

Inhaltsverzeichnis

Vorwort..... 5

Kapitel 1

Integrierte Zell-Sensorik in Lithium-Ionen-Akkus

für Elektro- und Hybridfahrzeuge 21

Jan Philipp Schmidt, Sonia Dandl, Ann-Christin Gentschev, Klaus Elian, Matthias Rose

1.1 Einleitung 21

1.2 Stand der Technik..... 22

 1.2.1 Batteriemanagementsysteme 22

 1.2.2 Zustandsgrößen und Sensoren in Li-Ionen Zellen..... 23

 1.2.2.1 Allgemeine Anforderungen 23

 1.2.2.2 Temperaturmessung 26

 1.2.2.3 Referenzelektrode 27

 1.2.2.4 Druckmessung (Gas)..... 30

 1.2.2.5 Mechanische Spannung..... 31

 1.2.2.6 Impedanz..... 32

 1.2.2.7 Enabler Smart Cell 34

1.3 Integrierte Druck- und Temperatursensorik 34

 1.3.1 Integrierte Drucksensoren auf Flexprint-Platinen 34

 1.3.2 Passivierung der Flexprintsensoren 35

 1.3.3 Optimierte Sensorik: Druck und Temperaturmessung..... 36

 1.3.4 Zellintegration 37

 1.3.5 Messergebnisse..... 37

1.4 Zusammenfassung..... 39

Kapitel 2

Batterie-Zellensensoren mit drahtloser Kommunikation

und verteilter Signalverarbeitung 45

Nico Sassano, Valentin Roscher, Karl-Ragmar Riemschneider

2.1	Einleitung.....	45
2.1.1	Batteriemanagement: Stand der Technik	45
2.1.2	Zellensensoren für jede Zelle.....	46
2.1.3	Systemaufbau Batteriemanagement.....	48
2.2	Der Zellsensor	49
2.2.1	Modulare Funktionen des Zellsensors	49
2.2.2	Funksynchronisierte Messung	50
2.2.3	Erfassung von hochdynamischen Ereignissen.....	52
2.2.4	Wake-Up-Funktion	52
2.2.5	Ladungsbalancierung.....	53
2.3	Elektrochemische Impedanzspektroskopie zur Batteriezustandsbestimmung.....	54
2.3.1	Anregung im Lade- und Entladebetrieb	55
2.3.2	Verteilte Signalverarbeitung im Frequenzbereich	57
2.3.3	Ersparnis durch verteilte Signalverarbeitung.....	58
2.4	Anwendung und Erprobung	59
2.4.1	Erprobung der Sensormodule	59
2.4.2	Erprobung der Impedanzspektroskopie	60
2.5	Zusammenfassung und Ausblick	61

Kapitel 3

Chemoresistive CO₂-Sensoren basierend auf

Seltenerdoxycarbonat-beladenem Zinndioxid 65

Alexander Haensch, Nicolae Barsan, Udo Weimar

3.1	Einleitung.....	65
3.2	Messverfahren	67
3.2.1	Sensoraufbau	67
3.2.2	Messaufbau für Widerstandsmessungen.....	68
3.2.3	Messaufbau für Operando-Austrittsarbeitsmessungen.....	68
3.3	Widerstandsmessungen	70
3.3.1	Temperaturabhängigkeit von La ₂ O ₂ CO ₃	70
3.3.2	Temperaturabhängigkeit von La ₂ O ₂ CO ₃ beladenem SnO ₂	70
3.4	Austrittsarbeitsmessungen	72
3.4.1	Ergebnisse der Austrittsarbeitsübertragung	72
3.4.2	Funktionsweise der Austrittsarbeitsübertragung	74
3.5	Zusammenfassung.....	76

Kapitel 4

Photoakustischer Low-Cost CO₂-Sensor für Automobilanwendungen 79

*Jochen Huber, Juan Antonio Enriquez, Antonio Escobar, Stefan Kolb, Alfons Dehé,
Franz Jost, Jürgen Wöllenstein*

4.1	Einleitung.....	79
4.2	Messmethodik	82
4.2.1	Theorie der Photoakustik.....	83
4.2.2	Konzept des photoakustischen Sensorsystems	84
4.3	Sensorsystem.....	85
4.3.1	Mechanischer Aufbau und Komponenten	85
4.3.1.1	Demonstrator.....	87
4.3.1.2	Weiterentwickelter Demonstrator	88
4.3.2	Energieversorgung im Automobil.....	90
4.4	Messergebnisse	90
4.4.1	Charakterisierung im Labor.....	90
4.4.2	Kalibration	92
4.5	Zusammenfassung und Ausblick	94

