
Inhaltsverzeichnis

1	Vom Kontrast zur Konvergenz	1
1.1	Der Ursprung: Technik hilft beim Überlebenskampf	1
1.2	Neuer Ansatz: Natur und Technik kooperieren und konvergieren	2
1.3	Aktuell: Biologische und digitale Transformation befruchten und beflügeln einander	4
1.4	Das Ziel: Effiziente und nachhaltige Wertschöpfung	5
1.5	Biologische Transformation bei Fraunhofer und Ausblick	6
2	Biologische Transformation	9
2.1	Die Bedeutung der Biologischen Transformation	9
2.2	Die Natur als Inspiration für Innovationen „Made in Germany“	10
2.3	Der Beitrag zu globalen Herausforderungen und Lösungen zu Nachhaltigkeit	12
2.4	Konzepte und Beispiele aus der Fraunhofer-Forschung zur Biologischen Transformation	14
2.5	Prozesse	18
3	Bionikforschung für die Medizintechnik	21
3.1	Einleitung	22
3.1.1	Bionik als Kreativitätstechnik	22
3.1.2	Bionik als Disziplin mit vielen Subdisziplinen	22
3.2	Hauptstränge der Bionik	23
3.2.1	Bionik – Paradigmenwechsel und radikale Innovationen	24
3.2.2	Bionik umfasst alles außer Biotechnologie	25
3.3	Die Rolle der Bionik in der Biologischen Transformation	26
3.4	Die Bionik in der Medizin(technik)	27

V

3.4.1	Chirurgische Knochenstanze nach Vorbild von Schlange und Katze	28
3.4.2	Bohren nach Vorbild der Insekten	30
3.4.3	Implantate (Endoprothesen)	32
3.4.4	Exoprothesen	34
4	Innovative Nahrungsmittel	39
4.1	Einleitung und Hintergrund	40
4.2	Pflanzliche Proteine als funktionelle Lebensmittelzutaten	42
4.2.1	Gewinnungsverfahren für pflanzliche Proteinzutaten	43
4.2.2	Modifikation pflanzlicher Proteinzutaten	46
4.3	Allergenität pflanzlicher Proteine und Strategien zur deren Reduktion	49
4.3.1	Lebensmittelallergien und Lebensmittelallergene	49
4.3.2	Strategien für betroffene Verbraucher	50
4.3.3	Möglichkeiten zur Reduktion des allergenen Potenzials von Proteinzutaten	50
4.4	Texturierung pflanzlicher Proteinzutaten mittels Kochextrusion ..	54
4.4.1	Extruder und Extrusionsparameter in der Lebensmittelverarbeitung	55
4.4.2	Herstellung pflanzlicher Fleischalternativen	56
4.5	Weitere Applikationen von Pflanzenproteinen	60
5	Technische Heimaten für menschliche Zellen	67
5.1	Einleitung	68
5.2	Anforderungen von biologischer Seite und Modellierung biologischer Prozesse	69
5.3	Mikrophysiologische Organ-on-a-Chip-Systeme als interdisziplinäre Plattform	69
5.3.1	Einleitung	71
5.3.2	Spezifische Organ-on-a-Chip-Systeme	73
5.3.3	Multi-Organ-Chips – All-In-One-Microfluidic	75
5.3.4	Ausblick	79
5.4	Sensorik und Aktorik für die Automatisierung in der Bioanalytik ..	80
5.4.1	Automatisierte Hochdurchsatz-Mikroskopie für die Zellproduktion	80
5.4.2	Deep Learning für Klassifizierung in der Zellmikroskopie	83

5.4.3	Optische Kohärenztomographie (OCT) als Sensorik im Tissue Engineering	84
5.5	Die Laborautomatisierung als Grundlage für den Prozesstransfer in der biologischen Transformation	87
5.6	Fazit und Ausblick	92
6	Phäno- und Genotypisierung von Pflanzen	95
6.1	Einleitung	95
6.2	Motivation	97
6.3	Genereller Ansatz und Beispiele umgesetzter Lösungen	99
6.4	Ausblick	104
7	Zellen als Sensoren	109
7.1	Einleitung	109
7.2	Die Bedeutung zellbasierter Bioanalytik	111
7.3	Zellkulturmodelle für verschiedene bioanalytische Anwendungen	113
7.4	Nichtinvasive physikalische Signalwandler zum Monitoring lebender Zellen	116
7.5	Zellen als Sensoren – Anwendungsbeispiele einer integralen Effektanalytik	122
7.5.1	Impedanzbasierte Analyse der Zellformänderung unter Einfluss externer Faktoren	123
7.5.2	Analyse zytomechanischer Veränderungen durch Piezoresonatoren	126
7.5.3	Quantitative Wirkstofftestung mit Sensorzellen und evaneszenten Feldern	128
7.6	Schlussbemerkung	129
8	Biopolymere – vielseitige Funktionsträger in der interdisziplinären Materialforschung	133
8.1	Einleitung	134
8.2	Einführung zu biologischen Bausteinen/Funktionen	135
8.3	Integration biologischer Funktionen in Materialien	138
8.3.1	Integration auf molekularer Ebene	138
8.3.2	Neue biologische Funktionen in thermoplastischen Biokunststoffen	148
8.4	Biomaterialien für die Medizin	154

