhelfen könnte, bezweifelt allerdings das UBA-Vorhaben /31/ :

“Keines der oben genannten großtechnisch praktizierten biotechnischen Verfahren nutzt Reststoffe aus industriellen Produktionsverfahren als Substrat. In allen Fällen werden Agrarrohstoffe (Zucker, Stärkehydrolysat) eingesetzt. Somit gibt es bislang keinen empirischen Beleg für die Annahme, dass allein durch Senkung der Substratkosten der kommerzielle Durchbruch biotechnischer Verfahren erreicht werden kann.“

Im Vergleich zur biopharmazeutischen Industrie, wo die Produktionsmenge biotechnisch hergestellter Produkte oftmals im Kilogramm- bis einstelligen Tonnenbereich liegt /55/, werden z. B. im Kunststoff-Bereich mehrere hunderttausend Tonnen produziert, wenn es sich um breit absetzbare Kunststoffe handelt. Um eine derart hohe Abnahmemenge zu erreichen, vergehen oft Jahre bis Jahrzehnte, bevor eine entsprechende wirtschaftlich arbeitende Produktionsanlage betrieben werden kann. Die zitierte UBA-Studie schätzt, dass fermentativ hergestellte PHA selbst unter Ausschöpfung aller Kostenreduktionspotenziale „etwa um den Faktor 3 teurer als petrochemische Massenpolymere“ sein dürften.

Besonderes Augenmerk gilt darum in den letzten Jahren den (*neuen*) Anwendungsbereichen für PHA, für die die Studie eine mittelfristige Realisierbarkeit in den Bereichen der Nischenmärkte (z. B. biomedizinische Anwendungen) und bei „Produktdiversifikationen innerhalb der (brasilianischen) Zucker-Ethanolindustrie“ erkennt.

Die Beobachtung eines Experten, dass „der europäische Markt derzeit maßgeblich durch asiatische und amerikanische Fabrikate bedient werde“, verdient dar-

um ebenso Beachtung wie der Einsatz von bioabbaubaren Kunststoffen bei Tragetaschen durch große Discounter (vgl. Einsatz von Ecovio® von BASF für Tragetaschen durch ALDI-Süd, ein Biopolymer auf Basis eines bioabbaubaren Polyesters, hergestellt aus petrochemischen Rohstoffen und aus Polymilchsäure (PLA) aus NawaRo).

Die *Ökolabel* könnten sicherlich bei derartigen Massenprodukten wie Tragetaschen die Produkttransparenz und ein umweltbewusstes Kaufverhalten stärken. Ein wirtschaftlicher Durchbruch als reale Alternative zu den Massen-(Verpackungs-)polymeren wird hingegen nur bei einem technischen Einsatz der transgenen Pflanzenproduktion erkannt, hierin stimmen auch die befragten Experten im Fachgespräch überein.

Die Biosynthese auf Basis organischer Abfälle stößt insbesondere auf prozesstechnische Probleme, die in der Stickstoff-Phosphor-Limitierung bei gleichzeitigem Kohlenstoffüberschuss zur Erzielung hoher Produktbildungsraten zu suchen sind. Zudem sind die Produkte stark durch die nicht verstoffwechselten Substratbestandteile des Abfalls in der Polymerqualität beeinträchtigt.

Im Rahmen des BMBF-Wettbewerbes BioIndustrie 2021 wurde 2007 der Cluster „Biopolymere/Biowerkstoffe“ als einer von fünf ausgezeichnet. Das BMBF unterstützt diesen *Cluster* mit einer Fördersumme von 10 Mio. € in den Jahren 2007 bis 2012. Ziel ist es, den Entwicklungsprozess biotechnologisch basierter Polymere zu fördern und zu stärken.

4.3.3 Fallstudie 3: Enzym Phytase als Futtermittelzusatz (Nutztierhaltung)

Phytase, ein Enzym, das den für die Tierernährung lebensnotwendigen Phosphor aus Pflanzen zugänglich macht, wird bereits als Futtermittelzusatz für Monogastrier (Nicht-Wiederkäuer) eingesetzt. Die durch den Zusatz von Phytase¹³ zum Futtermittel entstehende Verbesserung der Phosphatverwertung reduziert die sonst zusätzlich benötigte Menge anorganischen Phosphats in Futtermitteln um etwa ein Drittel /57/. Gleichzeitig wird die Umweltbelastung durch Phosphoreintrag über tierische Exkremente, vor allem auf landwirtschaftlich intensiv genutzten Böden, reduziert.

Das Enzym wird im industriellen Maßstab hauptsächlich durch Fermentation von Pilzen hergestellt. Die rekombinante Herstellung der Phytase in dem Bakterium *Escherichia coli* steigert dessen Produktionsrate. Vorteile der Phytase von *Escherichia coli* gegenüber der pilzlichen Phytase zeigen sich in der höheren spezifischen Aktivität, dem niedrigen pH-Optimum, der Resistenz gegenüber proteolytischem Abbau im Tiermagen sowie der Temperaturstabilität beim Pelletieren /57/.

Die vor allem im Fachgespräch geäußerten Gründe für eine nur unzureichend kommunizierte Phytase-Anwendung als einem Beispiel biotechnisch hergestellter Futtermittelzusatzstoffe und die dadurch postulierte mangelnde Transparenz der Anwendung führten die Experten darauf zurück, dass ein solcher Einsatz „nicht zum deutschen Bild traditioneller Landwirtschaft“ zählt.

In Deutschland bestehe ein „Bauchgefühl einer Öko-Landwirtschaft“. Nach Meinung der Experten bestehe ein geringes Verbraucherinteresse: Der Verbraucher möchte nicht über industrialisierte Landwirtschaft und Futtermittelindustrie

¹³ Im Bereich von 0 bis hin zu 1000 Einheiten Phytase je kg Futter, liegt eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung vor. Die Effizienz des Phytasezusatzes ist im Bereich niedriger Dosismengen am höchsten und wird mit steigendem Phytasezusatz geringer. Derzeit wird ein Zusatz von 500 Einheiten Phytase je kg Futter empfohlen /127/.

aufgeklärt werden. Auch Verbände wie die CMA sind an dieser Form der Aufklärung nicht interessiert.

Im Vergleich etwa zu Biokraftstoffen fehlt dem Endverbraucher das Erkennen eines direkten Nutzens, da er mit dem biotechnisch hergestellten Produkt nicht unmittelbar in Kontakt kommt.

Die *Vorteile* einer biotechnisch hergestellten Phytase müssten sich vielmehr *über die Nachhaltigkeitskriterien* einer landwirtschaftlichen (Massen-) Produktion vermitteln.

