Andreas Kalweit, Christof Paul, Sascha Peters, Reiner Wallbaum
Herausgeber

Handbuch für Technisches Produktdesign

Material und Fertigung
Entscheidungsgrundlagen für Designer und Ingenieure

Springer

VDI

IMPRESSUM

Herausgeber:
Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Des. Andreas Kalweit,
Dipl.-Des. Christof Paul,
Dr. phil. Dipl.-Ing. Dipl.-Des. (BA) Sascha Peters,
Reiner Wallbaum

Autor (Text):
Dr. phil. Dipl.-Ing. Dipl.-Des. (BA) Sascha Peters

Autoren (Grafiken/ Bilder):
Dipl.-Ing. (FH), Dipl.-Des. Andreas Kalweit,
Dipl.-Des. Christof Paul,
Reiner Wallbaum

Andreas Kalweit
Konkordiastraße 58
40219 Düsseldorf
andreas@andreaskalweit.com

Christof Paul
Brunnenstraße 23
40223 Düsseldorf
christof@uniteddesignworkers.com

Dr. Sascha Peters
Tempelherrenstraße 15
10961 Berlin
peters@haute-innovation.com

Reiner Wallbaum
Brunnenstraße 23
40223 Düsseldorf
reiner@uniteddesignworkers.com

Herausgeber und Verlag danken den Sponsoren für die Unterstützung bei der Veröffentlichung des Werkes.

ISBN 978-3-642-02641-6
e-ISBN 978-3-642-02642-3
DOI 10.1007/978-3-642-02642-3
Springer Heidelberg Dordrecht London New York

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Einbandentwurf: eStudioCalamar Girona | Berlin
nach Vorschlägen von www.uniteddesignworkers.com
Layout/ Satz: www.uniteddesignworkers.com, Düsseldorf

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

GELEITWORT

Interdisziplinarität schafft Innovationen

Die deutsche und europäische Hochleistungsmedizin genießt weltweit einen hervorragenden Ruf. Grundlage hierfür ist ihre Innovationsfähigkeit. Wichtige Entwicklungen der letzten Jahrzehnte stammen aus Deutschland, wie beispielsweise die Endoskopie, der Ballonkatheter und nicht zuletzt die Mikrotherapie. Auf dem Weltmarkt Gesundheit haben unsere Produkte gute Chancen, denn unsere Medizin hat hochwertige Ware zu bieten und der Bedarf danach wächst rasant. Wir sollten gerade diese Innovationsstärke erhalten und fördern, damit nicht auch künftig medizinische Neuerungen, wie die oben genannten, hier entwickelt werden, aber anderswo vermarktet. Jeder profitiert von Investitionen in die medizinische Forschung, denn letztlich sind wir alle irgendwann Patienten. Aber finanzieller Aufwand allein reicht nicht aus. Notwendig ist auch eine Vernetzung der verschiedenen Fachdisziplinen. Die Interdisziplinarität ist das Modell der Zukunft.

Viele Ideen und Innovationen verdanken ihre Entstehung dem Austausch von Wissen. Der neue Blick auf das eigene Fachgebiet und die Verbindung mit fachfremden Methoden führen oft fast automatisch zu innovativen Techniken. Auch die Verbindung von Medizin und Design bietet diese Chance. Wurden in der Vergangenheit medizinische Geräte meist nach funktionalen Gesichtspunkten entworfen, hat man heute die positive Wirkung des Designs entdeckt.

Design als strategisches Instrument und Wirtschaftsfaktor in einem Unternehmen kann einen Stellenwert einnehmen, der neue Entwicklungspotenziale aus den verschiedenen Disziplinen zusammenführend erschließen kann. Patienten können durch freundliche Form und Farbgebung beruhigt werden. Monströse Apparaturen sind oft schlecht handhabbar, können Angstgefühle hervorrufen und werden zunehmend aus modernen Praxen verschwinden, da sich mittlerweile hierfür eine Wahrnehmung entwickelt hat. So ergibt sich, bei gleicher Technik, aber anderem Erscheinungsbild, ein nicht zu unterschätzender Wettbewerbsvorteil. Es geht also nicht nur um Abbau von Ängsten. Qualitativ hochwertiges und ergonomisches Design ist zusätzlich im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit und einfache Handhabbarkeit sehr wichtig, da die Behandlungsqualität erhöht werden kann. Auch die Wahl des Materials kann den positiven Einfluss des Design steigern. Zum Einsatz sollten vor allem Stoffe kommen, die den Körper des Patienten nicht zusätzlich belasten. Außerdem kann die verstärkte Verarbeitung von wiederverwertbaren Materialien in der Medizin, aber nicht nur dort, sondern auch in allen anderen Lebensbereichen, wesentlich zur Entlastung der Umwelt beitragen.

Prof. Dr. Dietrich Grönemeyer

Vorsitzender des Wissenschaftsforums Ruhr e.V.

VORWORT

Innovationen sind zum entscheidenden Schlüssel für Unternehmen in einer post-industriellen Gesellschaft geworden. Marktfähige Produkte entstehen heute aus einer Synthese von technologischem Wissen einerseits und der Fähigkeit zur frühzeitigen Identifikation sozioökonomischer Trends andererseits. Die Schnittstelle zwischen Design und Technik hat sich zum Inkubator für Produktideen entwickelt, von dem bedeutende Innovationsimpulse ausgehen.

Jede Produktentwicklung verlangt von den beteiligten Disziplinen umfangreiches Fachwissen. Kenntnisse über Materialien und Fertigung sind zentrale Themen, die vom Designer bis zum Ingenieur vorausgesetzt werden. Das vorliegende »Handbuch für Technisches Produktdesign« befasst sich mit diesen zwei Themenfeldern. Vertreter kreativer Disziplinen werden umfassend über technologisches Wissen zu den bedeutendsten Werkstoffgruppen und Produktionsmöglichkeiten informiert. Wichtige Zusammenhänge werden anschaulich und wissenschaftlich fundiert in Form eines umfassenden Nachschlagewerks aufbereitet. Die Informationen sind zahlreichen Veröffentlichungen entnommen und wurden um die Erfahrungen der Herausgeber ergänzt. Das Wissen ist dabei in einer Art präsentiert, die die Denkweise von Designern und Ingenieuren anspricht und unterstützt. Eine schnelle und umfassende Informationsaufnahme der technologischen Rahmenbedingungen für einen Produktentwurf wird auf diese Weise in kürzester Zeit möglich.

Das Buch gibt Anstoß, um über den eigenen Horizont hinauszublicken, kreativ mit Materialien und Fertigungsmethoden umzugehen, Belange anderer Disziplinen besser zu verstehen und der Forderung nach Innovation gerecht zu werden. Die umfangreiche und übersichtliche Sammlung von Informationen erweitert den Möglichkeitsspielraum bei der Produktentwicklung. Weitreichende Innovationen und wirtschaftlich erfolgreiche Produkte werden ebenso gefördert wie eine effiziente Kooperation zwischen Designern und Technologen.

Wir wünschen allen Lesern viel Freude bei einer Entdeckungsreise durch die Welt der Werkstoffe und Produktionstechniken und viel Erfolg bei der Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse im interdisziplinären Innovationsprozess!!

Die Herausgeber
August 2011

INHALT

EINLEITUNG 19

MET METALLE 29

MET 1 Charakteristika und Materialeigenschaften 31
MET 1.1 Zusammensetzung und Struktur 31
MET 1.2 Physikalische Eigenschaften 33
MET 1.3 Mechanische Eigenschaften 34
MET 1.4 Chemische Eigenschaften 34

MET 2 Prinzipien und Eigenheiten der Metallverarbeitung 35

MET 3 Vorstellung einzelner Metallsorten 36
MET 3.1 Eisenwerkstoffe 36
MET 3.1.1 Eisenwerkstoffe – Gusseisen 40
MET 3.1.2 Eisenwerkstoffe – Stahl 41
MET 3.1.3 Eisenwerkstoffe – Edelstahl 46
MET 3.2 Nichteisenleichtmetalle 47
MET 3.2.1 Aluminiumlegierungen 47
MET 3.2.2 Nichteisenleichtmetalle – Magnesiumlegierungen 49
MET 3.2.3 Nichteisenleichtmetalle – Titanlegierungen 50
MET 3.3 Nichteisenschwermetalle 51
MET 3.3.1 Nichteisenschwermetalle – Kupferlegierungen 51
MET 3.3.2 Nichteisenschwermetalle – Bronzelegierungen 53
MET 3.3.3 Nichteisenschwermetalle – Messinglegierungen 54
MET 3.3.4 Nichteisenschwermetalle – Zinklegierungen 55
MET 3.3.5 Nichteisenschwermetalle – Zinnlegierungen 56
MET 3.3.6 Nichteisenschwermetalle – Nickellegierungen 57
MET 3.3.7 Nichteisenschwermetalle – Bleilegierungen 58
MET 3.3.8 Nichteisenschwermetalle – Chromlegierungen 59
MET 3.4 Edelmetalle 60
MET 3.4.1 Edelmetalle – Gold 60
MET 3.4.2 Edelmetalle – Silber 62
MET 3.4.3 Edelmetalle – Platin 64
MET 3.5 Halbmetalle – Silizium 65

MET 4 Eigenschaftsprofile der wichtigsten Metallwerkstoffe 66

MET 5 Besonderes und Neuheiten im Bereich der Metalle 68
MET 5.1 Metallschaum 68
MET 5.2 Formgedächtnislegierungen (shape memory alloys) 69
MET 5.3 Metallische Gläser (amorphe Metalle) 70
MET 5.4 Nanopartikel 70