Kapitel 5

NDIR- und photoakustische VOC/CO₂-Sensoren

zur Detektion der Luftqualität..... 97

*Olaf Kiesewetter, Alexander Krauß, Nils Kiesewetter, Jürgen Müller, Annika Ludewig,
Matthias May*

5.1	Einleitung.....	97
5.2	Ausgewählte Gassensormessprinzipien zur Detektion von CO ₂ und VOCs.....	98
5.2.1	Funktionsprinzip optischer Gassensoren	98
5.2.2	NDIR-Messprinzip zur Detektion von CO ₂	99
5.2.3	Photoakustisches Messprinzip zur Detektion von CO ₂	100
5.2.4	Metalloxid-Gassensorelemente zur Detektion von VOCs.....	101
5.3.1	Aufbauvarianten und Funktion	102
5.3.2	Vergleichende Laborunteruntersuchungen von NDIR- und photoakustischem VOC/CO ₂ -Sensor	105
5.3.3	Praxistests	109
5.4	Applikationspotenzial im Automotive-Bereich	112
5.5	Zusammenfassung und Ausblick	113

Kapitel 6

Mikrowellengestützte Systeme zur Zustandserkennung von Abgaskatalysatoren und Abgasfiltern im Überblick115

Ralf Moos

6.1	Einleitung.....	115
6.2	Prinzip der mikrowellenbasierten Katalysator-Zustandserkennung	117
6.3	Mikrowellenbasierte Katalysator-Zustandserkennung beim Dreiwegekatalysator.....	118
6.4	Mikrowellenbasierte Katalysator-Zustandserkennung beim NH ₃ -SCR-Katalysator	123
6.5	Mikrowellenbasierte Katalysator-Zustandserkennung beim NO _x -Speicherkatalysator.....	127
6.6	Mikrowellenbasierte Zustandserkennung beim Diesel-Partikelfilter.....	127
6.7	Zusammenfassung.....	128

Kapitel 7

Miniaturisierte Systeme zur mikrowellenbasierten Katalysatorüberwachung 133

Iurii Motroniuk, Radosław Królak, Gerhard Fischerauer

7.1	Einleitung.....	133
7.2	Kommunikationssystembasierter Ansatz	134
7.2.1	Beschreibung des Messprinzips.....	134
7.2.2	Experimentelle Verifikation	136
7.2.2.1	DPF-Beladungsbestimmung mit UWB-System.....	136
7.2.2.2	Auswertung einzelner Kommunikationssystemparameter.....	141
7.3	Reflektometer	142
7.3.1	Prinzip und Aufbau	142
7.3.2	Systemeigenschaften	143
7.3.3	Systemleistung.....	145
7.4	Zusammenfassung.....	147

Kapitel 8

Touch-Sensor-System für Dekor-integrierte HMI-Anwendungen im Automobil 149

Florian Miedl, Thomas Tille

8.1	Einleitung.....	149
8.2	Sensorprinzip	150
8.2.1	Optischer Touch-Sensor.....	151
8.2.2	Kapazitiver Touch-Sensor.....	151
8.3	Sensorsystem.....	157
8.3.1	Sensormodul	157
8.3.2	3D-Funktionsoberfläche	164
8.3.3	Performance.....	164

8.4	Anwendung	166
8.4.1	Dekor-Integration	167
8.4.2	Human-Machine-Interface.....	168
8.5	Zusammenfassung.....	169

Kapitel 9

3D-Gestenerkennung für Multi-Touch Displays..... 171

Roland Aubauer, Andreas Guete

9.1	Einleitung.....	171
9.1.1	Anwendungsgebiete.....	172
9.1.2	Vorteile der Gestenbedienung.....	172
9.2	Systeme zur Gestenerkennung	173
9.3	Kapazitive Gestenerkennung	175
9.3.1	E-Feld Sensorik	176
9.3.1.1	Elektroden	176
9.3.2	Fazit	178
9.4	Systemcharakterisierung	178
9.5	Gestenerkennungssystem GestIC.....	180
9.5.1	Signalverarbeitung GestIC	182
9.5.2	Rohdaten und Gesten.....	182
9.5.3	Statistische Klassifikation.....	184
9.5.3.1	Grundlagen und Prinzipien	184
9.5.3.2	Start- und Endbedingungen.....	185
9.5.3.3	Garbage-Modell	186
9.5.4	GestIC-Gestenportfolio	186
9.6	2D-Multitouch, 3D-Gestenerkennung für Displays.....	187
9.6.1	Technische Herausforderung	187
9.6.2	2D-Multitouch-Erkennung	188
9.6.3	2D/3D-Displays	188
9.7	Zusammenfassung und Ausblick	189