Um umweltentlastende Beiträge, wie z. B. durch das Enzym Phytase, zu kommunizieren, sind aufwendige Kampagnen erforderlich, was dem Anschein nach auch seitens der Verbände und Futtermittelindustrie unter den derzeitigen politischen Rahmenbedingungen nicht erstrebenswert erscheint.

Hier wäre allerdings die *Kommunikation zwischen den Ressorts* der Landwirtschafts-, Wirtschafts-, Forschungs- und Umweltpolitik zu verstärken.

Da Landwirtschaft und Futtermittelindustrie ein Interesse an langfristiger Preisstabilität artikulieren, die auch durch Alternativtechniken gewährleistet werden kann, bietet sich ein Anreiz zur Etablierung der Biotechnik. Mit ihrer Hilfe lassen sich nach Expertenmeinung spätere Positiveffekte bereits in der Entwicklung und Optimierung der GVO besser „vermitteln“ als in anderen Industrien, wo kein definiertes Produkt substituiert wird.

Dies gilt auch für andere Enzymanwendungen, für die mittlerweile ein eigenständiger „Dienstleistungsbereich“ zur Optimierung technisch eingesetzter Enzyme in Deutschland entstanden ist. Die Enzymeinsatzbereiche und ebenso deren alternative Anwendungen sind nach Expertenmeinung auszuloten.

Ein völlig neuer Aspekt könnte sich auch in Verbindung mit der Strategie einer „Nachhaltigen Chemie“ ergeben, wenn derartige Enzyme mittels des Modells des „Chemikalienleasings“ zugänglich gemacht werden. Nach diesem von Jakl und Schwager propagiertem dienstleistungsorientiertem Geschäftsmodell werden Chemikalien nicht mehr mengenorientiert, sondern für eine Dienstleistung zur Verfügung gestellt /108/. Der Einsatz eines biotechnisch hergestellten Enzyms könnte sich so an der Phosphatreduktion je Hektar sowohl auf Seiten des

Düngemittleinsatzes als auch der Bodenbelastung als Nachhaltigkeitskriterium bemessen.

Strategische Preisverhandlungen könnten den Einsatzbereich absichern.

Einzelne angesprochene Experten zeigten im Rahmen des vorliegenden Projektes am Beispiel der Phytase nur ein geringes Interesse, die Vor- und Nachteile des Enzymeinsatzes in der Landwirtschaft zu thematisieren. Auch wenn das Thema „Phytase“ inhaltlich noch sehr weit von der Grünen Gentechnik entfernt ist, spiegelt sich durch Aussage einzelner Befragter offenbar auch hier die politische Brisanz wider, die Themen Gentechnik und Landwirtschaft überhaupt in Bezug zu bringen, auch wenn es nicht um Freisetzungsversuche geht.

5 Handlungsempfehlungen

Insgesamt zeigt die industrielle Anwendung der Biotechnik und die Etablierung biotechnischer Verfahren – obgleich aufgrund der vielfältigen bestehenden Anwendungsbereiche und Vernetzungen nicht mehr wegzudenken – ein stark differenziertes Statusbild.

Bei Feinchemikalien und Spezialchemie, denen das größte Zuwachspotenzial zugemessen wird, erschließen sich einerseits völlig neue Synthesewege, andererseits lassen sich Teilprozesse durch eine optimierte Biokatalyse mit Hilfe von Enzymen in zellfreien Systemen verfahrenstechnisch umsetzen. Wich /124/ spricht von der „Schwelle zu einer petrochemisch-biotechnologischen Hybridchemie“, die sich der Technologieplattformen Biotransformation, *Metabolic Design* und Proteinproduktion¹⁴ bedient.

Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe als Ausgangssubstrate und die in der Regel milden Prozessbedingungen erschließen den Weg zu einer nachhaltigeren Chemieproduktion. In den vergangenen Jahren haben sich eine Vielzahl von biotechnisch inspirierten Alternativen zur klassischen Feinchemikalienproduktion gezeigt, mit ihnen aber auch ein Nachholbedarf an Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung.

Mehr noch im Bereich der Bulkchemikalien stößt die Biotechnik immer wieder an die Grenzen der wirtschaftlichen Durchsetzbarkeit, wenngleich Fermentationsstechniken hier großtechnische Erfolge verbuchen können.

Die Möglichkeit, mit Hilfe biotechnischer Prozesse auch Energieträger z. B. als Kraftstoffe zu erzeugen hat auch die WBT promoviert. Zurzeit erfolgt ein erheblicher Fördermitteleinsatz zur energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe, von dem auch Teile der Biotechnik profitieren. Dabei darf nicht verkannt werden, dass selbst nach Ansicht der Befürworter einer gestärkten Biotechnik das eigentliche Problem der energetischen Ressourcen hierdurch nicht gelöst

¹⁴ Biotransformation = chemische Substanzumwandlung mit Hilfe von Enzymen oder ganzen Zellen, Metabolic Design = Stoffwechsoptimierung von Mikroorganismen, um Abbauprodukte durch Fermentation zu gewinnen, Proteinproduktion = Produktion eines Proteins (Enzym) durch optimierte Mikroorganismen im Fermenter

werden kann. Es besteht zudem ein Forschungsdefizit bei der Folgenabschätzung einer weitestgehenden Abführung landwirtschaftlicher Erzeugnisse auf Bodenqualität und langfristige Erträge.

Die Substitution von Erdöl als wesentlichem Rohstoff der chemischen Industrie muss ebenfalls angesichts eines Verbrauchsanteils von 3-5%¹⁵ für die Herstellung chemischer Produkte relativiert werden.

Die Ergebnisse des vorgelegten Forschungsberichtes aufgrund verschiedener Expertenansichten belegen sehr deutlich, dass Anreize verstärkt an klaren Zielen z.B. einer Nachhaltigkeitsstrategie („umweltfreundliche Verfahren und Produkte“) ausgerichtet werden sollten. Dabei sind die staatlichen Maßnahmen auf solche Anreize zu konzentrieren, wenn nicht zu beschränken, die einem wirtschaftlichen Wettbewerb nicht entgegenstehen oder diesen nicht zu antizipieren versuchen. Die Maßnahmen sollten sich deshalb auf Bereiche staatlicher Einflussnahme konzentrieren, die die Voraussetzungen für eine Etablierung der Biotechnik unter Wettbewerbsbedingungen schaffen. Im Einklang mit dem UBA /108/ kann festgestellt werden, dass Unternehmen auf alternative Prozesse oder Produkte umstellen, wenn

- ⇒ Produkt- und Verfahrensinnovation finanzielle Vorteile versprechen
- ⇒ Regelwerksanforderungen Standards setzten, die durch bestehende Produkte oder Verfahren nicht (mehr) erfüllt werden können
- ⇒ der Hersteller ein bestimmtes Produktzertifikat oder Ökolabel anstrebt
- ⇒ der Markt oder die Öffentlichkeit eine besondere Nachfragesituation schafft.