MET Literatur 72

KUN KUNSTSTOFFE 75

KUN 1 Charakteristika und Materialeigenschaften 77
KUN 1.1 Zusammensetzung und Struktur 77
KUN 1.2 Einteilung der Kunststoffe 78
KUN 1.3 Physikalische Eigenschaften 79
KUN 1.5 Chemische Eigenschaften 80
KUN 1.6 Additive und Faserzumischung 80

KUN 2 Prinzipien und Eigenheiten der Kunststoffverarbeitung 83
KUN 2.1 Herstellung einer Silikonform 84
KUN 2.2 Verfahren zur Herstellung faserverstärkter Kunststoffe 85
KUN 2.3 Kunststoffrecycling 87

KUN 3 Kunststoffgerechte Konstruktion 88

KUN 4 Vorstellung einzelner Kunststoffe 91
KUN 4.1 Thermoplaste 91
KUN 4.1.1 Thermoplaste – Polyethylen (PE) 91
KUN 4.1.2 Thermoplaste – Polypropylen (PP) 92
KUN 4.1.3 Thermoplaste – Polystyrol (PS) 93
KUN 4.1.4 Thermoplaste – Polycarbonat (PC) 95
KUN 4.1.5 Thermoplaste – Polyvinylchlorid (PVC) 96
KUN 4.1.6 Thermoplaste – Polyamid (PA) 98
KUN 4.1.7 Thermoplaste – Polymethylmethacrylat (PMMA) 99
KUN 4.1.8 Thermoplaste – Polyoxymethylen/ Polyacetal (POM) 100
KUN 4.1.9 Thermoplaste – Ethylenvinylacetat (EVA) 101
KUN 4.1.10 Thermoplaste – Fluorpolymere 102
KUN 4.1.11 Thermoplaste – Polyester 103
KUN 4.1.12 Thermoplaste – Zelluloseester 104
KUN 4.1.13 Thermoplaste – Polyimide 105
KUN 4.1.14 Thermoplaste – Polymerblends 106
KUN 4.2 Duroplaste 107
KUN 4.2.1 Duroplaste – Polyesterharze 107
KUN 4.2.2 Duroplaste – Epoxidharze (EP) 108
KUN 4.2.3 Duroplaste – Phenolharze (PF) 109
KUN 4.2.4 Duroplaste – Aminoplaste 110
KUN 4.2.5 Duroplaste/Elastomere – Polyurethan (PUR) 111
KUN 4.3 Elastomere 113
KUN 4.3.1 Elastomere – Gummi-Elastomere 113
KUN 4.3.2 Elastomere – Silikone 116
KUN 4.3.3 Elastomere – Thermoplastische Elastomere (TPE) 117
KUN 4.4 Polymerschäume 118
KUN 4.5 Faserverstärkte Kunststoffe 119
KUN 4.6 Teilchenverstärkte Kunststoffe 120

KUN 5 Eigenschaftsprofile der wichtigsten Kunststoffe 122

KUN 6 Besonderes und Neuheiten im Bereich der Kunststoffe 124
KUN 6.1 Elektrizität leitende Kunststoffe (Polymerelektronik) 124
KUN 6.2 Biokompatible Kunststoffe 125
KUN 6.3 Biokunststoffe 126
KUN 6.4 Hochtemperaturbeständige Kunststoffe 127

KUN Literatur 128

KER KERAMIKEN 135

KER 1 Charakteristika und Materialeigenschaften 138
KER 1.1 Einteilung keramischer Werkstoffe 138
KER 1.2 Bindungstyp und Eigenschaftsprofil 141

KER 2 Prinzipien und Eigenheiten der Verarbeitung von Keramiken 142
KER 2.1 Aufbereitung der Ausgangsmaterialien 142
KER 2.2 Formen silikatkeramischer Tonmassen 142
KER 2.3 Formen pulverbasierter keramischer Ausgangsmassen 144
KER 2.4 Brandvorbereitung 145
KER 2.5 Hochtemperaturprozess 145
KER 2.6 Oberflächenveredelung 145
KER 2.7 Fügen keramischer Bauteile 147

KER 3 Keramikgerechte Gestaltung 148

KER 4 Vorstellung einzelner keramischer Werkstoffe 150
KER 4.1 Silikatkeramik – Porzellan 150
KER 4.2 Silikatkeramik – Steinzeug und keramische Baustoffe 153
KER 4.3 Silikatkeramik – Irdenware 154
KER 4.4 Hochleistungssilikatkeramik 155
KER 4.5 Oxidkeramik – Aluminiumoxid 156

KER 4.6 Oxidkeramik – Zirkondioxid ... 157
KER 4.7 Nichtoxidkeramik – Siliziumkarbid ... 158
KER 4.8 Nichtoxidkeramik – Siliziumnitrid ... 159
KER 4.9 Keramische Beschichtungen ... 160

KER 5 Eigenschaftsprofile der wichtigsten Keramiken ... 161

KER 6 Besonderes und Neuheiten im Bereich keramischer Werkstoffe ... 162
KER 6.1 Keramikschaum ... 162
KER 6.2 Biokeramiken ... 163
KER 6.3 Biomorphe Keramik ... 164
KER 6.4 Porzellanfolien ... 165

KER Literatur ... 166

HOL HÖLZER ... 169

HOL 1 Charakteristika und Materialeigenschaften ... 171
HOL 1.1 Holzarten und deren Einteilung ... 171
HOL 1.2 Zusammensetzung und Struktur ... 171
HOL 1.3 Physikalische Eigenschaften ... 173
HOL 1.4 Mechanische Eigenschaften ... 174

HOL 2 Prinzipien und Eigenheiten der Holzverarbeitung ... 176
HOL 2.1 Materialaufbereitung ... 176
HOL 2.2 Fügen von Holz ... 177
HOL 2.3 Biegen von Holz ... 179
HOL 2.4 Oberflächenbehandlung ... 180

HOL 3 Holzwerkstoffe ... 182
HOL 3.1 Massivhölzer ... 182
HOL 3.2 Furniere ... 184
HOL 3.2.1 Besondere Furniere ... 186
HOL 3.3 Lagenholz ... 186
HOL 3.3.1 Lagenholz – Furnierplatten (Sperrholz) ... 187
HOL 3.3.2 Lagenholz – Besondere Furnierplatten ... 187
HOL 3.3.3 Lagenholz – Schichtholz ... 188
HOL 3.3.4 Lagenholz – Besonderes Schichtholz ... 189
HOL 3.3.5 Lagenholz – Kunstharzpressholz ... 189
HOL 3.4 Verbundplatten ... 189
HOL 3.4.1 Besondere Verbundplatten ... 190
HOL 3.5 Holzspan- und Holzfaserplatten ... 190
HOL 3.5.1 Besondere Holzspan- und -faserplatten ... 191
HOL 3.6 Biegbare Werkstoffplatten ... 193

HOL 4 Vorstellung einzelner Holzarten ... 195

HOL 5 Ersatzholzarten und Besonderes im Bereich der Hölzer ... 200
HOL 5.1 Flüssigholz ... 200
HOL 5.2 Engineered Wood Products ... 201
HOL 5.3 Kork ... 202
HOL 5.4 Rindentuch ... 203
HOL 5.5 Rattan ... 204

HOL Literatur ... 205

PAP PAPIERE ... 207

PAP 1 Charakteristika und Herstellungsprozess ... 209
PAP 1.1 Zusammensetzung und Struktur ... 209
PAP 1.2 Herstellungsprozess von Papier ... 210
PAP 1.3 Papiereigenschaften ... 213
PAP 1.3.1 Laufrichtung ... 213

PAP 1.3.2 Hygroskopie ... 214
PAP 1.3.3 Festigkeit ... 215
PAP 1.3.4 Alterungsbeständigkeit ... 215

PAP 2 Prinzipien und Eigenheiten der Papierveredelung und -verarbeitung ... 215
PAP 2.1 Imprägnieren ... 215
PAP 2.2 Lackieren und Bedrucken ... 215
PAP 2.3 Kaschieren ... 216
PAP 2.4 Falzen ... 217

PAP 3 Vorstellung einzelner Papiere, Kartons und Pappen ... 217

PAP 4 Papierformate und Maßeinheiten ... 222

PAP 5 Besonderes und Neuheiten im Bereich der Papiere ... 223
PAP 5.1 Papiertextilien ... 223
PAP 5.2 Papier im Wohnbereich ... 224
PAP 5.3 Papier in der Architektur ... 225
PAP 5.4 Technische Papiere – Faserwabenstrukturen ... 226
PAP 5.5 Technische Papiere – Papiervlies ... 226
PAP 5.6 Technische Papiere – Keramikpapier ... 227
PAP 5.7 Technische Papiere – Papierschaum ... 227

PAP Literatur ... 228

GLA GLÄSER ... 233

GLA 1 Charakteristika und Herstellung ... 236
GLA 1.1 Struktur und Eigenschaften von Gläsern ... 236
GLA 1.2 Besondere Kenngrößen für Glaswerkstoffe ... 237
GLA 1.3 Einteilung der unterschiedlichen Glassorten ... 238
GLA 1.4 Zusammensetzung und Herstellung ... 239

GLA 2 Prinzipien und Eigenheiten der Glasherstellung- und -verarbeitung ... 240
GLA 2.1 Verfahren der Glasherstellung ... 240
GLA 2.1.1 Floatverfahren ... 240
GLA 2.1.2 Gussglasverfahren ... 241
GLA 2.1.3 Ziehverfahren ... 242
GLA 2.1.4 Mundblasverfahren ... 242
GLA 2.1.5 Maschinelle Blasverfahren ... 243
GLA 2.1.6 Pressen ... 244
GLA 2.2 Prinzipien der Glasverarbeitung ... 244
GLA 2.2.1 Zerspanende Glasbearbeitung ... 244
GLA 2.2.2 Umformende Glasbearbeitung ... 246
GLA 2.2.3 Fügen ... 247
GLA 2.2.4 Oberflächenbehandlung und -beschichtung ... 248
GLA 2.2.5 Herstellung von Spiegelflächen ... 249
GLA 2.2.6 Entspiegelte Gläser ... 250

