

Einführung in die KI

Oliver Michaelis

LL.M. EuR – Europarecht (Julius-Maximilians-Universität Würzburg)

LL.M. oec. – Öffentliches und Privates Wirtschaftsrecht (Friedrich-Schiller-Universität Jena)

LL.M. oec. – Business Law and Economic Law (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg)

LL.M. – European and International Law (Universität des Saarlandes)

LL.M. – Wirtschaftsstrafrecht (Universität Osnabrück)

LL.M. – Medienrecht und Medienwirtschaft (TH Köln)

LL.M. – Technikrecht (Technische Universität Bergakademie Freiberg)

LL.M. – Immobilien- und Vollstreckungsrecht (Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin)

LL.M. – Wirtschaftsrecht (Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin)

LL.M. – Rechtsinformatik (Universität Passau)

Vorwort



Herzlich willkommen zur „**Einführung in die KI**“.

Das vorliegende Werk beruht auf dem Skript für die Vorlesung „Künstliche Intelligenz und Virtuelle Objekte“ an der htw Berlin – welche ich seit 2023 jedes Semester halte – und wurde umfassend erweitert, um als erstes Modul des neuen Master-Studiengangs „Künstliche Intelligenz“ (LL.M.) zu dienen, der sich derzeit im Aufbau befindet.

In die Erstellung dieser Publikation sind insgesamt mehr als 1.000 Arbeitsstunden geflossen.

Aus einem kompakten Skript ist somit ein fundierter Überblick über Theorien, Methoden und praktische Anwendungen der KI entstanden – von den wissenschaftlichen Grundlagen bis hin zu modernen Einsatzfeldern in Industrie, Forschung und Alltag. Dabei wurde bewusst der Skript-Charakter beibehalten, um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten und stichpunktartig wichtige Aspekte zu präsentieren.

Zusätzlich ist am linken Seitenrand weiterhin Platz für Ihre persönlichen Notizen vorgesehen, damit Sie den Stoff individuell vertiefen und kommentieren können.

Ziel dieser Publikation ist es, die Faszination der Künstlichen Intelligenz zu vermitteln und zugleich auf solide, wissenschaftliche Grundlagen zu setzen. Sie soll ein Wegweiser sein, der sowohl Einsteigern als auch Fortgeschrittenen Orientierung gibt und Lust auf weiterführende Forschung und Praxisprojekte weckt.

Allen Beteiligten, die durch wertvolles Feedback und fachliche Unterstützung zu diesem Werk beigetragen haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre und zahlreiche inspirierende Einblicke in die facettenreiche Welt der Künstlichen Intelligenz.

Düsseldorf / Berlin, am 02. April 2025

Oliver Michaelis

Inhaltsverzeichnis

1. Einordnung.....	1
2. Einführung in die Künstliche Intelligenz	5
2.1. Begriffsbestimmung und Grundlagen der KI	7
2.1.1. Grundlegende Definition und Merkmale nach der KI-VO	9
2.1.1.1. „Künstliche Intelligenz“	9
2.1.1.1.1. Relevanz der Legaldefinition.....	9
2.1.1.1.2. Amtlicher Wortlaut: Artikel 3 Nr. 1 KI-VO	11
1. Maschinengestütztes System	11
a. Keine rein manuellen Prozesse	11
b. Technischer Artefaktcharakter	11
c. (Teil-)Autonome Funktion.....	12
2. In unterschiedlichem Grade autonomer Betrieb	12
a. Skalierbare Autonomie.....	12
b. Fortentwicklung autonomer Systeme	13
c. Abgrenzung zu konventioneller Software	13
3. Anpassungsfähigkeit nach Betriebsaufnahme.....	14
a. Selbstlernende Mechanismen	14
b. Kontinuierliche Optimierung	14
c. Potenzielle Risiken	15
4. Fähigkeit zum Ableiten	15
a. Abstraktion vom reinen Input.....	15
b. Vielfältige Ausgabentypen	16
c. Explizite oder implizite Ziele.....	16
5. Beeinflussung physischer oder virtueller Umgebungen.....	17
a. Reale Umgebung.....	17
b. Digitale Kontexte	17
c. Grad der Relevanz für Regulierung	18
6. Konsequenzen für die Einstufung unter die KI-VO	18
a. Pflichten und Verantwortlichkeiten	19
b. Marktzugang und Konformitätsbewertung	19
c. Durchsetzung und Aufsicht.....	20
7. Zusammenfassung.....	21
2.1.1.1.3. Vertiefende Hinweise aus den Erwägungsgründen	23
1. Klärung des Begriffs „KI-System“ in Erwägungsgrund (12) KI-VO	23
a. Wesentliches Merkmal: „Fähigkeit zum Ableiten“	23

b. Dynamik von Zielen und Zweckbestimmung.....	24
2. Dynamische Reaktionsfähigkeit auf neue Situationen	24
a. Maschinenbasierte Funktionsweise	24
b. Arbeiten mit expliziten oder impliziten Zielen	25
3. Breite und dynamisches Potenzial: ErwG 4 KI-VO.....	25
a. Spannweite der Technologien	25
b. Primärrechtliche Verankerung	26
c. Gesellschaftlicher Nutzen und regulatorische Balance	26
4. Relevanz für die teleologische Auslegung	27
a. Interpretationsleitfaden	27
b. Teleologische Ausrichtung	27
c. Abgrenzung zu anderen Rechtsvorschriften:	27
5. Fazit	28
2.1.1.1.4. Integration in den systematischen Kontext der Verordnung	29
1. Artikel 5 KI-VO (Verbotene Praktiken im KI-Bereich).....	29
a. Abhängigkeit vom KI-Begriff.....	29
b. Wechselwirkung mit Risikobewertung.....	29
c. Kritische Reflexion	30
2. Artikel 6 ff. KI-VO (Einstufung als „Hochrisiko-KI-System“).....	30
a. Zweitstufiges Verfahren	30
b. Spezifische Pflichten bei Hochrisikosystemen	31
c. Kritische Reflexion	32
d. Fazit.....	33
3. Artikel 10 KI-VO (Daten und Daten-Governance).....	34
a. Bedeutung der Datenqualität und Governance (Art. 10 Abs. 1 – Abs. 2 KI-VO)...	34
b. Relevanz der Repräsentativität und Fehlerfreiheit (Art. 10 Abs. 3 KI-VO).....	34
c. Berücksichtigung kontextspezifischer Merkmale (Art. 10 Abs. 4 KI-VO).....	35
d. Verarbeitung besonderer Kategorien personenbezogener Daten zur Bias-Korrektur (Art. 10 Abs. 5 KI-VO).....	35
e. Weitergehende Pflicht zur Prüfung, Dokumentation und Löschung (Art. 10 Abs. 6 KI-VO).....	36
f. Schlussfolgerung: Daten als Fundament der Hochrisiko-KI-Systeme	36
4. Systematische Bedeutung der Grunddefinition	37
a. Gatekeeper-Funktion der Legaldefinition (Artikel 3 Nr. 1 KI-VO)	37
b. Verbotene Praktiken (Artikel 5 KI-VO) und Hochrisiko-Einstufung (Artikel 6 ff. KI-VO)	38
c. Datenqualität und Transparenzpflichten (Artikel 10 KI-VO)	38
d. Teleologische Untermauerung in den Erwägungsgründen (ErwG 12 KI-VO)	39
e. Konsequenzen für die Rechtsanwendung	39
f. Fazit	40

5.	Kritische Gesamtreflexion.....	41
a.	Gefahr der Unter- oder Überregulierung	41
b.	Abgrenzungsprobleme	41
c.	Einheitliche Auslegung durch Behörden.....	41
d.	Rolle der Kommission und des „Büros für Künstliche Intelligenz“	41
e.	Bedeutung für die Rechts- und Planungssicherheit.....	43
6.	Fazit	44
2.1.1.1.5.	Bedeutung für die rechtswissenschaftliche Betrachtung im Kontext Strafverfolgung.....	45
1.	Wesentliche Voraussetzung für die Anwendung der KI-VO	45
a.	Eigenständiges Ableiten aus Daten.....	45
b.	Konsequenz für Strafverfolgungsbehörden.....	45
c.	Artikel 3 Nr. 1 KI-VO als Filter.....	46
2.	Abgrenzung zu herkömmlichen IT-Lösungen	46
a.	Reine Automatisierung ohne KI-Charakter.....	46
b.	Grenzfälle in der Praxis	46
3.	Reichweite der regulatorischen Pflichten	47
a.	Hochrisiko-Einstufung (Artikel 6 ff. KI-VO)	47
b.	Grundrechtsbezug	47
c.	Organisatorische und Dokumentarische Anforderungen.....	48
4.	Vertiefende Überlegungen	48
a.	Stellenwert zur „Strafverfolgungsdiversifikation“	48
b.	Wechselspiel mit anderen Rechtsvorschriften	48
c.	Relevanz für Gerichtsverfahren	49
5.	Fazit	49
2.1.1.1.6.	Wissenschaftliche Einordnung und kritische Würdigung	51
1.	Technologieoffenheit als zentrale Stärke	51
2.	Potenzielle Defizite bei der Trennschärfe	51
3.	Rolle weiterer Konkretisierungen.....	52
4.	Kumulative Anforderungen an die Aufsichtsbehörden.....	52
5.	Ausblick auf die praktische Umsetzung	53
2.1.1.1.7.	Fazit	55
2.1.1.2.	Abgrenzung zu traditionellen Programmen	57
2.1.1.3.	Schwache versus starke KI	59
2.1.2.	Zentrale Merkmale und Verfahren moderner KI-Systeme.....	61
2.2.	KI – in der Abgrenzung zu traditionellen Programmen.....	63
2.2.1.	Wesentliche Merkmale traditioneller Software	67
1.	Fest definierte Regeln und deterministischer Ablauf	67

2.	Manuelle Pflege des Regelwerks.....	67
3.	Mathematisch-logische Strukturen.....	67
4.	Beispiel.....	68
2.2.2.	Wesentliche Merkmale KI-basierter Systeme	69
1.	Datengetriebenes Lernen statt expliziter Regeldefinition	69
2.	Adaptives Verhalten und Generalisierungsfähigkeit	69
3.	Komplexe mathematische Modelle	69
4.	Beispiel.....	69
2.2.3.	Gegenüberstellung: Traditionelle Software vs. KI-Systeme	71
2.2.4.	Kritische Würdigung beider Ansätze	73
2.2.5.	Fazit der Abgrenzung	75
2.2.6.	Traditionelle Softwareprogrammierung (ausführlich)	77
1.	Explizite Regeldefinition	77
a.	Fest kodierte Logik	77
b.	Beispiel	77
c.	Fazit	77
2.	Deterministische Abläufe.....	78
a.	Vorhersehbarkeit.....	78
b.	Beispiel	78
c.	Fazit	78
3.	Begrenzte Flexibilität in komplexen Umgebungen.....	79
a.	Manuelle Regelverwaltung	79
b.	Problem.....	79
c.	Fazit	79
4.	Mathematische und logische Strukturen.....	80
5.	Kritische Würdigung (traditionell)	80
6.	Fazit.....	81
2.2.7.	KI-basierte Systeme – Datengetriebenes Lernen (ausführlich)	83
1.	Training und Lernen aus Beispieldaten.....	83
a.	Datenakquise und Vorverarbeitung	83
b.	Anpassung der Modellparameter.....	84
c.	Zusammenfassende Betrachtung (1. Training und Lernen aus Beispieldaten) .	86
2.	Automatische Feature-Extraktion.....	86
a.	Merkmalserkennung	86
b.	Beispiel	87
3.	Generalisation und Adaptivität	87
a.	Anwendung auf neue Daten	87
b.	Beispiel	88
c.	Kontinuierliches Lernen	88

d.	Fazit	89
4.	Mathematische Grundlagen und Optimierung	89
a.	Neuronale Netzwerke	89
b.	Gradientenabstieg	90
c.	Parameterraum	92
d.	Zusammenfassung	93
5.	Funktionsweise im Überblick.....	93
a.	Input-Verarbeitung	93
b.	Modell-Inferenz	94
c.	Feedback und Anpassung	94
6.	Kritische Würdigung (KI-basiert):	94
2.1.2.1.1.	Fazit	95
2.3.	Schwache KI vs. Starke KI	97
2.3.1.	Schwache KI (spezialisierte KI).....	97
1.	Fokussierte Aufgabenbereiche.....	97
2.	Enge Gültigkeit.....	97
3.	Alltägliche Verbreitung	97
4.	Gründe für den Erfolg.....	98
2.3.2.	Starke KI (Allgemeine KI – AKI / AGI)	98
1.	Zielsetzung: Umfassende Intelligenz	98
2.	Flexibilität und Wissenstransfer	98
3.	Aktueller Stand: Vision statt Realität.....	99
4.	Mögliche Auswirkungen und Herausforderungen	99
2.3.3.	Zusammenfassende Gegenüberstellung	99
1.	Schwache KI	99
2.	Starke KI (AKI)	100
2.4.	Warum KI für uns wichtig ist.....	101
2.4.1.	Unterstützung bei der KI-Einführung	101
2.4.2.	Erweiterung bestehender Angebote & Solutions.....	101
2.4.3.	KI zur Unterstützung betrieblicher Abläufe	102
2.4.4.	Fazit zu den Einsatzfeldern	102
2.5.	KI-Anwendungsbeispiele (Auswahl)	103
2.5.1.	Smartphone und Alltagskommunikation	105
2.4.1.1.	Spracherkennung auf dem Smartphone.....	105
1.	Hintergrund & Funktionsweise	105

