

DAGMAR REES

DIGITALISIERUNG IN MOBILITÄT UND VERKEHR

Schiene und öffentlicher Verkehr

EDITION

Eurail
press



Inhaltsverzeichnis

1	Digitalisierung	5
2	Big Data	11
2.1	Rechenleistung	12
2.1.1	Auf dem Weg zum Quantencomputer	12
2.1.2	Cloud Computing	15
2.2	Datenquellen	17
2.2.1	Interne Daten: Data Mining und Data Lake	18
2.2.2	Externe Daten als Datenquelle: von Datenkauf bis Open Data	20
2.2.3	Open Data in Mobilität und Verkehr	24
2.2.4	Geteilte Daten: Plattformen	27
2.2.5	Blockchain	32
2.3	Datenanalyse	35
2.3.1	Algorithmen	35
2.3.2	Künstliche Intelligenz (KI)	39
2.4	Cybersicherheit (Cyber Security)	43
2.4.1	Angriffsarten und Schwachstellen	44
2.4.2	Cybersicherheit bei Schienen- und öffentlichem Verkehr als kritischer Infrastruktur	45
3	Die physische Welt	47
3.1	Erfassung	47
3.1.1	Sensoren	48
3.1.2	Kameras	53
3.1.3	Globale Navigationssatellitensysteme (GNSS)	56
3.2	Kommunikation	65
3.2.1	Mobilfunk (4G/LTE und 5G, GSM-R)	67
3.2.2	RFID	74
3.2.3	Near Field Communication (NFC)	75
3.2.4	Andere Funktechnologien	76
3.3	Vernetzung	79
3.3.1	Internet der Dinge (IoT)	79
3.3.2	Virtuelle Realität (Virtual Reality, VR)	86
3.3.3	Erweiterte Realität (Augmented Reality, AR)	88

3.3.4	Digitale Zwillinge	89
3.3.5	3-D-Druck	90
3.3.6	Roboter	94
3.3.7	Drohnen	97
4	Umsetzung der Digitalisierung in Mobilität und Verkehr	101
4.1	Digitalisierung im Kontakt mit den Kunden – Personen und Güter.....	101
4.1.1	Mobility-as-a-Service	104
4.1.2	Kundeninformationen.....	117
4.1.3	Multimodale Vertriebsplattformen und Tickets	122
4.1.4	Fahrgastkomfort	130
4.1.5	Barrierefreiheit.....	136
4.2	Digitalisierung bei Fahrzeugen und Infrastruktur	140
4.2.1	Ausstattung für Fahrzeuge und Infrastruktur.....	141
4.2.2	Building Information Modeling	149
4.2.3	Anlagenmanagement (Asset Management)	152
4.2.4	Neue Fahrzeugkonzepte	172
4.3	Digitale Steuerung	183
4.3.1	Betriebszentralen und das Intermodal Transport Control System (ITCS)	184
4.3.2	Leit- und Sicherungstechnik.....	187
4.3.3	Von Fahrerassistenzsystemen zum automatischen Fahren	194
5	Blick in die Zukunft.....	199
	Quellenverzeichnis.....	203
	Glossar	249
	Stichwortverzeichnis	261
	Inserentenverzeichnis.....	269
	Die Autorin	269

1 Digitalisierung



Abb. 1-1: Die Grundlage der Digitalisierung: das Speichern von Informationen als eine Abfolge von 0 und 1. (Foto: Adobe Stock)

Was ist Digitalisierung und wann hat sie begonnen? Es gibt gute Gründe dafür, die frühen Tage des digitalen Zeitalters mit der Erfindung des Computers im Jahr 1941 gleichzusetzen. [1] Ohne Computer gäbe es keine Digitalisierung. In Computern verarbeiten Algorithmen Informationen; in Computern werden Informationen digital gespeichert.

Das Wort „digital“ bezieht sich auf die englische Bezeichnung digit für Ziffer. Bei einem Computer sind die verwendeten Ziffern 0 und 1; die Informationen werden (binär) als Abfolge von 0 und 1 gespeichert. Mit den Worten eines IT-Experten: „Digital sind Informationen immer dann, wenn sie in Form von Zahlen dargestellt werden“ [2, S. 53].

Mit Digitalisierung im ursprünglichen Sinne wurde die Umwandlung von analogen Eindrücken aus der Realität in computergerechte Daten bezeichnet. [2, S. 54] Analog bedeutet aus der Sicht der Datenverarbeitung, dass es prinzipiell keine kleinste Informationseinheit oder keine Auflösung in voneinander abgegrenzte Elemente gibt. Eine Erscheinung in der analogen Welt, etwa ein Ton oder auch ein Gegenstand, ist kontinuierlich und stufenlos. Um Analoge in computergerechte Daten zu verwandeln, werden aus dem Kontinuum einzelne Punkte herausgegriffen (diskretisiert), gespeichert und anschließend verarbeitet. Doch die Digitalisierung, wie wir sie heute erleben, umfasst mehr als das Verwandeln der analogen Welt in digitale Information, wenn dies auch weiter ein Kernpunkt bleibt.