GLA 3 Vorstellung einzelner Glaswerkstoffe ... 251
GLA 3.1 Kalknatronglas ... 251
GLA 3.2 Borosilikatglas ... 252
GLA 3.3 Bleiglas ... 253
GLA 3.4 Kieselglas (Quarzglas) ... 254
GLA 3.5 Glaskeramik ... 255
GLA 3.6 Naturgläser ... 256
GLA 3.7 Obsidian ... 257

GLA 4 Spezialgläser ... 258
GLA 4.1 Sicherheitsgläser ... 258
GLA 4.2 Schutzgläser ... 260
GLA 4.3 Bauglas – Glasbausteine ... 262
GLA 4.4 Bauglas – Profilbaugläser ... 263
GLA 4.5 Bauglas – Glaswolle ... 264

GLA 4.6 Bauglas – Schaumglas ... 265
GLA 4.7 Glasfasern ... 266

GLA 5 Eigenschaftsprofile wichtiger Glaswerkstoffe ... 267

GLA 6 Besonderes und Neuheiten im Bereich der Gläser ... 268
GLA 6.1 Bioglas ... 268
GLA 6.2 Dünngläser ... 269
GLA 6.3 Selbstreinigende Gläser ... 270
GLA 6.4 Intelligente Gläser ... 271

GLA Literatur ... 272

TEX TEXTILIEN ... 275

TEX 1 Charakteristika und Materialeigenschaften ... 277
TEX 1.1 Einteilung textiler Werkstoffe ... 277
TEX 1.2 Eigenschaften textiler Werkstoffe ... 278
TEX 1.3 Internationale Größentabellen für Bekleidungen ... 279
TEX 1.4 Textilpflegekennzeichnung ... 279

TEX 2 Textilprodukte und ihre Herstellung ... 280
TEX 2.1 Fadenherstellung ... 280
TEX 2.2 Textile Flächen und Strukturen ... 284
TEX 2.2.1 Textile Flächen und Strukturen – Gewebe ... 286
TEX 2.2.2 Textile Flächen und Strukturen – Vlies, Filz ... 288
TEX 2.2.3 Textile Flächen und Strukturen – Maschenware ... 289
TEX 2.2.4 Textile Flächen und Strukturen – Nähwirkware, Tufting, Laminate ... 292

TEX 3 Prinzipien der Textilienveredelung ... 293

TEX 4 Vorstellung einzelner Textilfasern ... 296
TEX 4.1 Pflanzliche Naturfasern ... 296
TEX 4.1.1 Pflanzliche Naturfasern – Baumwolle ... 296
TEX 4.1.2 Pflanzliche Naturfasern – Kapok ... 296
TEX 4.1.3 Pflanzliche Naturfasern – Leinen (Flachs) ... 297
TEX 4.1.4 Pflanzliche Naturfasern – Hanf ... 297
TEX 4.1.5 Pflanzliche Naturfasern – Jute ... 298
TEX 4.1.6 Pflanzliche Naturfasern – Ramie ... 298
TEX 4.1.7 Pflanzliche Naturfasern – Sisal ... 299
TEX 4.1.8 Pflanzliche Naturfasern – Manila ... 299
TEX 4.1.9 Pflanzliche Naturfasern – Kokos ... 300
TEX 4.2 Tierische Naturfasern ... 300
TEX 4.2.1 Tierische Naturfasern – Wolle ... 300
TEX 4.2.2 Tierische Naturfasern – Seide ... 302
TEX 4.3 Zellulosefasern ... 303
TEX 4.3.1 Zellulosefasern – Viskose, Modal ... 303
TEX 4.3.2 Zellulosefasern – Lyocell ... 303
TEX 4.3.3 Zellulosefasern – Cupro ... 304
TEX 4.3.4 Zellulosefasern – Acetat, Triacetat ... 304
TEX 4.4 Synthesefasern ... 305
TEX 4.4.1 Synthesefasern – Polyamid ... 305
TEX 4.4.2 Synthesefasern – Aramid ... 305
TEX 4.4.3 Synthesefasern – Polyester ... 306
TEX 4.4.4 Synthesefasern – Polyurethan ... 306
TEX 4.4.5 Synthesefasern – Polyacryl ... 307
TEX 4.4.6 Synthesefasern – Polytetrafluorethylen ... 307
TEX 4.4.7 Synthesefasern – Polyvinylchlorid ... 308
TEX 4.4.8 Synthesefasern – Polyolefine ... 308
TEX 4.5 Anorganische Chemiefasern ... 309
TEX 4.6 Hochleistungsfasern für technische Textilien ... 310
TEX 4.7 Leder ... 311
TEX 4.8 Pelz ... 312

TEX 5 Eigenschaftsprofile der wichtigsten Faserwerkstoffe und Verwendung ... 313

TEX 6 Verwendungsbereiche und Innovationsfelder technischer Textilien ... 315
TEX 6.1 Schutz- und Sicherheitstextilien ... 315
TEX 6.2 Intelligente Textilien (smart textiles) ... 316
TEX 6.3 Sport- und Fahrzeugtextilien ... 317
TEX 6.4 Bautextilien ... 318
TEX 6.5 Textilien im Medizin- und Hygienebereich ... 319
TEX 6.6 Reflektionsgewebe ... 320

TEX Literatur ... 321

MIN MINERALISCHE WERKSTOFFE UND NATURSTEINE ... 325

MIN 1 Charakteristika und Materialeigenschaften ... 328
MIN 1.1 Zusammensetzung und Struktur ... 328
MIN 1.2 Eigenschaften ... 332
MIN 1.3 Einteilung natürlicher Gesteine ... 334
MIN 1.4 Industriesteine und Gesteinswerkstoffe ... 338

MIN 2 Prinzipien und Eigenheiten der Verarbeitung mineralischer Werkstoffe ... 339

MIN 3 Konstruktionsregeln für Natursteinmauerwerke ... 341

MIN 4 Vorstellung wichtiger Gesteinswerkstoffe ... 344
MIN 4.1 Mineralien ... 344
MIN 4.1.1 Mineralien – Siliziumdioxide ... 344
MIN 4.1.2 Mineralien – Silikate ... 345
MIN 4.1.3 Mineralien – Sulfate ... 347
MIN 4.1.4 Mineralien – Oxide ... 348
MIN 4.1.5 Mineralien – Karbonate ... 348
MIN 4.1.6 Mineralien – Ton ... 349
MIN 4.2 Magmagesteine ... 350
MIN 4.2.1 Magmagesteine – Tiefengesteine ... 350
MIN 4.2.2 Magmagesteine – Erdgussgesteine ... 351
MIN 4.3 Metamorphe Gesteine ... 352
MIN 4.3.1 Metamorphe Gesteine – Gneise, Serpentinit, Dachschiefer ... 352
MIN 4.3.2 Metamorphe Gesteine – Marmor ... 353
MIN 4.4 Sedimentgesteine ... 354
MIN 4.4.1 Sedimentgesteine – Kalksteine, Dolomite, Kreide ... 354
MIN 4.4.2 Sedimentgesteine – Sandsteine ... 355
MIN 4.4.3 Sedimentgesteine – Lehm ... 357
MIN 4.5 Natursteine ... 359
MIN 4.5.1 Natursteine – Edel- und Schmucksteine ... 359
MIN 4.5.2 Natursteine – Kohlewerkstoffe ... 361
MIN 4.6 Mineralische Bindemittel ... 362
MIN 4.7 Mörtel ... 364
MIN 4.8 Beton ... 365
MIN 4.9 Bitumenhaltige Werkstoffe ... 368
MIN 4.10 Industriesteine mit mineralischem Binder ... 369
MIN 4.11 Harzgebundene Industriesteine ... 370

MIN 5 Eigenschaftsprofile wichtiger mineralischer Werkstoffe und Natursteine ... 371

MIN 6 Besonderes und Neuheiten im Bereich mineralischer Werkstoffe ... 372
MIN 6.1 Lichtdurchlässiger Beton ... 372
MIN 6.2 Synthetische Diamanten ... 373
MIN 6.3 Kohlenstoffnanoröhren (CNT) ... 374

MIN Literatur ... 376

VER VERBUNDWERKSTOFFE 379

VER 1 Einteilung und Aufbau 380

VER 2 Vorstellung einzelner Verbundwerkstoffe 382
VER 2.1 Schichtverbunde 382
VER 2.1.1 Schichtverbunde – Plattierte Bleche 382
VER 2.1.2 Schichtverbunde – Thermobimetalle 382
VER 2.1.3 Schichtverbunde – Verbundrohre 383
VER 2.1.4 Schichtverbunde – Verbundkartons 384
VER 2.1.5 Schichtverbunde – Sandwichstrukturen 384
VER 2.1.6 Schichtverbunde – Biegefurniere 385
VER 2.1.7 Schichtverbunde – Steinfurnier 385
VER 2.1.8 Schichtverbunde – Aluminiumschichtverbunde 386
VER 2.1.9 Schichtverbunde – Akustikplatten 387
VER 2.2 Teilchenverbundwerkstoffe 388
VER 2.2.1 Teilchenverbundwerkstoffe – Hartmetalle 388
VER 2.2.2 Teilchenverbundwerkstoffe – Kork-Polymer-Komposite (CPC) 388
VER 2.3 Faserverbundwerkstoffe 389
VER 2.3.1 Faserverbundwerkstoffe – Keramik-Faserverbunde (CMC) 389
VER 2.3.2 Faserverbundwerkstoffe – Glasfaserverstärktes Aluminium (GLARE®) 390