2.	Konkreter Nutzen	105
a.	Hände-freies Arbeiten	105
b.	Barrierefreiheit	106
c.	Zeitersparnis	106
d.	Sprachmodellanpassung	106
3.	Mögliche Erweiterungen	106
a.	Emotionale Nuancen erkennen	106
b.	Multilingual Switching	107
c.	Erweiterter Kontextzugriff	107
4.	Fazit.....	107
2.4.1.2.	Autokorrektur und Wortvorschläge bei Messenger-Diensten	109
1.	Hintergrund & Funktionsweise	109
2.	Konkreter Nutzen	109
a.	Geschwindigkeit.....	109
b.	Fehlerreduktion	110
c.	Kontextabhängigkeit	110
d.	Sprachenvielfalt	110
3.	Mögliche Erweiterungen.....	110
a.	KI-gestützte Grammatikprüfung.....	110
b.	Personalisierte Wort- und Emoji-Vorschläge	110
4.	Fazit.....	111
2.4.1.3.	KI-basierte Rechtschreib- und Grammatikprüfung	113
1.	Hintergrund & Funktionsweise	113
2.	Konkreter Nutzen	113
a.	Professioneller Eindruck	113
b.	Sprachliche Klarheit.....	113
c.	Automatisiertes Feedback	113
d.	Mehrsprachigkeit	114
3.	Mögliche Erweiterungen.....	114
a.	Kontextsensitive Stilberatung	114
b.	Persönlicher Schreibassistent	114
4.	Fazit.....	114
2.4.1.4.	Gesichtserkennung zum Entsperren von Handys	115
1.	Hintergrund & Funktionsweise	115
2.	Konkreter Nutzen	115
a.	Komfort	115
b.	Sicherheit.....	115
c.	Schnelles Freischalten.....	115
d.	Integrität	116

3.	Mögliche Erweiterungen.....	116
a.	Erkennung von Mikro-Mimik	116
b.	Multi-Biometrics-Ansatz	116
4.	Fazit.....	116
2.4.1.5.	Spam-Filter im E-Mail-Postfach	119
1.	Hintergrund & Funktionsweise	119
2.	Konkreter Nutzen	119
a.	Reduzierte Zeitverschwendung	119
b.	Höhere Sicherheit	119
c.	Selbstlernendes System	120
d.	Weniger Fehlmeldungen.....	120
3.	Mögliche Erweiterungen.....	120
a.	Konversationszusammenhang	120
b.	Integration sprachlicher und sentimentbasierter Methoden	120
4.	Fazit.....	120
2.4.1.6.	Fotogalerie-Automatisierung.....	123
1.	Hintergrund & Funktionsweise	123
2.	Konkreter Nutzen	123
a.	Ordnungsaufwand fällt weg	123
b.	Schnellere Suchfunktion	123
c.	Rückblick-Collagen	123
d.	Personen-Tagging.....	124
3.	Mögliche Erweiterungen.....	124
a.	Lebensereignis-Tracking.....	124
b.	Mehr Datenschutz-Optionen.....	124
4.	Fazit.....	124
2.5.2.	Virtuelle Assistenten, Navigation und Mobility.....	127
2.4.2.1.	Virtuelle Assistenten in Autos.....	127
1.	Hintergrund & Funktionsweise	127
2.	Konkreter Nutzen	127
a.	Sicherheit.....	127
b.	Komfort	128
c.	Verkehrsinformation in Echtzeit	128
d.	Sprachdialog	128
3.	Mögliche Erweiterungen.....	128
a.	Stimmungserkennung.....	128
b.	Autonomiestufe 4/5.....	128
4.	Fazit.....	129
2.4.2.2.	Dynamische Routenplanung bei Navigations-Apps	131

1.	Hintergrund & Funktionsweise	131
2.	Konkreter Nutzen	131
a.	Zeitersparnis	131
b.	Ressourcenschonung	131
c.	Stichprobenlose Aktualisierung.....	132
d.	Adaptive Prognosen	132
3.	Mögliche Erweiterungen.....	132
a.	Prognose künftiger Verkehrsentwicklung	132
b.	Integration von Fahrgemeinschaftsoptionen	132
4.	Fazit.....	133
2.4.2.3.	KI-gestützte Routenplanung im ÖPNV	135
1.	Hintergrund & Funktionsweise	135
2.	Konkreter Nutzen	135
a.	Pünktliches Ankommen	135
b.	Geringere Wartezeit.....	135
c.	Stressfreies Pendeln.....	135
d.	Nachhaltiger Verkehr	136
3.	Mögliche Erweiterungen.....	136
a.	Integration von Bike- und Carsharing	136
b.	Dynamische Tarifvorschläge.....	136
4.	Fazit.....	136
2.5.3.	Haushalt & Lebensstil.....	137
2.4.3.1.	Autonome Rasenmäher- und Staubsauger-Roboter	137
1.	Hintergrund & Funktionsweise	137
2.	Konkreter Nutzen	137
a.	Zeitersparnis	137
b.	Konstante Pflege	138
c.	Automatische Anpassung	138
d.	Geringere Unfallgefahr	138
3.	Mögliche Erweiterungen.....	138
a.	Sprachinterface.....	138
b.	Zusätzliche KI-Sensorik	138
4.	Fazit.....	139
2.4.3.2.	Fitness-Tracker mit KI-Analyse.....	141
1.	Hintergrund & Funktionsweise	141
2.	Konkreter Nutzen	141
a.	Gezielte Trainingspläne	141
b.	Gesundheitswarnungen	141
c.	Zielverfolgung	142

d.	Automatische Sportarten-Erkennung	142
3.	Mögliche Erweiterungen.....	142
a.	KI-Coach	142
b.	Telemedizinische Anbindung	142
4.	Fazit.....	143
2.4.3.3.	Smart-Home-Steuerung.....	145
1.	Hintergrund & Funktionsweise	145
2.	Konkreter Nutzen	145
a.	Energieeinsparung.....	145
b.	Komfort	145
c.	Sicherheit.....	146
d.	Personalisierung	146
3.	Mögliche Erweiterungen.....	146
a.	Prediktive Wartung.....	146
b.	Erweitertes Energiemanagement	146
4.	Fazit.....	146
2.5.4.	Finanzen, Sicherheit und E-Commerce	149
2.5.4.1.	Betrugserkennung im Online-Banking	149
1.	Hintergrund & Funktionsweise	149
2.	Konkreter Nutzen	150
a.	Schutz vor Kontoübergriffen	150
b.	Sofortige Sperrung.....	150
c.	Geringere Verluste	150
d.	Vertrauen	150
3.	Mögliche Erweiterungen.....	150
a.	Verhaltensanalyse	150
b.	KI-gestützte Beratung	151
4.	Fazit.....	151
2.5.4.2.	Preisvorhersage in Ticket-/Reiseportalen	153
1.	Hintergrund & Funktionsweise	153
2.	Konkreter Nutzen	153
a.	Kosteneinsparung	153
b.	Planungssicherheit	153
c.	Transparenz.....	154
d.	Global nutzbar.....	154
3.	Mögliche Erweiterungen.....	154
a.	Automatisches Buchen	154
b.	Wetterintegration.....	154
4.	Fazit.....	154

2.4.4.3.	Objekterkennung beim Onlineshopping	157
1.	Hintergrund & Funktionsweise	157
2.	Konkreter Nutzen	157
a.	Bequeme Produktsuche	157
b.	Fehlkäufe vermeiden	157
c.	Inspiration	157
d.	Kundenerlebnis	158
3.	Mögliche Erweiterungen.....	158
a.	Live-Kamerafunktion in AR	158
b.	Automatische Alternativen	158
4.	Fazit.....	158
2.4.4.4.	Automatische Schadensbewertung bei Versicherungen	159
1.	Hintergrund & Funktionsweise	159
2.	Konkreter Nutzen	159
a.	Schnellere Schadenabwicklung.....	159
b.	Objektive Einschätzung	159
c.	Verringerte Betrugsfälle	160
d.	Transparenz.....	160
3.	Mögliche Erweiterungen.....	160
a.	Live-Video-Analyse.....	160
b.	Verknüpfung mit Werkstätten.....	160
4.	Fazit.....	160
2.4.4.5.	Online-Shopping-Empfehlungen.....	163
1.	Hintergrund & Funktionsweise	163
2.	Konkreter Nutzen	163
a.	Passgenaue Produktvorschläge	163
b.	Personalisierte Startseiten.....	163
c.	Zeitersparnis	164
d.	Upselling & Cross-Selling	164
3.	Mögliche Erweiterungen.....	164
a.	„Frage-Antwort-Bot“	164
b.	Visuelle Produktsuche	164
4.	Fazit.....	165
2.5.5.	Personalisierte Medien & soziale Netzwerke	167
2.4.5.1.	Personalisierte Musikempfehlungen in Streaming-Apps	167
1.	Hintergrund & Funktionsweise	167
2.	Konkreter Nutzen	167
a.	Entdeckung neuer Songs	167
b.	Automatisierte Playlisten	168

c.	Zeitersparnis	168
d.	Genre-Vielfalt	168
3.	Mögliche Erweiterungen.....	168
a.	Mood-Detection (Stimmungsanalyse)	168
b.	KI-Moderator	169
4.	Fazit.....	169
2.4.5.2.	Personalisierte Videoinhalte in Streaming-Portalen	171
1.	Hintergrund & Funktionsweise	171
2.	Konkreter Nutzen	171
a.	Zielgenaue Inspiration	171
b.	Seriendauer-Vorhersage.....	171
c.	Skip-intro-Feature	171
d.	Abbruchanalyse	172
3.	Mögliche Erweiterungen.....	172
a.	Feature-Filme in Episoden.....	172
b.	Dynamische Trailer	172
4.	Fazit.....	172
2.4.5.3.	Social-Media-Feeds	175
1.	Hintergrund & Funktionsweise	175
2.	Konkreter Nutzen	175
a.	Personalisierung	175
b.	Zeitmanagement	175
c.	Inspiration	176
d.	Weniger Überforderung	176
3.	Mögliche Erweiterungen.....	176
a.	Mehr Transparenz.....	176
b.	Rausfiltern schädlicher Inhalte.....	176
4.	Fazit.....	177
2.5.6.	KI-Kommunikation & Übersetzung	179
2.4.6.1.	Live-Übersetzung bei Video- oder Telefonkonferenzen.....	179
1.	Hintergrund & Funktionsweise	179
2.	Konkreter Nutzen	179
a.	Sprachübergreifende Meetings.....	179
b.	Reibungsloses Teamwork	180
c.	Barrierefreiheit	180
d.	Beschleunigte Projektarbeit.....	180
3.	Mögliche Erweiterungen.....	180
a.	Angepasste Stimmmodelle	180
b.	Emotionserkennung.....	180

4.	Fazit.....	180
2.4.6.2.	Autonome Übersetzungsprogramme.....	183
1.	Hintergrund & Funktionsweise	183
2.	Konkreter Nutzen	183
a.	Globale Verständigung	183
b.	Inklusivität	183
c.	Reisesicherheit	183
d.	Sprachübergreifende Chats.....	184
3.	Mögliche Erweiterungen.....	184
a.	Kontextsensitives Übersetzen	184
b.	AR-Integration.....	184
4.	Fazit.....	184
2.5.7.	Spiele und Unterhaltung	187
2.4.7.1.	Spiele mit KI-gesteuerten Gegnern	187
1.	Hintergrund & Funktionsweise	187
2.	Konkreter Nutzen	187
a.	Dynamische Schwierigkeit.....	187
b.	Realistisches Spielerlebnis	187
c.	Personalisierter Schwierigkeitsgrad.....	188
d.	Langzeitmotivation	188
3.	Mögliche Erweiterungen.....	188
a.	Prozedurale Welt-Generierung	188
b.	Sprach-KI für Dialoge	188
4.	Fazit.....	188
2.4.7.2.	Infotainmentsysteme in Restaurants	191
1.	Hintergrund & Funktionsweise	191
2.	Konkreter Nutzen	191
a.	Personalisierte Speiseempfehlungen	191
b.	Umsatzsteigerung	191
c.	Zeitoptimierung	192
d.	Erlebnisfaktor	192
3.	Mögliche Erweiterungen.....	192
a.	Rezept- und Nährwert-Analyse.....	192
b.	Situations-Adaption.....	192
4.	Fazit.....	193
2.5.8.	Generative KI, Content & kreative Prozesse.....	195
2.4.8.1.	Generative KI für Content-Erstellung.....	195
1.	Hintergrund & Funktionsweise	195
2.	Konkreter Nutzen	195

a.	Zeitsparender Brainstorm	195
b.	Kreativ-Boost	195
c.	Schnelle Iteration	196
d.	Kosteneffizienz.....	196
3.	Mögliche Erweiterungen.....	196
a.	Marken-CI und Stiltreue	196
b.	Direkte Integration in Tools	196
4.	Fazit.....	196
2.5.9.	Einsatz im professionellen Umfeld	199
2.4.9.1.	Chatbots im Kundenservice.....	199
1.	Hintergrund & Funktionsweise	199
2.	Konkreter Nutzen	199
a.	Rund-um-die-Uhr-Service	199
b.	Schnelle Reaktionszeit	199
c.	Entlastung für menschliche Mitarbeitende.....	200
d.	Skalierbarkeit	200
3.	Mögliche Erweiterungen.....	200
a.	Adaptive Dialog	200
b.	Integration mit Kundendaten.....	200
4.	Fazit.....	200
2.4.9.2.	Personalisierte Arbeitsflächen in Cloud-Office-Lösungen	203
1.	Hintergrund & Funktionsweise	203
2.	Konkreter Nutzen	203
a.	Kontextbezogene Dokumentvorschläge	203
b.	E-Mail-Triage	203
c.	Task-Management	203
d.	Zusammenarbeit	204
3.	Mögliche Erweiterungen.....	204
a.	Erweitertes Meeting-Minuten-Tool	204
b.	„Projekt-Assistent“	204
4.	Fazit.....	204
2.4.9.3.	Automatisierte Terminplaner	207
1.	Hintergrund & Funktionsweise	207
2.	Konkreter Nutzen	207
a.	Weniger E-Mail-Pingpong	207
b.	Berücksichtigung persönlicher Präferenzen	207
c.	Zeitsparende Organisation	208
d.	Automatisierte Erinnerung	208
3.	Mögliche Erweiterungen.....	208

a.	Integration von Konferenzräumen	208
b.	Analyse von Anfahrtszeiten	208
4.	Fazit.....	208
2.5.10.	Analyse, Ökosystem & Infrastruktur	211
2.4.10.1.	KI-Analyse von Kamerabildern für die Tierwelt.....	211
1.	Hintergrund & Funktionsweise	211
2.	Konkreter Nutzen	211
a.	Zeitersparnis für Biologen	211
b.	Artenschutz	211
c.	Verhaltenserkennung	212
d.	Konfliktprävention	212
3.	Mögliche Erweiterungen.....	212
a.	Live-Alarm.....	212
b.	Heatmap und Migration	212
4.	Fazit.....	212
2.4.10.2.	Prognose von Energieverbrauch im Smart Grid.....	215
1.	Hintergrund & Funktionsweise	215
2.	Konkreter Nutzen	215
a.	Netzstabilität	215
b.	Kosteneinsparung	215
c.	CO ₂ -Reduktion.....	216
d.	Transparenz.....	216
3.	Mögliche Erweiterungen.....	216
a.	Integration von E-Auto-Ladeinfrastruktur.....	216
b.	Autonomes Handelssystem für Überschussenergie.....	216
4.	Fazit.....	216
2.5.11.	Fazit.....	219
2.6.	Maschinelles Lernen (ML)	221
2.6.1.	Grundidee	221
2.6.2.	Arten des Maschinellen Lernens	221
2.6.3.	Einsatzbereiche	224
2.6.4.	Fazit.....	225
2.7.	Deep Learning (DL)	227
2.7.1.	Funktionsweise.....	227
2.7.2.	Typische Anwendungsfelder.....	229
2.7.3.	Vorteile.....	231

