Inhaltsverzeichnis

Vorwort ... 7

1 Künstliche Intelligenz: Wege, Regeln und Daten ... 19
Wilfried Grunau

1.1 Einleitung ... 19
1.2 Im Spannungsfeld von Fortschritt und Vertrauen ... 19
1.3 OECD-Definitionen ... 20
1.4 Der AI Action Summit ... 21
1.5 Die europäische Strategie ... 23
1.6 Der europäische Rechtsrahmen ... 24
1.7 Daten als Herausforderung ... 26

2 Einführung in die künstliche Intelligenz und das maschinelle Lernen ... 29
Ribana Roscher und Lukas Drees

2.1 Was ist künstliche Intelligenz? ... 29
2.2 Maschinelles Lernen ... 30
2.2.1 Das generelle Framework ... 30
2.2.2 Taxonomie des maschinellen Lernens ... 32
2.2.3 Künstliche neuronale Netze ... 34

3 Einführung in neuronale Netze für die Bildanalyse ... 37
Franz Rottensteiner

3.1 Einführung ... 37
3.1.1 Ziele der Bildanalyse ... 37
3.1.2 Maschinelles Lernen in der Bildanalyse ... 38
3.2 Künstliche neuronale Netze ... 40
3.2.1 Das Perzeptron ... 40
3.2.2 Multilayer Perzeptron (MLP) ... 41
3.2.3 Training ... 44
3.3 Convolutional Neural Networks (CNN) ... 47
3.3.1 Grundlegende Komponenten von CNNs ... 47
3.3.2 CNN-Architekturen für die Bildkategorisierung ... 50
3.3.3 Komponenten und Architekturen für die pixelweise Klassifikation ... 52
3.3.4 Training ... 55
3.4 Transformer-Modelle ... 56
3.4.1 Attention-Mechanismus und Transformer-Blöcke ... 56

3.4.2 Transformer-Architekturen für die Bildkategorisierung ... 58
3.4.3 Transformer-Architekturen für die pixelweise Klassifikation ... 60
3.5 Schlussbemerkungen ... 60

4 Sichere KI: Aufbau einer überprüfbaren Intelligenz ... 65
Ingo Simonis

4.1 Einführung ... 65
4.2 Die Architektur des Vertrauens – Ein Framework für sichere KI ... 66
4.2.1 Formale Grundlagen schaffen ... 67
4.2.2 Wissensextraktion und Modellierung ... 67
4.2.3 Echtzeit-Zustandsschätzung ... 68
4.2.4 Sicherheitsverifikation ... 68
4.2.5 Verifizierbar sicheres Lernen ... 69
4.2.6 Praxisvalidierung ... 69
4.3 Systemarchitektur ... 70
4.3.1 Das formale Spezifikationsframework ... 70
4.3.2 Das Wissensgewinnungs- und Weltmodellierungssystem ... 70
4.3.3 Die Echtzeit-Inferenzmaschine ... 73
4.3.4 Das Sicherheitsverifikations- und Beweisgenerierungssystem ... 75
4.3.5 Das verifikationsbeschränkte Policy-Learning-System ... 77
4.4 Integration und Zukunft ... 77
4.5 Der Weg in die Zukunft: Standards, Interoperabilität und Vertrauen ... 78
4.5.1 OGC-Standards als Grundlage für die Bereitstellung von Daten und Diensten ... 78
4.5.2 Herausforderungen und Chancen für die Forschung ... 79
4.5.3 Organisatorische und kulturelle Dimensionen ... 80
4.5.4 Eine Vision von vertrauenswürdiger räumlicher Intelligenz ... 81

5 ArcGIS – eine Geospatial AI-Plattform ... 83
Alina Krämer und Thomas Paschke

5.1 KI und GIS ... 83
5.1.1 Evolution ... 83
5.1.2 Machine Learning ... 83
5.1.3 Deep Learning ... 84
5.1.4 Task-Spezifische vs. Foundation-Modelle ... 86
5.1.5 Large Language Models/GPTs ... 89
5.2 ArcGIS eine Geospatial AI Plattform ... 91
5.2.1 GeoAI ... 91
5.2.2 KI-Assistenten ... 95
5.2.3 KI-Agenten ... 96
5.2.4 KI-Framework ... 97
5.2.5 Trust und Modellerklärbarkeit ... 98
5.3 Zusammenfassung und Ausblick ... 99