VER Literatur 391

FLU FLÜSSIGKEITEN UND SUBSTANZEN 393

FLU 1 Einteilung und Eigenschaften 395

FLU 2 Vorstellung einzelner Flüssigkeiten 396
FLU 2.1 Farben, Lacke, Anstriche 396
FLU 2.2 Säuren und Basen 398
FLU 2.3 Lösungsmittel und Weichmacher 399
FLU 2.4 Kraftstoffe 400
FLU 2.5 Schmiermittel 401
FLU 2.6 Harze 402
FLU 2.7 Fette, Wachse und fette Öle 403
FLU 2.8 Kerzen 404
FLU 2.9 Seifen und Tenside 406

FLU LITERATUR 407

FOR FORMEN UND GENERIEREN 409

FOR 1 Urformen – Gießen 411
FOR 1.1 Gießen – Gestaltungsregeln 414
FOR 1.2 Gießen – Spritzgießen 417
FOR 1.2.1 Spritzgießen - Sonderverfahren 418
FOR 1.2.2 Spritzgießen - Hinterspritzverfahren 421
FOR 1.3 Gießen – Feingießen 423
FOR 1.4 Gießen – Druckgießen 424
FOR 1.5 Gießen – Gießen unter Vakuum 425
FOR 1.6 Gießen – Schleuder- und Rotationsgießen 426
FOR 1.7 Gießen – Stranggießen 427
FOR 1.8 Gießen – Polymergießen 428
FOR 1.9 Gießen – Tauchformen 429

FOR 2 Urformen – Sintern 430
FOR 2.1 Sintern – Gestaltungsregeln 431

FOR 3 Urformen – Schäumen 432

FOR 4 Urformen – Extrudieren 434
FOR 4.1 Extrudieren – Gestaltungsregeln 435

FOR 5 Urformen – Blasformen 436
FOR 5.1 Blasformen – Gestaltungsregeln 438
FOR 5.2 Blasformen – Maschinelles Glasblasformen 439
FOR 5.3 Blasformen – polymerer Werkstoffe 440

FOR 6 Druckumformen 441
FOR 6.1 Druckumformen – Einpressen 441
FOR 6.2 Druckumformen – Walzen 441
FOR 6.3 Druckumformen – Schmieden 443
FOR 6.3.1 Schmieden – Gestaltungsregeln 444
FOR 6.3.2 Schmieden – Sonderverfahren 446
FOR 6.4 Druckumformen – Pressformen 447
FOR 6.5 Druckumformen – Fließpressen 448
FOR 6.6 Druckumformen – Strangpressen 449

FOR 7 Zugdruckumformen 450
FOR 7.1 Zugdruckumformen – Tiefziehen 450
FOR 7.2 Zugdruckumformen – Superformen 452
FOR 7.3 Zugdruckumformen – Durchziehen 453
FOR 7.4 Ziehen – Gestaltungsregeln 454
FOR 7.5 Zugdruckumformen – Innenhochdruckformen 455
FOR 7.6 Zugdruckumformen – Drücken 456
FOR 7.7 Zugdruckumformen – Hochgeschwindigkeitsumformen 457
FOR 7.8 Zugdruckumformen – Wölbstrukturieren 458

FOR 8 Zugumformen – Streckziehen 459

FOR 9 Biegen 460
FOR 9.1 Biegen – Gestaltungsregeln 462

FOR 10 Generative Verfahren 463
FOR 10.1 Gestaltungsregeln und Prototypenarten 464
FOR 10.2 Generative Verfahren – Stereolithographie (SL) 466
FOR 10.3 Generative Verfahren – Lasersintern (LS) 467
FOR 10.4 Generative Verfahren – Laminate-Verfahren 468
FOR 10.5 Generative Verfahren – Extrusionsverfahren 469
FOR 10.6 Generative Verfahren – 3D-Printing (3D-P) 470
FOR 10.7 Auswahl generativer Techniken 471

FOR 11 Fabber – Personal Fabrication 473

FOR Literatur 474

TRE TRENNEN UND SUBTRAHIEREN 477

TRE 1 Zerspanen 479
TRE 1.1 Zerspanen – Strahlen 482
TRE 1.2 Zerspanen – Schleifen 483
TRE 1.2.1 Schleifen– Gestaltungsregeln 486
TRE 1.3 Zerspanen – Polieren 487
TRE 1.4 Zerspanen – Sägen 488
TRE 1.5 Zerspanen – Drehen 489
TRE 1.5.1 Drehen – Gestaltungsregeln 491
TRE 1.6 Zerspanen – Fräsen 492
TRE 1.6.1 Fräsen – Gestaltungsregeln 495
TRE 1.7 Zerspanen – Bohren 496
TRE 1.7.1 Bohren – Gestaltungsregeln 499
TRE 1.8 Zerspanen – Räumen, Hobeln, Stoßen 500
TRE 1.8.1 Räumen, Hobeln, Stoßen – Gestaltungsregeln 500
TRE 1.9 Zerspanen – Honen 502
TRE 1.10 Zerspanen – Läppen 503

TRE 2 Schneiden 504
TRE 2.1 Schneiden – Scherschneiden 504

TRE 2.1.1 Scherschneiden, Stanzen – Gestaltungsregeln 506
TRE 2.2 Schneiden – Strahlschneiden 508
TRE 2.3 Schneiden – Thermoschneiden 510

TRE 3 Abtragen 511
TRE 3.1 Abtragen – Funkenerosives Abtragen (EDM) 512
TRE 3.2 Abtragen – Laserabtragen und -strukturieren 513
TRE 3.3 Abtragen – Chemisches Abtragen (Ätzen) 515
TRE 3.4 Abtragen – Beizen 516
TRE 3.5 Abtragen – Elektrochemisches Abtragen (ECM) 517

TRE Literatur 518

FUE FÜGEN UND VERBINDEN 521

FUE 1 An-/Einpress- und Schnappverbindungen 523
FUE 1.1 An-/Einpress- und Schnappverbindungen – Pressverbindungen 523
FUE 1.2 An-/ Einpress- und Schnappverbindungen – Schnappverbindungen 524
FUE 1.2.1 Schnappverbindungen – Gestaltungsregeln 525
FUE 1.3 An-/ Einpress- und Schnappverbindungen – Nieten 526
FUE 1.3.1 Nieten – Gestaltungsregeln 527
FUE 1.4 An-/Einpress- und Schnappverbindungen – Schrauben 528
FUE 1.4.1 Schrauben – Gestaltungsregeln 529

FUE 2 Fügen durch Einbetten und Ausgießen 531

FUE 3 Fügen durch Umformen 532

FUE 4 Kleben 533
FUE 4.1 Klebstoffarten 534
FUE 4.2 Kleben – Gestaltungsregeln 537

FUE 5 Schweißen 538
FUE 5.1 Schweißen – Gestaltungsregeln 539
FUE 5.2 Schweißen – Widerstandspunktschweißen 541
FUE 5.3 Schweißen – Lichtbogenhandschweißen 542
FUE 5.4 Schweißen – Schutzgasschweißen 543
FUE 5.5 Schweißen – Gasschmelzschweißen 544
FUE 5.6 Schweißen – Warmgasschweißen 545
FUE 5.7 Schweißen – Laserschweißen 546
FUE 5.8 Schweißen – Reibschweißen 547
FUE 5.9 Schweißen – Ultraschallschweißen 548
FUE 5.10 Schweißen – Heizelementeschweißen 549

FUE 6 Löten 550
FUE 6.1 Löten – Lötverfahren 551
FUE 6.2 Löten – Gestaltungsregeln 553

FUE 7 Nähen, Stricken, Weben 554

FUE 8 Wirtschaftlichkeit verschiedener Fügeverfahren und deren Kombinationen 555

FUE Literatur 556

BES BESCHICHTEN UND VEREDELN 563

BES 1 Beschichten aus flüssigem Zustand 564
BES 1.1 Beschichten aus flüssigem Zustand – Spritzen 564
BES 1.2 Beschichten aus flüssigem Zustand – Elektrostatisches Lackieren 566
BES 1.3 Beschichten aus flüssigem Zustand – Tauchen 567
BES 1.4 Beschichten aus flüssigem Zustand – Siebdruck 568
BES 1.5 Beschichten aus flüssigem Zustand – Tampondruck 570
BES 1.6 Beschichten aus flüssigem Zustand – Emaillieren (Glasieren) 571

BES 2 Dekorationsverfahren 572
BES 2.1 Dekorationsverfahren – Wassertransferdruck 572
BES 2.2 Dekorationsverfahren – Heißprägen 573
BES 2.3 Dekorationsverfahren – In-Mold Decoration 574

BES 3 Beschichten aus breiigem Zustand – Putzen 575

BES 4 Beschichten aus festem Zustand 576
BES 4.1 Beschichten aus festem Zustand – Thermisches Spritzen 576
BES 4.2 Beschichten aus festem Zustand – Pulverbeschichten 577
BES 4.3 Beschichten aus festem Zustand – Elektrostatisches Pulverbeschichten 578
BES 4.4 Beschichten aus festem Zustand – Wirbelsintern 579
BES 4.5 Beschichten aus festem Zustand – Beflocken 580

BES 5 Beschichten durch Schweißen und Löten 582
BES 5.1 Beschichten durch Schweißen und Löten – Auftragschweißen 582
BES 5.2 Beschichten durch Schweißen und Löten – Auftraglöten 583