2.7.4.	Herausforderungen.....	232
2.7.5.	Zusammenfassung	233
2.8.	KI-Ausblick.....	235
2.9.	Gesamtes Fazit.....	237
3.	Historische Entwicklung: Die wichtigsten Meilensteine.....	239
3.1.	Die frühen Jahre (1950 – 1960er).....	239
3.1.1.	1950: Turing-Test - Wegbereiter der maschinellen Intelligenz	239
3.1.1.1.	Historischer Kontext und Turings Motivation	239
3.1.1.2.	Turings Imitation Game: Aufbau und Funktionsweise	240
3.1.1.3.	Bedeutung und frühe Reaktionen	240
3.1.1.4.	Kritische Einwände und Philosophie	241
3.1.1.5.	Aktuelle Relevanz: Moderne Sprachmodelle.....	242
3.1.1.6.	Fazit	242
3.1.2.	1956: Dartmouth Conference – Geburtsstunde der KI.....	245
3.1.2.1.	Hintergrund der Konferenz	245
3.1.2.1.1.	Motivation und Finanzierung.....	245
3.1.2.1.2.	Namensgebung „Artificial Intelligence“	246
3.1.2.2.	Ziele und Inhalte	246
3.1.2.2.1.	Forschungsziele	246
3.1.2.2.2.	Konkrete Diskussionsschwerpunkte	246
3.1.2.3.	Bedeutung.....	247
3.1.2.3.1.	Offizieller Start der KI-Forschung.....	247
3.1.2.3.2.	Grundlagen für diverse KI-Paradigmen	248
3.1.2.3.3.	Optimismus und spätere Ernüchterung	248
3.1.2.4.	Langfristige Auswirkungen.....	248
3.1.2.4.1.	Etablierung als wissenschaftliche Disziplin.....	248
3.1.2.4.2.	Einfluss auf Technik und Gesellschaft	249
3.1.2.5.	Fazit	249
3.1.3.	1960: Perzeptron – Grundstein neuronaler Netze	251
3.1.3.1.	Historischer Kontext.....	251
3.1.3.1.1.	Motivation und Ursprung.....	251
3.1.3.1.2.	Zeitgeist.....	252
3.1.3.2.	Aufbau und Funktionsweise.....	252
3.1.3.2.1.	Grundlegendes Neuronenmodell	252
3.1.3.2.2.	Lernregel	252

3.1.3.2.3.	Anwendungsbeispiel (Buchstabenerkennung)	253
3.1.3.3.	Erste Erfolge und hohe Erwartungen	253
3.1.3.3.1.	Demonstrationen.....	253
3.1.3.3.2.	Mediales Interesse und Finanzierung	253
3.1.3.4.	Grenzen und Kritik	254
3.1.3.4.1.	Lineare Separierbarkeit.....	254
3.1.3.4.2.	Fehlende Mehrschichtigkeit	254
3.1.3.4.3.	Minsky und Papert: „Perceptrons“ (1969).....	255
3.1.3.5.	Bedeutungswandel und spätere Renaissance	255
3.1.3.5.1.	Nachlassen des Interesses in den 1970ern.....	255
3.1.3.5.2.	Wiederentdeckung in den 1980ern	255
3.1.3.5.3.	Grundstein für Deep Learning.....	256
3.1.3.6.	Fazit	256
3.1.4.	Bedeutung der 1950 – 1960er für die KI-Entwicklung.....	257
3.1.4.1.	1950: Turing-Test als pragmatischer Prüfstein und Ausgangspunkt für Konversations-KI	257
3.1.4.2.	1956: Dartmouth Conference als Motor für eine eigenständige Disziplin	257
3.1.4.3.	1960: Perzeptron als Wendepunkt hin zu lernfähigen Systemen.....	258
3.1.4.4.	Gemeinsamer Mehrwert und kritische Würdigung	259
3.2.	Erste Anwendungen und Ernüchterung (1960 – 1980er)	261
3.2.1.	1966: ELIZA – Ein früher Durchbruch in der Mensch-Maschine-Kommunikation.....	261
3.2.1.1.	Historischer und thematischer Kontext.....	261
3.2.1.1.1.	Wachsende Begeisterung für KI und Sprachverarbeitung	261
3.2.1.1.2.	Joseph Weizenbaums Motivation	261
3.2.1.2.	Aufbau und Funktionsweise von ELIZA.....	262
3.2.1.2.1.	Pattern Matching	262
3.2.1.2.2.	„Doctor“-Skript.....	262
3.2.1.2.3.	Begrenztes Regelwerk.....	263
3.2.1.3.	Öffentliche Reaktionen und wissenschaftliche Resonanz	263
3.2.1.3.1.	Illusion von Intelligenz	263
3.2.1.3.2.	Weizenbaums Skepsis	263
3.2.1.3.3.	Wissenschaftlicher Diskurs	264
3.2.1.4.	Bedeutung.....	264
3.2.1.4.1.	Wegbereiter für Chatbots	264
3.2.1.4.2.	NLP und Conversational User Interfaces.....	265
3.2.1.4.3.	Philosophische und psychologische Implikationen.....	265
3.2.1.5.	Fazit	265
3.2.2.	KI-Winter (1970er – frühe 1980er) – Eine Phase der Ernüchterung	267

3.2.2.1.	Hintergründe und Auslöser	267
3.2.2.1.1.	Überzogene Erwartungen	267
3.2.2.1.2.	Technische Limits	267
3.2.2.1.3.	Kritische Studien	268
3.2.2.2.	Folgen und Auswirkungen	268
3.2.2.2.1.	Gekürzte Fördermittel	268
3.2.2.2.2.	Abflauendes Interesse	268
3.2.2.2.3.	Verlagerung auf Nischenbereiche	269
3.2.2.3.	Langfristige Bedeutung	269
3.2.2.3.1.	Reflektierter Umgang mit KI	269
3.2.2.3.2.	Renaissance durch Expertensysteme	269
3.2.2.3.3.	Weichenstellung für zukünftige Durchbrüche.....	270
3.2.2.4.	Fazit	270
3.2.3.	Bedeutung der 1960 – 1980er Jahre für die KI-Entwicklung.....	271
3.2.3.1.	1966: ELIZA – Ein früher Durchbruch in der Mensch-Maschine-Kommunikation 271	
3.2.3.1.1.	Bedeutung des Eliza-Effekts	271
3.2.3.1.2.	Grenzen der reinen Schlüsselwörterkennung.....	271
3.2.3.1.3.	Impuls für zukünftige Chatbots	272
3.2.3.2.	KI-Winter (1970er – frühe 1980er) – Eine Phase der Ernüchterung	272
3.2.3.2.1.	Gründe für den Forschungsrückgang	272
3.2.3.2.2.	Auswirkungen auf die Forschungskultur	273
3.2.3.3.	Bedeutung der 1960 – 1980er Jahre für die KI-Entwicklung	273
3.2.3.3.1.	Erkenntnis über Grenzen sprachlicher Täuschung.....	274
3.2.3.3.2.	Abkehr von überzogenen Versprechungen	274
3.2.3.3.3.	Neujustierung von Forschungsprioritäten	274
3.2.3.3.4.	Langfristige Innovation statt kurzfristiger Hype.....	274
3.2.3.3.5.	Fazit	275
3.3.	Neue Erfolge dank verbesserter Hardware (1980 – 1990er)	277
3.3.1.	Expertensysteme – Wissensbasierte Beratungssysteme der 1980er-Jahre	277
3.3.1.1.	Funktionsweise: Wissensbasis und Inferenzmaschine	277
3.3.1.1.1.	Wissensbasis	277
3.3.1.1.2.	Inferenzmaschine.....	277
3.3.1.1.3.	Beispiel: MYCIN	278
3.3.1.2.	Einsatzbereiche	278
3.3.1.2.1.	Medizin	278
3.3.1.2.2.	Finanzsektor.....	279
3.3.1.2.3.	Industrie und Technik	279

3.3.1.3.	Stärken und Grenzen.....	279
3.3.1.3.1.	Stärken.....	279
3.3.1.3.2.	Grenzen.....	280
3.3.1.4.	Fazit.....	280
3.3.2.	1997: Deep Blue – Ein historischer Triumph der Rechenleistung.....	283
3.3.2.1.	Technische Besonderheiten.....	283
3.3.2.1.1.	Spezialisierte Hardware.....	283
3.3.2.1.2.	Suchalgorithmen und Heuristiken.....	284
3.3.2.1.3.	Team von Experten.....	284
3.3.2.2.	Bedeutung.....	285
3.3.2.2.1.	Symbolkraft.....	285
3.3.2.2.2.	Begrenztes Anwendungsfeld.....	285
3.3.2.2.3.	Weiterentwicklung.....	285
3.3.2.3.	Öffentliche Resonanz.....	285
3.3.2.3.1.	Weltweites Interesse.....	285
3.3.2.3.2.	Diskussion um Intelligenz.....	286
3.3.2.4.	Fazit.....	286
3.3.3.	Bedeutung der 1980 – 1990er Jahre für die KI-Entwicklung.....	287
3.3.3.1.	Expertensysteme – Wissensbasierte Beratungssysteme der 1980er-Jahre....	287
3.3.3.1.1.	Entstehung und Funktionsweise.....	287
3.3.3.1.2.	Positive Aspekte und Erfolgsfaktoren.....	287
1.	Klar umrissene Einsatzbereiche.....	287
2.	Erklärbarkeit und Vertrauen.....	287
3.	Erste praktische KI-Erfolge.....	288
3.3.3.1.3.	Kritische Würdigung und Grenzen.....	288
1.	Hoher Pflegeaufwand.....	288
2.	Statische Regelwerke ohne Lernfähigkeit.....	288
3.	Fehlende Übertragbarkeit.....	288
4.	Langfristige Auswirkungen.....	288
3.3.3.2.	1997: Deep Blue – Ein historischer Triumph der Rechenleistung.....	290
3.3.3.2.1.	Eckdaten und Kontext.....	290
1.	Technische Basis und Methoden.....	290
2.	Kritische Perspektive.....	290
3.3.3.3.	Zusammenfassung.....	291
1.	Praxisnahe Erfolge und fachliche Spezialisierung.....	291
2.	Neue Wertschätzung für Infrastruktur und Algorithmen.....	291
3.	Grenzen der „starken“ KI.....	292
4.	Impuls für künftige Forschung.....	292
5.	Fazit.....	292

3.4. Aufstieg des maschinellen Lernens und Deep Learning (2000 – 2010er)	295
3.4.1. Neuronale Netze und große Datenmengen – die Renaissance des maschinellen Lernens	295
3.4.1.1. Grundlegende Wiederbelebung neuronaler Netze	295
3.4.1.1.1. Entstehung und „KI-Winter“	295
1. Fokus auf regelbasierte Verfahren	295
2. Eingeschränkte Hardware und geringe Datenmengen	295
3. Wiederaufleben ab den 2000er-Jahren	296
a. Mehr Rechenleistung	296
b. Exponentiell wachsende Datenverfügbarkeit	296
3.4.1.1.2. Deep Learning als Methodenkern	297
1. Vielschichtige Architekturen	297
2. Automatisierte Feature-Extraktion	297
3. Vielfältige Einsatzmöglichkeiten	297
3.4.1.1.3. Paradigmenwechsel im maschinellen Lernen	297
1. Abkehr von fest kodierten Regeln	297
a. Nachteile klassischer Expertensysteme	297
b. Vorteile datengetriebener Ansätze	298
2. Transfer Learning	298
a. Wiederverwendung vortrainierter Netze	298
b. Effizienz in Nischenanwendungen	298
c. Breite Anwendung	298
3. Konsolidierung in der Forschung	298
a. Etablierung von Deep Learning	298
b. Weltweite Investitionen und Kooperationen	299
c. Neue Produktideen und Geschäftsmodelle	299
3.4.1.2. Technische Voraussetzungen und Optimierungen	299
3.4.1.2.1. Steigende Rechenleistung	299
1. Grafikprozessoren (GPUs)	299
a. Parallele Architektur	299
b. Massive Beschleunigung	299
2. Skalierbare Cloud-Computing-Plattformen	300
a. On-Demand-Rechenressourcen	300
b. Verteiltes Training	300
3.4.1.2.2. Fortschritte bei Algorithmen und Trainingstechniken	300
1. Tief geschichtete neuronale Netze	300
a. Convolutional Neural Networks (CNNs)	300
b. Rekurrente Netze und Transformer	300

