



Xpert.press

Wolfgang W. Osterhage

IT-Kompendium

Die effiziente Gestaltung
von Anwendungsplattformen

 Springer Vieweg

Xpert.press

Die Reihe Xpert.press vermittelt Professionals in den Bereichen Softwareentwicklung, Internettechnologie und IT-Management aktuell und kompetent relevantes Fachwissen über Technologien und Produkte zur Entwicklung und Anwendung moderner Informationstechnologien.

Mehr Informationen zu dieser Reihe auf <http://www.springer.com/series/4393>

Wolfgang W. Osterhage

IT-Kompendium

Die effiziente Gestaltung
von Anwendungsplattformen

Wolfgang W. Osterhage
Wachtberg-Niederbachem
Deutschland

ISSN 1439-5428

Xpert.press

ISBN 978-3-662-52704-7

ISBN 978-3-662-52705-4 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-52705-4>

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

Springer Vieweg

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk 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. Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Deutschland

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Das Buch gibt einen umfassenden Überblick über den State of the Art der Informationstechnologie. Informationstechnologie hat mit Intelligenz bzw. intelligenten Systemen zu tun – künstlicher Intelligenz (KI). Zunächst wird ganz allgemein die Frage gestellt, wie man denn Intelligenz definieren kann. Dabei kommen zwei Ansätze zur Sprache: die klassische KI und künstliche neuronale Netze – letztere dem menschlichen Gehirn nachempfunden.

In dem dann folgenden Abschnitt geht es beispielhaft um intelligente Anwendungen unterschiedlicher Komplexitätsgrade. An dieser Stelle seien genannt ERP, CRM und Smart Energy, aber auch die Domäne der Telematik.

Intelligente Anwendungen benötigen Substrate, auf denen sie ausgeführt werden können. Ein weiterer Abschnitt stellt in systematischer Manier Grundsätze von Systemarchitekturen vor, gefolgt von der Entwicklung der dazu benötigten Datenhaltungskonzepte. Systeme und Anwendungen unterliegen Qualitätsstandards. Wie diese sicher gestellt werden können, wird ausführlich dargelegt.

Moderne Anwendungslandschaften sind ohne Netzwerktechnologie nicht mehr denkbar. Es werden die wichtigsten Kommunikationsstandards wie WLAN, Bluetooth sowie die besonderen Features der Mobilfunktechnologie vorgestellt.

Performance spielt bei komplexen Anwendungen eine weitere wichtige Rolle. Die Grundlagen der Performance-Theorie sowie deren Umsetzung in die Praxis werden diskutiert.

Alle bis dahin erörterten Teilaspekte der IT-Technologie sind Gegenstand von Sicherheitsüberlegungen, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf Gefährdungen in Kommunikationsnetzen gelegt wird. Und schließlich geht es um die Verfügbarkeit von IT-Ressourcen. Deren Sicherstellung kann nur durch eine ausgefeilte Notfallmanagementstrategie gewährleistet werden.

Mein Dank gilt der Springer-Redaktion, insbesondere Herrn Engesser und Frau Glaunsinger, sowie dem Realisierungsteam für ihre geduldige Unterstützung dieses Vorhabens.

Im August 2017

Dr. Wolfgang Osterhage

Inhaltsverzeichnis

1	Was ist Intelligenz?	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Der Turing-Test	2
1.3	Künstliche Intelligenz	4
1.3.1	Entwicklungsgeschichte der künstlichen Intelligenz	5
1.3.2	Wofür steht KI?	7
1.3.3	Pragmatischer Ansatz	7
1.3.4	Programmierte Intelligenz	8
1.3.5	Output	9
1.4	Künstliche neuronale Netze	10
1.4.1	Einleitung	10
1.4.2	Das Modell für künstliche neuronale Netzwerke	10
1.4.3	Anwendungsbereiche	12
1.4.4	Zuverlässigkeit	12
1.4.5	Mehrschichtige neuronale Netzwerke	13
2	Anwendungen	15
2.1	Einleitung	15
2.2	Private Nutzung	15
2.2.1	Das Spektrum privater Anwendungen	16
2.3	Komplexe Anwendungen	18
2.3.1	ERP	18
2.3.2	CRM	27
2.3.3	Smart Energy	30
2.4	Telematik	31
2.4.1	Big Data	31
2.4.2	Einsatzbereiche	32
2.4.3	Wearables und Technologien	33
2.4.4	Telematik in den Kfz-Versicherungen	35
2.4.5	Telematik in der Krankenversicherung	37
2.4.6	Telematik in der Verbrechensbekämpfung: Pre-Crime-Analytics	39

2.4.7	FutureICT.....	40
2.4.8	Fazit.....	40
3	Systemarchitekturen.....	41
3.1	Einleitung.....	41
3.2	Parameter.....	41
3.2.1	Hardwareparameter.....	42
3.2.2	CPU.....	43
3.2.3	Hauptspeicher.....	47
3.2.4	Platten.....	49
3.2.5	I/O.....	51
3.2.6	Betriebssystemparameter.....	54
4	Datenhaltungskonzepte.....	57
4.1	Technische Voraussetzungen.....	57
4.2	Zugriffe.....	61
4.3	Wissensbasen und neuronale Werkzeuge.....	62
4.3.1	Einleitung.....	62
4.3.2	Wissensbasen und KI.....	62
4.3.3	Fortgeschrittene Optionen für Datenbankmanagement.....	63
4.3.4	Zusammenfassung.....	66
5	IT-Qualität.....	67
5.1	Einleitung.....	67
5.2	IT-Quality-Management.....	67
5.2.1	Normative Verweisungen.....	68
5.2.2	Methodologien.....	68
5.3	Qualitätsmanagement als Projekt.....	69
5.3.1	Anforderungsmanagement.....	71
5.3.2	Change-Management.....	72
5.3.3	Fehlermanagement.....	73
5.4	Ziele des IT-Quality-Managements.....	75
5.4.1	Vermeidung von langen Pilotbetrieben.....	75
5.4.2	Vermeidung von Produktionsausfällen.....	76
5.4.3	Sofortige Korrektur von Mängeln.....	76
5.4.4	Vermeidung von Dateninkonsistenzen.....	76
5.5	Verantwortlichkeiten des eigentlichen Qualitätsmanagements.....	77
5.5.1	Identifikation von Testanforderungen.....	77
5.5.2	Festlegen personeller Zuständigkeiten für den Abnahmeprozess.....	78
5.5.3	Koordination von Testskripten und Testdaten.....	79
5.5.4	Durchführung der Abnahmen.....	80
5.6	Grundsätze des Abnahmeverfahrens.....	80
5.6.1	Bereitstellungstermine.....	80
5.6.2	Einleitung des Abnahmeverfahrens.....	81