Trotz der frühen Anfänge hat das Wort Digitalisierung erst Jahrzehnte später die herausragende Bedeutung gewonnen, die es heute hat, wenn von digitaler Transformation und digitaler Revolution die Rede ist. Neue Technologien, auch außerhalb der Informationstechnologie, haben dazu geführt, dass digitale Informationen, also Daten, in noch nie dagewesenem Umfang gesammelt, gespeichert, ausgewertet und übertragen werden können.



Abb. 1-2: Digitalisierung umfasst mehr als eine App zu entwickeln – doch Smartphones sind wichtige Instrumente der Digitalisierung. Sie sind leistungsstarke Kleincomputer voller Sensoren und mit GNSS/GPS-Empfang. Die Menschen tragen sie immer bei sich und sind über ihre Smartphones kontinuierlich untereinander und mit dem Internet vernetzt. (Foto: Trapeze)

Für Mobilität und Verkehr liegt in der Tatsache, dass die meisten Fahrgäste in Form ihres Smartphones einen eigenen Kleincomputer mit Internetanschluss bei sich tragen, eine große Chance. Erstmals kann jeder Kunde individuell erreicht und betreut werden. Gleichzeitig steigen jedoch die Erwartungen der Nutzer: Was nicht digital und mobil zugänglich ist, hat es schwer, wahrgenommen zu werden.

Individualisierung. Trotz der Vernetzung bedeutet Digitalisierung in der Regel Individualisierung. Die anhand von Daten gewonnenen Informationen werden verwendet, um Nutzer von Diensten und Käufer von Produkten immer individueller anzusprechen. Wer eine Suchmaschine befragt, erhält bei demselben Stichwort andere Seiten angezeigt als sein Nachbar, weil die Informationen anhand der Daten ausgewählt werden, die bei vorangegangenen Besuchen gesammelt wurden. Kundenprofile machen es möglich, jedem Nutzer andere Inhalte auf Webseiten und in Apps anzuzeigen.

Auch bei Fahrzeugen, Maschinen und Geräten ist die Individualisierung das zugrunde liegende Konzept der Digitalisierung. Bei der digitalisierten Instandhaltung gibt es keine umfassenden, allgemein gültigen Strategien mehr, sondern stattdessen ein kontinuierliches Überwachen jedes einzelnen Fahrzeugs, Bauwerks und Geräts. Autonome Fahrzeuge brauchen keine Leitzentrale mehr, um vollautomatisch fahren zu können, sie suchen sich als einzelnes Modell, das mit anderen Modellen interagiert, ihren Weg. Mit der Losgröße 1 beim 3-D-Druck, dem industriellen Herstellen eines Einzelstücks, wird die Massenproduktion abgelöst von einem individualisierten Herstellungsprozess.

Teilen statt Besitzen. Durch schnellen Informationsaustausch über das Internet und mobile Kommunikation können Angebot und Nachfrage nach einem Produkt oder einer Dienstleistung in kürzester Zeit zusammengebracht werden. Dadurch ist es nicht mehr zwingend notwendig, einen Gegenstand zu besitzen, um ihn bei Bedarf unkompliziert in Anspruch nehmen zu können. Stattdessen wird ein und derselbe Gegenstand von vielen unterschiedlichen Personen genutzt – und immer nur dann, wenn sie ihn wirklich brauchen. Dies wird als Sharing Economy (Ökonomie des Teilens) bezeichnet. Ein Beispiel hierfür ist Carsharing. Das Teilen statt Besitzen wird meist über Internet-Plattformen organisiert.

2.3.2 Künstliche Intelligenz (KI)

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein Teilgebiet der Informatik und befasst sich damit, wie man Computer Aufgaben ausführen lassen kann, die Menschen bisher noch besser erledigen. [121, S. 3] Der Schwerpunkt liegt besonders auf dem Erkennen von Sprache und Bildern sowie dem Verstehen von Text, dem Erkennen von Emotionen und dem Treffen von Entscheidungen auch in uneindeutigen Situationen.