2.	Neue Lernverfahren und Stabilisierung	301
a.	Backpropagation-Verbesserungen	301
b.	Regularisierung gegen Overfitting	301
3.	Frameworks für Deep Learning	301
a.	Bibliotheken wie TensorFlow, PyTorch, Caffe	301
b.	Open-Source-Community	303
3.4.1.3.	Big Data und datengetriebene Paradigmen	304
3.4.1.3.1.	Digitale Transformation	304
1.	Rasantes Datenwachstum	304
a.	Verbreitung des Internets, Sensorik, Social Media	304
b.	Reale Anwendungsszenarien	305
2.	Offene Datensätze	306
a.	Benchmarking durch gemeinsame Ressourcen	306
b.	Internationaler Bekanntheitsgrad	306
3.4.1.3.2.	Datengetriebene Ansätze	306
1.	Abkehr von manuell codiertem Wissen	306
a.	Expertensysteme versus neuronale Netze	306
b.	Potential für Generalisierung	307
2.	Durchbrüche in zahlreichen Domänen	307
a.	Sprachverarbeitung (NLP)	308
b.	Bild- und Objekterkennung	308
c.	Analyse und Vorhersage	309
3.4.1.4.	Fazit	309
3.4.2.	GPU-Computing und leistungsfähige Hardware	311
3.4.2.1.	Entwicklung von GPUs für KI-Anwendungen	311
3.4.2.1.1.	Ursprünge in der Spieleindustrie	311
1.	Parallelität als Grundprinzip	311
2.	Von 3D-Berechnungen zu allgemeinem Hochleistungsrechnen (GPGPU)	311
3.4.2.1.2.	Fokus auf Deep Learning	311
1.	Zunahme der Netzwerkgrößen	311
2.	Hardwareseitige KI-Optimierungen	312
3.4.2.2.	Relevanz für die KI-Forschung und -Praxis	312
3.4.2.2.1.	Beschleunigung tief neuronaler Netze	312
1.	Zentrale Operationen im Deep Learning	312
2.	Reduzierung der Trainingszeiten	312
3.4.2.2.2.	Skalierbarkeit und Großprojekte	312
1.	Multi-GPU-Setups und verteiltes Training	312
2.	Wachsende Modellkomplexität	313
3.4.2.2.3.	Echtzeitanwendung und Inferenz	313

1.	Niedrige Latenz für Echtzeitsysteme	313
2.	Skalierbare Servicelandschaften	313
3.4.2.3.	Zusammenspiel von GPUs und weiteren KI-Technologien	313
3.4.2.3.1.	Komplementarität mit Frameworks und Bibliotheken	313
1.	Software-Ökosystem.....	313
2.	Effizienzsteigerung und Benutzerfreundlichkeit	314
3.4.2.3.2.	Alternative Beschleuniger und heterogene Systeme.....	314
1.	TPUs, ASICs und FPGAs.....	314
2.	Hybride KI-Architekturen	314
3.4.2.3.3.	Herausforderungen und Zukunftsperspektiven.....	314
1.	Energieeffizienz und Kühlung	314
2.	Fortwährende Forschung	315
3.4.2.4.	Fazit	315
3.4.3.	Cluster-, Cloud-Infrastruktur und Big-Data-Verarbeitung	317
3.4.3.1.	Cluster-Architekturen als Grundlage für Hochleistungs-KI.....	317
3.4.3.1.1.	Gemeinsam genutzte Ressourcen.....	317
3.4.3.1.2.	Verteiltes Training.....	317
3.4.3.2.	Cloud-Computing-Plattformen: Skalierung auf Abruf	318
3.4.3.2.1.	On-Demand-Rechenleistung.....	318
3.4.3.2.2.	Aufbau komplexer KI-Workflows	318
3.4.3.3.	Big Data als Fundament datengetriebener KI-Ansätze	318
3.4.3.3.1.	Datenexplosion im digitalen Zeitalter	318
3.4.3.3.2.	Datenverarbeitung und Mehrwert	319
3.4.3.3.3.	Öffentliche Benchmark-Datensätze und Kollaboration	319
1.	Offene Ressourcen und Forschung	319
2.	Innovation durch Wissensaustausch	320
3.4.3.3.4.	Datengetriebene Paradigmen in der Praxis.....	320
1.	Automatisierte Mustererkennung	320
2.	Einsatzfelder jenseits der Forschung	320
a.	Personalisierung und Recommendations.....	320
b.	Betrugserkennung und Sicherheit	321
c.	Wissenschaft und Industrie.....	321
3.4.3.4.	Fazit	329
3.4.4.	Open-Source-Ökosystem und Software-Frameworks	331
3.4.4.1.	Reduzierte Komplexität und vereinfachtes Prototyping.....	331
3.4.4.1.1.	Abstrakte APIs und Automatisches Differenzieren	331
3.4.4.1.2.	GPU-/TPU-Unterstützung und Parallelisierung.....	331
3.4.4.1.3.	Rasche Entwicklung und Prototyping	332
3.4.4.2.	Offene Community und kollektive Innovationskraft	332

3.4.4.2.1.	Freie Lizenzen und gemeinsame Weiterentwicklung	332
3.4.4.2.2.	Model Zoos und Best Practices	332
3.4.4.2.3.	Synergie zwischen Forschung und Wirtschaft	333
3.4.4.3.	Technische Vielfalt: Docker, CI/CD und Hardwareintegration	333
3.4.4.3.1.	Infrastruktur- und Container-Ökosystem	333
3.4.4.3.2.	Hardwarenahe Optimierungen	334
3.4.4.3.3.	Skalierbarkeit im verteilten Umfeld	334
3.4.4.4.	Kritische Aspekte: Abhängigkeiten und Code-Qualität	334
3.4.4.4.1.	Komplexität und Versionskonflikte	334
3.4.4.4.2.	Black-Box-Effekte und Intransparenz	335
3.4.4.4.3.	Lizenz- und Patentrechte	335
3.4.4.5.	Fazit	335
3.4.5.	2016: AlphaGo – Durchbruch im Go-Spiel	337
3.4.5.1.	Was Go so besonders macht	337
3.4.5.1.1.	Komplexeres Spiel als Schach	337
1.	Exponentieller Suchraum	337
2.	Fehlender Materialbegriff	338
3.4.5.1.2.	Intuitive Spielweise	338
1.	Ganzheitliche Strategien	338
2.	Breite Zugauswahl	338
3.4.5.2.	Technische Besonderheiten von AlphaGo	338
3.4.5.2.1.	Deep-Learning-Ansatz	338
1.	Supervised + Reinforcement Learning	338
2.	Menschliches Wissen + Eigenerfahrung	339
3.4.5.2.2.	Policy Network und Value Network	339
1.	Policy Network	339
2.	Value Network	339
3.	Effiziente Verzahnung	339
3.4.5.2.3.	Monte-Carlo Tree Search (MCTS)	339
1.	Zufallsbasierte Simulationen	339
2.	Kombination von Netz-Vorhersage und statistischer Suche	340
3.	Relevanz für die KI-Entwicklung	341
3.4.5.3.	Bedeutung und Folgen	342
3.4.5.3.1.	Symbolkraft	342
1.	Go als „intuitive Königsdisziplin“	342
2.	Übertragung auf weitere KI-Bereiche	342
3.4.5.3.2.	Neue Anwendungsmöglichkeiten	343
1.	AlphaZero und universellere Lernverfahren	343
2.	Inspiration für andere Domänen	344

3.4.5.4.	Fazit	345
3.4.6.	Bedeutung der 2000 – 2010er für die KI-Entwicklung.....	347
3.4.6.1.	Neuronale Netze und große Datenmengen – die Renaissance des maschinellen Lernens	347
3.4.6.2.	GPU-Computing und leistungsfähige Hardware.....	348
3.4.6.3.	Cluster-, Cloud-Infrastruktur und Big-Data-Verarbeitung.....	349
3.4.6.4.	Open-Source-Ökosystem und Software-Frameworks.....	350
3.4.6.5.	2016: AlphaGo – Durchbruch im Go-Spiel	351
3.5.	Generative KI und Multimodalität (2018 bis heute)	353
3.5.1.	GPT-1 (Juni 2018)	355
3.5.1.1.	Technische Eckdaten.....	355
3.5.1.1.1.	Parameteranzahl.....	355
3.5.1.1.2.	Architektur	355
3.5.1.1.3.	Release und Repositorium.....	356
3.5.1.2.	Pretraining-Finetuning-Ansatz	356
3.5.1.2.1.	Generatives Pretraining (unüberwacht)	356
3.5.1.2.2.	Finetuning (überwacht)	356
3.5.1.2.3.	Bedeutung dieses Ansatzes.....	357
3.5.1.3.	Leistungsfähigkeit im Sprachbereich.....	357
3.5.1.3.1.	Verbesserte Benchmark-Resultate.....	357
3.5.1.3.2.	Transformer statt RNN/CNN	357
3.5.1.3.3.	Beschränkungen	358
3.5.1.4.	Rolle als Wegbereiter.....	358
3.5.1.4.1.	Grundstein für Skalierung	358
3.5.1.4.2.	Impuls für die NLP-Forschung	358
3.5.1.4.3.	Etablierung des Transformer-Ansatzes	359
3.5.1.5.	Einschätzung und Grenzen	359
3.5.1.5.1.	Beachtliche Ergebnisse	359
3.5.1.5.2.	Limitierte Textkohärenz	359
3.5.1.5.3.	Primär in Forschungskreisen bekannt	359
3.5.1.6.	Fazit	359
3.5.2.	GPT-2 (14. Februar 2019)	361
3.5.2.1.	Technische Eckdaten und Parameteranzahl	361
3.5.2.1.1.	Sprunghafter Anstieg auf ~1,5 Mrd. Parameter	361
3.5.2.1.2.	Datengrundlage: WebText	361
3.5.2.1.3.	Transformer-Architektur (unidirektional).....	362

3.5.2.1.4.	Stufenweise Veröffentlichung.....	362
3.5.2.2.	Deutliche Leistungssteigerung gegenüber GPT-1	362
3.5.2.2.1.	Kohärenz und Textfluss.....	362
3.5.2.2.2.	Vielfältige Anwendungsfelder	363
3.5.2.2.3.	Verglichen mit GPT-1.....	363
3.5.2.3.	Kontroverse um Veröffentlichung und Missbrauchsgefahr.....	363
3.5.2.3.1.	Eingeschränkte Veröffentlichung	363
3.5.2.3.2.	Öffentliches Bewusstsein für Generative KI.....	364
3.5.2.3.3.	Bedeutung für die KI-Ethik	364
3.5.2.4.	Weichenstellung für folgende GPT-Versionen.....	364
3.5.2.4.1.	Skalierung und Verbote von GPT-3	364
3.5.2.4.2.	Einfluss auf Forschung und Wirtschaft	364
3.5.2.4.3.	Vorbereitung für breitere Anwendungen.....	365
3.5.2.5.	Fazit	365
3.5.3.	GPT-3 (11. Juni 2020)	367
3.5.3.1.	Technische Eckdaten.....	367
3.5.3.1.1.	Parameteranzahl.....	367
3.5.3.1.2.	Training und Datenbasis.....	367
3.5.3.1.3.	Transformer-Struktur	368
3.5.3.2.	Few-Shot-/Zero-Shot-Learning	368
3.5.3.2.1.	Paradigmenwechsel.....	368
3.5.3.2.2.	Flexibilität und Einsatzspektrum	368
3.5.3.3.	Herausforderungen und Grenzen	369
3.5.3.3.1.	Enormer Energie- und Rechenbedarf	369
3.5.3.3.2.	„Halluzinationen“	369
3.5.3.3.3.	Fehlende Selbstreflexion und Erklärbarkeit	369
3.5.3.3.4.	Ethik und Missbrauch.....	370
3.5.3.4.	Bedeutung für die KI-Entwicklung.....	370
3.5.3.4.1.	Machbarkeitsbeweis für skalierte Sprachmodelle.....	370
3.5.3.4.2.	Grundlage für spätere Ableger	370
3.5.3.4.3.	Breite Nutzung in Forschung und Wirtschaft	370
3.5.3.4.4.	Diskussionen über Fairness und Data Bias	371
3.5.3.5.	Fazit	371
3.5.4.	DALL-E (5. Januar 2021)	373
3.5.4.1.	Historische Entwicklung und Veröffentlichungen.....	373
3.5.4.1.1.	Vorstellungsphase (5. Januar 2021)	373

3.5.4.1.2.	Entwicklung von DALL-E 2 (6. April 2022)	373
3.5.4.1.3.	DALL-E 3 und Integration in ChatGPT (August bis November 2023)	373
3.5.4.1.4.	Einführung von Wasserzeichen (Februar 2024)	374
3.5.4.1.5.	Ende (26. März 2025)	374
3.5.4.2.	Technische Grundlagen	374
3.5.4.2.1.	Basiskonzept: Transformer für Bild und Text	374
3.5.4.2.2.	Die Rolle von CLIP	375
3.5.4.2.3.	Autoregression vs. Diffusion	375
3.5.4.3.	Versionen im Überblick	375
3.5.4.3.1.	DALL-E 1 (Januar 2021)	375
3.5.4.3.2.	DALL-E 2 (ab April 2022, Beta ab Juli, frei ab September)	375
3.5.4.3.3.	DALL-E 3 (ab August 2023)	376
3.5.4.4.	Anwendungsspektrum und Beispiele	376
3.5.4.4.1.	Stilistische Vielfalt	376
3.5.4.4.2.	Objekte manipulieren, arrangieren und „vervollständigen“	376
3.5.4.4.3.	Kreative Konzepthybridisierung	377
3.5.4.5.	Grenzen und Fehleranfälligkeiten	377
3.5.4.6.	Wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung	377
3.5.4.7.	Kontroversen und ethische Implikationen	378
3.5.4.8.	Rezeption in den Medien und bei Künstlern	379
3.5.4.9.	Konkurrenz und Open-Source-Projekte	379
3.5.4.10.	Perspektiven und zukünftige Entwicklungen	380
3.5.4.11.	Fazit	380
3.5.5.	GPT-J (9. Juni 2021)	383
3.5.5.1.	Hintergrund und Entstehungsgeschichte	383
3.5.5.1.1.	EleutherAI und das Vorhaben einer Open-Source-Lösung	383
3.5.5.1.2.	Veröffentlichung im Juni 2021 und Ende der Entwicklung	383
3.5.5.2.	Architektur und Trainingsmethodik	384
3.5.5.2.1.	GPT-3-ähnliches Modell	384
3.5.5.2.2.	Kenndaten	384
3.5.5.2.3.	Datensatz: „The Pile“	384
3.5.5.3.	Leistungsvermögen und Benchmarks	384
3.5.5.3.1.	Generische Textaufgaben	384
3.5.5.3.2.	Codegenerierung	385
3.5.5.3.3.	Fine-Tuning: Dolly und andere Beispiele	385
3.5.5.4.	Einsatz und Hosting	385
3.5.5.4.1.	Open-Source-Vorteil	385