Der Umstellung stehen Hindernisse entgegen wie

- ⇒ Kenntnisdefizite über verfügbare Alternativen und deren Nutzen
- ⇒ Lange Entwicklungszeiten und unsichere Erfolgsaussichten
- ⇒ Hohe Investitionskosten bei geringem ROI

¹⁵ „Kohle, Erdöl, Erdgas und Biomasse konkurrieren als Energieträger in der Energiewirtschaft und gleichzeitig als C-Rohstoff in der Chemie. Von der organischen Chemieindustrie werden aber nur etwa 4 % der fossilen Brennstoffe oder ~ 0.3 Gtoe/a, vor allem Erdöl und Erdgas, unter hoher Wertschöpfung in Chemieprodukte umgewandelt, mengenmässig in erster Linie Kunststoffe (PE, PP, PS etc.)“ /128/.

⇒ Bestehende Anlagen oder Vernetzungen mit guter Ertragslage.

Als Ergebnis der Studie lassen sich verschiedene Anreize formulieren, um umweltfreundliche biotechnische Verfahren oder Produkte zu fördern oder zu etablieren. Die Vielzahl der Möglichkeiten bewegt sich von direkten und indirekten monetären Fördermöglichkeiten über veränderte bildungs- oder umweltpolitische Rahmenbedingungen bis hin zu begleitenden Maßnahmen.

Direkte Förderung biotechnischer Produkte/Verfahren

- bestehende Förderung effektiver gestalten:
 - stärkere thematische Strukturierung und Bündelung der Förderprogramme, Verbesserung der Transparenz der KMU-Förderprogramme z. B. durch Einführung eines KMU-Lotsendienstes
 - bessere Koordination der Förderstellen
 - verstärkte Integration von Fachverbänden bei der Förderprogrammdefinition
 - Vereinfachung der Antragsstellung
 - kurzfristigere Förderzusagen (1 – 3 Monate nach Antragstellung)
 - flexibler gestaltete Zeiträume der Förderprogramme (einige Monate bis 5 Jahre)
- Förderbereiche erweitern, verlängerte Förderzeiträume (2 – 5 Jahre) auch über mehrere Entwicklungsstufen, z. B. umfassende Förderung von Downstream-Processing für niederpreisige Produkte *bis zum vermarktungsfähigen Produkt*
- parallele Förderschwerpunkte setzen, z. B. durch Bereitstellung von Finanzmitteln für gezielte Nachwuchsförderung
- neue Förderbereiche eröffnen, z. B. durch Sicherstellung von Anschlussfinanzierungen in der Post-Seed-Phase, ggf. über Gewinnbeteiligungsmodelle anstelle von Zuschussförderung

- Förderquoten erweitern,
z. B. durch Erhöhung von Zuschussförderungen, wenn übergeordnete Ziele wie Nachhaltigkeitskriterien erfüllt werden
- Rahmenbedingungen der Förderung anpassen,
z. B. durch Senkung oder variable Gestaltung der geforderten KMU-Beteiligungen
- Fördermittelentscheidungen transparenter gestalten,
z. B. durch thematisch ausgewählte, interdisziplinäre Zusammensetzung von Fachgutachterausschüssen
- Staatliche Unterstützung von Demo-Anlagen:
 - umfangliche Förderung von Demo-Anlagen („direkter Zuschuss“), die zwischen Hochschulen und KMU/Großunternehmen projiziert werden
 - darlehensorientierte Förderung von Demo-Anlagen, die auf Einzelprozesse zugeschnitten sind und aus Know-how-Schutz-Aspekten firmeneigen bleiben
 - staatliche Investitionsmöglichkeiten in Demo-Anlagen mit Rückfluss der Mittel an die Förderinstitutionen, die Beteiligungskapital zur Verfügung gestellt haben, oder spätere Teilsozialisierung der Gewinne
 - klare Unterscheidung sog. „Demo-Anlagen“ hinsichtlich ihrer eigenen Vermarktungsfähigkeit (Anlagenbau) und/oder hinsichtlich ihres Einsatzes zur Entwicklung/Optimierung von Prozessen
- Bereitstellung von Bürgschaften, um Firmenkooperationen mit KMUs zu stützen
- staatliche Unterstützung geeigneter Beteiligungsmodelle über die Förderphase hinaus (vgl. Modell *Founding Angels*)

Indirekte Förderung biotechnischer Produkte / Verfahren

- Kapitalmobilisierung für Start-ups und KMU:
 - Freistellung der Gewinne aus privaten Veräußerungsgeschäften bzgl. Beteiligungen an Technologieunternehmen, ggf. unter Einführung einer

Mindesthaltedauer, von der Besteuerung, einschließlich Arbeitnehmer-Beteiligungen

- Abschaffung der Abgeltungssteuer bei Kursgewinnen aus direkten oder indirekten Beteiligungen an innovativen Unternehmen
- Erweiterung der Verlustausgleichsregelungen bei den Investoren, Möglichkeiten der uneingeschränkten Nutzung von Verlusten in innovativen Unternehmen, Gleichstellung von KMU mit Großunternehmen (Änderung Körperschaftssteuergesetz)
- Einführung einer Quote – bezogen auf das Gesamtinvestitionsvolumen – institutioneller Anleger zur Festlegung eines Mindestanteils an innovativen und umweltfreundlichen Unternehmen
- Erhöhung des Nachfragepotenzials für WBT-Produkte, im Rahmen öffentlicher Ausschreibungen für z. B. biotechnisch hergestellte Wasch- und Reinigungsmittel, Verpackungsmaterialien o. ä.