5.6.3	Problem- und Ideenspeicher	81
5.6.4	Reviewprozess	82
5.6.5	Patchzyklus	82
5.6.6	Nachabnahme	82
5.6.7	Detailaufgaben bei der Abnahme	83
5.6.8	Betriebsbereitschaft und Probebetrieb	86
5.7	Dokumentation	87
5.7.1	Abnahmehandbuch	87
5.7.2	Referenzdokumente	87
5.7.3	Auslieferungsdokumentation	87
5.8	Kommunikation	88
5.8.1	Interne Kommunikation	88
5.8.2	Regelkommunikation nach außen	89
5.9	Hardwarebeschaffung	89
5.9.1	Einleitung	89
5.9.2	Ausschreibungsverfahren	90
5.9.3	Lastenheft	92
5.9.4	Einholung von Angeboten	92
5.9.5	Beschaffungsprozess	96
5.10	Life-Cycle-Management	97
5.10.1	Einkauf/Beschaffung im Rahmen des Life-Cycle-Managements	98
6	Netzwerke und mobile Protokolle	103
6.1	Einführung	103
6.2	Grundzüge des WLAN	103
6.2.1	Kabel oder drahtlos?	104
6.2.2	Funknetze: Grundlagen	104
6.2.3	Die Symbiose: Computer- und Funktechnologien	105
6.2.4	Senden und Empfangen	107
6.2.5	Geordnete Datenübermittlung	108
6.2.6	Netzwerktopologien	110
6.2.7	Funktechnologien	111
6.2.8	Die wichtigsten Standards	114
6.2.9	Der IEEE 802.11	118
6.2.10	WLAN-Architektur	122
6.3	Mobilfunkgeräte	131
6.3.1	Einordnung	131
6.3.2	Grundlagen	131
6.3.3	Kommunikationsprotokolle	138
6.3.4	Dienste	140
6.4	Bluetooth	142
6.4.1	Einleitung	142

6.4.2	Technische Grundlagen	142
6.4.3	Systemtopologie	146
6.4.4	Version 5	148
6.5	Infrarotkommunikation	149
6.5.1	Hintergrund	149
6.5.2	IrDA	149
6.5.3	Anwendungen	152
7	Performance	157
7.1	Begrifflichkeiten	157
7.2	Drei Ebenen	158
7.3	Performance-Theorie im engeren Sinn	161
7.3.1	Hardwareparameter	161
7.3.2	Betriebssystemparameter	162
7.3.3	Anwendungsparameter	163
7.4	Datensammlung	163
7.4.1	Dynamische Daten	163
7.4.2	Statische Daten	164
7.5	Datenauswertung	165
7.5.1	Erkenntnisse	166
7.6	Analyse	168
7.6.1	Rechnerressourcen	168
7.7	Prozessperformance	170
7.7.1	Ausgangslage	170
7.7.2	Identifizierung kritischer Unternehmensprozesse	170
7.7.3	Performance-relevante Prozesse	171
7.7.4	Vorgehensweise	172
7.7.5	EPKs	173
7.7.6	HATs	175
7.7.7	Zielprozessmodell	177
7.8	Sonderfall Cloud-Anwendungen	179
7.8.1	Einführung	179
7.8.2	Cloud-Anwendungen	180
7.8.3	Vorgehensweise	181
7.8.4	Antwortzeitverhalten	182
7.8.5	Enduser-Antwortzeiten	183
7.8.6	Testkonstrukte	183
7.8.7	Durchführung der Messungen	184
7.8.8	Analyse von Cloud-Messungen	185
7.8.9	Fazit	186
7.9	Aufwand und Ertrag	186

8	Sicherheit bei Funknetzen	189
8.1	Übergeordnete Sicherheitsaspekte	189
8.1.1	Netzverfügbarkeit	189
8.1.2	Problem der Datenintegrität	189
8.1.3	Wechselseitige Authentizität	190
8.1.4	Anforderungen an die Vertraulichkeit	190
8.2	Risiken	190
8.2.1	Angreifer und ihre Motive	190
8.3	Sicherheitsaspekte bei WLANs	191
8.3.1	Verschlüsselung knacken	191
8.3.2	Authentifizierung	192
8.4	Sicherheitsaspekte bei Bluetooth	197
8.4.1	Instrumente	197
8.4.2	Gefährdungspotenziale	200
8.4.3	Gegenmaßnahmen	201
8.5	Sicherheitsaspekte bei IrDA	203
8.6	Sicherheitsaspekte beim Mobilfunk	203
8.6.1	Allgemeine organisatorische Maßnahmen	204
8.6.2	Allgemeine technische Maßnahmen	205
8.6.3	Konkrete Gefährdungsszenarien im Mobilfunkbereich	205
8.6.4	Generelle Vorsichtsmaßnahmen	210
8.7	Soziale Netze	211
8.7.1	Virtuelle Identität	211
8.7.2	Persönliche Informationen	212
8.7.3	Social Engineering	212
8.7.4	Das Soziale Netz als Einfallstor	212
8.8	Malware	213
8.8.1	Einleitung	213
8.8.2	Malware	214
8.8.3	Dual Use	214
9	Notfallmanagement	217
9.1	Notfallmanagementsysteme	217
9.1.1	Warum Notfallmanagement?	217
9.1.2	Was ist Notfallmanagement?	218
9.2	Standards	218
9.2.1	BSI	218
9.2.2	ISO 22301	219
9.3	Anforderungen an Unternehmen	219
9.3.1	Analyse vor der Planung	221
9.3.2	Verantwortlichkeiten des Managements	221