3.5.5.4.2.	Host-Dienste	385
3.5.5.4.3.	Community-Forks	386
3.5.5.5.	Vergleich mit GPT-3 und GPT-4	386
3.5.5.6.	Projektstatus: Eingefroren	386
3.5.5.7.	Vorteile und Nachteile von GPT-J	386
3.5.5.7.1.	Vorteile	386
3.5.5.7.2.	Nachteile	387
3.5.5.8.	Anwendungen in Forschung und Wirtschaft	387
3.5.5.9.	Fazit	387
3.5.6.	GitHub Copilot (29. Oktober 2021)	389
3.5.6.1.	Historische Entwicklung und Entstehung	389
3.5.6.1.1.	Microsoft-Research-Vorläufer: „Bing Code Search“	389
3.5.6.1.2.	Kooperation GitHub und OpenAI	389
3.5.6.1.3.	Offizielle Verfügbarkeit und Markteinführung	389
3.5.6.1.4.	Evolution in Microsoft-Ökosystem	390
3.5.6.2.	Funktionsspektrum und Anwendungsbereiche	390
3.5.6.2.1.	Automatische Code-Vervollständigung	390
3.5.6.2.2.	Kommentarbasierte Generierung	390
3.5.6.2.3.	Übersetzung zwischen Sprachen	390
3.5.6.2.4.	Copilot Chat	391
3.5.6.2.5.	Neue Features (Multi-LLM-Auswahl)	391
3.5.6.3.	Technische Basis	391
3.5.6.4.	Leistungsfähigkeit und Nutzererlebnis	392
3.5.6.5.	Rezeption und Kontroversen	393
3.5.6.6.	Langfristige Weiterentwicklung	394
3.5.6.7.	Ausblick auf den Entwickleralltag	394
3.5.6.8.	Fazit	395
3.5.7.	Midjourney (12. Juli 2022)	397
3.5.7.1.	Historischer Kontext und Entstehung	397
3.5.7.1.1.	Gründung von Midjourney, Inc. und erste Visionen	397
3.5.7.1.2.	Öffentliche Beta-Version (Juli 2022) und rascher Erfolg	398
3.5.7.1.3.	Weiterentwicklung und offene Beta ab August 2024	398
3.5.7.2.	Technische Architektur und Modellvarianten	398
3.5.7.2.1.	Generative KI: Basisprinzip	398
3.5.7.2.2.	Modellversionen (V1–V6.1)	399
3.5.7.2.3.	Niji (Spezialmodelle)	399

1.	Lebhafte Farben und dynamische Szenen	399
2.	Charakteristisches Character-Design	400
3.	Zielgruppe und Motivation.....	400
4.	Unterschied zum Standard-Midjourney.....	400
5.	Nutzungsszenarien	400
6.	Fazit.....	401
3.5.7.3.	Bedienkonzepte: Discord-Bot und Web-Interface	401
3.5.7.3.1.	Discord-Integration.....	401
	Web-Editor (seit 2024).....	401
3.5.7.3.2.	Regions- und Variationstechniken	402
3.5.7.4.	Anwendungsfelder und Branchenbeispiel	402
3.5.7.5.	Kontroversen und rechtliche Aspekte	403
3.5.7.5.1.	Trainingsdatensätze und Urheberrecht.....	403
3.5.7.5.2.	U.S. District Court-Verfahren (Andersen et al. vs. Stability AI et al)	405
1.	Ausgangspunkt der Klage	405
2.	Beschluss vom 30. Oktober 2023 (Dkt. 117)	406
a.	Copyright-Registrierung zwingend erforderlich	406
b.	„Compressed Copies“ und technische Erläuterungen.....	407
c.	Abgrenzung gegenüber angeblichen „Derivatwerken“	407
d.	Konsequenzen	408
3.	Second Amended Complaint vom 31. Oktober 2024 (Dkt. 238).....	408
4.	Ausblick und weitere Verfahrensschritte	409
3.5.7.5.3.	Fake und Deepfake-Gefahr	410
3.5.7.5.4.	Filterung: Xi Jinping und religiöse, politische Themen.....	410
3.5.7.6.	Beispiele und bekannte Vorfälle	410
3.5.7.6.1.	Colorado-Kunstwettbewerb (2022)	410
3.5.7.6.2.	Magazin- und Zeitungsveröffentlichungen	411
3.5.7.6.3.	Kinderbuch Alice and Sparkle (Dezember 2022)	411
3.5.7.6.4.	Hoax-Fotos und Deepfakes (ab 2023).....	412
3.5.7.7.	Geschäftsmodell und Lizenzierungen	412
3.5.7.7.1.	Abo-Pläne: Basic bis Pro	412
3.5.7.7.2.	Kommerzielle Verwendung	412
3.5.7.7.3.	Geschlossene Technologie	413
3.5.7.8.	Zukünftige Entwicklungen und Konkurrenz	413
3.5.7.8.1.	Innovation in Funktion und Qualität	413
3.5.7.8.2.	Marktumfeld	413
3.5.7.8.3.	Mögliche Regulierung	413
3.5.7.8.4.	Weiteres Feature-Potenzial (Video, 3D, SFX)	414
3.5.7.9.	Kritische Reflexion: Vor- und Nachteile	414

3.5.7.9.1.	Chancen: Kreativitäts-Boost, Zeitersparnis.....	414
3.5.7.9.2.	Risiken: Urheberstreit, Qualitäten, Missinfo.....	414
3.5.7.9.3.	Kulturelle Verschiebung	414
3.5.7.9.4.	Zukünftige Professionalität.....	415
3.5.7.10.	Fazit	415
3.5.8.	Whisper (21. September 2022)	417
3.5.8.1.	Historischer Kontext und Forschungslinien	417
3.5.8.1.1.	Entwicklung der automatischen Spracherkennung.....	417
3.5.8.1.2.	Fortschritte durch Transformernetzwerke	418
3.5.8.1.3.	Motivation OpenAIs: Vom Sprachmodell zum Audiouniversum.....	418
3.5.8.1.4.	Lizenz und Updates	419
3.5.8.2.	Technische Architektur von Whisper.....	419
3.5.8.2.1.	Encoder-Decoder-Transformer	419
3.5.8.2.2.	Vorprozessierung des Audios	419
3.5.8.2.3.	Tokens für Aufgabensteuerung (Multi-Task).....	419
3.5.8.2.4.	BPE-Tokenizer und mehrsprachige Vokabulare	420
3.5.8.2.5.	Zeitstempelung und VAD	421
3.5.8.3.	Trainings- und Datenstrategie	421
3.5.8.3.1.	Gigantischer Audiobestand	421
3.5.8.3.2.	Schwach supervisierte Datennutzung.....	422
3.5.8.3.3.	Segmentierung und Cleanup	422
3.5.8.3.4.	Trainingsablauf.....	422
3.5.8.3.5.	Nachträgliches Datenfiltern.....	423
3.5.8.4.	Leistungsmerkmale und Praxis.....	423
3.5.8.4.1.	Alltagstauglichkeit durch Akzent- und Rauschrobustheit.....	423
3.5.8.4.2.	Übersetzungsfunktion	423
3.5.8.4.3.	Zeitstempel und Sekundengenaue Untertitel.....	423
3.5.8.4.4.	Einsatz in API- und Stand-Alone-Lösungen.....	424
3.5.8.4.5.	Eignung für Audio-Event-Tagging	424
3.5.8.5.	Herausforderungen und Fehlerphänomene	424
3.5.8.5.1.	Halluzinationen („Careless Whisper“)	424
3.5.8.5.2.	Geringe Performance bei Randsprachen	424
3.5.8.5.3.	Leistung auf Benchmark-Datensätzen.....	425
3.5.8.5.4.	Zeitliche Verzögerungen und GPU-Anforderungen	425
3.5.8.6.	Kontroversen und kritische Reflexion	425
3.5.8.6.1.	Datenherkunft und Urheberrechte	425
3.5.8.6.2.	Datenschutz und Persönlichkeitsrechte.....	425

3.5.8.6.3.	Manipulationsrisiko	426
3.5.8.6.4.	Ökonomische Disruption	426
3.5.8.7.	Praktische Beispiele und Projekte	426
3.5.8.8.	Zukunftsperspektiven	427
3.5.8.8.1.	Größere Modelle und intensiveres Training	427
3.5.8.8.2.	Fine-Tuning für Domänen und Branchen	427
3.5.8.8.3.	All-in-One-Multimodal-KI	427
3.5.8.8.4.	Verbesserte Halluzinationskontrolle	428
3.5.8.8.5.	Politische und rechtliche Diskussion	428
3.5.8.9.	Fazit	428
3.5.9.	GPT-3.5 und ChatGPT (Ende 2022)	431
3.5.9.1.	GPT-3.5 als Fundament	431
3.5.9.1.1.	Aufbau auf GPT-3	431
3.5.9.1.2.	Verbesserungen im Training	431
3.5.9.2.	ChatGPT: Der Massenphänomen-Chatbot	432
3.5.9.2.1.	Lancierung im November 2022	432
3.5.9.2.2.	Reinforcement Learning from Human Feedback (RLHF)	432
3.5.9.2.3.	Explosiver Erfolg und Nutzerspektrum	433
3.5.9.3.	Diskussionen über Bildungswesen, Arbeitsmarkt und Regulierungen	433
3.5.9.3.1.	Bildungswesen	433
3.5.9.3.2.	Arbeitsmarkt und Gesellschaft	434
3.5.9.3.3.	Regulatorische und ethische Fragen	434
3.5.9.4.	Warum GPT-3.5 und ChatGPT für die KI-Entwicklung bedeutsam sind	435
3.5.9.4.1.	Nahtlose Skalierung und Qualitätssteigerung	435
3.5.9.4.2.	Durchbruch in der öffentlichen Wahrnehmung	435
3.5.9.4.3.	Verstärkte Diskussion um verantwortungsvolle KI	435
3.5.9.4.4.	Weichenstellung für noch größere Modelle	436
3.5.9.5.	Fazit	436
3.5.10.	Microsoft Copilot (7. Februar 2023)	439
3.5.10.1.	Historische Entwicklung und Kontext	439
3.5.10.1.1.	Microsofts Weg zu generativer KI	439
3.5.10.1.2.	Bing Chat (Februar 2023) – der erste Meilenstein	439
3.5.10.1.3.	Copilot in Office und Windows	440
3.5.10.1.4.	Einheitliche Copilot-Branding (Herbst 2023–2024)	440
3.5.10.1.5.	Relevante Marksteine	440
3.5.10.2.	Technische Basis und Modellintegration	441

3.5.10.3.	Hauptfunktionen im Detail.....	441
3.5.10.3.1.	Office: M365 Copilot	441
3.5.10.3.2.	Windows Copilot	442
3.5.10.3.3.	Bing Chat / Microsoft Copilot in Edge.....	442
3.5.10.3.4.	Copilot Voice, Plugin-Ökosystem, Labs.....	442
3.5.10.3.5.	Neue KI-Agenten „Researcher“ und „Analyst“.....	443
1.	Researcher.....	443
2.	Analyst.....	444
3.	Frontier-Programm & Copilot Studio.....	444
3.5.10.4.	Geschäftsmodelle und Lizenzierung	445
3.5.10.5.	Erfahrungen, Kritiken und Probleme	446
3.5.10.6.	Weiterführende Perspektiven	447
3.5.10.6.1.	Copilot Key und AI-Fokus am Desktop.....	447
3.5.10.6.2.	Minimierung von Limitierungen.....	447
3.5.10.6.3.	Konvergenz von RPA und generativer KI	447
3.5.10.6.4.	Regulatorische Initiativen.....	447
3.5.10.7.	Kritische Reflexion	448
3.5.10.7.1.	Chancen: Effizienz und Kreativität.....	448
3.5.10.7.2.	Gefahren: Abhängigkeit, Fehlinfos.....	448
3.5.10.7.3.	Marktdominanz und Lock-in.....	448
3.5.10.7.4.	Gesellschaftliche Dimensionen.....	449
3.5.10.8.	Fazit	449
3.5.11.	Llama (24. Februar 2023).....	451
3.5.11.1.	Historischer Hintergrund: Warum Meta AI Llama entwickelte	451
3.5.11.1.1.	Ausgangssituation: GPT-4, Bard, Claude – und Metas Nachzüglerrolle... ..	451
3.5.11.1.2.	Erste Offenlegung: Llama 1 (24. Februar 2023).....	452
3.5.11.1.3.	Der Leak (3. März 2023) und dessen Folgen	453
3.5.11.1.4.	Paradigmenwechsel: Llama 2 (Juli 2023).....	454
3.5.11.1.5.	Weitere Generationen (Llama 3, 3.1, 3.2, 3.3).....	454
3.5.11.2.	Technische Grundlagen und Trainingsphilosophie	455
3.5.11.2.1.	Transformer-Decoder-Architektur	455
3.5.11.2.2.	Datensets und Tokenskalierung.....	455
3.5.11.2.3.	Instruction-Fine-Tuning und RLHF	456
3.5.11.2.4.	Kontextlänge, Supersizing (128k).....	456
3.5.11.3.	Versionen im Überblick	456
3.5.11.3.1.	Llama 1 (Februar 2023)	456
3.5.11.3.2.	Llama 2 (Juli 2023).....	456