Bildungs-, wirtschafts- und umweltpolitische Rahmenbedingungen

- Erweiterung der Hochschulausbildung:
 - spezielle Gründungsausbildungen in das Studium integrieren
 - praxisnahe Vorhaben zur Aus-/Weiterbildung verstärkt fördern
 - Doktorandenausbildung in Sonderforschungsbereichen fördern
- Stärkung und Weiterentwicklung vorhandener Kompetenznetze
Initiierung vergleichbarer Netze bei sinnvoller räumlicher und thematischer Verteilung, Einrichtung einer strategischen Koordinationsstelle auf Bundesebene
- Erarbeitung von Leitlinien und Mustervorlagen für Konsortienbildungen zwischen Unternehmen, insbesondere Rechtshilfen für Start-ups und KMU zur Absicherung von Know-how und Lizenzvergaben

Begleitende Maßnahmen

- zentrale Vergabe von Labeln (für Produkte) und Zertifikaten (für Verfahren) nach einheitlichen, überprüfbaren Vergabekriterien: klare Identifizierung der Umweltvorteile gegenüber konventionellen Produkten/Verfahren (siehe Rubrik „Staatliche Zertifikate, Ökolabel“ unter Kapitel 4.1.3)
- Zugang zu Demonstrationsanlagen, Publikation von Modellprojekten über die gesamte Wertschöpfungskette
- aktive Öffentlichkeitsarbeit, Einbindung von Umweltschutz- und Verbraucherverbänden, differenzierte Verbraucheraufklärung durch unabhängige neutrale Institutionen; insbesondere Aufgreifen der Thematik „Gentechnik in geschlossenen und offenen Systemen“
- Initiierung einer öffentlichen Akzeptanzkampagne zur Verdeutlichung des Nutzwertes der Biotechnik
- Einführung politisch begleiteter „Round Tables“:
 - Überwindung von Kommunikationsbarrieren („Geschäftsleute“, „Technikexperten“ und „Politikern“)
 - Organisation des Erfahrungsaustausches der Transferstellen untereinander und mit Netzwerken
 - Frühzeitige Einbindung der Verbände bei der Realisierung neuer Anreize
- Publizistische Aufbereitung von Erfolgsgeschichten der WBT zur Verwendung für Öffentlichkeitsarbeit (Journalisten) und fachfremde Wissensdisziplinen (Kaufleute, Politiker)
- Einführung von gesetzlichen Präferenzen oder Quoten gegenüber konventionellen Verfahren/Produkten unter den Voraussetzungen erfüllter Nachhaltigkeitsziele
- Schaffung eines Anreizsystems oder gesetzliche Vorgaben zur Identifizierung und Analyse umweltgefährlicher Produktionsprozesse und Bestimmung der Nachhaltigkeitskriterien mit Möglichkeiten der Umstellung auf biotechnische (Teil-)Prozesse; evtl. Vorgaben in BVT-Merkblätter einarbeiten.

Die einzeln genannten möglichen Anreize sind – jeder für sich – nur begrenzt zielführend. So werden Ökolabel oder –zertifikate in der WBT ihre Wirkung nicht entfalten können, wenn sie nicht mit unmittelbarer monetärer Vorteilhaftigkeit (Steuervorteile, Sonderförderung) ausgestattet sind. Einzelne Anreize bergen darüber hinaus die Gefahr, bei unreflektiertem Einsatz mittelfristig kontraproduktiv zu wirken: so kann eine einseitige Förderung der anwendungsorientierten Forschung an Hochschulen eine Marktverzerrung hervorrufen, die Start-ups verhindert und die Existenz gleichartig forschender KMUs bedroht – vor diesem Hintergrund können indirekte steuerliche Mittel zwar primär ineffektiver, gleichwohl aber in ihrer Konsequenz „richtiger“ und damit real wirkungsvoller erscheinen.

Entscheidend wird daher die Entwicklung einer akteursbezogenen Matrix sein, in der die aufgezeigten Anreizsysteme sinnvoll gekoppelt werden und zum Beispiel unter dem Primat politisch gewollter Nachhaltigkeitsstrategien konsequent fortentwickelt werden.

Die gesellschaftliche Akzeptanz dieser notwendigen Bündelung unterschiedlichster Anreizsysteme erfordert die Einbeziehung kritischer Positionen und ist durch zielgerichtete, differenziert darstellende Öffentlichkeitsarbeit zu begleiten. Ihre mittelfristige Wirksamkeit fordert dabei die Beachtung grundlegender wirtschaftlicher Voraussetzungen ein: die Sicherung getätigter Investitionen, die internationale Konkurrenzfähigkeit und damit die Beachtung vergleichbarer Modelle und Regelungen anderer Länder.

Sinnvoll könnte sich an dieser Stelle ein Planspiel erweisen.

Kompetente Vertreter der Wirtschafts-, Umwelt- und Verbraucherschutzverbände könnten in „Round Table“-Form gemeinsam mit Akteuren aus naturwissenschaftlich-technischen Bereichen und Entscheidern der politischen Ebenen die Wirkungen der einzelnen Anreize mittelfristig projizieren, potenzielle Wechselwirkungen aufzeigen und entsprechende Maßnahmebündelungen erarbeiten.

6 Literaturverzeichnis

- /1/ Braun, M.; Teichert, O.; Zweck, A.: Übersichtsstudie Biokatalyse in der industriellen Produktion – Fakten und Potenziale zur Weißen Biotechnologie, Hrsg.: Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH, Band 57, Düsseldorf, Januar 2006
- /2/ Dubbert, W.; Heine, T. (Hrsg.): Weiße Biotechnologie – ökonomische und ökologische Chancen, Oktober 2006, vgl. auch Tagungsband des BMU-UBA-DIB-Workshops am 18.10.2006 in Berlin, www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3260.pdf
- /3/ N. N.: Weiße Biotechnologie eröffnet neue Wege: Pilze und Bakterien immer wichtiger für die Chemie, Chemie.de Information Service GmbH (Hrsg.), 22.09.2008, <http://www.chemie.de/news/d/87323/>
- /4/ OECD: Biotechnology for Clean Industrial Products and Processes – Towards Industrial Sustainability, OECD Publications, Paris, 1998, S. 15 ff, 20, 29 ff, 38 ff, 44
- /5/ BACAS: Industrial Biotechnology and Sustainable Chemistry, BACAS, Brüssel, 2004, S. 7
- /6/ Schmid, R. D.: Pocketguide to Biotechnology and Genetic Engineering, Weinheim, Wiley-VCH, 2003, S. 2 ff, 38 ff
- /7/ BMBF (Hrsg.): Weiße Biotechnologie – Chancen für neue Produkte und umweltschonende Prozesse, BMBF, Bonn, Berlin, 2007, S. 7, 9
- /8/ Stryer, L.: Biochemie; 4. Aufl., Heidelberg (u. a.), Spektrum Akademischer Verlag, 1996, S. 121 ff
- /9/ Hoppenheidt K.; Mücke W.; Peche, R.; Tronecker, D. et al.: Entlastungseffekte für die Umwelt durch Substitution konventioneller chemisch-technischer Prozesse und Produkte durch biotechnische Verfahren, Studie im Auftrag des UBA, UBA-Texte 07/05, Berlin, 2005, S. 10, 108 ff