9.4	Business Continuity Management (BCM) im Überblick	222
9.4.1	Phasen und Schritte der BCM-Umsetzung	222
9.4.2	Business-Impact-Analyse (BIA)	222
9.4.3	Business-Continuity-Strategie zusammengefasst	224
9.5	Üben und Testen	225
9.6	Inhalte eines Notfallkonzeptes (Dokumentation)	225
9.6.1	Leitlinie	226
9.7	Zwischenfazit	227
9.7.1	Fortführung der Geschäftsprozesse	228
9.7.2	Schrittfolge	229
9.8	Der Notfallprozess	229
9.8.1	Konzeption und Planung	230
9.8.2	Schrittfolge	236
	Stichwortverzeichnis	237

Abkürzungsverzeichnis

AAI	Authentication Algorithm Identification
ACL	Asynchronous Connectionless Link
AES	Advanced Encryption Standard
ANSI	American National Standard Institute
ASCII	American Standard Code for Information Exchange
AUC	Authentication Center
BCM	Business Continuity Management
BDA	Bluetooth Device Address
BES	BlackBerry Enterprise Server
BIA	Business Impact Analysis
BLE	Bluetooth Low Energy
BSC	Base Station Controller
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
BSS	Basic Service Set
BTS	Base Transceiver Station
Cal	Calendar
CD	Compact Disk
CODASYL	Conference on Data Systems Languages
CPU	Central Processing Unit
CRC	Cyclic Redundancy Check
CRM	Customer Relationship Management
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
dBm	Decibel Milliwatt
DBMS	Data Base Management System
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DIN	Deutsche Industrie Norm
DoS	Denial of Service
DSL	Digital Subscriber Line
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum

DUN	Dialup Network Profile
DVD	Digital Versatile Disc
E/A	Ein-/Ausgabe
EAP	Extensive Authentication Protocol
EDR	Enhanced Data Rate
EIR	Equipment Identity Register
EMS	Enhanced Message Service
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
ERP	Enterprise Resource Planning
ESS	Extended Service Set
ETSI	European Telecommunications Standardisation Institution
EU	European Union
FCC	Federal Communications Commission
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
FIR	Fast Serial IR
FTP	File Transfer Profile
GAP	Generic Access Profile
GHz	Gigahertz
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
GUI	General User Interface
HAT	Hauptaufwandstreiber
HID	Human Interface Device Profile
HR	High Rate
HR/DSSS	High Rate/Direct Sequence Spread Spectrum
HS	High Speed
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSP	Head Set Profile
Hz	Hertz
I/O	Input/Output
IBSS	Independent BSS
ICV	Integrity Check Value
ID	Identifier
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IP	Internet Protocol
IR	Infrared
IrDA	Infrared Data Association
IrOBEX	Ir Object Exchange
ISAM	Index Sequential Access Method
ISDN	Integrated Services Digital Network

ISM	Industrial, Scientific, Medical
ISO	International Organisation for Standardisation
IT	Information Technology
ITIL	IT Infrastructure Library
IV	Initialisierungsvektor
Kbit/s	Kilobits per second
kHz	Kilohertz
km	Kilometer
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
L2CAP	Logical Link Control and Adaption Protocol
LAN	Local Area Network
LLC	Logical Link Control
LOS	Line of Sight
m	Meter
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
MBit/s	Megabits per second
MDS	Mobile Data Service
MHz	Megahertz
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MMS	Multimedia Message Service
MPDU	MAC Protocol Data Units
MPL	Multi Programming Level
MSC	Mobile Switching Center
mW	Milliwatt
NAT	Network Address Translation Protocol
NDM	Normal Disconnect Mode
NRM	Normal Response Mode
OBEX	Object Exchange Protocol
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OS	Operating System
OSI	Open Systems Interconnection Model
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistent
PDCA	Plan Do Check Act
PHY	Physical Layer
PIM	Personal Information Manager
PIN	Personal Identification Number
PMS	Project Management System
PPP	Point-to-Point Protocol
PPPoE	Point to Point Protocol over Ethernet
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service

RAID	Redundant Arrays of Independent Disks
RC4	Rivest Cipher No. 4
RDBMS	Relational Data Base Management System
RFCOMM	Radio Frequency Communication
RIM	Research In Motion
ROM	Random Access Memory
RPF	Relative Performance Factor
RSN	Robust Security Network
SAP	SIM Accessy Profile
SCO	Synchronous Connection Oriented
SDMA	Spatial Division Multiple Access
SDP	Service Discovery Protocol
SIG	Special Interest Group
SIM	Subscriber Identity Module
SIR	Serial IR
SMS	Short Message Service
SNRM	Set Normal Response Mode
SPAM	Spiced Pork And Meat
SQL	Structured Query Language
SSID	Server Set Identifier
SSL	Secure Sockets Layer
TCS	Telephony Control Protocol Specification
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol
TPC	Transmit Power Control
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USB	Universal Serial Bus
VLR	Visitor Location Register
VoIP	Voice over IP
VPN	Virtual Private Network
WAE	Wireless Application Environment
WAN	Wide Area Network
WAP	Wireless Application Protocol
WECA	Wireless Ethernet Compatibility Alliance
WEP	Wired Equivalent Privacy
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WIMAX	World Wide Interoperability for Microwave Access
WLAN	Wireless Local Area Network
WMAN	Wireless Metropolitan Network
WPA	Wi-Fi Protected Access
WPS	Wireless Provisioning Service
XID	Exchange Identification
XOR	eXclusive OR

