

## Historische Entwicklung der Digitalisierung

Die Menschen möchten sich bewegen und kommunizieren. Automobile und die Telefonie liefern wesentliche Erfüllungsbeiträge zu diesen Grundbedürfnissen. Der heutige technologische Stand dieser Schlüsselprodukte einer hochindustrialisierten Gesellschaft ist wesentlich durch die technologischen Fortschritte der letzten Jahrzehnte geprägt.

Mobilitäts- und Kommunikationstechnologien sind nicht mehr nur in der Geschäftswelt im Einsatz, sondern haben auch die Felder der sozialen Interaktionen, des Gesundheitswesens und der Unterhaltung durchdrungen.

Information für jeden, zu jeder Zeit und überall? Diese Vision aus den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts ist durch das Internet Wirklichkeit geworden.

Millionenfache zeitgleiche Nutzung von Mobiltelefonen und hochgenaue satellitengestützte Ortung sind ohne Verfahren der Mustererkennung nicht denkbar. Daten müssen sortiert, aufbereitet und analysiert werden. Maschinen "lernen" mit diesen Daten zu arbeiten und sie in einer Geschwindigkeit und Menge zu verarbeiten, die die menschlichen Fähigkeiten übersteigen kann. Die Methoden der KI ermöglichen eine effiziente Datenaufbereitung: für Geschäftsprozesse, soziale Interaktionen, für die Sicherheit und Gesundheit, aber auch für die persönlichen und privaten Interessen der Menschen.



Abb. 1 - 16 GHz Automobil Radar System, SEL, 1975; Quelle: Radar sensors in cars, H.Meinel

Nach dem über 100jährigen Erfolg des zweidrahtgestützten Festnetztelefons wurde das Bedürfnis nach ortsunabhängiger Telefonie im 20. Jahrhundert lange Zeit nur bei einer privilegierten Minderheit adressiert. Noch 1990 hatten tragbare Telefone (von Mobiltelefonen wurde noch nicht gesprochen) nahezu keine Verbreitung. Ein analoges C-Netz Telefon kostete 15000 DM und wer so viel Geld ausgeben konnte hatte auch meist einen Assistenten der den Akku trug. Doch der Global Special Mobile (GSM) Standard war bereits

beschrieben und die ersten digitalen Netze in Entwicklung. Ein stürmisches Wachstum war bei entsprechendem Preisverfall zu erwarten.

Auch an der Messung von Abständen und Geschwindigkeiten im fließenden Verkehr war 1990 schon länger gearbeitet worden. Allerdings hatte es sich herausgestellt, dass für eine Miniaturisierung von Automobil-Radaren deutlich höhere Frequenzen als die zunächst adressierten 16 Milliarden Hertz erforderlich sind. Der für eine notwendige Bündelung des Radarstrahls erforderliche Antennengewinn führt mit steigender Frequenz zu kleiner werdenden Abmessungen der Antennenöffnung, was eine Integration in eine Fahrzeug-Karosserie erleichtert.

Für die Funk- und Radar-Anwendungen sind elektronische Bauelemente erforderlich, die erschütterungsunempfindlich, klein, leicht, effizient, integrierbar und zuverlässig sind. Die Grundprinzipien der Halbleiterelektronik waren 1990 längst bekannt, aber es fehlten Technologien und Verfahren zur Erreichung höchster Betriebsfrequenzen. Heterostrukturen, also die Zusammenführung von Halbleitermaterialien mit unterschiedlichen elektronischen Eigenschaften sowie die Ausnützung neuer Quanteneffekte führt zusammen mit der Integrierbarkeit dieser Bauelemente auf einem Trägermaterial zum Masseneinsatz. Kein Mobiltelefon, kein Automobilradar ist heute denkbar ohne hochintegrierte Verbindungs- und Heterostruktur-Halbleiter unter Ausnützung von Quanteneffekten. *Die Evolution der Mikroelektronik wird in Von der Röhre zum integrierten Schaltkreis beschrieben.*

Die für die Automobil-Radare erforderlichen hohen Frequenzen können nun mit den modernen Halbleitertechnologien systemtechnisch dargestellt werden. *Zwei wesentliche Verfahren werden in Automobile Radartechnik beschrieben.*

Das hochkomplexe Standardisierungswerk der ersten Generation des digitalen Mobilfunks GSM hat eine Revolution ausgelöst. Man geht davon aus, dass im Jahr 2021 über 10 Milliarden Mobilfunkanschlüsse existieren. Eine andere aufkommende Anwendung war die Satellitennavigation. War am Anfang bzgl. ziviler Anwendungen noch Skepsis vorherrschend, da das Global Positioning System (GPS) unter Kontrolle des amerikanischen Militärs entwickelt worden war und die zivile Nutzung im Falle militärischer Konflikte unsicher schien, so wurde mit einem zunehmenden Ausbau des Satellitennetzes und steigender Ortungsgenauigkeit das Interesse immer größer. Heute nutzen wir GPS gestützte Satellitennavigation beim Wandern. *Die Evolution des Mobilfunks und die Grundzüge der Satellitennavigation sind in Mobilkommunikation und Navigation beschrieben.*