Kapitel 10

Materialintegrierte Sensorik für Fahrzeug-Leichtbautechnik..... 191

Martina Hübner, Maryam Kahali Moghaddam, Mariugenia Salas, Gerrit Dumstorff,

Walter Lang

10.1	Einleitung.....	191
10.2	Sensoren in Entwicklung und Produktion.....	193
10.2.1	Fremdkörpereffekt	194
10.2.2	Fließfrontüberwachung.....	196
10.2.2.1	Optische Sensorsysteme zur Fließfrontüberwachung.....	197
10.2.2.2	Akustische Sensorsysteme zur Fließfrontüberwachung	198
10.2.2.3	Elektrisch Sensorsysteme zur Fließfrontüberwachung	199

- 10.2.2.4 Mechanische Sensoren zur Fließfrontüberwachung 200
 - 10.2.2.5 Thermische Sensorsysteme zur Fließfrontüberwachung 202
- 10.2.3 Überwachung des Aushärtungsprozesses 202
 - 10.2.3.1 Optische Überwachung des Aushärtungsprozesses 202
 - 10.2.3.2 Akustische Überwachung des Aushärtungsprozesses..... 203
 - 10.2.3.3 Dielektrische Überwachung des Aushärtungsprozesses 204
 - 10.2.3.4 Dehnungsmessstreifen zur Überwachung
des Aushärtungsprozesses 204
- 10.3 Structural Health Monitoring 204
 - 10.3.1 Optische Verfahren 205
 - 10.3.2 Dielektrische Verfahren 206
 - 10.3.3 Akustische Verfahren..... 206
- 10.4 Drahtlose Übertragung..... 210
- 10.5 Zusammenfassung 209

Kapitel 11

- MEMS Mobility-Sensoren für Bewegungserkennung..... 217**
Michael Rupp, Markus Dorwarth, Julia Kern, Juan Pontes, Tiffany Viana Zabinski
- 11.1 Einleitung..... 217
 - 11.1.1 MEMS-Sensoren im Automobil 218
 - 11.1.2 MEMS-Sensoren in Konsumelektronik 218
- 11.2 Anforderungen für MEMS im Automobil
und in der Konsumelektronik..... 218
 - 11.2.1 Marktanforderungen für Automobil-MEMS 219
 - 11.2.2 Marktanforderungen für Konsumelektronik-MEMS..... 219
 - 11.2.3 Zusammenfassung der unterschiedlichen Marktanforderungen 220
- 11.3 Mobility-Sensoren Konzept..... 220
 - 11.3.1 AEC-Q100 Qualifizierung..... 221
 - 11.3.2 Erweiterte Produktverfügbarkeit / erweitertes Endmessen 221
- 11.4 Vorstellung Mobility-Sensoren 222
 - 11.4.1 MEMS-Inertialsensor SMI130 222
 - 11.4.2 SMG130..... 224
 - 11.4.3 SMA130..... 224
- 11.5 Mögliche Automobil-Anwendungen 226
 - 11.5.1 Bank-Angle-Sensierung..... 226
 - 11.5.2 Alarmanlagen in Fahrzeugen..... 227
 - 11.5.3 Navigation 227
 - 11.5.4 Remote-Keyless-Entry-Systeme..... 228
 - 11.5.5 eCall..... 228
- 11.6 Software 229
 - 11.6.1 Software für Konsumelektronik- und Automobil-Sensoren 229
 - 11.6.2 Software für Mobility-Sensoren 229