- /10/ Flaschel, E.; Sell, D.: Charme und Chancen der Weißen Biotechnologie, Chemie Ingenieur Technik, Bd. 77, Nr. 9, 2005, S. 1298-1312
- /11/ Biotechnology Industry Organization: <http://bio.org/foodag/>, 2008, Abruf: 15.02.2009
- /12/ CCCB: Biopromesse? – La Biotechnologie, le Developpement Durable et l'Economie Future du Canada, Ottawa, 2006, Abruf: 03.03.2008, S. 31 ff
www.ic.gc.ca/eic/site/cbac-cccb.nsf/fra/ah00609.html bzw.
[www.ic.gc.ca/eic/site/cbac-cccb.nsf/vwapj/BSDE%20Executive%20Report%20-%20FRENCH.pdf/\\$file/BSDE%20Executive%20Report%20-%20FRENCH.pdf](http://www.ic.gc.ca/eic/site/cbac-cccb.nsf/vwapj/BSDE%20Executive%20Report%20-%20FRENCH.pdf/$file/BSDE%20Executive%20Report%20-%20FRENCH.pdf)
- /13/ Amman, R. I.; Ludwig, W.; Schleifer, K. H.: Phylogenetic identification and in-situ detection of individual microbial-cells without cultivation, Microbiol. Rev. 59, 1995, S. 143–169
- /14/ Delong, E. F.: Marine microbial diversity; The tip of the iceberg; Trends Biotechnol. 15; 1997; S. 203–207
- /15/ Alguéres, SMC; Almeida, RV; Clementino, MM et al.: Exploring the biotechnological applications in the archaeal domain, Brazilian J. Microbiol. 38, 2007, S. 398-405
- /16/ Ladenstein, R; Antranikian, G.: Proteins from Hyperthermophiles: Stability and enzymatic catalysis close to the boiling point of water; Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology, Bd. 61, 1998; S. 37-85
- /17/ Wagner-Döbler, I.; Beil, W.; Lang, S. et al.: Integrated Approach To Explore the Potential of Marine Microorganisms for the Production of Bioactive Metabolites; Advances in Biochemical engineering biotechnology, Hrsg.: Scheper, T., Bd. 74, Heidelberg, New York, Springer-Verlag Berlin, 2002; S. 207–238
- /18/ BMBF, BMWi (Hrsg.): En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy, 2007, Abruf: 10.09.2008, S. 6 ff, www.bmbf.de/pub/cp.pdf

- /19/ Heiden, S. (2006): Industrielle (Weiße) Biotechnologie – Biotechnologie auf dem Weg zur Nachhaltigkeit, In: Weiße Biotechnologie – Industrie im Aufbruch, Hrsg.: Heiden, S.; Zinke, H., Berlin, BIOCOM AG; S. 9-32
- /20/ Bachmann, R.; Budde, F.; Riese, J.: Die dritte Welle – Die Biotechnologie erobert die Chemieindustrie, Chemie Ingenieur Technik, Bd. 76, Nr. 8, 2004, S. 1155-1158
- /21/ Zinke, H.: Weiße Biotechnologie: Neue Produkte, gesellschaftlicher Nutzen und Wertschöpfungspotentiale, Zeitschrift für Biopolitik, Bd. 3, Nr. 2, 2004, S. 31-41
- /22/ Antranikian, G.; Grote, R.: Die industrielle Biotechnologie – Chancen für eine nachhaltige Chemie, Nachhaltige Chemie – Erfahrungen und Perspektiven, Hrsg.: Angrick, M.; Kümmerer, K.; Meinzer, L., Marburg, Metropolis, 2006, S. 237-255
- /23/ Festel, G.; Kölle, S.: Anwendungsbereiche, Marktperspektiven und Erfolgsfaktoren für die industrielle Biotechnologie, In: Weiße Biotechnologie – Industrie im Aufbruch, Hrsg.: Heiden, S.; Zinke, H., Berlin; BIOCOM AG; 2006; S. 41-50
- /24/ Biotechnology Industry Organization: New Biotech Tools for a Cleaner Environment, Washington DC, 2004, Abruf: 15.01.2008, S. 14 ff
www.bio.org/ind/pubs/cleaner2004/, *bzw.*
www.bio.org/ind/pubs/cleaner2004/CleanerReport.pdf
- /25/ Heinzle, E.; Biber, A.; Cooney, C.: Development of Sustainable Bioprocesses – Modeling and Assessment, Chichester, Wiley, 2006, S. 20, 73 ff
- /26/ Nusser, M.; Hüsing, B.; Wydra, S.: Potenzialanalyse der industriellen weißen Biotechnologie – Endbericht (Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Innovations- und Technikanalyse (ITA)), Fraunhofer ISI, Karlsruhe, März 2007, S. 142, 145, 148, 149, 152, 215

- /27/ BASF: Pressemitteilung „Bioabbaubarer Kunststoff Ecovio in Aldi Tüten“, 2009, Abruf: 29.03.2009, www.basf.com/group/pressemitteilung/P-09-157
- /28/ Natureworks: www.natureworksllc.com/product-and-applications/ingeo-biopolymer.aspx, 2009, Abruf: 29.03.2009
- /29/ Wolf, O. (Hrsg.): Techno-economic Feasibility of Large-scale Production of Bio-based Polymers in Europe, Sevilla, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), 2005, S. 81
- /30/ Berg, C.: World Ethanol Production and Trade to 2000 and Beyond, 1999, Abruf: 21.03.2008, www.distill.com/berg/
- /31/ Hüsing, B. et al.: Biotechnologische Herstellung von Wertstoffen unter besonderer Berücksichtigung von Energieträgern und Biopolymeren, Studie im Auftrag des UBA, Berlin, September 2003, UBA-Texte 64/03, S. 30 - 40, 121 ff
- /32/ Europäische Kommission: Richtlinie 2003/94/EG der Kommission vom 8. Oktober 2003 zur Festlegung der Grundsätze und Leitlinien der Guten Herstellungspraxis für Humanarzneimittel und für zur Anwendung beim Menschen bestimmte Prüfpräparate
- /33/ Balkenhohl, F.: Weiße Biotechnologie: Biotech meets Chemistry; In: Weiße Biotechnologie – Ökonomische und ökologische Chancen; Hrsg.: Dubbert, W.; Heine, T., 2006; S. 41-52
- /34/ Festel, G.; Knöll, J.; Götz, H. et al.: Der Einfluss der Biotechnologie auf Produktionsverfahren in der Chemieindustrie, Chemie Ingenieur Technik, Bd. 76, Nr. 3, 2004, S. 307-312
- /35/ McKinsey: By 2020 Industrial Biotechnology Will Account for 10 Percent of Sales within the Chemical Industry, 2006, Abruf: 24.01.2008, www.mckinsey.com