6 Künstliche Intelligenz für die Geodäsie bei Hexagon 103
Johannes Maunz, Uwe Bacher, Benjamin Schoell und Manuel Gesto Diaz

6.1 Einführung 103
6.2 GeoKI in der Bild- und Punktwolkenanalyse 103
6.2.1 Einleitung 103
6.2.2 KI-gestützte Luftbildsegmentierung 103
6.2.3 Versiegelungsanalyse 105
6.2.4 Parcelindex 106
6.2.5 Stadtklimasimulation 107
6.2.6 Lidar Punktwolkenklassifikation 108
6.2.7 Zusammenfassung und Ausblick 110
6.3 Spatial Intelligence für den digitalen Zwilling 110
6.3.1 UAV-basierte Segmentierung für operative Entscheidungen auf Baustellen 111
6.3.2 Hochbau und Fertigung 112
6.3.3 Industrieanlagen und Rohrleitungsinfrastruktur 113
6.3.4 Verkehrsinfrastruktur und mobile Erfassung 113
6.3.5 Chancen und Herausforderungen 114
6.4 Künstliche Intelligenz in der Vermessung 115
6.4.1 Die Grundlage der KI im Leica TS20: die NPU 115
6.4.2 AI-powered PowerSearch und ATR 116
6.4.3 AI-Detect – Prismentyp 117
6.4.4 Training der neuronalen-Netzwerke 119
6.4.5 Einfluss von künstlicher Intelligenz auf den Kundenalltag 120
6.5 Computer Vision beim Aufmass 121
6.5.1 Technologie 121
6.5.2 Anwendungsfälle in der Praxis 122

7 Ein Einblick auf KI-Anwendungen im Vermessungsingenieurbüro 127
Denise Becker

7.1 Einleitung 127
7.2 Grundlagen und Technologie 128
7.3 Anwendungsfelder im Vermessungsingenieurbüro 129
7.3.1 Außendienst 130
7.3.2 Innendienst 132
7.3.3 Administrative Tätigkeiten 139
7.4 Fazit 139

8 Von der Deep-Learning-basierten Gebäudeerkennung zur Georeferenzierung der Satellitenbilder des Bayerischen Satellitennetzwerks ... 143
Robert Roschlaub, Clemens Glock, Peter Schack, Manfred Zerndl, Michael Dotterweich und Christian Stangl

8.1 Einführung ... 143
8.2 Das Bayerische Satellitennetzwerk ... 144
8.3 DL-basierte Architekturmodelle und deren Vergleich ... 147
8.3.1 Ausgewähltes Netzwerk ... 149
8.3.2 Notwendige Trainingsläufe (Epochen) ... 151
8.4 Datenfluss und Prozessierung im Satellitenprojekt ... 155
8.5 Schluss ... 159

9 Künstliche Intelligenz in der Fernerkundung für klimaresilientes Infrastrukturmonitoring ... 163
Jonas Ziemer, Jannik Jänichen, Carolin Wicker, Gideon Stein, Katja Last, Maha Shadaydeh, Joachim Denzler, Christiane Schmullius und Clémence Dubois

9.1 Einführung ... 163
9.2 Infrastrukturüberwachung von Talsperren ... 164
9.3 Grundlagen von SAR und MT-InSAR ... 165
9.4 Eignung für eine satellitengestützte Beobachtungsstrategie ... 167
9.4.1 Radardaten – Voraussetzung für eine PS-basierte Beobachtungsstrategie ... 168
9.4.2 Beurteilung der Eignung von Bauwerken für PS-basierte Deformationsmessungen ... 169
9.5 Ergänzende Infrastruktur – Elektronische Corner-Reflektoren (ECR) ... 177
9.6 Prognosefähigkeit durch datengetriebene Ansätze ... 181
9.7 Fazit und Ausblick ... 185