1.1 Einleitung

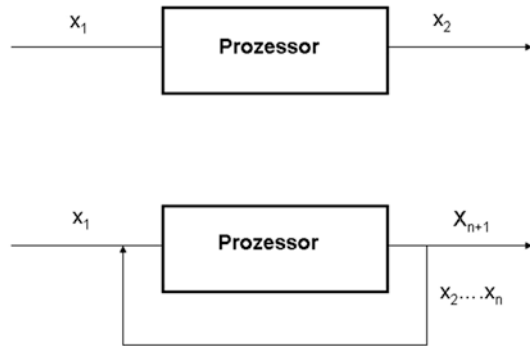
Fragen Sie einen Philosophen, was Intelligenz sei, so erhalten sie so viele Antworten, wie es Philosophen gibt. Das gleiche Ergebnis erhalten Sie, wenn Sie Psychologen oder Biologen oder Mathematiker oder Informationswissenschaftler befragen. Jeder Mensch hat so seine eigene Vorstellung zu dem Thema. Das hängt mit seinen eigenen Fähigkeiten, mit den Menschen, die ihm begegnet sind, und mit seinen sonstigen Erfahrungen zusammen, die bis in die Schulzeit zurückliegen. Aber wenn wir über künstliche Intelligenz (KI) reden wollen, dann müssen wir uns ein gewisses Zielbild machen, sonst schießen wir möglicherweise an diesem Ziel vorbei.

Über was wollen wir reden, wenn wir Intelligenz im Zusammenhang mit KI betrachten? Meinen wir jene quantifizierte Intelligenz, die bei der Vergabe eines Intelligenzquotienten (IQ) der Bezugsrahmen ist oder etwa gar die sogenannte „emotionale Intelligenz“, die man Personen zuschreiben könnte, die beim echten IQ-Test schlecht abschneiden würden?

Wenn man die Literatur liest, die sich mit der künstlichen Intelligenz befasst, so fällt einem sofort auf, wie hoch gegriffen diese Ansätze sind: Ohne Zwischenschritte wagt man sich direkt an die Domäne der menschlichen Intelligenz heran. Dabei handelt es sich aber um die höchste Ausprägungsstufe von Intelligenz. Aber man geht noch weiter – offensichtlich würde man sich nicht damit begnügen, einen dummen Menschen zu emulieren, sondern selbstverständlich gleich einen „intelligenten“, sprich „hochintelligenten“ – mindestens im Besitz der äquivalenten Intelligenz des Forschers, der sich mit diesem Thema beschäftigt.

Andererseits gibt es Wissenschaftszweige, die sich mit anderen Intelligenzen auseinandersetzen – zum Beispiel der von Affen oder Hunden – natürlich immer im Vergleich mit Menschen. Es ist jedoch noch nicht gelungen, die Intelligenz irgendeines Säugetieres künstlich nachzubilden, geschweige denn eines Menschen.

Abb. 1.1 Signalverarbeitung



Es gibt also – zusammengefasst – biologische Intelligenz. Das ist aber immer noch natürliche und keine künstliche Intelligenz. Wenn man also von künstlicher Intelligenz spricht, ist eben die künstliche – im Gegensatz zur natürlichen – gemeint. Und die mag im Endergebnis eben anders aussehen und wirken, als ihre natürlichen Vorbilder. Vielleicht wäre das ein bescheideneres Ziel.

Um weiter zu kommen, kommen wir ohne eine Definition nicht aus. Behauptung 1:

- ▶ „Ein intelligentes System ist ein lernfähiges System.“

Nehmen wir ein Beispiel aus der Regelungstechnik oder meinetwegen aus der Kybernetik. In [Abb. 1.1](#) oben sehen wir ein Signal, das eine Informationsstrecke durchläuft, einen Prozessor durchquert und mit einem neuen Wert, dem es aufgesetzt bekommt, den Prozessor wieder verlässt und irgendwohin weiterläuft. Dieses System ist nicht intelligent, da es einfach eine Information mitnimmt, die ihm von außen aufgegeben wird.

Eine andere Situation entsteht, wenn das System in der Lage ist, das neue Signal auf die ursprüngliche Eingangsstrecke zurückzukoppeln wie in der [Abb. 1.1](#) unten, mit dem Eingangssignal einen Vergleichswert zu bilden, der in den Prozessor gefüttert wird – solange, bis eine vorgegebene Bedingung erfüllt ist, um dann mit diesem neuen Wert den Prozessor wieder zu verlassen. Das System hat über den Abgleich selbstständig gelernt. Behauptung 2:

- ▶ „Rückkopplungssysteme sind lernfähig und damit intelligent.“

In diesem Sinne gehört der Temperaturregler an einem Heizkörper zu einem intelligenten System. Er misst die Temperatur des Außenfeldes, gibt diese Information zurück und regelt auf diese Weise über einen Mechanismus den Durchfluss des warmen Wassers.

1.2 Der Turing-Test

Der Turing-Test ist nach dem britischen Mathematiker Alan Mathison Turing benannt, der dieses Verfahren im Jahre 1950 in Vorschlag brachte. In diesem Verfahren soll die Äquivalenz zwischen menschlichem Denken und den Fähigkeiten einer Maschine festgestellt

werden. In diesem Sinne stand der Test am Anfang der KI-Forschung, die sich von da an mit dem gesamten Komplex der denkenden Maschine befasste.