Eine bedeutende Rolle für hochgenaue Ortungssysteme spielt Einsteins Relativitätstheorie. Die Zeitdilatation der satellitengestützten Atomuhren kann bei der Satellitennavigation nicht mehr vernachlässigt werden und muss in den Algorithmen berücksichtigt werden. - *Die*

*Grundlagen von Einsteins Überlegungen und Entdeckungen sind zusammengefasst in der Relativitätstheorie.*

Die hochintegrierte Halbleiter-Elektronik führt die programmierten Algorithmen aus, die auf den physikalisch-theoretischen Grundlagen und den statistischen Datenhandlingverfahren beruhen. Die Fortentwicklung dieser Programme geht einher mit der Evolution der Programmiersprachen beginnend von maschinennahen Sprachen bis zu modernen Interpreter-Sprachen für KI-Anwendungen wie Python. – *Einen Überblick über die Entwicklung der Programmiersprachen gibt Programmieren und Programmiersprachen*

Information für jeden und überall? Diese Vision ist mit dem Internet ein gutes Stück näher gerückt. Wir können heute unsere eMails von jedem Ort der Welt abrufen, Google hat das Ausdrucken des Internets überflüssig gemacht, wir können überall „googeln“ und wir können nicht mehr nur mit Menschen kommunizieren, sondern auch mit „Dingen“. – *Die Entwicklung des Internets wird in Internet und Networking geschildert.*

Millionenfache zeitgleiche Nutzung von Mobiltelefonen und hochgenaue satellitengestützte Ortung sind ohne Verfahren der Mustererkennung nicht denkbar. Daten müssen sortiert, aufbereitet und analysiert werden. Maschinen „lernen“ mit diesen Daten zu arbeiten und sie in einer Geschwindigkeit und Menge zu verarbeiten, die die menschlichen Fähigkeiten weit übersteigt. Das maschinelle Lernen mit den überwachten und unüberwachten Methoden ist ein wichtiger methodischer Unterbau der künstlichen Intelligenz (KI).

Das überwachte Lernen nutzt vorhandene und „gelabelte“ Daten. Es wird als bekannt vorausgesetzt, welche Daten zu welchem Etikett/Label gehören. Auf dieser Basis kann mit Wahrscheinlichkeiten gerechnet werden, die angeben, unter welchen Bedingungen ein bestimmtes Ereignis eintritt. Die Anwendung für das Verständnis von positiven oder negativen Testergebnissen ist hochaktuell. Der Satz von Bayes liefert eine wichtige methodische Grundlage dafür und ist in einer Weiterentwicklung zum „naiven Bayes-Algorithmus“ auch geeignet für Klassifikator-Aufgaben. Das unüberwachte Lernen versucht Muster zu erkennen in Daten ohne Trainingssequenzen. Ein gutes Beispiel dafür ist die Hauptkomponenten-Analyse, mit der in hochdimensionalen Datensätzen diejenigen Daten herausgefiltert werden können, die eine relevante und nicht redundante Information enthalten. – *Der Satz von Bayes und die Hauptkomponenten-Analyse sind Gegenstand von Künstliche Intelligenz.*

Wie kann es weitergehen? Die Unternehmensberatung Gartner erstellt dazu einen jährlich aktualisierten Hype Cycle, der zeigt, in welcher Phase des Lebenszyklus sich relevante Technologien befinden. Bezüglich der Erwartungen an diese Technologien werden fünf verschiedene Phasen definiert, die Aufschluss über den Stand der Erwartungen sowie der Marktaufnahme neuer Technologien liefern sollen. In der Phase Technologische Impulse

werden erste Ergebnisse zu neuen Technologien veröffentlicht. Ein Einsatz ist noch nicht absehbar. In der Phase Höhepunkt der überzogenen Erwartungen werden sowohl erste Erfolge mit neuen Technologien publiziert als auch erste Grenzen sichtbar. Im Tiefpunkt der Ernüchterung herrscht die Erkenntnis vor, dass viele Erwartungen an die neue Technologie überzogen waren. Im Anstieg der Erkenntnis und der Aufklärung wird für eine zunehmende Zahl von Unternehmen klar, wie die Technologie nutzbringend eingesetzt werden kann. Das Produktivitätsplateau ist die Phase eines breiten Einsatzes der Technologie. – *In Technologischer Ausblick präsentieren wir ausgewählte Technologien der Hype Cycle Analyse aus dem Jahr 2020.*