10 KI-basierte Oberflächenanalyse von urbanen Gebieten ... 191
Lina Krisztian, Markus Metz und Anika Weinmann

10.1 Einleitung ... 191
10.2 Daten ... 193
10.2.1 Digitale Orthophotos ... 193
10.2.2 Normalisiertes Digitales Oberflächenmodell ... 195
10.2.3 Teilautomatisierte Trainingsdatenerstellung ... 196
10.2.4 Weitere Hilfsdaten ... 197
10.3 Oberflächenanalyse ... 199
10.3.1 Datenaufbereitung für KI-Modell ... 200
10.3.2 Einführung KI-Modelle für die Bildverarbeitung ... 202
10.3.3 Training eines tiefen neuronalen Netzes ... 204

10.3.4 Anwendung des entwickelten KI-Modells 205
10.3.5 Postprozessierung 205
10.3.6 Veränderungsanalyse 208
10.4 Fazit und Ausblick 208

11 Smart City und urbane Mobilität: KI für Simulation und Vorhersage des Verkehrs 213
Julia Gastinger, Jakob Kappenberger, Adam Kelly und Heiner Stuckenschmidt

11.1 Einleitung 213
11.2 Daten 214
11.3 Simulation 216
11.3.1 Ansatz 216
11.3.2 Anwendungsszenario 218
11.4 Verkehrsvorhersage unter Verwendung räumlich-zeitlicher graph-neuronaler Netze 219
11.4.1 Ansatz zur Verkehrsvorhersage 219
11.4.2 Experimente zur Verkehrsvorhersage 221
11.4.3 Ergebnisse 222
11.5 Fazit und Ausblick 223

12 Intelligente Parkraum-Kartierung: Mit Luftbildern und KI zur stadtweiten Übersicht 227
Felix Rauch, Corentin Henry, Manuel Mühlhaus, Jens Hellekes, Nina Merkle und Franz Kurz

12.1 Stand der Parkraumerfassung in Deutschland: Herausforderungen und Lösungsansätze 227
12.2 KI-basierte Segmentierung von Parkflächen 229
12.2.1 Einführung in die KI-basierte Segmentierung von Parkflächen 229
12.2.2 Luftbild- und Trainingsdaten 229
12.2.3 Überblick über die Methode 230
12.2.4 Ergebnisse 232
12.3 KI-basierte Detektion von Fahrzeugen 235
12.3.1 Einführung in die KI-basierte Detektion von Fahrzeugen 235
12.3.2 Luftbild- und Trainingsdaten 236
12.3.3 Überblick über die Methode 236
12.3.4 Ergebnisse 237
12.4 Erstellung des Parkraum-Katasters 239
12.4.1 Einführung 239
12.4.2 Überblick über die Methode 240
12.4.3 Ergebnisse am Beispiel Berlin 242
12.5 Zusammenfassung und Ausblick 244

13 KI: Von „Wort und Bild“ zu „Raum und Zeit“ 249
Thomas Scheibel

13.1 Zusammenfassung 249
13.2 KI: von Large Language zu Large World Models 249
13.3 Stationäre Prozesse: Erfolge und Grenzen 250
13.4 Wirtschafts-KI für nichtstationäre offene Prozesse 250
13.5 Kreislaufwirtschaft als Antreiber 251
13.6 Geospatiale Zeitreihendaten: Ressourcen, Kosten und Wahrscheinlichkeiten 253
13.7 Praxisfeld: nichtmotorisierte Dinge in Bewegung 255
13.8 Integration von geodätischen und pfadbasierten Geodaten 258
13.9 Resilienz ist Einfachheit 259
13.10 Datenpooling und Wettbewerb? 259
13.11 Dynamik als Strukturprinzip – der „Pfad durch die Kammer“ als Lösung 260

14 Anwendung von künstlichen neuronalen Netzen zur Erfassung von Verkehrsdaten mithilfe von Schwingungsmessungen 261
Boris Resnik