3.5.11.3.3.	Code Llama (August 2023)	457
3.5.11.3.4.	Llama 3 (April 2024)	457
3.5.11.3.5.	Llama 3.1 (Juli 2024)	458
3.5.11.3.6.	Llama 3.2 und 3.3 (September–Dezember 2024)	458
3.5.11.4.	Llama-Ecosystem und Tools	459
3.5.11.4.1.	Alpaca, Meditron und Co.: Finetuning-Projekte	459
3.5.11.4.2.	On-Device: llama.cpp	459
3.5.11.4.3.	Code Llama: Speziell für Programmierzwecke	459
3.5.11.4.4.	Militärische Spin-offs	460
3.5.11.5.	Lizensierung, Urheberrecht und Rechtsstreit	461
3.5.11.5.1.	Llama 1: Nichtkommerziell, trotzdem geleakt	461
3.5.11.5.2.	Llama 2: Kommerzielle Freigabe, Acceptable Use Policy	461
3.5.11.5.3.	Rechtsstreit um Trainingsdaten	461
1.	Urheberrechtskritik und mögliche Konsequenzen	461
a.	Entfernen oder Verändern von Copyright-Hinweisen	462
b.	Auswirkungen auf große Modelle	462
c.	Fair-Use-Argument	462
2.	Ausblick	462
3.5.11.5.4.	Internationale Regulierung	463
3.5.11.6.	Leistungsbewertung im Vergleich	463
3.5.11.7.	Kritik und Kontroversen	464
3.5.11.8.	Potentiale und Zukunft	464
3.5.11.8.1.	Technische Aussichten	464
3.5.11.8.2.	Lokale KI (On-Device)	464
3.5.11.8.3.	Integrationen in Facebook, WhatsApp, VR/AR	465
3.5.11.8.4.	Regulierung und globale Normen	465
1.	Einstufung nach Risikokategorien	465
2.	Kennzeichnung und Content-Moderation	465
3.	Konsequenzen für Llama	466
4.	Internationale Perspektive	466
5.	Spannungsfeld Open Source	466
6.	Fazit	466
3.5.11.9.	Kritischen Reflexion	467
3.5.11.10.	Fazit	468
3.5.12.	GPT-4 (14. März 2023)	469
3.5.12.1.	Parameteranzahl und (Un-)Bekanntes zur Modellgröße (GPT-4)	469
3.5.12.1.1.	Keine offiziellen Zahlen	469

3.5.12.1.2.	Gründe für Intransparenz.....	470
3.5.12.2.	Technische Neuerungen und Verbesserungen (GPT-4).....	470
3.5.12.2.1.	Erhöhte Reasoning-Kompetenz	470
3.5.12.2.2.	Multimodalität.....	471
3.5.12.2.3.	Qualitätssteigerung bei Halluzinationen	471
3.5.12.3.	Die neuen GPT-4-Varianten (seit März 2023)	472
3.5.12.3.1.	GPT-4o (13. Mai 2024)	472
1.	Modellbezeichnung & Einführungsdatum	472
2.	Historische Entwicklung	473
3.	Zielsetzung & Kernidee	473
4.	Fokus & typische Nutzungsszenarien	473
5.	Technische Besonderheiten	474
6.	Ressourcenverbrauch & Performanceverhalten	474
7.	Multimodalität	474
8.	Anwendungsrisiken & Stabilität.....	474
9.	Einordnung im Gesamtportfolio	475
3.5.12.3.2.	GPT-4o mit geplanten Aufgaben (Beta) (Ende 2024).....	475
1.	Modellbezeichnung & Einführungsdatum	475
2.	Historische Entwicklung	475
3.	Zielsetzung & Kernidee	476
4.	Fokus & typische Nutzungsszenarien	476
5.	Technische Besonderheiten	476
6.	Ressourcenverbrauch & Performanceverhalten	476
7.	Multimodalität	477
8.	Anwendungsrisiken & Stabilität.....	477
9.	Einordnung im Gesamtportfolio	477
3.5.12.3.3.	GPT-4.5 (Research-Preview) (März 2024)	477
1.	Modellbezeichnung & Einführungsdatum	477
2.	Historische Entwicklung	477
3.	Zielsetzung & Kernidee	478
4.	Fokus & typische Nutzungsszenarien	478
5.	Technische Besonderheiten	478
6.	Ressourcenverbrauch & Performanceverhalten	478
7.	Multimodalität	479
8.	Anwendungsrisiken & Stabilität.....	479
9.	Einordnung im Gesamtportfolio	479
3.5.12.3.4.	o1 (Juli 2024)	480
1.	Modellbezeichnung & Einführungsdatum	480
2.	Historische Entwicklung	480

3.	Zielsetzung & Kernidee	480
4.	Fokus & typische Nutzungsszenarien	480
5.	Technische Besonderheiten	480
6.	Ressourcenverbrauch & Performanceverhalten	481
7.	Multimodalität	481
8.	Anwendungsrisiken & Stabilität	481
9.	Einordnung im Gesamtportfolio	481
3.5.12.3.5.	o3-mini (September 2024)	482
1.	Modellbezeichnung & Einführungsdatum	482
2.	Historische Entwicklung	482
3.	Zielsetzung & Kernidee	482
4.	Fokus & typische Nutzungsszenarien	482
5.	Technische Besonderheiten	482
6.	Ressourcenverbrauch & Performanceverhalten	483
7.	Multimodalität	483
8.	Anwendungsrisiken & Stabilität	483
9.	Einordnung im Gesamtportfolio	483
3.5.12.3.6.	o3-mini-high (November 2024)	484
1.	Modellbezeichnung & Einführungsdatum	484
2.	Historische Entwicklung	484
3.	Zielsetzung & Kernidee	484
4.	Fokus & typische Nutzungsszenarien	484
5.	Technische Besonderheiten	484
6.	Ressourcenverbrauch & Performanceverhalten	485
7.	Multimodalität	485
8.	Anwendungsrisiken & Stabilität	485
9.	Einordnung im Gesamtportfolio	485
3.5.12.3.7.	o1 pro mode (Dezember 2024)	486
1.	Modellbezeichnung & Einführungsdatum	486
2.	Historische Entwicklung	486
3.	Zielsetzung & Kernidee	486
4.	Fokus & typische Nutzungsszenarien	486
5.	Technische Besonderheiten	487
6.	Ressourcenverbrauch & Performanceverhalten	487
7.	Multimodalität	487
8.	Anwendungsrisiken & Stabilität	487
9.	Einordnung im Gesamtportfolio	488
3.5.12.3.8.	Vergleich der GPT-4-Varianten	489
3.5.12.3.9.	Ausblick	492

3.5.12.4.	Wichtige Einsatzfelder	493
3.5.12.4.1.	Forschung und Wissenschaft	493
3.5.12.4.2.	Bildung	493
3.5.12.4.3.	Medizin	493
3.5.12.5.	Wirtschaft und Unternehmen	494
3.5.12.5.1.	Verwaltung und Justiz	494
3.5.12.6.	Herausforderungen und Debatten	494
3.5.12.6.1.	Transparenz	494
3.5.12.6.2.	Ressourcen- und Kostenaufwand	495
3.5.12.6.3.	Qualität und Haftung	495
3.5.12.6.4.	Ethik und Regulierung	495
3.5.12.7.	Bedeutung für die künftige Entwicklung	496
3.5.12.7.1.	Fortschreitende Multimodalität	496
3.5.12.7.2.	Innovation und Geschäftsmodelle	496
3.5.12.7.3.	Internationaler Wettlauf	496
3.5.12.8.	Fazit	497
3.5.13.	AutoGPT (30. März 2023)	499
3.5.13.1.	Historische Einordnung und Hintergrund	499
3.5.13.1.1.	Projektstart und Entstehung	499
3.5.13.1.2.	Zweck und Grundidee	499
3.5.13.1.3.	Popularität und Finanzierung	500
3.5.13.2.	Technische Merkmale und Funktionsprinzip	500
3.5.13.2.1.	GPT-4 oder GPT-3.5 als Kern	500
3.5.13.2.2.	Autonome „Chain-of-Tasks“-Mechanik	500
3.5.13.2.3.	Toolzugriff und Internet	500
3.5.13.2.4.	Kontextfenster und Gedächtnis	501
3.5.13.2.5.	GPT-4 vs. GPT-3.5	501
3.5.13.3.	Anwendungsfelder	501
3.5.13.3.1.	Softwareentwicklung	501
3.5.13.3.2.	Business, Marketing, Research	502
3.5.13.3.3.	Spezialisierte Agents (ChefGPT, ChaosGPT)	502
3.5.13.4.	Leistungsfähigkeit und Beschränkungen	503
3.5.13.5.	Sicherheits- und Missbrauchsfragen	504
3.5.13.6.	Typische Limitierungen	505
3.5.13.7.	Missbrauch, Gegenmaßnahmen und Kontroversen	505
3.5.13.8.	Ausblick und Weiterentwicklung	506
1.	Roadmap mit Funding	506

2.	Potenzial und Vorbehalte	506
3.5.13.9.	Fazit	506
3.5.14.	Grok 1 (3. November 2023).....	509
3.5.14.1.	Hintergrund und erste Veröffentlichung	509
3.5.14.1.1.	Projektstart.....	509
3.5.14.1.2.	Open-Source-Anteil	509
3.5.14.1.3.	Nutzerkreis.....	510
3.5.14.2.	Technische Ausrichtung	510
3.5.14.2.1.	Große Sprachmodellbasis	510
3.5.14.2.2.	„Sense of Humor“	510
3.5.14.2.3.	Beta-Status	511
3.5.14.3.	Stärken und Kritik	511
3.5.14.3.1.	Stil & Haltung	511
3.5.14.3.2.	Fehlendes Filtern	511
3.5.14.3.3.	Beta-Reife	512
3.5.14.4.	Weitere Entwicklung	512
3.5.14.4.1.	Veröffentlichung des Codes (März 2024).....	512
3.5.14.4.2.	Aufstieg zu Grok 1.5	512
3.5.14.5.	Zusammenfassung	512
3.5.15.	Gemini (14. Dezember 2023).....	515
3.5.15.1.	Entstehung und Motivation	515
3.5.15.1.1.	Ausgangssituation: KI-Arms Race im LLM-Sektor	515
3.5.15.1.2.	Ankündigung auf Google I/O (Mai 2023)	515
3.5.15.1.3.	Roadmap und Vorab-Tests	516
3.5.15.1.4.	Offizielles Debüt (Dezember 2023).....	516
3.5.15.2.	Technische Architektur und Datengrundlage	516
3.5.15.2.1.	Multimodales "Decoder-Only" Grundgerüst.....	516
3.5.15.2.2.	Dimensionen und Performance	517
3.5.15.2.3.	Trainingsdaten: Intransparenz und Copyright.....	517
3.5.15.2.4.	Zusätzliche Taktiken: RL aus AlphaGo / AlphaZero.....	517
3.5.15.3.	Versionen, Updates und Releasekette	518
3.5.15.3.1.	Gemini 1.0 (Dez 2023).....	518
1.	Varianten	518
a.	Ultra (geschätzt ~700 Mrd. Parameter):	518
b.	Pro (~200 Mrd. Parameter):	518
c.	Nano (~1,8–3,25 Mrd. Parameter):	518

2.	Merkmale.....	519
3.5.15.3.2.	Gemini 1.5 (Feb 2024).....	519
1.	Zielgruppe und Release-Modus.....	519
2.	Technische Neuerungen	519
3.	Parametern und Varianten	520
4.	Reaktionen	520
3.5.15.3.3.	Gemma (1,2) (Feb–Juni 2024) – Google "Open-Source".....	520
1.	Gemma 1.0 (Februar 2024).....	521
a.	Zwei Modellgrößen: 2 Mrd. und 7 Mrd. Parameter	521
b.	„Minimal quelloffen“.....	522
c.	Motivation und Ziel.....	522
d.	Reaktionen der Community	522
2.	Gemma 2 (Juni 2024).....	523
a.	Varianten mit 9 Mrd. und 27 Mrd. Parametern	523
b.	128k Kontext.....	523
c.	Ausrichtung auf Dokumentensummaries und Mehrsprachigkeit.....	523
d.	Lizenz und strategische Positionierung	523
e.	Community-Echo	524
3.	Fazit.....	524
3.5.15.3.4.	Gemini 1.5 Flash / Pro / Nano (Mai–Sept 2024).....	524
1.	Gemini 1.5 Pro.....	524
2.	Gemini 1.5 Flash	525
3.	Gemini 1.5 Nano.....	525
4.	Minor Updates im September 2024	526
5.	Fazit.....	526
3.5.15.3.5.	Gemini 2.0 Flash Experimental (Dez 2024).....	526
1.	Multimodal Live API.....	527
2.	Bessere Raumwahrnehmung und Tools-Integration.....	527
3.	TTS mit Watermark	527
4.	Agentische Fähigkeiten + Gen AI SDK	527
5.	Google Colab- und GitHub-Integration („Jules“ Agent).....	528
6.	Beta-Phase (ab Dezember 2024).....	528
7.	Fazit.....	528
3.5.15.3.6.	Gemma 3 (März 2025).....	529
1.	Kompromiss zwischen Offenheit und Multimodalität	529
2.	Zielsetzung	529
3.5.15.4.	Kritische Aspekte und Kontroversen.....	530
3.5.15.4.1.	Copyright und Trainingsquellen	530
3.5.15.4.2.	Demo-Fakes und Overhyping.....	530

3.5.15.4.3.	Militärisch-geopolitische Dynamiken	530
1.	US-Regierungsabkommen	530
2.	Kein End-User-Sale an nicht-US-verbündete Militärinstitutionen	531
3.	Parallelen zu Llama-Lizenzen	531
4.	Zusammenhang mit AI Safety Summit UK	532
5.	Kritik und Ausblick	532
6.	Fazit	532
3.5.15.4.4.	Rivalität Apple vs. Google	533
1.	Hintergrund	533
2.	Android-Ökosystem vs. iPhones	533
3.	Apple-Fans und interne KI-Projekte	533
4.	Prognose	534
5.	Fazit	534
3.5.15.4.5.	Integrations-Risiken (Misinformation, Ads)	534
1.	Personalisierte Ads durch KI	534
2.	Fehlerhafte Inhalte in Werbekontexten	535
3.	Misinformation, Fake News	535
4.	„Verfeinerte Filter“ laut Google	535
5.	Gesamtbewertung	535
6.	Fazit	536
3.5.15.4.6.	Skandale um Demo-Vorfürungen	536
1.	Konkrete Vorwürfe	536
2.	Googles Reaktion	537
3.	Auswirkungen	537
3.5.15.5.	Künftige Entwicklungen	537
3.5.15.5.1.	Gemini 2.x → 3.x	537
3.5.15.5.2.	Integration in Robotik	538
3.5.15.5.3.	KIs in Search, E-Commerce, Ads 2.0	538
1.	Such- und Ads-Weiterentwicklung	538
2.	Risiken	539
3.5.15.6.	Fazit	539
3.5.16.	GPT 4o (13. Mai 2024)	541
3.5.16.1.	Historische Entwicklung	541
3.5.16.1.1.	Anonyme Vorabtests	541
3.5.16.1.2.	Offizieller Launch: 13. Mai 2024	541
1.	Freemium-Veröffentlichung	541
2.	Benchmarks und Resonanz	542