Der Test funktioniert in etwa folgendermaßen: Es sind drei Gesprächspartner erforderlich: ein menschlicher Fragesteller und zwei weitere Gesprächspartner, die über eine maschinelle Schnittstelle – etwa eine Tastatur – kommunizieren. Der Fragesteller hat weder Hör- noch Sichtkontakt zu den beiden Gesprächspartnern. Einer der beiden Gesprächspartner ist ein Computer, der andere ein Mensch. Der Mensch hat die Aufgabe, dem Fragesteller klarzumachen, dass er tatsächlich ein Mensch ist, der Computer ist so programmiert, dass er das Gleiche versucht. Der Fragesteller stellt beiden zunächst dieselben Fragen. Von seinem Urteil hängt es letztendlich ab, ob er unterscheiden kann, welcher von seinen Gesprächspartnern der Mensch und welcher der Computer ist. Ist er dazu nach einer längeren Kommunikation nicht in der Lage, hat der Computer den Test bestanden. Somit wäre bewiesen, dass der Computer in der Lage ist, wie ein Mensch zu denken.

Im Rahmen dieser Überlegungen ist eine ganze Reihe von Programmen mit dem Ziel geschrieben worden, diesen Test zu bestehen. Ein bekanntes Beispiel aus der frühen Zeit ist das Programm ELIZA, das von dem Informatiker Joseph Weizenbaum im Jahre 1966 auf einem IBM-Computer am Massachusetts Institute of Technology entwickelt wurde.

Obwohl ELIZA den Turing-Test nie bestanden hat, sind Versuchspersonen während einer anfänglichen Phase der Auffassung gewesen, dass sie mit einem Menschen kommunizieren würden. In Wirklichkeit ging das Programm jedoch nicht tatsächlich auf die Fragen der Versuchspersonen ein, obwohl der Dialog sich in natürlicher Sprache abwickelte.

Die Funktionsweise des Programms basierte auf einer in der klientenzentrierten Psychotherapie etablierten Methode, der sogenannten „non-directive method“ nach Carl Rogers. Den Versuchspersonen werden dabei verschiedene Gesprächspartner vorgestellt, die die Rolle eines Psychotherapeuten spielen. Das hat den Vorteil, dass man von einem Psychotherapeuten nicht zu erwarten braucht, dass er inhaltlich mit allen möglichen Problemen der Welt bewandert zu sein braucht. Bei längeren Dialogen jedoch kommt es zu Wiederholungen, über die eine Testperson schließlich doch herausfindet, dass sie nicht mit einem realen Menschen kommuniziert. Der Hauptalgorithmus basiert auf dem Trick, Aussagen des menschlichen Gesprächspartners aufzunehmen und die Aussagen in Form einer Frage zurückzuspielen. Beispiel:

Testperson: „Ich habe ein Problem mit meinem Auto.“

ELIZA: „Warum, sagen Sie, haben Sie ein Problem mit Ihrem Auto?“.

Des Weiteren besitzt das Programm einen Thesaurus, in dem bestimmte Begriffe übergeordneten Schlüsselbegriffen zugeordnet sind, z. B. „Sohn“ zu „Familie“:

Testperson: „Mein Sohn hat ein Problem in der Schule.“

ELIZA: „Berichten Sie mir etwas über Ihre Familie.“

Grundsätzlich lässt sich über ELIZA sagen, dass das Programm inhaltlich nichts von dem versteht, was im Dialog angesprochen wird, obwohl initial ein solcher Eindruck bei den

Probanden auftritt. Obwohl ELIZA im Rahmen der KI-Forschung nicht weiter verfolgt wurde, wird die Grundphilosophie heute noch in den Chatterbots weiterhin angewendet.

1.3 Künstliche Intelligenz

Seit vielen Jahren beschäftigen sich Universitätsinstitute und die dominierenden IT- und Kommunikationsunternehmen wie Google oder Apple und andere mit der Entwicklung und Anwendung von KI. Die Ziele sind unterschiedlich, konvergieren aber auch zum Teil. Einerseits wird versucht, – anwendungsunabhängig – in der Natur vorkommende intelligente Systeme zu simulieren bzw. nachzubilden; andererseits will man die dabei gewonnenen Erkenntnisse in praktischen Anwendungen unterbringen. Letzteres hat Auswirkungen auf den Alltag vieler Menschen, die sich darauf einlassen wollen.

KI ist also dabei, sich von einem elitären Interessensgebiet einiger weniger Spezialisten zu einem populären Anwendungsbereich im gesellschaftlichen Leben zu wandeln. Die Frage ist nicht mehr: Ist ein System intelligent? Sondern: Wie intelligent ist ein System?

KI ist kein monolithisches Fachgebiet, sondern zerfällt mittlerweile – wie in anderen Wissenschaften auch – in Spezialgebiete, die natürlich wechselseitig voneinander profitieren, oder deren Ergebnisse zu übergeordneten Systemen zusammengefügt werden können. Dazu gehören u. a.:

- Robotik
- Mustererkennungssysteme
- Automatisierung
- Problemlösungsalgorithmen
- Sprachverarbeitung
- Expertensysteme

All diese Disziplinen haben als Voraussetzung die Beschäftigung mit realen kognitiven Vorgängen, d. h. bevor eine technische Umsetzung begonnen werden kann, müssen (menschliche) Verhaltensweisen selbst zuerst verstanden werden. Das bedingt Schnittstellen zu

- Psychologie,
- Verhaltensforschung,
- Neurologie,
- Physiologie u. a., sicherlich auch zur
- Philosophie.