14.1 Einführung 261
14.2 Datenerfassung 263
14.3 Fahrzeugklassifizierung mit KNN 265
14.4 Erfassung von einzelnen Achslasten 268
14.5 Fazit und Ausblick 271

15 Machine Learning im Rahmen der geodatenbasierten Wärmeleitplanung 273
Mareike Fincken, Moritz Elbeshausen, Friedrich Wenzel und Sascha Koch

15.1 Einführung 273
15.2 Geodatenbasierte Wärmeleitplanung 273
15.2.1 Bestandsanalyse 274
15.2.2 Potenzialanalyse 274
15.2.3 Gesamtarchitektur der geodatenbasierten Wärmeleitplanung 275
15.3 Related Work 276
15.3.1 Baumerkennung 276
15.3.2 Geothermiepotenzialanalyse 276
15.3.3 Clustering 277
15.4 Anwendungsmöglichkeiten von Machine Learning im Rahmen der geodatenbasierten Wärmeleitplanung 277

15.4.1 Baumerkennung im Rahmen der Geothermiepotenzialanalyse 277
15.4.2 Klassifikation von Flurstücken für die Geothermiepotenzialanalyse 279
15.4.3 Clustering zur Bildung neuer Ebenen für die Energieleitplanung 284
15.5 Fazit und Ausblick 285
15.6 Danksagung 286

16 KI-gestützte Klassifizierung von Flughindernissen aus 3D-Punktwolken 289
Marco Hannemann und Eike Schott

16.1 Einführung 289
16.2 Material und Methoden 290
16.2.1 3D Deep Learning 290
16.2.2 Beschreibung des Datensatzes 291
16.2.3 Objektextraktion 293
16.2.4 Klassifizierung mit PointNet 294
16.2.5 Annotation 295
16.2.6 Modelltraining 297
16.2.7 Beurteilung der Modellgüte 297
16.3 Ergebnisse 298
16.3.1 Modelltraining 298
16.3.2 Modellauswertung 298
16.3.3 Klassifikationsschema 300
16.4 Fazit und Ausblick 301

17 Untersuchung der Optimierung der Deep-Learning-gestützten Containerdetektion durch Anpassung der spektralen, räumlichen und radiometrischen Auflösung in den Trainingsdaten 303
Julian Falke

17.1 Einleitung 303
17.2 Datengrundlage und Methodik 304
17.2.1 Datengrundlage 306
17.2.2 Methodik 310
17.3 Ergebnisse 317
17.4 Diskussion 321
17.5 Fazit und Ausblick 328

18 Cop4ALL-DE – Ableitung der Landbedeckung Deutschlands unter Verwendung von Deep-Learning-Modellen 331
Sönke Müller, Alexandra Bicsan, Philip Rinkwitz und Nils Wolf

18.1 Einleitung 331
18.1.1 Ziele und Hintergrund 331

18.1.2 Modell der Landbedeckung ... 331
18.1.3 Strategie ... 332
18.1.4 Workflow ... 334
18.2 Eingangsdaten ... 335
18.2.1 Sentinel-2 ... 335
18.2.2 Digitale Orthofotos ... 336
18.2.3 Normalisiertes Digitales Oberflächenmodell ... 336
18.2.4 Bestandsdaten ... 337
18.3 Trainingsdatengenerierung ... 337
18.4 Convolutional Neural Network ... 340
18.5 Recurrent Neural Network ... 342
18.6 Zusammenführung der neuronalen Netze ... 344
18.7 Ableitung der Landbedeckung ... 345
18.8 Bereitstellung der Ergebnisse ... 347
18.9 Qualität der Landbedeckung ... 348

19 KI-gestützte Landbedeckungsklassifikation: ein Baustein zur Automatisierung des Landbedeckungsmodells Deutschland (LBM-DE) ... 351
Patrick Merita, Gabriel Cevallos, Julia Holzner, Hendrik Wagenseil und Michael Wurm