3.5.16.1.3.	Weiterentwicklungen nach dem Launch	542
1.	GPT 4o mini (18. Juli 2024)	542
a.	Zielgruppe	542
b.	Technische Vorteile	542
c.	Nutzen im Alltag	543
2.	Advanced Voice Mode (September 2024)	543
a.	Nahezu verzögerungsfreies „Sprechen“	543
b.	Einsatzszenarien	543
c.	Konsequenzen	544
3.	Realtime-API (1. Oktober 2024)	544
a.	Niedrige Latenz, hoher Datendurchsatz	544
b.	Anwendungsbeispiele	545
c.	Entwickler-Perspektive	545
4.	Ablösung von DALL-E durch ChatGPT (ab April 2025)	545
a.	Nahtlose Integration in ChatGPT	545
b.	Gestaffelte Freigabe	546
c.	Konsequenzen für Nutzer	546
d.	Ausblick	546
3.5.16.2.	Kerneigenschaften und technische Eckdaten	547
3.5.16.2.1.	Umfangreiche Multimodalität	547
1.	Text, Bild, Audio in einem	547
2.	Voice-zu-Voice-Kommunikation	547
3.	Bildverstehen und -erzeugung	547
3.5.16.2.2.	Kontextfenster mit 128k Tokens	547
3.5.16.2.3.	Mehrsprachigkeit	547
1.	50+ Sprachen	547
3.5.16.3.	GPT-4o mini	548
3.5.16.3.1.	Reduzierte Parameter, höhere Wirtschaftlichkeit	548
3.5.16.3.2.	typisches Einsatzfeld	548
3.5.16.3.3.	Preismodelle und Finetuning	549
3.5.16.4.	Scarlett-Johansson-Kontroverse (Voice-Cloning)	549
3.5.16.4.1.	„Sky“-Voice	549
1.	Fünf vorinstallierte Voices	549
2.	Enthüllung und öffentliche Reaktionen	549
3.	Entfernung am 20. Mai 2024	550
3.5.16.4.2.	Diskussion um Urheberrecht an Stimmen	551
1.	Stimme als schützenswertes Merkmal	551
2.	Deepfakes im Prozess: Gefahren für das Urheber- und Beweisrecht	551
3.	Einbringung falscher Beweise	552

4. Einwilligung- und Markierungspflicht	552
5. Verhinderung von Deepfake-Missbrauch	552
6. Lizenz- und Haftungsmodelle	553
7. Ethische Dimensionen	553
8. Zukünftige Rechtsrahmen und Branchentrends	553
a. Schärfere Sanktionen für Falscheinreichung.....	554
b. Öffentliche Forensik-Stelle.....	554
c. Kennzeichnungspflicht für alle KI-generierten Medien	554
d. Beschränkungen in der KI-Entwicklung.....	554
3.5.16.5. Ghibli-Stil & Urheberrechtsfragen	555
3.5.16.5.1. Stiltransfer.....	555
1. Herbst 2024: Ghibli-Welle	555
2. Beflügelte Kreativität	556
3.5.16.5.2. Streit um Trainingsdaten.....	557
1. Training ohne Ghiblis Erlaubnis?	557
2. Allgemeine Klagen gegen KI-Anbieter	557
3.5.16.5.3. Fazit	558
3.5.16.6. Firmen-Feintuning.....	559
3.5.16.6.1. Custom GPT-4o	559
3.5.16.6.2. Branche und Kosten	559
3.5.16.7. Fazit	559
3.5.17. Grok 1.5 (15. Mai 2024).....	561
3.5.17.1. Hintergrund und erste Veröffentlichung	561
3.5.17.1.1. Ankündigung.....	561
3.5.17.1.2. Lizenzumstellung	561
3.5.17.1.3. Zielsetzung	562
3.5.17.2. Technische Ausrichtung	562
3.5.17.2.1. Vergrößertes Kontextfenster (128 k Tokens).....	562
3.5.17.2.2. Vision-Fähigkeiten (Grok 1.5V)	562
3.5.17.2.3. Proprietäres Modell.....	562
3.5.17.3. Stärken und Kritik	563
3.5.17.3.1. „Improved Reasoning“	563
3.5.17.3.2. Kritik an Intransparenz.....	563
3.5.17.3.3. Bewahrter sarkastischer Ton	563
3.5.17.4. Weitere Entwicklung	564
3.5.17.4.1. Ausrollen in Großbritannien und der EU.....	564
3.5.17.4.2. Weichenstellung für Grok 2.....	564

3.5.17.5.	Fazit	564
3.5.18.	ChatGPT Search (25. Juli 2024)	565
3.5.18.1.	Hintergrund und historische Entwicklung	565
3.5.18.2.	Technische Grundlagen	566
3.5.18.2.1.	Hybrid aus klassischem Webindex und GPT-Layer	566
3.5.18.2.2.	GPT-gestütztes Citation-System.....	566
3.5.18.2.3.	KI-gestützter Trust Score und thematische Zuordnung.....	567
3.5.18.2.4.	Eigene Infrastruktur vs. Cloud	567
3.5.18.3.	Publisher-Partnerschaft und Content-Einbindung	567
3.5.18.4.	Marktposition und Wettbewerb	568
3.5.18.4.1.	Vergleich mit Google	568
3.5.18.4.2.	Bing und Perplexity	568
3.5.18.4.3.	Potenzielle Nutzung und Wachstum.....	568
3.5.18.5.	Chancen, Stärken und Risiken	568
3.5.18.6.	Anwendungsfelder und Praxisszenarien	569
3.5.18.7.	Kontroversen und Diskussion	569
3.5.18.7.1.	Qualität und Manipulation	569
3.5.18.7.2.	Regulatorische Ausrichtung	570
3.5.18.7.3.	Wettbewerb mit Microsoft Bing	570
3.5.18.8.	Zukunftsaussichten und mögliche Weiterentwicklung	570
3.5.18.9.	Exemplarische Nutzererfahrung	571
3.5.18.10.	Fazit.....	571
3.5.19.	Grok 2 (14. August 2024)	573
3.5.19.1.	Hintergrund und erste Veröffentlichung	573
3.5.19.1.1.	Ankündigung und Marktstrategische Ziele	573
3.5.19.1.2.	Lizenzpolitik und Stellung am Markt	573
3.5.19.1.3.	Beta-Phase und erste Tests.....	574
3.5.19.2.	Technische Ausrichtung	574
3.5.19.2.1.	Verbesserte Performance und Reasoning im Vergleich zu Grok 1.5.....	574
3.5.19.2.2.	Integration von Flux zur Bildgenerierung.....	574
3.5.19.2.3.	Grok 2 mini	575
3.5.19.3.	Stärken und Kritik	575
3.5.19.3.1.	Umfassender Multimodaler Ansatz	575
3.5.19.3.2.	Persistente Intransparenz.....	575
3.5.19.3.3.	Leistungsfähigeres Reasoning mit Restunsicherheiten	575
3.5.19.3.4.	Kontroversen um Bildausgaben	576

3.5.19.4.	Regulatorische Aspekte	576
3.5.19.4.1.	Klassifizierung als Hochrisiko-KI	576
3.5.19.4.2.	Transparenz- und Offenlegungspflichten	577
3.5.19.4.3.	Strenge Monitoring- und Berichtspflichten.....	577
3.5.19.4.4.	Kritik an xAI.....	577
3.5.19.4.5.	Globale Auswirkungen	578
3.5.19.4.6.	Fazit: regulatorische Aspekte	578
3.5.19.5.	Weitere Entwicklung	580
3.5.19.6.	Zusammenfassung	581
3.5.20.	Apple Intelligence (28. Oktober 2024).....	583
3.5.20.1.	Historische Einordnung und Hintergrund.....	583
3.5.20.1.1.	Entstehung und Codenamen	583
3.5.20.1.2.	Zielsetzung und Fokus.....	583
3.5.20.1.3.	Preview-Release und fortlaufende Einführung.....	584
3.5.20.2.	Technische Merkmale und Trainingsmethodik.....	584
3.5.20.2.1.	Kombination aus On-Device und Cloudfoundation	584
3.5.20.2.2.	Multi-Model-Lösung mit Adaptern	585
3.5.20.2.3.	GPT-4o: Externer Partner	585
3.5.20.3.	Leistungsfähigkeit in Benchmarks	585
3.5.20.3.1.	Writing Tools (Text Summaries, Rewrites, Compose).....	585
3.5.20.3.2.	Image Playground & Genmoji.....	586
3.5.20.3.3.	Siri-Overhaul / GPT-4o-Anbindung	586
3.5.20.4.	Sicherheits- und Missbrauchsthematik.....	586
3.5.20.4.1.	Privatsphäre und Cloud Logging	586
3.5.20.4.2.	BBC-Falschmeldungen & Summaries	587
3.5.20.4.3.	Bildgenerierung & Genmoji-Missbrauch	587
3.5.20.5.	Marktpositionierung und Anwendungsbereiche.....	587
3.5.20.5.1.	Koexistenz mit ChatGPT, Google Gemini, Microsoft Copilot.....	587
3.5.20.5.2.	Unternehmen und Behörden	588
3.5.20.5.3.	Consumer-Alltag	588
3.5.20.6.	Kontroversen und offene Fragen	588
3.5.20.6.1.	Hardwarezwang (A17 Pro, M1/M2)	588
3.5.20.6.2.	Fehlzusammenfassungen und Haftungsfragen.....	589
3.5.20.6.3.	Transparenz vs. Proprietät.....	589
3.5.20.6.4.	Kosten und Abo-Struktur (GPT-4o).....	589
3.5.20.7.	Perspektiven	589
3.5.20.8.	Fazit	590

3.5.21.	o1 (5. Dezember 2024).....	591
3.5.21.1.	Historische Einordnung und Hintergrund.....	591
3.5.21.1.1.	Entstehung und Codenamen.....	591
1.	„Q“ (November 2023).....	591
a.	Erste Anzeichen für ein mathematisch ausgerichtetes KI-Projekt.....	591
b.	Gerüchte über herausragende Mathematik-Performance.....	591
c.	Abweichende Logikansätze.....	591
2.	„Strawberry“ (Juli 2024).....	591
a.	Reuters-Bericht über streng logikorientiertes Modell.....	591
b.	Beta-Version mit Doktoranden-Niveau.....	592
c.	Aufsehen in der Branche.....	592
3.	„o1“ (September 2024).....	592
a.	Offizielle Bestätigung durch OpenAI.....	592
b.	Preview-Veröffentlichung (12. September 2024).....	592
4.	Vollveröffentlichung im Dezember 2024.....	592
3.5.21.1.2.	Zielsetzung und Fokus.....	593
1.	Reasoning statt breiter Wissensabdeckung.....	593
a.	Reflective Generative Pre-Trained Transformer.....	593
b.	Einsatzgebiet.....	593
c.	Ziel.....	593
2.	Ergänzung statt Ersatz.....	594
a.	Komplementär zu GPT 4o.....	594
b.	Fokus auf Forschung, Hochtechnologie und Lehre.....	594
3.	Weiterhin GPT 4o für Standard-Anwendungen:.....	594
3.5.21.1.3.	Preview-Release und Vollrelease.....	594
1.	o1-preview, o1-mini (12. September 2024).....	594
a.	o1-preview.....	594
b.	o1-mini.....	595
c.	Unterschiedliche Einsatzszenarien.....	596
2.	Vollversion (5. Dezember 2024).....	596
a.	Abschluss der Beta-Phase.....	596
b.	Pro Mode im ChatGPT Pro-Abo.....	596
c.	Fokus auf komplexe Anwendungen.....	597
3.5.21.2.	Technische Merkmale und Trainingsmethodik.....	598
3.5.21.2.1.	Reflective GPT: Chain of Thought.....	598
1.	Kette-von-Gedanken.....	598
2.	Bewusste Wartezeit.....	598

3.5.21.2.2.	Kombination aus Reinforcement Learning und neuem Optimierungsalgorithmus	599
1.	Angepasste Lernmethode	599
2.	Ziel.....	599
3.5.21.2.3.	Verbot der Offenlegung der Kette	599
1.	Chain-of-Thought-Sperre	599
2.	Risiko für Debugging.....	599
3.5.21.3.	Leistungsfähigkeit in Benchmarks	600
3.5.21.3.1.	Mathematische Tests	600
1.	AIME-Erfolg	600
2.	Physik, Chemie, Biologie	600
3.5.21.3.2.	Programmierung und Algorithmik	601
1.	Codeforces.....	601
2.	o1-mini.....	601
3.5.21.3.3.	Grenzen und Täuschungen	601
1.	Fake Alignment	601
2.	Alltagsdialog.....	601
3.5.21.4.	Sicherheits- und Missbrauchsthematik.....	601
3.5.21.4.1.	Höhere Gefahr durch tieferes Fachwissen	601
1.	CBRN-Risikobereich	601
2.	Exploit unmöglicher Tasks.....	602
3.5.21.4.2.	Prompt-Überwachung und Regelwerk.....	602
1.	Strenge Richtlinien	602
2.	Kollaboration mit US/UK Safety-Instituten	602
3.5.21.4.3.	Chain-of-thought-Verbot	602
1.	Kein Einblick.....	602
2.	Fehlende Transparenz.....	602
3.5.21.5.	Marktpositionierung und Anwendungsbereiche.....	603
3.5.21.5.1.	Koexistenz mit GPT-4o, GPT-4.5, anderen GPTs	603
1.	Spezialnische	603
2.	Kein Massen-Chat.....	603
3.5.21.5.2.	Unternehmen und Institutionen.....	603
1.	Forschung & Entwicklung.....	603
2.	Engineering, Hochtechnologie	603
3.5.21.5.3.	Softwareentwicklung	603
1.	Integrationen	603
2.	Security und Exploit-Erkennung.....	604
3.5.21.6.	Kontroversen und offene Fragen	604
3.5.21.6.1.	„Chain-of-thought“ vs. Transparenz.....	604