- /36/ Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie; Biotechnologie-Statistik 2008, Abruf: 28.03.2009
www.dib.org/default~cmd~shd~docnr~94273~lastDokNr~118452.htm#_Toc210717279
- /37/ OECD: Framework for Biotechnology Statistics, OECD Publications, Paris, 2005, S. 10
- /38/ BMBF (Hrsg.): Biotechnologie-Firmenumfrage 2008, Abruf: 28.03.2009, www.biotechnologie.de
- /39/ VCI: Chemiewirtschaft in Zahlen, Verband der Chemischen Industrie e. V, Frankfurt, 2008
- /40/ UNCED: Agenda 21, New York, 1992, Abruf: 28.03.2009, Kapitel 16, Sektion C, www.un.org/esa/sustdev/documents/
- /41/ OECD: Biotechnology for a Clean Environment – Prevention, Detection, Remediation, OECD Publications, Paris, 1994, S. 15
- /42/ Kostka, S.: Förderung des produktionsintegrierten Umweltschutzes in der Chemischen Industrie durch Einführung von Umweltmanagementsystemen in der Forschung und Entwicklung (Diss.), Technische Universität, Berlin, 1996, S. 5 ff
- /43/ Heiden, S.: Biotechnologie - Schlüssel zu einer nachhaltigen Entwicklung, Transkript, Bd. 11, Nr. 1, 2005, S. 38-40
- /44/ Hüsing, B.: Biotechnologie im produktionsintegrierten Umweltschutz, TA-Datenbank-Nachrichten, Bd. 8, Nr. 3/4, 1999, S. 61-64
- /45/ Zika, E.; Papatryfon, I.; Wolf, O. et al.: Consequences, Opportunities and Challenges of Modern Biotechnology for Europe, Sevilla, Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), 2007, S. 83 ff, 90, 95
- /46/ Sheldon, R.: Catalysis: The Key to Waste Minimization, Journal of Chemical Technology & Biotechnology, Bd. 68, Nr. 4, 1997, S. 381-388

- /47/ OECD: The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability – A Primer, OECD Publications, Paris, 2003, S. 16
- /48/ DIN 1997: DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement – Produkt-Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen, Beuth Verlag, Berlin
- /49/ OECD: The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability, OECD Publications, Paris, 2001, S. 59 ff
- /50/ Saling, P.; Kicherer, A.; Dittrich-Krämer, B. et al.: Eco-efficiency Analysis by BASF: The Method, International Journal of Life Cycle Assessment Bd. 7, Nr. 4, 2002, S. 203-218
- /51/ Saling, P.; Piepenbrink, M.; Kölsch, D.: Die Ökoeffizienz-Analyse in der Bewertung der Nachhaltigkeit von biobasierten Produkten (Vortrag), Jahres-tagung der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie, Halle (Saale), 2006, Abruf: 21.03.2008
<http://corporate.basf.com/basfcorp/img/sustainability/oekoeffizienz/>
- /52/ Renner, I; Klöpffer, W. (2005): Untersuchung der Anpassung von Ökobilanzen an spezifische Erfordernisse biotechnischer Prozesse und Produkte, Studie im Auftrag des UBA, UBA-Texte 02/05; 2005, Berlin, S. 35 ff
- /53/ BIO Deutschland (Hrsg.): Steuerliche Möglichkeiten zur Förderung von F&E bei Technologieunternehmen, 5. September 2008
- /54/ TNS Global (Hrsg.): our green world – an international survey covering 17 countries into how green we are really, Research report, December 2008
- /55/ Kindervater, R.: Biopolymere – Auf dem Weg zu den klimaneutralen Kunststoffen von morgen, In: Going Public: Biotechnologie 2008 (Sonderausgabe), September 2008, S. 104-105
- /56/ FNR: Projektliste zu PHB und Bioraffiniere, Abruf: 07.05.2009
www.nachwachsenerohstoffe.de/projekte-foerderung/projekte.html

- /57/ Kleist, S.: Optimierung eines fermentativen Verfahrens zur Herstellung einer bakteriellen Phytase, Dissertation, Technische Fakultät der Universität Bielefeld, August 2002
- /58/ Kircher, M.; Klabunde, J.; Herzberg, D.: Partnering Excellence in R&D, Production & Commercialization is Key to Success, Hrsg.: CLIB 2021 - Cluster Industrielle Biotechnologie, Düsseldorf, 2008
- /59/ BMWi (Hrsg.): Jahresbericht 2008/2009 - Die Initiative Kompetenznetze Deutschland im Überblick, Berlin, 15. Juli 2008
- /60/ Lingk, T.; Brück, B.: Cluster: Gesundheit / Biotechnologie / Medizintechnik / Life Sciences, Hrsg.: Stadt Leipzig, Dezernat Wirtschaft und Arbeit, Amt für Wirtschaftsförderung, Oktober 2006
- /61/ Weltzin, M.: Hintergrund Biokraftstoffe - Biokraftstoffe in Deutschland, Hrsg.: Bundestagsfraktion Bündnis 90 / Die Grünen, Büro Sylvia Kötting-Uhl (MdB), Berlin, Juli 2006
- /62/ EuropaBio (Hrsg.): Annual Report 2007, Brüssel, Juni 2007
- /63/ Nannen, H.: Kraftstoff aus Biomasse – Perspektiven für Biokraftstoffe der 2. Generation, Hrsg.: Volkswagen AG, Wolfsburg, 02. Mai 2006
- /64/ Bohlmann, J.: Biokraftstoffe der 2. Generation: Herstellungsoptionen, Stand der Technik, Effizienz, Kosten, Hrsg.: Fichtner GmbH & Co. KG, Stuttgart, 27. September 2006
- /65/ N. N.: Zucker statt Synthesegas, CHEManager, Ausgabe 13/2008, GIT Verlag, Darmstadt, 2008
- /66/ IG BCE (Hrsg.): Moderne Biotechnologie – Chancen für Deutschland und Gestaltungsauftrag für die IG BCE, Hannover, März 2008
- /67/ Zorbas, H.: Einleitung zu „Ausgründungs- und Exit-Strategien in der Weißen Biotechnologie – ein Leitfaden für künftige Unternehmer“, BioM WB GmbH, Biotechnica, Hannover, 9.10.2008