BES 6 Beschichten aus gasförmigem und ionisiertem Zustand 584
BES 6.1 Beschichten aus gasförmigem und ionisiertem Zustand – PVD-Verfahren 584
BES 6.2 Beschichten aus gasförmigem und ionisiertem Zustand – CVD-Verfahren 585
BES 6.3 Beschichten aus gasförmigem und ionisiertem Zustand – Elektrolytisches Abscheiden 586
BES 6.4 Beschichten aus gasförmigem und ionisiertem Zustand – Chemisches Abscheiden 588
BES 6.5 Beschichten aus gasförmigem und ionisiertem Zustand – Anodisieren 589

BES 7 Beschichten aus gelförmigem Zustand – SolGel-Technik 590

BES 8 Diffusionsschichten 591

BES 9 Beschichten – Gestaltungshinweise 592

BES 10 Nanobeschichtungen 593

BES Literatur 595

GES KOSTENREDUZIERENDES GESTALTEN UND KONSTRUIEREN 599

GES 1 Fertigungsgerechte Gestaltung 601

GES 2 Montagegerechte Gestaltung 604

GES 3 Materialkosten reduzierende Gestaltung 606

GES 4 Recycling- und entsorgungsgerechte Gestaltung 607

GES 5 Lager- und transportkostengerechte Gestaltung 608

GES Literatur 609

KEN WERKSTOFFKENNWERTE 612

SACHWORTVERZEICHNIS 614

VITAE 634

NACHWORT 635

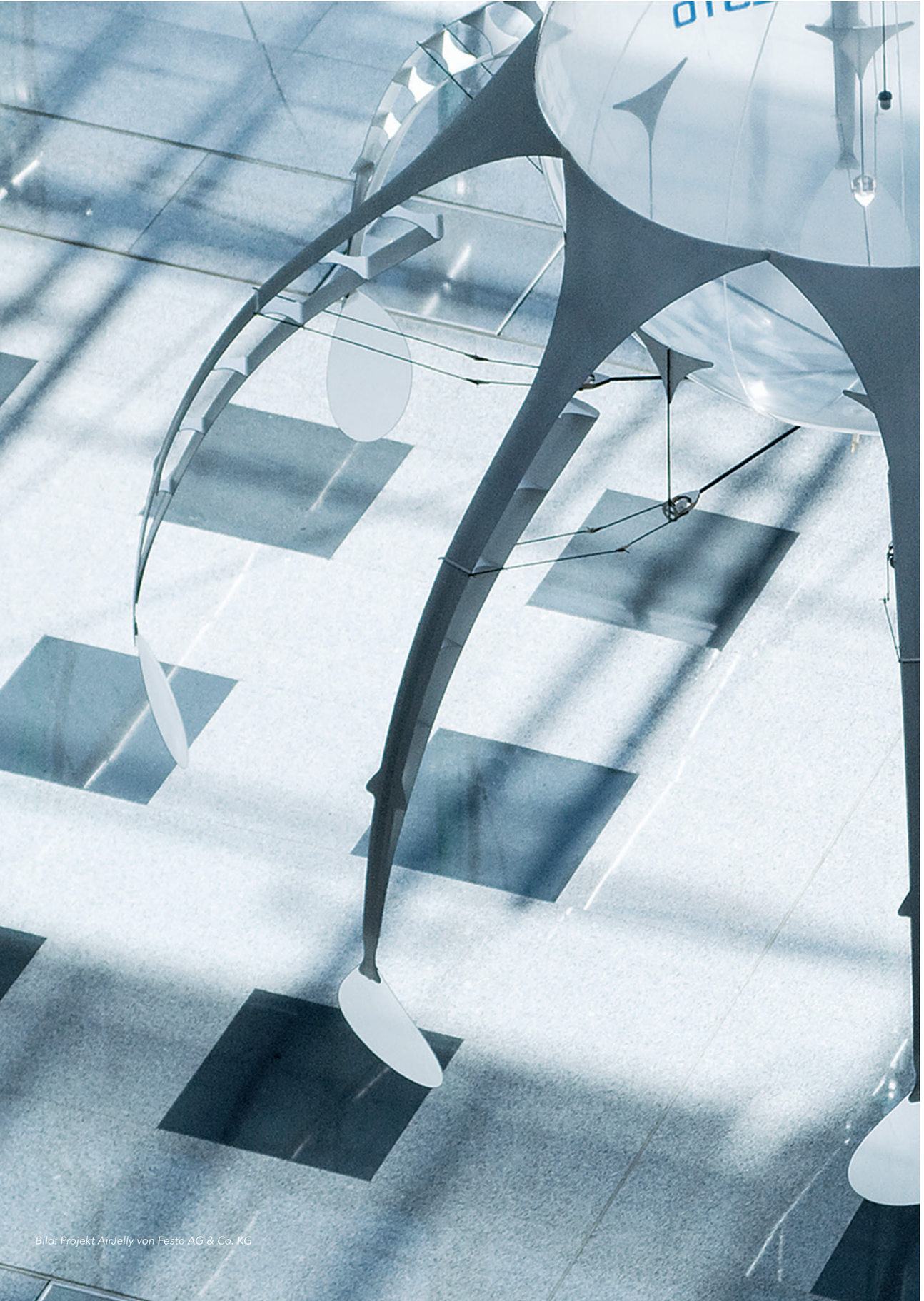


Bild: Projekt AirJelly von Festo AG & Co. KG

EINLEITUNG
Die Revolution der Materie

Die Digitalisierung der Produktwelt ist in vollem Gange. Unser Leben findet in vielen Bereichen im virtuellen, im entmaterialisierten Raum statt und lässt eine große Distanz von den Dingen, vom Gegenständlichen erkennen. Mit den neuen elektronischen Medien, den digitalen Finanzströmen, der allgegenwärtigen Verfügbarkeit von Informationen scheint das Ende der guten alten mechanisierten Welt vorprogrammiert. Doch wenn man die steigende Bedeutung neuer Werkstoffe in den letzten Jahren verfolgt, scheint das Materielle mit voller Wucht zurückzukehren. Ein Paradoxon? Oder gar ein nächster Schritt in der Entwicklung unserer Produktwelten, die eine neue Qualität von Werkstoffen erforderlich macht?

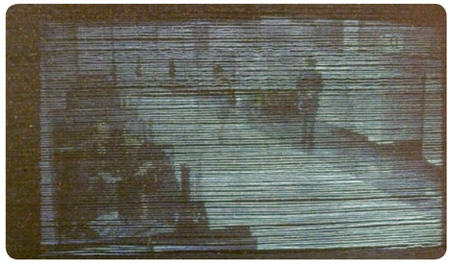


Bild: Lichtdurchlässiger Beton macht surreales Kinoerlebnis möglich./ Foto: Dr. Sascha Peters

Denn das, was die Labors der Forschungseinrichtungen derzeit ausspucken, hat neben der materiellen Komponente nach einem mechanischen Verständnis auch immer eine virtuelle, weil intelligente, eine smarte Seite. Textilien reagieren auf Temperaturunterschiede und verändern ihre Form; Stein wird Durchlässigkeit für Lichtstrahlung und macht Bildsequenzen zu einem surrealen Filmerlebnis, und elektroaktive Polymere dehnen sich im elektrischen Feld und werden als »morphing materials« in Zukunft Form und Eigenschaften von Flugobjekten in der Luft beeinflussen KUN 6.3.
Die neue Materie, nennen wir sie »reaktiv«, enthält unsichtbare Zusatzfunktionen, die sich erst in der eigentlichen Anwendung dem Nutzer erschließen. Beeindruckende Zukunftsvisionen werden möglich. Das längst überholte Verständnis von Materialität und die virtuelle Entmaterialisierung unserer Produktwelt scheinen von einer neuen Werkstoffkultur revolutioniert zu werden.

Und bei dieser Revolution wird Designern und Architekten eine besondere Bedeutung beigemessen. Denn wer sonst sollte einer unsichtbaren Funktion eine sinnvolle Anwendung geben und in die Wahrnehmung des Nutzers bringen. Yvonne Chan Vili war zum Beispiel eine der ersten, die die Möglichkeiten von Textilien mit eingewebten Drähten aus Formgedächtnislegierungen (FGL) MET 5.2 für Raumteiler und Wandbehänge untersuchte. FGL-Materialien speichern Forminformationen in ihrem molekularen Gefüge. Bei niedrigen Temperaturen können sie scheinbar plastisch verformt werden. Nach Erwärmung nehmen die Drähte ihre ursprüngliche Form wieder an und sorgen für die Ausrichtung des textilen Gewebes. Daher eignen sich FGL-Textilien (shape memory textiles) bei starker Sonneneinstrahlung für eine automatische Verdunkelung von Räumen und die Erzeugung eines besonderen Licht- und Schattenspiels.

Bild: Wassersensitiver Beton./ Quelle: solidpoetry.com

Die niederländischen Gestalter Frederik Molenschot und Susanne Happle gehen sogar noch einen Schritt weiter. Mit einer besonderen Oberflächenbeschichtung geben sie Betonsteinen MIN 4.8 bei Regen eine florale Ornamentik. Das natürliche Nass enthüllt versteckte Dekorationen auf öffentlichen Plätzen und Fußwegen und sorgt für eine neue Zeichensprache urbaner Qualität. Nachdem die Neuentwicklung mit Namen »Solid Poetry« bei Droog Design auf der Mailänder Möbelmesse in 2006 präsentiert wurde, ist jetzt das erste Bauvorhaben mit Blumenbeton in Eindhoven realisiert.