19.1 Hintergrund und Zielsetzung ... 351
19.2 Semantische Segmentierung ... 354
19.3 Datengrundlage und Methodik ... 355
19.3.1 PlanetScope ... 355
19.3.2 Landbedeckungsmodell Deutschland (LBM-DE) ... 356
19.3.3 Methodische Herangehensweise ... 356
19.4 Diskussion der Klassifikationsergebnisse ... 359
19.5 Postprozessierung und Automatisierung ... 362
19.6 Ausblick ... 365

20 Erhebung und Nutzung von Referenzdaten zum Training und zur Validierung KI-gestützter Monitoringaufgaben für die Land- und Forstwirtschaft ... 367
Andreas Müterthies

20.1 Einleitung ... 367
20.2 Grundlagen: Referenzdaten in KI-Anwendungen ... 368
20.3 Methoden zur Erhebung von Referenzdaten ... 369
20.4 Integration und Aufbereitung von Referenzdaten ... 370
20.5 Nutzung von Referenzdaten zum Training von KI-Modellen ... 370

20.6 Validierung und Qualitätssicherung von Modellen ... 371
20.7 Fallbeispiele aus der Land- und Forstwirtschaft ... 372
20.7.1 Monitoring von Waldschäden und Holzvorrat ... 372
20.7.2 KI-gestützte Erfassung landwirtschaftlicher Daten ... 375

21 KI4Forst 2.0 – Monitoring von Wäldern und städtischen Grünflächen in Schleswig-Holstein mit Fernerkundungsdaten und KI ... 379
Ralph Schmidt, Daniel Baron, Tim Gattinger, Jan-Eric Höch und Mathis Priestaff

21.1 Einleitung ... 379
21.2 Datengrundlagen ... 379
21.3 Monitoring von Waldflächen ... 381
21.3.1 Einleitung ... 381
21.3.2 Eingangsdaten und Vorprozessierung ... 382
21.3.3 Methodik Klassifikation ... 383
21.3.4 Methodik Veränderungsdetektion und Vitalitätsanalyse ... 385
21.3.5 Ergebnisse ... 386
21.3.6 DANord Portal Wald ... 388
21.4 Monitoring von städtischen Grünflächen ... 390
21.4.1 Eingangsdaten und Vorprozessierung ... 390
21.4.2 Methodik Klassifikation ... 390
21.4.3 Ergebnisse ... 391
21.5 Fazit und Ausblick ... 393
21.6 Danksagung ... 394

22 UrbanAI – Dank KI und Erdbeobachtung zu nachhaltigen urbanen Anpassungsstrategien ... 399
Adrian Fessel, Lara Munderloh, Sarah Tesmer, Ulrich Gellhaus, Martin Mundt und Phil Daro Krummrich

22.1 Einleitung ... 399
22.1.1 Wirkungsweise von KI auf bildgebende Fernerkundung ... 399
22.1.2 Landbedeckung als Grundlage für einen Urbanen Digitalen Zwilling ... 401
22.2 Deep Learning für urbane Landbedeckung ... 404
22.2.1 Herausforderungen im urbanen Raum ... 404
22.2.2 Datengrundlage ... 406
22.2.3 Trainingsmethodik ... 408
22.2.4 Vorhersage und Evaluierung ... 411
22.2.5 Ergebnisse und Diskussion ... 413
22.3 Stärkung der Anpassungsfähigkeit ... 417
22.3.1 Lernen in dynamischen Umgebungen ... 418
22.3.2 Inkrementelle Szenarien ... 419
22.3.3 Continual-Learning-Methoden ... 421

22.3.4 Domänen- und Modalitäten-übergreifende Klassifikation von urbanen Oberflächen mit Continual Learning 422
22.4 Anwendungen 424
22.4.1 Flächenmonitoring 424
22.4.2 Versiegelung 425
22.4.3 Änderungsdetektion 427
22.5 Ausblick und Fazit 427

Abkürzungsverzeichnis 431

Herausgeber- und Autorenverzeichnis 435

Stichwortverzeichnis 441