11.6.3 Linux- und Android-Softwarestruktur mit Mobility-Sensoren..... 229

11.6.4 Ausblick für Software Anwendungen..... 230

11.7 Zusammenfassung 230

Kapitel 12

**Hoch performante Rotorlage-Sensorik für
bürstenlose E-Maschinen in Hybridantrieben 233**

Peter Slama, Leo Aichriedler

12.1 Einleitung 233

12.2 Rotorpositionssensor 235

12.2.1 Methoden zur Erfassung der Rotorposition 235

12.2.1.1 Elektromechanische Verfahren..... 236

12.2.1.2 Optische Sensoren..... 237

12.2.1.3 Magnetische Sensoren..... 237

12.3 In die Welle integriertes Sensorsystem 242

12.3.1 Aufbau 242

12.3.2 Optimierung bezüglich Genauigkeit..... 243

12.3.3 Systemuntersuchung: Genauigkeit 245

12.3.3.1 Testaufbau Systemprüfstand 245

12.3.3.2 Ergebnisse Genauigkeitsuntersuchungen..... 245

12.3.4 Systemuntersuchung: Störfeldrobustheit 246

12.4 Rotorlage-Sensorik unter dem Aspekt funktionaler Sicherheit..... 248

12.5 Zusammenfassung..... 249

Kapitel 13

Hochintegrierte Rotorlage-Sensoren für Elektro-Motoren..... 251

Marco Wolf, Michael Ludwig

13.1 Einleitung 251

13.2 Technologien zur Rotorlage-Erfassung..... 257

13.2.1 Resolver 257

13.2.2 Wirbelstrom-Sensoren (Eddy-Current-Sensoren)..... 259

13.2.3 Magnetische Sensoren 260

13.2.3.1 Hall-Sensoren..... 260

13.2.3.2 Magneto-Resistive Sensoren 261

13.2.4 360°-AMR-Encoder..... 263

13.3 Vergleich auf Systemniveau..... 266

13.3.1 Integration..... 266

13.3.2 Magnetische Störfestigkeit 269

13.3.3 Kosten 270

13.3.4 Messgenauigkeit 270

13.3.4.1 Resolver und Wirbelstrom-Sensor 271

13.3.4.2 Magnetische Sensoren..... 273

13.4 Zusammenfassung und Ausblick 278

Kapitel 14

**Magnetoresistive Sensoren für Weg-, Winkel-, Strom-
und Feldmessung im Automobil 281**

Dr. Rolf Slatter, Glenn von Manteuffel

14.1 Einleitung 281

14.2 Anforderungen an Sensoren im Automobil 282

14.3 Grundlagen magnetoresistiver Sensortechnologie..... 283

 14.3.1 AMR-Effekt 285

 14.3.2 GMR-Effekt 289

 14.3.3 TMR-Effekt 290

14.4 Signalverarbeitung bei MR-Sensoren 291

14.5 Vorteile und Nutzen von MR-Sensoren 293

14.6 Anwendungsbeispiele 296

 14.6.1 Raddrehzahlsensor 296

 14.6.2 Drehmomentsensor für elektrische Lenkung..... 298

 14.6.3 Motorkommutierungssensor für Aktivlenkung 300

 14.6.4 Zahnsensormodul für Ventilwegmessung..... 302

 14.6.5 Geschwindigkeitssensor für E-Kompressor 305

 14.6.6 Winkelsensor für vollvariables Ventilsteuerungssystem 306

 14.6.7 Stromsensor für E-Sportwagen Umrichter 307

 14.6.8 Stromsensor für induktives Ladesystem für E-Fahrzeuge..... 310

14.7 Zusammenfassung 312

Kapitel 15

Streifeld-immune Schaltkreise für magnetische Positionssensoren 317

David Schneider, Marcel Urban

15.1 Einleitung..... 317

15.2 Positionssensoren im Automobil..... 318

 15.2.1 Überblick 318

 15.2.1.1 Optische Positionssensoren..... 318

 15.2.1.2 Induktive Positionssensoren..... 319

 15.2.1.3 Resistive Positionssensoren 319

 15.2.1.4 Magnetische Positionssensoren..... 319

 15.2.2 Einfluss von Streufeldern auf magnetische Positionssensoren..... 320

 15.2.2.1 Einfluss homogener Streufelder 327

 15.2.2.2 Einfluss inhomogener Streufelder 328

 15.2.2.3 AC- und DC-Streufelder 332

15.3 Messergebnisse 332

15.4 Zusammenfassung..... 334

Kapitel 16

Induktiver Drehzahlsensor für Turbolader 335

*Sebastian Paul Wenzel, André Yashan, Thomas Graf, Martin Brandt, Peter Traub,
Andreas Hoelscher*

16.1 Einleitung	335
16.2 Sensor-Technologie.....	336
16.2.1 Funktionsprinzip	336
16.2.2 Aufbau	339
16.3 Vorteile der Turboladerdrehzahl-Erfassung	340
16.3.1 Luftsystem von Verbrennungsmotoren	340
16.3.2 Üblicher Überdrehzahlschutz / Toleranzeinfluss	343
16.3.3 Erhöhung der Höhenreserve	346
16.3.4 Erhöhung Drehmoment/Leistung und Downsizing-Potential	347
16.3.5 Erweiterte Nutzung des Verdichterkennfeldes	349
16.3.6 Ersatz anderer Sensoren.....	350
16.4 Zusammenfassung.....	351

Kapitel 17

**Piezoelektrische MEMS-Sensoren zur Viskositäts-
und Dichtebestimmung von technischen Flüssigkeiten 353**

Michael Schneider, Achim Bittner, Martin Kucera, Ulrich Schmid

17.1 Einleitung	353
17.2 MEMS-Resonatoren in viskosen Flüssigkeiten	354
17.3 Piezoelektrischer Effekt in MEMS-Resonatoren	356
17.4 Herstellung der MEMS Sensoren	363
17.5 Messungen in hochviskosen Flüssigkeiten	364
17.6 Zusammenfassung und Ausblick	370