Auf Designer warten aber noch ganz andere reaktive Leckerbissen. Das Werkstoffinnovationszentrum Innovathèque aus Paris hat in der Ausstellung »Caméléon« in 2009 eine ganze Reihe dieser Materialien zusammengestellt. Zu sehen waren: Kunststoffe mit thermochromen Eigenschaften, die unter Temperatureinfluss die Farbe wechseln und den Eisgenuss in einem Kunststoffgefäß zu einem Farbenspiel werden lassen; Paneele die den Fußabdruck hell erleuchten lassen; Kunstleder, das bei Dehnung die Farbe wechselt oder Kunststoffe, die Wasser absorbieren und sich dabei ausdehnen. Sehr interessant für den Modebereich sind auch thermisch sensitive Anzugsstoffe, die einen leichten Farbstich unter Wärmeeinfluss und somit eine variable Ästhetik erzeugen können. Der Stoff wurde jüngst von einem bekannten Modelabel genutzt, um seiner Herrenkollektion eine besondere Note zu geben.

Bild: thermochrome Kaffeetasse

Vor allem in der modernen Architektur spielen Glasfassaden eine immer wichtigere Rolle. Profitiert man im Winter von viel Licht und Wärme, kehrt sich die Durchlässigkeit für Strahlung im Sommer ins Gegenteil um. Abhilfe versprechen hier Verbundgläser mit thermotropen Eigenschaften, die abhängig von der Lichteinstrahlung ihre Transparenz und Reflexionseigenschaften reversibel verändern können. Das Fraunhofer IAP in Potsdam arbeitet derzeit an thermotropen und hochreaktiven Gießharzen, die für die Herstellung dieser Fenster benötigt werden und die Reflexion von Solarstrahlung bewirken. Unsichtbar und ohne aufwändige Steuerung! Die Revolution der Materie hat gerade erst begonnen.

Produktentwickler, Designer und Architekten sind aufgerufen, sich das Neue zunutze zu machen und die technischen Potenziale in sinnvolle Produktwelten zu überführen, als eine Art Demonstration gegen die Entmaterialisierung unseres Lebens (Peters 2009).

Die Bedeutung von professionellen Kreativen für technische Innovationsprozesse

Die Frage nach der Bedeutung von Design und den Einflüssen kreativer Dienstleistungen auf Wirtschafts- und Innovationsprozesse ist so alt wie die Professionen selber. Daran hat sich auch in den letzten Jahren wenig geändert, obwohl Publikationen, Konferenzen und Diskussionsrunden die typischen Fragestellungen immer wieder diskutieren. »Welchen Anteil hat Design am Erfolg von Innovationen?«, »Wie lässt sich die Qualität von Kreativleistungen messen?«, »Was dürfen diese kosten und wie kann man sie steuern?«. Das Unbehagen gegenüber Vertretern kreativer Disziplinen, gegenüber Designern, Werbern und Architekten, ist tief verwurzelt in einer Gesellschaft, deren wirtschaftlicher Erfolg seit jeher auf den Fundamenten technologischer Exzellenzen basiert (Peters 1/2008). Jüngster Beleg für die Situation ist die Berichterstattung zur jährlich stattfindenden Los Angeles Design Challenge, zu deren Anlass die in Kalifornien ansässigen Designstudios der Automobilkonzerne mit großem Aufwand zukunftsweisende Mobilitätskonzepte entwickeln. Wurde in 2006 der Artikel über die Beiträge zu natürlich abbaubaren Fahrzeugkarossen und ressourcenschonenden Antrieben von einem der hiesigen Blätter mit dem Titel »Ideen für den Komposthaufen« versehen (Grünweg 2006), so sprach man im Vorjahr gar vom »Amoklauf der Designer« (Kramper 2005). Also alles beim Alten? Die Kreativen, die Spinner, die Gestörten... (Lotter 2007). Sie haben anscheinend keinen Platz in unseren Strukturen, die auf sicheres Wachstum und die Wahrung von Statussymbolen ausgelegt sind (Peters 2/2008).

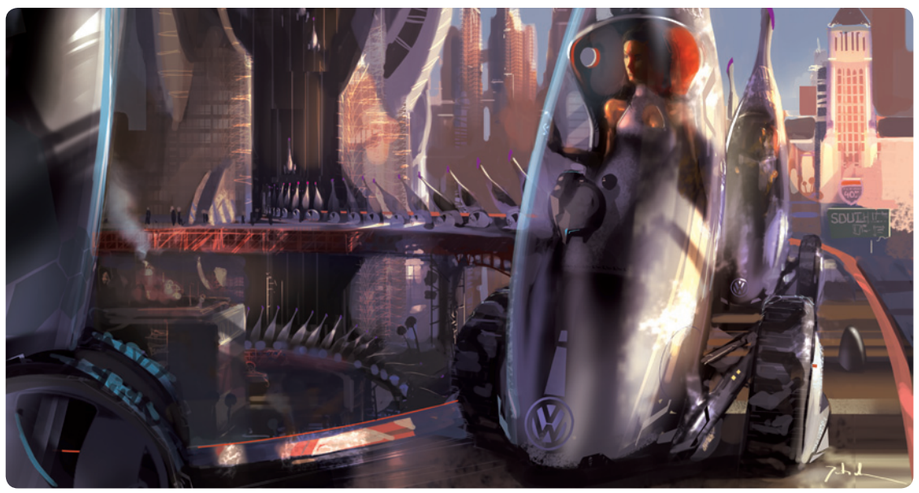
Bild rechts: Volkswagen Konzept ‚»Slipstream«, Design Challenge anlässlich der LA Auto Show 2007./ Quelle: Volkswagen AG

Doch seit etwa 2 Jahren ist das Gefüge in Bewegung. Aufgeschreckt durch eine Reihe von Innovationsstudien (Booz 2006), in denen den deutschen Unternehmen, die Fähigkeit abgesprochen wird, technologische Neuerungen in marktfähige und gewinnbringende Produkte zu überführen, erhält die Diskussion um die Bedeutung professioneller Kreativer für Innovationsprozesse neues Futter. Hybrid-Motor, MP3-Format, Computer: Die Liste revolutionärer deutscher Erfindungen ist lang; doch die wirtschaftlicher Misserfolge ist es ebenso. Deutschland ist zwar das Land der Erfinder und nimmt bei den Patentanmeldungen im internationalen Vergleich einen Spitzenplatz ein (Peters 2/2007). Doch seitdem belegt ist, dass die Anzahl von Patenten nicht mehr gleichzeitig mit wirtschaftlichem Erfolg einhergeht, suchen Unternehmer und Politiker nach neuen Indikatoren. Denn auch die deutsche Wirtschaft kann es sich nicht länger erlauben, zwar revolutionäre Technologien wie das MP3 Format oder den GRM-Effekt, die Grundlage zur Speicherung großer Datenmengen auf Festplatten, hervorzubringen, die Vermarktung aber anderen Volkswirtschaften zu überlassen. Denn während sich das deutsche Fraunhofer-Institut, als Entwickler der MP3-Technologie, über Patent-Lizenzeinnahmen in Millionenhöhe freut, kassiert ein amerikanischer Computerkonzern Milliarden.

Es reift die Erkenntnis, dass es nicht mehr ausreicht, Technologien und Werkstoffe mit Funktionalitäten im Promillebereich hinter dem Komma hervorzubringen. Die Menschen in den westlichen Nationen haben alles, was sie zum Leben brauchen und sehnen sich nach Produkten, die ihre Bedürfnisse befriedigen, noch bevor sie in der Lage sind, diese in Worte zu kleiden. Personen zur Frühindikation von gesellschaftlichen Entwicklungen sind demnach gefragt, die ob ihrer Ausbildung und Denkweise eine Fähigkeit mitbringen, die Vertretern technologischer Disziplinen in der Regel verborgen bleibt.

Technik- und Detailverliebtheit sind gar Hemmschuhe für den Produkterfolg (Bochumer Institut für angewandte Innovationsforschung, 1/2007). Das Verständnis für die Wünsche des Kunden und die frühzeitige Ausrichtung von Produktentwicklungen auf die Bedürfnisse des Marktes sind vielmehr die heutigen Indikatoren für den Erfolg. Eine Gleichberechtigung zwischen technologischen und kreativen Disziplinen ist daher erforderlich, die den marktzugewandten Disziplinen wie Design, Marketing und Architektur eine größere Bedeutung im Innovationsprozess beräumt (Peters 2004, Peters 2009).

Die Reaktionen auf diesen Sachverhalt sind bemerkenswert: So erkennt die Wirtschaftsförderung die professionellen Kreativen nicht mehr nur als Standortfaktor sondern auch als wichtige Komponente und Impulsgeber im Innovationsprozess. Nicht ohne Grund fragt auch die Konferenz »creative industries – made by design«, ob nach dem »Technology-Push« jetzt der »Kreativ Pull« kommt und sich somit der traditionelle Innovationsprozess umkehrt. Denn sind die kreativen Disziplinen meist erst am Ende einer Produktentwicklung gefragt, um einem technischen Produkt eine oberflächliche »Aufhübschung« zu geben und für den Markt vorzubereiten, wird von den Innovationsanalysten eine zentralere Bedeutung kreativer Disziplinen gefordert. Frühzeitig in Innovationsprozesse integriert, können insbesondere Designer bei der Entwicklung des Anwendungszusammenhangs für neue Produkte ein Wörtchen mitsprechen, so die Theorie. Sie sind es, die schlummernde Bedürfnisse beim Kunden wecken und den technologischen in einen emotionalen Mehrwert überführen (Peters 1/2007).