Jeder User, der sich einmal mit Spracherkennungsprogrammen befasst oder sein Smartphone dazu gebracht hat, seine Kommandos zu verstehen, weiß, wie viel Aufwand zunächst in diese Systeme hineingesteckt werden muss, damit sie diese akustischen

Muster erlernen. Trotzdem kann nach einem erfolgreichen Training aus den Reaktionen des Geräts nicht geschlossen werden, dass dieses Gerät den Inhalt des Gesprochenen auch versteht. Die Ebene des Verstehens selbst ist in der KI-Forschung noch nicht erreicht, obwohl es Forscher gibt, die meinen, man müsste nur immer weiter von der Maschinensprache aufwärts Schicht auf Schicht legen, bis eines Tages ab einer bestimmten Verdichtungsebene tatsächliche, verstehende und damit selbst agierende Intelligenz entstünde.

- ▶ Der Schlüssel zur künstlichen Intelligenz liegt im Verstehen real existierender biologischer Intelligenz.

1.3.1 Entwicklungsgeschichte der künstlichen Intelligenz

Seit über 60 Jahren gibt es eine KI-Forschung und -lehre an den Universitäten. Fairerweise müsste man sagen, das Thema KI wurde schon mit dem ersten Computer angestoßen. Schließlich ging es darum, ein Instrument zu schaffen und zu verfeinern, das im Sinne der Postulate aus [Abschn. 1.1](#) Intelligenz besitzt. Allerdings kam es recht bald zu unterschiedlichen Definitionen von KI entsprechend der divergierenden Forschungsansätze.

Die erste und für viele nach wie vor implizit gültige Messlatte war und ist die Intelligenz von Menschen. Und auch dieses Kriterium war zunächst auf Dinge beschränkt, von denen mathematisch-naturwissenschaftlich geprägte Menschen meinten, sie erforderten eine besondere Intelligenz: z. B. mathematische Probleme lösen und – ganz besonders – Schach spielen. Ein Schach spielender Computer galt und gilt nach wie vor als außergewöhnlich intelligent. Zu Beginn der KI-Forschung beschränkten sich also die Intelligenzmerkmale auf logisches und mathematisches Denken.

Der heutige Ansatz ist von dieser eher seltenen Leistungsfähigkeit abgekommen. Bei KI geht es nicht um die Emulation von Genies, sondern um die Realisierung von intelligenten Fähigkeiten, wie sie von ganz gewöhnlichen Leuten angewendet werden:

- Sprechen
- Lernen
- Verstehen
- Eigene Erfahrungen erklären können
- Schlussfolgerungen aufzustellen

Selbst ein Mensch, der von anderen für dumm gehalten wird, ist ein unglaublich intelligentes Wesen im Vergleich zu anderen Lebewesen und insbesondere im Vergleich zu jedem Computer.

Trotzdem war eines der ersten Ziele früher KI-Forschung, einem Computer das Schachspiel beizubringen. Man brachte also einem System die Regeln des Spiels durch entsprechende Programmierlogiken bei und entwickelte Algorithmen, die die Maschine befähigten, eigene Züge und die des Gegners vorauszuberechnen. Gleichzeitig gab es

Optimierungsalgorithmen, die die jeweils beste Zugkombination aus einer bestimmten Situation heraus berechnen konnten. Auf diese Weise erzielte man erstaunliche Ergebnisse.

Trotz oder gerade wegen dieser Erfolge stellte man sich eines Tages die Frage, ob der Rechner damit tatsächlich ein intelligentes Wesen geworden war. Die Schachspielkunst von Computern basierte doch im Wesentlichen auf Performance-Aspekte: die Schnelligkeit der logischen Operationen – nicht auf ein intrinsisch erworbenes Wissen. Ein Computer weiß z. B. gar nicht, was ein Schachspiel ist. Schach spielen zu können, ist nicht die Basis für Intelligenz. Intelligenz ist im Gegenteil vielmehr Voraussetzung dafür, überhaupt Schach spielen zu können. Außerdem ist nicht erwiesen, ob die programmierten Algorithmen tatsächlich denen entsprechen, die ein Schachmeister anwendet, um mit seiner Strategie zum Ziel zu kommen.

Inzwischen hat man begriffen, dass man den Hauptansatz in der KI-Forschung verändern muss. Es geht nicht um die Optimierung sich ständig wiederholender ausgeklügelter Logiken, sondern darum, jene oben bereits erwähnten Fähigkeiten (Verstehen, Lernen, Schlussfolgern) besser zu verstehen und darauf Systeme zu entwickeln, die diesen näher kommen. Bedauerlicherweise bezieht sich aber nach wie vor KI auf den Menschen und lässt intelligentes Verhalten bei anderen Lebewesen außen vor (wie wir weiter unten sehen werden, Abschn. 1.4, schließt die Entwicklung künstlicher neuronaler Netze auch andere Formen von Intelligenz ein).

Dieser Paradigmenwechsel hat dazu geführt, dass man Hilfe bei anderen Disziplinen gesucht hat, die sich vorrangig aus anderen Gründen mit der menschlichen Intelligenz befassen, wie bereits eingangs erwähnt (Philosophie, Psychologie, Physiologie etc.). Letztendlich sind zwei unterschiedliche Grundansätze geblieben:

- der technologische und
- der Theorie orientierte Grundsatz.

Wie schon der Name sagt, folgt der technologische Ansatz der frühen Richtung der KI-Forschung, nämlich ausgesuchte Fähigkeiten, wie das Schachspielen, solange zu optimieren, bis man einen Computer gefunden hat, der einen Menschen schlagen kann. Das hat man mittlerweile geschafft. Es handelt sich also darum, bestehende Technologien zu verbessern. In dem Sinne des Rückkopplungspostulats aus [Abschn. 1.1](#) sind solche Systeme tatsächlich intelligent. Nimmt man die Messlatte „Mensch“, um die es ja geht, sind solche Systeme weit davon entfernt. Der Rechner weiß nach wie vor nicht, was ein Schachspiel ist. Er weiß noch nicht einmal, dass er ein Rechner ist.