9 Biogene Kunststoff-Additive	165
9.1 Einleitung	165
9.2 Weichmacher auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen	167
9.3 Antioxidantien aus Pflanzenextrakten	170
9.4 Lichtschutzmittel aus Pflanzenextrakten	173
9.5 Flammenschutzmittel aus nachwachsenden Rohstoffen	174
9.6 Sonstige Kunststoff-Additive aus nachwachsenden Rohstoffen	176
9.7 Ausblick	178
10 Organismen als Produzenten	183
10.1 Produktion von Nahrungsmittelproteinen in mikrobiellen Zellfabriken	184
10.1.1 Einleitung und Hintergrund	184
10.1.2 Auswahl und Optimierung eines geeigneten Phenylalaninfreien Nahrungsmittelproteins	185
10.1.3 Produktion und Testung des Phenylalanin-freien Proteins	186
10.1.4 Ausblick	187
10.2 Pflanzliche Stammzellen für die kosmetische Industrie	188
10.2.1 Einleitung und Hintergrund	188
10.2.2 Herstellung und Produktion pflanzlicher Stammzellen	188
10.2.3 Optimierung der Produktionsbedingungen	190
10.2.4 Fazit	191
10.3 Wertstoffe aus Mikroalgen – Erhöhung der Wertschöpfung durch Kaskadennutzung und Fraktionierung	191
10.3.1 Einleitung	191
10.3.2 Mikroalgeninhaltsstoffe und Anwendungsgebiete	193
10.3.3 Mikroalgenkultivierung	194
10.3.4 Biomasseaufarbeitung	197
10.3.5 Ausblick	199
11 Biologisierte Robotik und Biomechatronik	203
11.1 Einleitung	204
11.2 Mensch-Roboter-Kollaboration: Überblick, Chancen und Herausforderungen	204
11.3 Einsatzpotenziale, Klassifikation der Mensch-Roboter-Kollaboration, Normenwerke	205
11.3.1 Interaktionsformen	205
11.3.2 Gefahren und Schutzprinzipien	206

11.4	Gefährdungsbeurteilung bei Kollaboration mit Robotern	207
11.4.1	Aktueller Bedarf an Belastungsgrenzen	208
11.4.2	Unterscheidung von Belastungsgrenzen	209
11.4.3	Studien zur Erarbeitung von Belastungsgrenzen	211
11.5	Roboter-Applikation mit MRK: Heute und morgen	212
11.6	Exoprothesen und Exoskelette	218
11.6.1	Von der mechanischen zur mechatronischen Mensch-Technik-Schnittstelle	218
11.6.2	Neue Wege der Biosignalaufnahme	221
11.7	Zusammenfassung und Ausblick	223
12	Future AM	229
12.1	Einleitung	230
12.2	Defizite und daraus abgeleitete Handlungsfelder für Metall AM	234
12.3	Zielsetzung	236
12.4	Stand der Technik	240
12.5	Aktuelle Ergebnisse	247
12.6	Ausblick	248
13	Insektenbiotechnologie	251
13.1	Einleitung	252
13.2	Antibiotika aus Insekten	252
13.3	Virulenzblocker aus Insekten	254
13.4	Insektenenzyme für die industrielle Biotechnologie	255
13.5	Insekten als alternative Proteinquelle	258
13.6	Insektenbiotechnologie im Pflanzenschutz	259
13.6.1	RNA-Interferenz (RNAi) im Pflanzenschutz	261
13.6.2	Sterile-Insekten-Technik (SIT)	262
14	Das Wertstoff-Prinzip	265
14.1	Einleitung	266
14.2	Holz als Werkstoff	268
14.2.1	Struktur und Zusammensetzung	268
14.2.2	Pflanzenfasern	270
14.2.3	Holz- und Faserverbundwerkstoffe	273
14.3	Hybridwerkstoffe mit Holz- und Pflanzenfasern	275
14.3.1	Holzbasierte Hybridwerkstoffe	275
14.3.2	Hybride Materialien aus pflanzlichen Fasern	279