1.	Undurchsichtige Zwischenschritte	604
2.	Developer-Frust	604
3.5.21.6.2.	Sicherheits- und Ethikfragen.....	604
1.	Potenzial für gefährliche Inhalte.....	604
2.	Zusammenarbeit mit AI-Safety-Instituten	604
3.5.21.6.3.	Kommerzielle Zugangsbarrieren	605
1.	Teure API.....	605
2.	Folgen für Open-Source-Forschung	605
3.5.21.7.	Perspektiven	606
3.5.21.7.1.	Sicherheit und Missbrauch	606
3.5.21.7.2.	Transparenz vs. geschlossene Kette.....	606
3.5.21.7.3.	Integration ins GPT-Ökosystem.....	606
3.5.21.7.4.	Wirtschaftlichkeit und Kosten.....	607
3.5.21.7.5.	Forschungs- und Innovationspotenzial.....	607
3.5.21.7.6.	Zukunftsgerichteter Blick	607
3.5.21.8.	Fazit:	608
3.5.22.	Sora (9. Dezember 2024).....	609
3.5.22.1.	Entstehungs- und Forschungshintergrund	609
3.5.22.1.1.	Wachsende Relevanz von Text-zu-Video	609
3.5.22.1.2.	Erste Hinweise und Beta-Phase	609
3.5.22.1.3.	Entwicklungsteam und Inspiration	610
3.5.22.1.4.	Zwischenfall mit geleakter API (November 2024).....	610
3.5.22.1.5.	Öffentlicher Start (9. Dezember 2024) und Ausblick	610
3.5.22.2.	Technische Grundlagen und Architektur.....	610
3.5.22.3.	Funktionsweise und Hauptmerkmale	611
3.5.22.4.	Anwendungsbereiche und Mehrwert	612
3.5.22.5.	Typische Schwächen und Fehlermuster.....	613
3.5.22.6.	Sicherheits- und Ethikfragen.....	614
3.5.22.7.	Marktpositionierung und ökonomische Perspektiven	615
3.5.22.8.	Zukunft und mögliche Weiterentwicklungen	615
3.5.22.9.	Fazit	616
3.5.23.	deepseek (10. Januar 2025)	619
3.5.23.1.	Historischer Überblick.....	619
3.5.23.1.1.	Erscheinen und unerwarteter Durchbruch.....	619
3.5.23.1.2.	Versionshistorie und zentrale Entwicklungen.....	619
3.5.23.1.3.	Börsliche Auswirkungen (27. Jan. 2025).....	620

3.5.23.1.4.	Cyberangriff und Registrierungssperren.....	620
3.5.23.2.	Technische Grundlagen und Funktionalität	621
3.5.23.3.	Politische und gesellschaftliche Resonanz.....	621
3.5.23.4.	Wirtschaftliche Effekte und Börsenbeben.....	622
3.5.23.5.	Datenschutz & Sicherheitsbedenken.....	623
3.5.23.6.	Inhaltliche Zensur und "Beyond my scope" Mechanismen	623
3.5.23.7.	Verdacht auf Distillation von ChatGPT	624
3.5.23.8.	Regionale und staatliche Restriktionen	624
3.5.23.9.	Marktperspektive und Zukunftspläne.....	624
3.5.23.10.	Kritische Gesamtbetrachtung.....	625
1.	Zentrale Kontroversen.....	625
2.	Zukunft	625
3.5.23.11.	Fazit.....	626
3.5.24.	OpenAI Operator (23. Januar 2025).....	627
3.5.24.1.	Historischer Ursprung und Ziele	627
3.5.24.1.1.	Automatisierungsbedarf im Browser.....	627
3.5.24.1.2.	Entwicklung: Ergänzung zu ChatGPT	627
3.5.24.1.3.	Beta-Start (Februar 2025) und Ausblick	628
3.5.24.2.	Technische Architektur	628
3.5.24.3.	Funktionsumfang	629
3.5.24.4.	Benchmarks und Limits	629
3.5.24.5.	Sicherheit und Datenschutz.....	630
3.5.24.6.	Markteinführung und Zugang.....	630
3.5.24.7.	Anwendungsszenarien	631
3.5.24.8.	Risiken, Kontroversen, kritische Reflexion	631
3.5.24.9.	Perspektiven und Weiterentwicklung.....	632
3.5.24.10.	Fazit.....	633
3.5.25.	o3 (31. Januar 2025).....	635
3.5.25.1.	Historische Einordnung und Hintergrund.....	635
3.5.25.1.1.	Entstehung und Codenamen.....	635
3.5.25.1.2.	Zielsetzung und Fokus.....	636
3.5.25.1.3.	Preview-Release und Vollrelease.....	636
3.5.25.2.	Technische Merkmale und Trainingsmethodik.....	636
3.5.25.3.	Leistungsfähigkeit in Benchmarks	637
3.5.25.4.	Sicherheits- und Missbrauchsthematik.....	638
3.5.25.5.	Marktpositionierung und Anwendungsbereiche.....	639

3.5.25.5.1.	Koexistenz mit GPT 4o, GPT 4.5, anderen GPTs	639
3.5.25.5.2.	Unternehmen und Institutionen.....	640
3.5.25.5.3.	Softwareentwicklung	640
3.5.25.6.	Kontroversen und offene Fragen	640
3.5.25.7.	Perspektiven	641
3.5.25.8.	Fazit	642
3.5.26.	ChatGPT Deep Research (3. Februar 2025)	643
3.5.26.1.	Historischer Hintergrund und Entwicklung.....	643
3.5.26.1.1.	Problematik in klassischen ChatGPT-Anwendungen	643
3.5.26.1.2.	Erste Ansätze: Browsing-Plugin, Operator, AutoGPT.....	643
3.5.26.1.3.	Entwicklung von Deep Research.....	643
3.5.26.1.4.	Erstveröffentlichung (3. Februar 2025)	644
3.5.26.2.	Technische Grundlagen und Funktionsmechanik.....	644
3.5.26.2.1.	Basis: Spezialisierte o3-Architektur	644
3.5.26.2.2.	Autonomes Browsing in 5–30 Minuten	644
3.5.26.2.3.	Bewertung von Text, Bild und PDF	645
3.5.26.3.	Ablaufschritte: Von Prompt bis Abschlussbericht	645
3.5.26.3.1.	Nutzerabfrage (Prompt).....	645
3.5.26.3.2.	Autonomer Recherchemodus (5–30 Min.).....	646
3.5.26.3.3.	Strukturierung und Ausgabe	646
3.5.26.4.	Leistungsdaten und Benchmarks	646
3.5.26.4.1.	„Humanity's Last Exam“ (HLE)	646
3.5.26.4.2.	Reale Anwendungsszenarien	647
3.5.26.4.3.	Halluzinationen	647
3.5.26.5.	Abo-Modelle, Kontingente und Kosten	647
3.5.26.6.	Anwendungsfälle im Detail	648
3.5.26.7.	Kritische Punkte und Kontroversen	649
3.5.26.8.	Konkurrenz und Markt	649
3.5.26.9.	Zukunftsperspektiven.....	650
3.5.26.10.	Fazit.....	651
3.5.27.	Grok 3 (17. Februar 2025).....	653
3.5.27.1.	Hintergrund und erste Veröffentlichung	653
3.5.27.1.1.	Ursprung und strategische Ausrichtung.....	653
3.5.27.1.2.	Vermarktung und Abonnementmodelle.....	654
3.5.27.1.3.	Intention der Neuentwicklung	655
3.5.27.2.	Technische Ausrichtung	655

3.5.27.2.1.	Erweiterter Datenumfang und trainierte Domänen	655
3.5.27.2.2.	Reasoning: „Think“- bzw. „Big Brain“-Modus	655
3.5.27.2.3.	Multimodalität und DeepSearch	656
3.5.27.2.4.	Grok 3 mini	656
3.5.27.3.	Stärken und Kritik	656
3.5.27.4.	Regulatorische Aspekte	658
3.5.27.5.	Weitere Entwicklung	659
3.5.27.5.1.	Künftige Upgrades und Voice-Modus	659
3.5.27.5.2.	Pflege älterer Grok-Modelle	659
3.5.27.6.	Fazit	660
3.5.28.	GPT 4.5 (27. Februar 2025)	661
3.5.28.1.	Modellbezeichnung & Einführungsdatum	661
3.5.28.2.	Historische Entwicklung	661
3.5.28.3.	Zielsetzung & Kernidee	662
3.5.28.4.	Fokus & typische Nutzungsszenarien	662
3.5.28.5.	Technische Besonderheiten	663
3.5.28.6.	Ressourcenverbrauch & Performanceverhalten	663
3.5.28.7.	Multimodalität	664
3.5.28.8.	Anwendungsrisiken & Stabilität	664
3.5.28.9.	Einordnung im Gesamtportfolio	665
3.5.28.10.	Fazit	665
3.5.29.	Vergleich der KI-Modelle	667
3.5.30.	Die 2. Generation Generative KI: Ein Paradigmenwechsel	675
3.5.30.1.	Von Analyse zu Kreation	675
3.5.30.1.1.	Klassische KI-Modelle	675
3.5.30.1.2.	Generative Modelle	675
3.5.30.2.	Tiefe Sprach- und Kontextmodelle	676
3.5.30.2.1.	Große Sprachmodelle als „Allgemeinwissensbank“	676
3.5.30.2.2.	Kein eigenes Training durch Endnutzer	676
3.5.30.2.3.	Universalität im Themenfeld	676
3.5.30.3.	Dialog- und Interaktionsfähigkeit	676
3.5.30.3.1.	Natürliche Kommunikation	676
3.5.30.3.2.	Einsatz in Bildung, Kundenkommunikation und Entwicklung	677

3.5.30.3.3.	Kollaborative Kreativprozesse	677
3.5.30.4.	Aufschwung in Wirtschaft und Gesellschaft	677
3.5.30.4.1.	Massive Investitionen und Tech-Giganten	677
3.5.30.4.2.	Neue Arbeitsmodelle, neue Berufsbilder	678
3.5.30.4.3.	Alltagsanwendungen für Privatpersonen	678
3.5.30.4.4.	Gesamtgesellschaftlicher Impuls	678
3.5.30.5.	Fazit	678
3.6.	Gegenwärtige Entwicklungen	681
3.6.1.	Maschinelles Lernen und Deep Learning	681
3.6.1.1.	Grundprinzip	681
3.6.1.2.	Rolle großer Datenmengen	681
3.6.1.3.	Technologische Fortschritte	682
3.6.1.4.	Anwendungsfelder	682
3.6.1.5.	Grenzen und Herausforderungen	683
3.6.2.	Daten als Treibstoff der KI	683
3.6.2.1.	Datenvielfalt und -qualität	684
3.6.2.2.	Datenschutz und Datensicherheit	686
3.6.2.3.	Bias und Fairness	687
3.6.2.4.	Ökonomische und gesellschaftliche Aspekte	688
3.6.2.5.	Aktuelle Entwicklungen in der Datennutzung	690
3.6.2.6.	Fazit	691
3.6.3.	Infrastruktur und Cloud-Computing	693
3.6.3.1.	Rolle des Cloud-Computing	693
3.6.3.1.1.	Skalierbarkeit und Flexibilität	693
3.6.3.1.2.	Dienstvielfalt	693
3.6.3.1.3.	Kostenmodell	694
3.6.3.2.	Energiebedarf und ökologische Aspekte	694
3.6.3.3.	Bedeutung für Innovation und Wettbewerbsfähigkeit	695
3.6.3.4.	Fazit	696
4.	Herausforderungen und Risiken	697
4.1.	Ethische Aspekte	697
4.1.1.	Datenschutz und informationelle Selbstbestimmung	697
4.1.2.	Transparenz in Entscheidungsprozessen (Erklärbarkeit von KI)	697
4.1.3.	Fairness und Vermeidung von Diskriminierung	698
4.1.4.	Verantwortlichkeit – Haftung bei Fehlern	698
4.1.5.	Fazit	700

4.2.	Arbeitsmarkt und Gesellschaft.....	701
4.2.1.	Arbeitsplatzveränderungen und -verluste.....	701
4.2.2.	Neue Berufsbilder und Chancen	701
4.2.3.	Gesellschaftlicher Wandel und Teilhabe.....	702
4.2.4.	Gewinner und Verlierer	702
4.2.5.	Fazit	703
4.3.	Rechtliche Rahmenbedingungen	705
4.3.1.	Produkthaftung bei KI-Entscheidungen	705
4.3.2.	Urheberrechte für KI-generierte Inhalte.....	705
4.3.3.	Regulierung autonomer Systeme.....	706
4.3.4.	Gesetzgebungsinitiativen und Ausblick	706
4.3.5.	Fazit	710
4.4.	Responsible KI: Ein verantwortungsbewusster Umgang.....	711
4.4.1.	Ethische Richtlinien	711
4.4.2.	Aufklärung und Bildung	711
4.4.3.	Technische Sicherheit.....	711
4.4.4.	Fortlaufende Forschung	712
4.4.5.	Fazit	712
4.5.	Fazit: Herausforderungen und Risiken.....	715
5.	Chancen und Potenziale der KI-Entwicklung	717
5.1.	Innovation in Wirtschaft und Wissenschaft	717
5.1.1.	Wirtschaft: Steigerung von Effizienz und Qualität	717
5.1.2.	Wissenschaft: Beschleunigte Erkenntnisgewinnung	717
5.1.3.	Auswirkungen auf Wettbewerbsfähigkeit und Fortschritt	718
5.1.4.	Fazit	719
5.2.	Verbesserung der Lebensqualität	721
5.2.1.	Überwindung von Sprachbarrieren.....	721
5.2.2.	Assistenzroboter und Alltagshilfen	721
5.2.3.	Smart-Home-Lösungen	721
5.2.4.	Automatisierte Diagnoseverfahren in der Medizin	722
5.2.5.	Fazit	722

5.3. Fazit	724
6. Selbsttest-Fragen.....	725
7. KI-Glossar	735