Es gibt noch ein weiteres Kriterium bei der Bewertung von künstlicher Intelligenz: deren Auswirkungen auf das tägliche Leben der Menschen! Ein Schachcomputer beeinflusst höchstens das Leben einer ausgesuchten Anzahl von Großmeistern. Die intelligenten Systeme, die mittlerweile unsere Kommunikationsfähigkeiten steuern, üben inzwischen einen Einfluss auf das tägliche Verhalten von Menschen aus, wie man es vor einer halben Generation (heute: 2017) niemals für möglich gehalten hätte.

1.3.2 Wofür steht KI?

KI ist ein Label, der zunächst eine gewisse Mystifikation mit sich trägt. Jemand, z. B. ein produktorientierter Forscher, stellt sich eine komplexe Aufgabe, von der er annimmt, dass zu deren Lösung eine gewisse (menschliche) Intelligenz erforderlich sei. Er löst diese Aufgabe mithilfe der passenden technischen Mittel, die ihm am Ende dann doch wieder durchschaubar und damit relativ einfach erscheinen. Das Mystische ist verschwunden und damit zunächst auch einmal das Label „KI“ – zumindest für diesen Fall.

Auf diese Weise ist KI im Laufe seiner Entwicklungsgeschichte immer wieder neu definiert worden. Das macht es so schwierig, sich darauf zu einigen, was KI denn eigentlich bedeutet. Die Kenntnis über das Funktionieren des menschlichen Verstandes nimmt stetig zu, die Modelle verfeinern sich. Gleichzeitig entwickeln sich auch die technischen Möglichkeiten in den Informationswissenschaften weiter. Die Voraussetzungen für KI-Forschung sind heute ungleich anders als in den fünfziger oder sechziger Jahren, als man damit begann. In diesem Sinne könnte man künstliche Intelligenz auch anders definieren:

- ▶ Eine Maschine besitzt dann eine künstliche Intelligenz, wenn sie in der Lage ist, sich selbst zu verändern.

1.3.3 Pragmatischer Ansatz

Angenommen, man kann tatsächlich einen Computer erschaffen, der in der Lage wäre, täuschen zu können. Dann wäre er von einem Menschen nicht mehr zu unterscheiden (bis auf seine äußere Form). Er wäre damit intelligent. Aber er unterscheidet sich damit auch nicht von denjenigen Menschen, die anderen ebenfalls vormachten, sie wären intelligent: Wissenschaftler, Politiker, Rechtsanwälte, Künstler, Mediziner und anderen Spezialisten, von denen wir alle glauben, sie wären intelligent. Das wirft uns auf die Frage zurück: Wann bezeichnen wir einen Menschen als intelligent?

Wenn wir wiederum abstrahieren von der Unterscheidung Mensch und Maschine, stehen wir wieder ganz am Anfang: Was ist Intelligenz? Wir können es uns wieder so einfach machen wie in [Abschn. 1.1](#):

- ▶ „Ein intelligentes System ist ein lernfähiges System.“

Und das gilt für jedes Wesen, wenn man denn einen Rechner eine Wesenhaftigkeit zugehen möchte. Wir können es uns aber auch schwierig machen, indem wir versuchen, die wichtigsten Fragen der Psychologie, Neurowissenschaft, der Anthropologie u. Ä. zu beantworten (ein Versuch, zu dem es bisher kein allgemein akzeptiertes Ergebnis gibt). Im Alltag trifft man auf genügend Leute, die sich ziemlich sicher sind, ob ein Gegenüber intelligent ist oder nicht. Die KI-Forschung hat zu diesem Problemkomplex genauso wenig Endgültiges wie die gesamte Philosophie gefunden.

1.3.4 Programmierte Intelligenz

Ein Computer kann nichts anderes als Programme ausführen. Und das wird sich auch in Zukunft nicht ändern, auch wenn leistungsfähigere Prozessoren, größere Speicher und neue Architekturen entwickelt werden. Wir reden also nicht über die Intelligenz eines Computers, sondern über die Intelligenz von Programmen. Und da ist sicherlich viel Neues zu erwarten.

Natürlich kann man einwenden, dass auch Menschen bzw. das menschliche Gehirn nichts anderes machen als Programme auszuführen. Ein Mensch bringt seine „Hardware“ mit, wenn er auf die Welt kommt (die sich im „Wachsen“ auch noch erweitern kann) und wird programmiert durch Erfahrungen und Begegnungen im Laufe seines Lebens. Könnte man all das, was einem durchschnittlichen Menschen auf diese Weise einprogrammiert würde, in ein Computerprogramm umsetzen, hätte man tatsächlich ein ebenbürtig intelligentes Gerät.

Aber auch hierbei muss man differenzieren. Es gibt intelligente Fachleute für Literaturwissenschaft, die aber nicht in der Lage sind, Fragen zur Funktionsweise von Flugzeugen zu beantworten. Würde man einen solchen Fachmann – ohne dass man sein Spezialgebiet kennen würde – zuerst mit einer Frage nach Triebwerkstechnologie konfrontieren, müsste er sagen, dass er darüber nichts weiß. Auch alle weiteren Fragen zur Flugzeugtechnologie könnte er nicht beantworten. Man würde diesem Menschen aber nicht absprechen, dass er intelligent ist. Stellt man die gleichen Fragen an einen entsprechend programmierten Computer, und dieser würde zehn Mal hintereinander antworten: „Weiß ich nicht“, würde man ihn möglicherweise als unintelligent klassifizieren.

Es ist wie bei den Menschen. Auch bei Computern gibt es programmierte Intelligenz für Spezialaufgaben:

- Übersetzungsmaschinen
- Roboter zum Rasenmähen
- Expertensysteme für den Anlagenbau
- Bilderkennungsprogramme etc.