14.4	Hierarchische Holzstruktur und Umwandlung in neue Materialien	282
14.5	Holz als Quelle für chemische Verbindungen	285
14.6	Technologiebewertung	285
14.7	Die Aufschlussverfahren im Überblick	288
14.7.1	Mechanische Vorbehandlung (Strukturerhaltendes Verfahren)	288
14.7.2	Autohydrolyse/Hydrothermolyse/Dampfdruckaufschluss (Strukturerhaltendes Verfahren)	288
14.7.3	Alkalische Aufschlussverfahren (Strukturerhaltende Verfahren)	292
14.7.4	Sulfitaufschluss/Ligninsulfonierung (Strukturerhaltendes Verfahren)	293
14.7.5	Aufschluss mit Alkoholen, Organosolv-Verfahren (Strukturerhaltendes Verfahren)	294
14.7.6	Aufschluss mit organischen Säuren (Strukturerhaltendes Verfahren)	295
14.7.7	Aufschluss mit ionischen Flüssigkeiten (Strukturerhaltendes Verfahren)	297
14.7.8	Aufschluss durch Kalziumoxid (Strukturerhaltendes Verfahren)	298
14.7.9	Vorbehandlungen für eine anschließende Hydrolyse und Verwertung der Zuckerfraktionen (teilweise strukturabbauende Verfahren)	298
14.7.10	Verwertung der Ligninfraktion	302
14.8	Pyrolyse zu Öl (Nicht-Strukturerhaltendes Verfahren)	304
14.9	Pyrolyse mit anschließender Vergasung (Nicht-Struktur- erhaltendes Verfahren)	306
14.10	Vergärung (Nicht-Strukturerhaltendes Verfahren)	308
15	Kognitive Sensorik der Biologie	317
15.1	Einleitung und Motivation	318
15.2	Lernen aus der Biologie	320
15.2.1	Insektenschwärme als multi-modale Sensornetzwerke ..	320
15.2.2	Beyond Human Vision – Multispektral und Polarisation	323
15.3	Lernen für die Biologie	326
15.3.1	Digitalisierung der Wahrnehmung – Campus der Sinne ..	326
15.3.2	Digitalisierung selbstähnlicher biologischer Strukturen ..	330

15.4	Das Kognitive Internet	333
16	Schutz vor Biofouling	337
16.1	Einleitung	338
16.2	Entstehung und Bekämpfung von Biofouling	340
16.3	Marktentwicklung	345
16.4	Beispiel: Antifouling durch elektrisch leitfähige Schiffslacke	346
16.5	Beispiel: Low-Fouling-Membranmodule für die Umkehrosmose	351
16.6	Ausblick	355
17	Urban Agriculture	359
17.1	Einleitung	360
17.2	Neue Ansätze zur wissensbasierten urbanen Landwirtschaft	360
17.3	Lokale Produktionsstandorte	361
17.4	Kreislaufbasierte Agrarwirtschaft	363
17.5	Digitaler Gartenbau	366
17.6	Ausblick	368
18	Digitale Dörfer	371
18.1	Einleitung	372
18.2	Smart Ecosystems als Basis Digitaler Ökosysteme	374
18.2.1	Die Plattformstrategie – mehr als die Summe aller Teile	375
18.2.2	Von Plattformen zu Smart Ecosystems	375
18.3	Das Smart Ecosystem der Digitalen Dörfer	377
18.4	Erfolgsfaktoren einer Smart Rural Area	378
18.5	Smart Rural Areas – Mehr als ein theoretisches Konstrukt	379
18.6	Eine einheitliche Plattform mit flexibel nutzbaren Diensten	380
18.7	Das Smart Ecosystem „Rural Areas“	382
18.8	Ausblick	385
19	Alternativen zum Wachstum	389
19.1	Einleitung: Grenzen des Wachstums, Grenzen der Wachstumsökonomie?	390
19.2	Der populationsökologische Blick: Wachstumsstrategie versus Kapazitätsstrategie	392
19.2.1	Die Wirtschaftsentwicklung aus Ressourcensicht	393
19.2.2	Eigenschaften von Klimaxökosystemen	394

19.3 Übertragung auf die Wirtschaft: Eigenschaften der Klimaxökonomie wie Nischen, Vernetzung, Stoffkreisläufe	395
19.4 Land- und Forstwirtschaft als Vorreiter der Klimaxökonomie	397
19.5 Wertschöpfungsnetzwerke für eine Klimaxökonomie	403
19.6 Ausblick	406