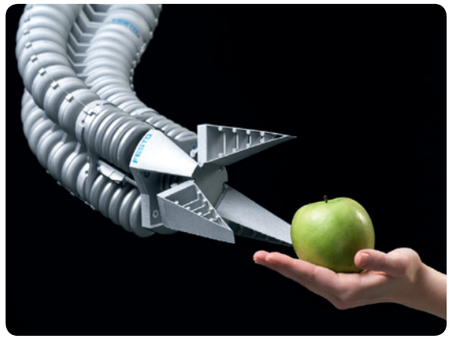


Bild: Bionischer »Handling-Assistent« bietet eine dritte Hand oder ermöglicht Arbeitsvorgänge in Gefahrenbereichen oder komplexen Situationen./ Foto: Festo

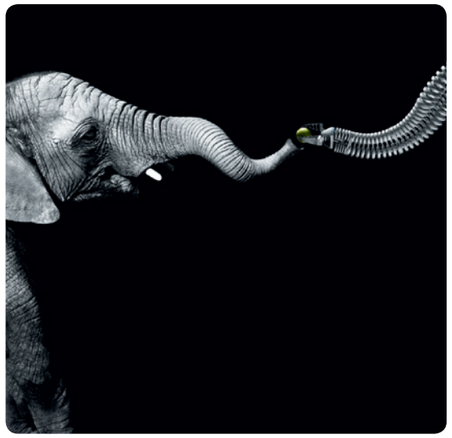


Bild: Funktionsweise und Struktur des Handling Assistenten sind durch einen Elefantenrüssel inspiriert. Als Basistechnologie dienen Mechatronik und Pneumatik. Generative Fertigungsverfahren ermöglichen die Herstellung./ Foto: Festo

In der Praxis machen einige aktuelle Entwicklungen Mut, dass sich tatsächlich nachhaltig etwas an der Wertstellung kreativer Disziplinen ändert. Das traditionelle Innovationsverständnis bricht auf! So bedienen sich Forscher den Fähigkeiten von Designern, um Anwendungsszenarien für neue Technologien zu konzipieren. Ein Beispiel ist der Löschroboter OLE, der von Designern aus Magdeburg als Einsatzgebiet für eine Laufmaschine des Fraunhofer IFF entwickelt wurde. Autonome Roboter sollen zur Überwachung von Waldflächen eingesetzt werden, um Brände zu verhindern und gefährliche Situationen für den Menschen auszuschließen. Die Wissenschaftler waren begeistert, denn ihre Entwicklung wurde mit diesem klaren Bild in der ganzen Welt diskutiert.

Ein anderes Projekt setzte gar die Robotertechnologie zum Rückbau von Plattenbauten in den ostdeutschen Gebieten ein. Damit reagieren die Kreativen auf die Tendenz sinkender Bevölkerung und auf eine Entwicklung, die weder von Bauwirtschaft noch von der Industrie bislang in größerem Umfang Berücksichtigung findet.

Eine weitere Tendenz wird bei den Produzenten deutlich. Unternehmen wie Bayer, BASF oder Degussa richten ihre Kommunikation gezielt auf die »Kreativen Klassen« aus und werben um die Aufmerksamkeit für ihre Materialien. Offensichtlich ist die Erkenntnis gereift, dass es Designer und Architekten sind, die in den Entwicklungsprozessen meist die Entscheidung über die Auswahl von Werkstoffen treffen und nicht mehr nur Konstrukteure und Ingenieure. Dies hängt zum einen mit dem Arbeitskräftemangel in den technischen Disziplinen zusammen, durch den Unternehmen gezwungen sind, auch Engineeringleistungen von Designern abzurufen. Zum anderen sehen Produzenten professionelle Kreative zunehmend als Ihre Ansprechpartner an, wenn es darum geht, den Markt für technische Innovationen zu entwickeln und aus einer Erfindung ein marktfähiges Produkt zu machen. So ist Bayer MaterialScience seit 2004 mit einem Creative Center den zukünftigen Kunden von Kunststoffen auf der Spur, und das fächerübergreifend. Die Zukunftsanwendungen in der Bauindustrie, Robotik, Logistik und die Bereiche Optik und Licht sind dabei Scoutingfelder, in denen deutliche Entwicklungssprünge erwartet werden. Durch Vernetzung von Designern, Architekten, Trendforschern und Technologen werden hier Zukunftsszenarien entwickelt.

Bild: Fahrzeug mit transparenter Karosserie (Quelle: Bayer MaterialScience, Rinspeed AG, Frank M. Rinderknecht)

Ein weiteres Beispiel für die steigende Bedeutung von Designern im Innovationsprozess ist die Entwicklungsgeschichte des Stuhls »Myto«, den Konstantin Grcic für die BASF AG entworfen hat. Ziel war es, die Funktionsweise eines Zusatzes für PBT KUN 4.1.12 zur Verbesserung der Fließfähigkeit bei der Verarbeitung deutlich werden zu lassen. Das dies mit einem Möbelentwurf eines bekannten Designers geschah war ein Novum in der Materialszene und zeigt das Umdenken vieler Materialproduzenten in der Kommunikation ihrer eigenen Produkte.

Bild: Freischwinger MYTO (Quelle: Konstantin Grcic)

»70 % aller neuen Produkte basieren auf neuen Materialien!«: So lautet das Ergebnis einer Studie (Höcker 2007), in der Werkstoffe zum »Motor für Innovationen« erhoben werden. Das Thema gewinnt immer mehr an Bedeutung und die Kenntnis um Materialität und Verarbeitung wird zum Schlüssel-KnowHow für Designer und Architekten. Dass diese Entwicklung den Kreativen durchaus bewusst ist, spiegelt sich vor allem an der erfolgreichen Etablierung zahlreicher Datenbanken, Messen, Publikationen und Wettbewerben wider. Aber auch die Kreativdienstleister selber werden mehr und mehr zu Innovatoren für neue Materialien. So machte die Designerin Alexa Lixfeld mit einer besonderen Beschichtung die Verwendung von Beton für dünnwandiges Geschirr erst möglich MIN 4.8.

Bild: Geschirr aus Beton (Quelle: Alexa Lixfeld)

Und die Ideen für den traditionellen Bauwerkstoff scheinen nicht auszugehen. Denn auch der ungarische Architekt Aron Losonczi experimentierte bereits 2005 mit Beton und machte ihn durch Integration von Glasfasern durchlässig für Licht und Schatten MIN 6.1. Damit löste er einen Trend in der Zementindustrie aus, der eine Vielzahl von Nachahmerprodukten zur Folge hatte.

Die Entwicklungstätigkeit von Designern und Architekten ist aber nicht nur auf den Werkstoffbereich begrenzt. Neuerdings gehen auch vollkommen neuartige Fertigungsverfahren auf professionelle Kreative zurück. So entwickelte der Architekt Oskar Zieta ein freies Aufblasverfahren für metallische Möbel mit individuellem Charakter oder für Leichtbaukonstruktionen (Brückenelemente, Hausfassaden). Da er keinen Abnehmer für seine Technologie fand, vermarktet er das Ganze jetzt einfach selbst.

Bild: Freie Innenhochdruckumformung (Quelle: Oscar Zieta)

Einen ähnlichen Weg gingen die Verantwortlichen von designtoproduction mit dem »ZipShape«, einem Verfahren zum einfachen Biegen von Holzflächen, das ohne komplizierte Formwerkzeuge auskommt HOL 3.6.

Wir sind Zeuge einer Entwicklung, die vor Jahren noch undenkbar gewesen wäre und an deren Ende vielleicht die Aussöhnung zwischen den kreativen und technischen Disziplinen steht, zwischen Design und Engineering. Es bewegt sich etwas, im Land der Ideen...

Low Tech meets High Tech –
Das Jahrzehnt der Materialien

Er sieht aus wie ein ganz normaler Flieger. Mit wenigen Handgriffen faltet Takuma Toda ein Blatt Papier zu einem funktionstüchtigen Flugobjekt. Lediglich der Name »Orispace« und die Ähnlichkeit zur Form des amerikanischen Space Shuttles deuten darauf hin, dass es sich um etwas Besonderes handeln könnte. Der Vorsitzende der Origami Airplane Association hat eine Vision, die auf den ersten Blick völlig absurd erscheint. Er will seinen Papierflieger aus der Raumstation ISS werfen und sicher auf der Erde landen lassen. Jedes Kind weiß doch, dass Materie beim Eintritt in die Atmosphäre verglüht. Doch was zunächst erstaunlich klingt, kann der Japaner ganz einfach erklären. Die langsame Sinkgeschwindigkeit bei einer Flugdauer von 3 Tagen bewirke nur wenig Reibung, so dass die Wärmeentwicklung deutlich geringer ausfallen wird als beim Space Shuttle. Verwendung findet zudem ein Papier aus langen Zuckerrohr-Fasern, das sehr viel schwerer und stärker ist als normales Büropapier und nach einer chemischen Behandlung der thermischen Belastung standhalten wird.

Dass wir einem Papierflieger den Flug durchs All gar nicht zugetraut hätten, liegt auf der Hand. An dem Projekt lässt sich aber eine Tendenz ableiten, die man aktuell in vielen Produktbereichen erkennen kann. Neben High-Tech-Innovationen in Feldern wie der Robotik oder Bionik werden bewährte Konstruktionen und Materialien genutzt und in fachfremden Kontexten zu neuen Anwendungen entwickelt. Einfache, aber intelligente Lösungen stehen auf Augenhöhe zu technisch hochkomplexen Produkten.