- /68/ Lahr, H.: Wertschöpfung und Wertschöpfungspotenziale in der Weißen Biotechnologie, Center for Entrepreneurial and Financial Studies, TU München, im Rahmen der Veranstaltung „Ausgründungs- und Exit-Strategien in der Weißen Biotechnologie“, BioM WB GmbH, Biotechnica, Hannover, 9.10.2008
- /69/ Platz, H.: Finanzierungskonzepte, Exit-Strategien – Welche Voraussetzungen sind notwendig, dass man Geld bekommt?, Kayenburg AG Corporate Finance, München, im Rahmen der Veranstaltung „Ausgründungs- und Exit-Strategien in der Weißen Biotechnologie“, BioM WB GmbH, Biotechnica, Hannover, 9.10.2008
- /70/ Bronsema, V.: Steuerliche Rahmenbedingungen für innovative Unternehmensgründer in Deutschland, BIO Deutschland e.V., im Rahmen der Veranstaltung „Ausgründungs- und Exit-Strategien in der Weißen Biotechnologie“, BioM WB GmbH, Biotechnica, Hannover, 9.10.2008
- /71/ Arndt, W.: Anleitung zur Existenzgründung – Lernphase und Vorbereitung auf eine Unternehmensgründung, MBPW GmbH, München, im Rahmen der Veranstaltung „Ausgründungs- und Exit-Strategien in der Weißen Biotechnologie“, BioM WB GmbH, Biotechnica, Hannover, 9.10.2008
- /72/ Zorbas, H.: Technologie Scouting, im Rahmen der Veranstaltung „Ausgründungs- und Exit-Strategien in der Weißen Biotechnologie“, BioM WB GmbH, Biotechnica, Hannover, 9.10.2008
- /73/ BIOCUM Verlag GmbH (Hrsg.): 10th Guide to German Biotech Companies 2008, Berlin, 2008
- /74/ Von Au, G.: Biokraftstoffe der zweiten Generation sind ein gigantischer Wachstumsmarkt Interview, In: Going Public: Biotechnologie 2008 (Sonderausgabe), September 2008, S. 92-93

- /75/ Kircher, M.: Industrielle Biotechnologie – Die wichtigsten Felder im Überblick, In: Going Public: Biotechnologie 2008 (Sonderausgabe), September 2008, S. 94-96
- /76/ Festel, G.: „Entwicklungshilfe“ für die Industrielle Biotechnologie – Erste Gründungserfolge infolge des BMBF-Förderprogramms BioIndustrie 2021, In: Going Public: Biotechnologie 2008 (Sonderausgabe), September 2008, S. 98-99
- /77/ Antranikian, G.: Der Umwelt zuliebe – Biokatalyse auf neuen Wegen, In: Going Public: Biotechnologie 2008 (Sonderausgabe), September 2008, S. 102
- /78/ Koltermann, A.: Schlüsselrolle der Weißen Biotechnologie – Nachhaltige Biokraftstoffe und Chemieprodukte, In: Going Public: Biotechnologie 2008 (Sonderausgabe), September 2008, S. 106-107
- /79/ Martin, T.: Biotech „Made in Germany“ – From Start-up to Grown-up, Invest in Germany GmbH (Hrsg.), Berlin, April 2008
- /80/ Kircher, M.; Terzenbach, D.: Strategien der weißen Biotechnologie – 60 Mio. Euro für Biotechnologie-Cluster (Interview), In: BIOSpektrum, Spektrum Akademischer Verlag, Ausgabe 6, 14. Jahrgang, Oktober 2008, S. 650
- /81/ Antranikian, G.: Industrielle Biotechnologie – gegenwärtiger Stand in Forschung und Technik, In: Weiße Biotechnologie – ökonomische und ökologische Chancen, Hrsg.: Dubbert, W., UBA, Heine, T., DIB, 2006, S. 25-34
- /82/ BMU: Umwelttechnologien, Pressemitteilung Nr. 255/08, 12.11.2008
- /83/ Rhein, H.-B.; Ulber, R. et al.: Ermittlung von Substitutionspotentialen von chemischen Verfahrenstechniken durch bio-/gentechnische Verfahren zur Risikovorsorge, Studie im Auftrag des UBA, UBA-Texte 29/02

- /84/ N. N.: Langwierige Umstellung auf neue Rohstoffe, CHEManager, Ausgabe 3/2009, GIT-Verlag, Darmstadt
- /85/ N. N.: Biotechnologie-Branche mit weniger Schwung, CHEManager, Ausgabe 3/2009, GIT-Verlag, Darmstadt
- /86/ N. N.: Nachwachsende Rohstoffe, Trendbericht Nr. 21, Presseinformation zur ACHEMA, Hrsg.: DECHEMA e. V., April 2009
- /87/ N. N.: Industrielle Biotechnologie, Trendbericht Nr. 13, Presseinformation zur ACHEMA, Hrsg.: DECHEMA e. V., April 2009
- /88/ N. N.: Kritik des Sachverständigenrats am MoRaKG, Pressemitteilung vom 17. Juni 2008,
http://www.gruendermagazin.com/existenzgruendung-index-38--962--kritik_des_sachverstaendigenrats_am_morakg_berechtigt.htm
- /89/ N. N.: Schwarz-Rot plant den grünen Aufschwung, Pressemitteilung HAZ vom 23.10.2008
- /90/ N. N.: Genencor and BRAIN establish a research collaboration for the production of biobased chemicals from renewable feedstock, Pressemitteilung vom 07.01.2009,
http://www.genencor.com/cms/connect/genencor/media_relations/news/archive/2009/pressrelease_436_en.htm
- /91/ N. N.: DuPont und Genencor wollen gemeinsam Ethanol aus Zellulose gewinnen, Pressemitteilung vom 15.05.2008,
http://www2.dupont.com/EMEA_Media/en_GB/newsreleases_de_2008/article20080515de.html
- /92/ Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit 2009, Berlin, März 2009,
www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten/kurzfassung_upload.pdf