Kommen wir zurück zum Turing-Test. Die Bewertungskriterien dieses Tests sind ziemlich eindimensional: Es geht immer darum, die Antworten, die ein System gibt, mit denen, die ein Mensch geben würde, zu vergleichen. Und Antworten sind nichts anders als Output. Dabei bleibt völlig unberücksichtigt, wie jemand oder ein System überhaupt zu diesen Antworten gekommen ist. Die Intelligenz offenbart sich möglicherweise im Output, ist aber zurückzuführen auf die Methoden und Algorithmen, die zu einem bestimmten Output führen. Und diese logische Schlusskette ist letztendlich nicht machbar, wenn das Problem, das zu bearbeiten ist, nicht verstanden wird. Intelligenz hat mit Verstehen zu tun.

Das würde bedeuten, ein erweiterter Turing-Test müsste so aufgebaut sein, dass die internen Mechanismen bewertet würden. Das ist bisher nicht vorhanden, da man im

Grunde genommen den Apparat sezieren müsste, um in sein Inneres vorzudringen. Beim Menschen schließt sich das ohnehin aus. Hinzu kommt noch, dass das menschliche Gehirn nicht in eine Speichereinheit und einen Prozessor zerlegt werden kann, da beide Aufgaben von demselben Apparat wahrgenommen werden. Man hat z. B. bei Katzen versucht, bestimmte kognitive Eigenschaften einem dezidierten Gehirnareal zuzuordnen. Dann hat man die Katze operiert und den Teil des Gehirns entfernt, von dem man glaubte, dass diese bestimmten Fähigkeiten dort lokalisiert wären. Erstaunlicherweise hatte die Katze dennoch diese Fähigkeiten nicht vollständig verloren, sondern ein anderer Teil des Gehirns hatte dann diese Aufgaben übernommen. Und auch weitere Amputationen haben nicht dazu geführt, diese Fähigkeiten vollständig auszulöschen.

Also: Wie können wir Intelligenz beurteilen? Im täglichen Leben begegnen wir ja laufend anderen Menschen, von denen wir voraussetzen, dass es sich um intelligente Wesen handelt. Wir unterziehen diese Menschen nicht einem speziellen Intelligenztest, sondern erwarten, dass sie uns und wir sie verstehen. Das funktioniert häufig, aber nicht immer. Im letzteren Fall würden wir dennoch unser Gegenüber nicht unbedingt als unintelligent einstufen. Für bestimmte Fähigkeiten kann man natürlich Intelligenztests zur Anwendung bringen:

- Bei Flugzeugpiloten
- Bei Führerscheinprüfungen
- In Quizsendungen etc.

In der Schule und an Universitäten finden solche Bewertungen ja ständig statt. Würde man einen Computer entsprechend programmieren, würde auch er diese Tests bestehen – aber andere wiederum nicht. Er bliebe immer ein Spezialist. Das wirft uns zurück auf die Methoden, wie Intelligenz zu bestimmen ist. Im Grunde genommen wissen wir bis jetzt noch nicht, welche Fragen wir eigentlich stellen sollen.

1.3.5 Output

Wir sind also zurück geworfen auf die einzig verfügbare Methode, Intelligenz zu erkennen und zu bewerten: auf den Output eines lebendigen Wesens oder einer Maschine. Etwas anderes steht uns nicht zur Verfügung. Und bei der Bewertung selbst tun wir nichts anderes, als diesen Output mit uns selbst zu vergleichen. Je näher der Output unserem eigenen in einer vergleichbaren Situation kommt, desto „intelligenter“ ist das Gegenüber. Nur wenn wir Ähnlichkeiten entdecken, nehmen wir Intelligenz an. Diese Übung machten wir schon lange, bevor die KI-Diskussion losgetreten wurde – z. B. bei der Bewertung von Verhalten von Tieren, aber auch bei der Beurteilung archäologischer Artefakte. So auch beim Output moderner Maschinen. Ob die Maschine dabei versteht, was sie produziert, können wir zunächst nicht beurteilen, nur dass sie über ihr Rückkopplungsverhalten intelligent reagiert.

1.4 Künstliche neuronale Netze

1.4.1 Einleitung

Künstliche neuronale Netze (KNN) sind Versuche, biologische neuronale Netze zu emulieren. Dabei stützt man sich auf die Funktionsweise und die Architektur des Gehirns eines lebenden Organismus – vorzugsweise des Menschen. Allerdings muss in diesem Zusammenhang zugestanden werden, dass die Funktionsweise des menschlichen Gehirns selbst bisher nur rudimentär verstanden ist.

Grundbaustein ist das künstliche Neuron basierend auf den Vorstellungen vom natürlichen Neuron (s. [Abb. 1.2](#)).

1.4.2 Das Modell für künstliche neuronale Netzwerke

Im Gegensatz zu den ursprünglichen KI-Ansätzen geht der KNN-Ansatz über ein rein algorithmisches Agieren bei intelligenten Systemen hinaus. Wie bereits erwähnt, nimmt man sich das Funktionieren des menschlichen Gehirns als Modell, um Lernfähigkeiten und Abstraktionen zu ermöglichen. Um diesen Ansatz fortzuführen, sind völlig andere Konstrukte erforderlich als die klassischen programmtechnischen. Hier geht es um Architekturen.

Es handelt sich also in erster Linie wieder darum, die Mechanismen des menschlichen Gehirns selbst besser zu kennen. Dabei sind Fortschritte auf der neuronalen Ebene gemacht worden, aber nach wie vor fehlt ein Gesamtmodell, das alle Facetten des menschlichen Gehirns zu erklären vermag. Wir befinden uns also nach wie vor auf dem Pfad einer groben Näherung an die Biochemie und die Elektrochemie menschlicher neuronaler Verschaltungen. Dennoch zeigen die Ergebnisse künstlicher neuronaler Netze, dass die

Abb. 1.2 Biologisches neuronales Netzwerk