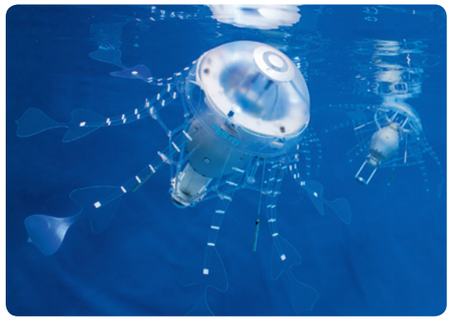


Bild: Roboterquallen AquaJelly (Quelle: Festo)

Während Festo die Entwicklung quallenartiger Robotersysteme (»AquaJelly«) mit autonomer Schwarmintelligenz verkündet, wird die Verwendung eines Segels zum Antrieb von Frachtschiffen als revolutionäre Innovation gefeiert (SkySails®).

Bild: Frachtschiff mit Luftsegel (Quelle: SkySails)

Da treffen sich Experten zu einer Fachkonferenz und diskutieren über die Nachhaltigkeit des natürlichen aber antiken Bauwerkstoffs Lehm. Zeitgleich lässt das steigende Umweltbewusstsein die Forderung nach biologisch abbaubaren Kunststoffen Realität werden, die man »einfach« so auf den Komposthaufen werfen kann. Verbundwerkstoffe wie Hylite® oder Hybrix® finden Einsatz im Flugzeugbau, können aber auch bei der Anfertigung von Koffern und zum Aufziehen von Bildern genutzt werden. Und für die Zukunft ist die Verwendung recyclebarer Platinen aus Zellulose in der Elektroindustrie geplant. Der Unterschied zwischen »high tech« und »low tech« scheint als Qualitätsmerkmal nicht mehr zu funktionieren. Eine Erkenntnis, die sich branchenübergreifend durchzusetzen scheint.

Denn auch Designer und Architekten lassen derzeit eine ausgesprochene Ambivalenz in ihren Arbeiten erkennen: zwischen sehr simplen Konzepten und hochkomplexen Produkten. Ein Paradebeispiel für die neue Einfachheit ist das »100-Dollar-Laptop« des Designers Yves Béhar. Angetrieben von einem Seilzuggenerator und einer Handkurbel soll dieses die digitale Wissensvermittlung für Kinder auch in den entlegendsten Gegenden dieser Welt gewährleisten. »One Laptop per Child« lautet der eingängige Titel des Projekts. Dass die Kinder mit dem Rechner dann erst mal vornehmlich spielen, war wohl zu erwarten, ändert aber am Prinzip nichts.

Bild: 100-Dollar-Laptop (Quelle: Yves Béhar)

Einfache und nachvollziehbare Lösungen haben wieder Platz gefunden in einer Gesellschaft, die nach Verlagerung ganzer Industriebereiche in Billiglohnländer das Gefühl für die Entstehungsprozesse von Produkten und die Möglichkeit zur individuellen Einflussnahme auf Form und Materialität, auf Farbe und Charisma verloren hat. Längst vergessene Herstellungstechniken erleben aktuell in der »NeoCraft«-Bewegung eine Renaissance. Und die Verwendung herkömmlicher Materialien in vollkommen neuen Kontexten wandelt unsere Umwelt in riesige Möglichkeitsräume. Pflaster werden zu Schmuckstücken, Laternen erhalten ein flauschiges Textilkleid und Hotels wirken wie monolithische Eiswürfel.

Bild: Laterne mit Textilkleid (Quelle: Friederike Kersten)

Der Flagship-Store des Labels Freitag® ist gar nur aus verrosteten Containern zusammengesetzt und ragt mit einem besonderen Markenversprechen in den Züricher Himmel empor.

Bild: Freitag® Flagship-Store in Zürich

Dass sich hinter einfachen Lösungen häufig langjährige Entwicklungen verbergen, zeigen nicht erst die Angebote selbsthaftender Textilien (Gecko Multifix®) TEX 6.7, die seit einigen Monaten am Markt verfügbar sind. Offensichtlich wird dies vor allem bei Produkten aus so genannten »smart materials«, bei denen man die Funktionskomplexität von außen gar nicht mehr erkennen kann. Elektrisch leitfähige Textilien machen den mobilen Mediengenuss möglich (»wearable computers«); thermochrome Beschichtungen FLU 3.3 sorgen für Sonnenstrahlen reflektierende Glasfassaden und für optimale klimatische Bedingungen im Innenraum.

Materialität bedeutet heute also Hochtechnologie und Einfachheit zugleich. Alles scheint möglich in einer Zeit der großen Umbrüche und riesigen Herausforderungen. »Low Tech meets High Tech«: Die nächste Dekade gehört den Material- und Technologieinnovationen sowie Designern und Architekten, die es verstehen, Werkstoffe auf intelligente Weise einzusetzen (Peters 3/2008).

Technologie-KnowHow wird Schlüssel-qualifikation für professionelle Kreative

Innovationen sind zum entscheidenden Schlüssel für Unternehmen in einer post-industriellen Gesellschaft geworden. Marktfähige Produkte entstehen heute aus einer Synthese von technologischem Wissen einerseits und der Fähigkeit zur frühzeitigen Identifikation sozioökonomischer Trends andererseits. Die Schnittstelle zwischen Design und Technik hat sich zum Inkubator für Produktideen entwickelt, von dem bedeutende Innovationsimpulse ausgehen. Damit es zu einer effizienten Kooperation bei der Produktentwicklung kommt, benötigen die beteiligten Disziplinen umfangreiches Fachwissen. Vor allem die Kenntnisse über Materialien und Fertigung sind zentrale Themen, die von Designer und anderen professionellen Kreativen mittlerweile vorausgesetzt werden.

Dass dies der Kreativbranche auch bewusst ist, erkennt man am steigenden Interesse für technische Themen. Und auch die Design-Ausbildung kommt in Bewegung. An vielen Hochschulen wurden in den vergangenen Jahren Programme und Professuren an den Schnittstellen zwischen Kreation und Technologie eingerichtet (z. B. UDK Berlin, HfG Offenbach). Die Kreativbranche bereitet sich also auf einen Veränderungsprozess vor, der auf die steigende Bedeutung kreativer Disziplinen für die Industrieunternehmen zurückzuführen ist. Technologie-KnowHow wird für die Kreativbranche mehr und mehr zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor.

Mit dem vorliegenden »Handbuch für Technisches Produktdesign« sollen die Vertreter kreativer Disziplinen umfassend über technologisches Wissen zu den bedeutendsten Werkstoffgruppen und Produktionsmöglichkeiten informiert werden. Wichtige Zusammenhänge sind anschaulich und wissenschaftlich fundiert in Form eines Nachschlagewerks aufbereitet. Die Informationen werden dabei in einer Art präsentiert, die die Denkweise von Designern und Ingenieuren anspricht und unterstützt. Eine schnelle und umfassende Informationsaufnahme der technologischen Rahmenbedingungen für einen Produktentwurf wird auf diese Weise in kürzester Zeit möglich. Das Buch gibt Anstöße, um über den eigenen Horizont zu blicken, auf ungewöhnliche Art und Weise mit Materialien und Fertigungsmethoden umzugehen, Belange anderer Disziplinen besser zu verstehen und der Forderung nach Innovation gerecht zu werden. Die umfangreiche und übersichtliche Sammlung von Informationen erweitert den Möglichkeitsspielraum bei der Produktentwicklung. Weitreichende Innovationen und wirtschaftlich erfolgreiche Produkte werden ebenso gefördert wie eine effiziente Kooperation zwischen Designern und Technologen. Wir wünschen allen Lesern viel Freude bei einer Entdeckungsreise durch die Welt der Werkstoffe und Produktionstechniken und viel Erfolg bei der Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse im interdisziplinären Innovationsprozess!

EIN
Literatur

[1] **Booz Allen Hamilton:** Innovationsstudie - Global Innovation 1.000, 12/2006.

[2] **Grünweg, T.:** Ideen für den Komposthaufen. Hamburg: Spiegel online, 30.10.2006.

[3] **Höcker, H.:** Werkstoffe als Motor für Innovationen - Gibt es eine Kluft zwischen Werkstoffentwicklung und Umsetzung in innovative Produkte?, 2008.

[4] **Kramper, G.:** Amoklauf der Designer. Hamburg: Stern online, 30.11.2005.

[5] **Lotter, W.:** Die Gestörten. brand eins 5/2007. Hamburg: brand eins Verlag.

[6] **Peters, S.:** Modell zur Beschreibung der kreativen Prozesse im Design vor dem Hintergrund ingenieurspezifischer Semantik, Dissertation: Universität Duisburg-Essen, 7/2004.

[7] **Peters, S.:** Kreative Industrien als Impulsgeber für eine erfolgreiche Innovationskultur. Keynote-Vortrag, Tagung: Erfolgsfaktor: Design & Engineering, Stuttgart. 15.02.2007.

[8] **Peters, S.:** Die Macht der Materialien. form 217, Leitartikel im Material-Sonderheft, Basel: Birkhäuser Verlag, 2007.

[9] **Peters, S.:** Nanotechnologie und Produktdesign, Essay im Buch »Nano Architektur - Anwendungen von Nanomaterialien in Design und Architektur«, Basel: Birkhäuser Verlag 2008.

[10] **Peters, S.:** Das Jahrzehnt der Materialien - Vom Technologie- zum Innovationsstandort dank professioneller Kreativer, Vortrag zur Konferenz: Creative Industries - Made by Design, Welterbe Zollverein, Essen, 16.10.2008.

[11] **Peters, S.:** Smarte Materialien – High Tech meets Low Tech. form 223, Leitartikel im Material-Sonderheft, Basel: Birkhäuser Verlag, 2008.
Peters, S.: Revolution der Materie. form 226, Leitartikel im Material-Sonderheft, Basel: Birkhäuser Verlag, 2009.

[12] **Peters, S.:** Die Bedeutung von Designern für technische Innovationsprozesse. 3. Symposium Industrie Design Dresden, 17./18.04.2009.