- /93/ Garthoff, B.: Ausführungen zur Steuerpolitik, zitiert nach Pressemitteilung der DIB vom 14.09.2006
- /94/ Schmidt-Brand, J. : Workshopbericht zum Thema „Finanzen und Steuerpolitik“ der Konferenz „European BioPerspective“, Biotechnica Hannover 2008
- /95/ N. N.: „Grüne Steuer: Mehrwertsteuersenkungen unwahrscheinlich“, Pressemitteilung EurActiv vom 06.03.2009
- /96/ Bio Deutschland e.V.: Brief an die Bundesregierung vom 24.03.2009
- /97/ Schink, A.: Biomasse und Biokraftstoffe der II. Generation - Förderansätze, Anreizprogramme und gesetzliche Maßnahmen, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 03.07.2008
www.ebs.edu/lge-conference/Download/EBS_Private_Equity_Umwelt_Schink.pdf
- /98/ BMWi (Hrsg): Rahmenbedingungen und Ausprägung der akademischen Gründungsförderung an 100 deutschen Fachhochschulen, Forschungsbericht Nr. 576, November 2008
- /99/ Büchele, R.; Henzelmann, T.: GreenTech made in Germany - Unternehmensbefragung 2008 im Auftrag des BMU, Roland Berger Strategy Consultants GmbH, 2009
- /100/ Lehmann, F.; Schneller, A.: Patentfibel – Von der Idee bis zum Patent, InnoWi GmbH, November 2002
- /101/ BMJ: Patentsrechtsmodernisierung, Abruf: 18.05.2009,
www.bmj.bund.de/enid/Patente/Patentrechtsmodernisierung_1i1.html
- /102/ N. N.: Patentanmeldungen gehen in ganz Europa zurück, Pressemitteilung EurActiv vom 30.04.2009
- /103/ SIGNO-Projektmanagement (Hrsg.): KMU-Patentaktion – Mit dem Patent zum Erfolg, Flyer, April 2009

- /104/ BMWi, BMU (Hrsg.): Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm, Berlin, 05.12.2007
- /105/ BMWi (Hrsg.): Bundeswirtschaftsministerium wirbt für mehr staatliche Nachfrage nach Innovationen, Pressemitteilung vom 26.02.2009
- /106/ Hammans, P. E.: Intellectual Property (IP) in Bioscience, Patev GmbH & Co. KG, im Rahmen der Veranstaltung „Ausgründungs- und Exit-Strategien in der Weißen Biotechnologie“, BioM WB GmbH, Biotechnica, Hannover, 9.10.2008
- /107/ BMWi: Patentschutz und Innovation, Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirates, Berlin, März 2007
- /108/ UBA (Hrsg): Hintergrundpapier zur nachhaltigen Chemie, Dessau, März 2009
- /109/ Firma Cognis, Cosmetic Business GmbH, München: „Green Chemical Solutions – unterstützt Kunden bei der Formulierung grüner Produkte“, News-Mitteilung vom 18.07.2007
- /110/ BMBF, BMU (Hrsg.): Masterplan Umwelttechnologien, November 2008
- /111/ Bundesregierung (Hrsg.): Fortschrittsbericht 2008 zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, Berlin, Juli 2008
- /112/ Anastas, P. T.; Warner, J. C.: Green Chemistry - Theory and Practice; London; Oxford University Press, 1998
- /113/ N. N.: Medien misslingt es über Innovationen zu berichten, Pressemitteilung EurActiv vom 05.05.2009
- /114/ Meiß, K.-M.; Eisenberg, W.; Gustrau-Wissing, M.: Implementationsstudie zur biotechnologischen Produktion von Biopolymeren unter Einsatz digitaler Modelle auf der Basis nachwachsender Rohstoffe und organischer Abfälle, Studie im Auftrag des UBA, Juni 2003, UBA-Texte 38/03

- /115/ Bengs, H.: Innovation durch Kooperation, CHEManager, Ausgabe 6/2009, GIT-Verlag, Darmstadt
- /116/ Schüler, J.: Finanzierung europäischer Biotech-Unternehmen weiter im Aufwind, In: Going Public: Biotechnologie 2008 (Sonderausgabe), September 2008, S. 136-138
- /117/ Kreifels, R.; von Baum, F.: Allianzen zwischen Biotech und Big Pharma, In: Going Public: Biotechnologie 2008 (Sonderausgabe), September 2008, S. 132-133
- /118/ Litzka, O.: Deutschland bietet zurzeit sehr gute Investmentmöglichkeiten, Interview, In: Going Public: Biotechnologie 2008 (Sonderausgabe), September 2008, S. 132-133
- /119/ Gerbsch, N.: Gemeinsam stärker? – Neue Kooperationsformen zwischen Pharma-Mittelstand, Investoren und Biotech-KMU, In: Going Public: Biotechnologie 2008 (Sonderausgabe), September 2008, S. 130-131
- /120/ BMU (Hrsg.): Entwurf der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung, März 2009,
www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/40712.php
- /121/ Schüler, J. et al.: Verhaltene Zuversicht – Deutscher Biotechnologie-Report 2007, Hrsg.: Ernst & Young AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, Mannheim, April 2007
- /122/ Ernst & Young (Hrsg.): Finanzierung macht Biotech-Branche zu schaffen, Pressemitteilung zum Deutschen Biotechnologie-Report 2009 vom 06.05.2009
- /123/ Koltermann, A.: Business models in White Biotechnology - Implementation of successful models on the market, Südchemie AG, im Rahmen der Veranstaltung „Ausgründungs- und Exit-Strategien in der Weißen Biotechnologie“, BioM WB GmbH, Biotechnica, Hannover, 9.10.2008

- /124/ Wich, G.: Ist die Chemieproduktion bald grün?, CHEManager 6/2009, GIT-Verlag, Darmstadt
- /125/ N. N.: Biomasse statt Erdöl, CHEManager, Ausgabe 10/2009, GIT-Verlag, Darmstadt
- /126/ N. N.: Kurz berichtet: Chemisch-Biologisches Prozesszentrum CBP, EUWID Recycling und Entsorgung, Nr. 16 vom 15.04.2009, S. 22
- /127/ Zacharias, B.: Minderung der Phosphor- und Stickstoffemissionen aus der Schweinehaltung in den Niederlanden, Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Juli 2008
www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1226484_I1/LSZ_NPReduktionHolland.pdf
- /128/ Henrich, E.; Dinjus, E.; Meier, D.: Hochwertige Biomassenutzung durch Flugstrom-Druckvergasung von Pyrolyseprodukten, 13. Internationales Sonnenforum, Berlin, 12.09.-14.09.2002

Anhang

- Anhang 1: Fragebogen
- Anhang 2: Vorstudie
- Anhang 3: Teilnehmerliste zum Fachgespräch
Weiße Biotechnologie
- Anhang 4: Präsentationsfolien des Fachgesprächs
Weiße Biotechnologie
- Anhang 5: Liste der im Interview befragten Experten
im Nachgang zum Fachgespräch