Als – wenn auch umstrittener – Maßstab für die „Intelligenz“ des Computers gilt dabei, ob ein Nutzer, der nicht weiß, ob er mit einem Menschen oder einem Computer kommuniziert, dies nach der Kommunikation unterscheiden kann. Denkt er, es war ein Mensch, aber es war tatsächlich ein Computer, so wäre dieser Computer „intelligent“ (Turing-Test). [119]

Künstliche Intelligenz zählte 2018 zu den Trendthemen der großen Messen wie Hannover-Messe (Industrie) [122] oder CeBIT (Informationstechnik) [123]. Als Spracherkennungssoftware ist sie auf Smartphones und in vielen Haushalten schon Teil des Alltags. Dass sich der Einsatz Künstlicher Intelligenz vom Zukunftsthema zur Selbstverständlichkeit entwickelt, hängt stark mit der steigenden Rechenleistung zusammen.

Eine Auswertung von OpenAI, einer nichtkommerziellen Forschungsorganisation, zeigt, dass sich die Rechenleistung, die für Künstliche Intelligenz eingesetzt wird, seit 2012 alle 3,5 Monate verdoppelt. [127] Die Rechenleistung spielt diese große Rolle, weil die KI-Systeme mit großen Datenmengen trainiert werden müssen, um zu lernen. Im Zusammenhang mit Künstlicher Intelligenz spricht man deshalb auch von Deep Learning und Maschinellen lernen (Machine Learning).

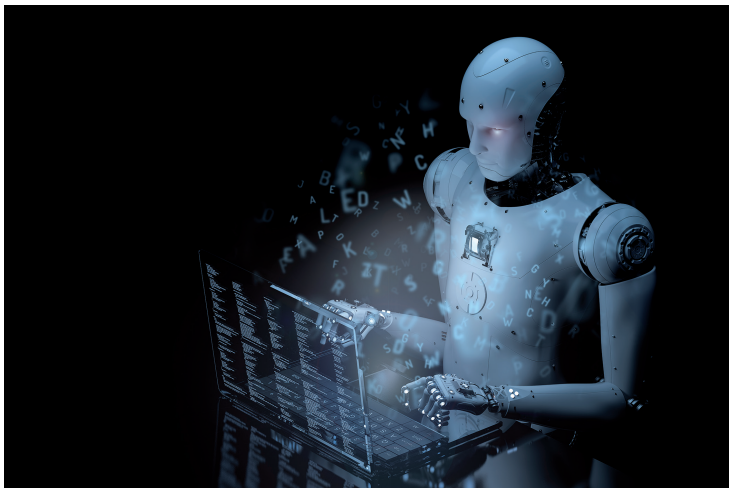


Abb. 2.3-5: Durch Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) werden die Leistungen von Maschinen und Robotern verbessert.
(Foto: Shutterstock/Phonlamai Photo)

Bilderkennung durch Künstliche Intelligenz

Eine Bildverarbeitungssoftware wertet Bildwerte und Ort aus und setzt diese Informationen zu einer Aussage über das Abgebildete zusammen. Noch vor wenigen Jahren waren Menschen in der Bilderkennung eindeutig besser als Computersysteme. Besondere Stärken von Menschen in der Bilderkennung sind ihre Erfahrung und ihr Hintergrundwissen, ihre Anpassungs- und Lernfähigkeit, ihr aktives Sehen, d.h. ihre stete Veränderung des Blickwinkels, ihre kognitiven Fähigkeiten und ihre Intuition. [124]

Allerdings kann mit zunehmender Verfügbarkeit schneller Rechenleistungen und immer ausgefeilteren Algorithmen Software mit Fähigkeiten entwickelt werden, die bis dahin Menschen vorbehalten waren. Durch Künstliche Intelligenz ist Bilderkennungssoftware in der Lage, ebenfalls zu „lernen“ sowie Erfahrung und Hintergrundwissen zu imitieren. Inzwischen geht man davon aus, dass Software in der Qualität der Bilderkennung mit Menschen gleichgezogen hat. Das Jahr 2012 gilt als Jahr des Durchbruchs. Im jährlichen Wettbewerb der Bilderkennungsprogramme, bei der eine Million Bilder verarbeitet werden müssen, lag die Fehlerquote erstmals mit 16,7% deutlich unter 20%, zwei Jahre später schon bei 6,7% und damit nur noch um 1,7 Prozentpunkte höher als bei einem menschlichen Durchschnittsbetrachter. [125]

Bei annähernd gleichen Fehlerquoten von Mensch und Bilderkennungssoftware treten die Vorteile von Computersystemen stärker in den Vordergrund. Technische Bilderkennungssysteme bieten eine hohe optische Auflösung. Die Information liegt digital zur weiteren Verarbeitung vor. Es kann auch Licht von außerhalb des für Menschen sichtbaren Spektrums (z.B. Infrarot- oder Röntgenstrahlen) erfasst werden. Außerdem ist eine verlustfreie Speicherung hoher Datenmengen möglich. Bilderkennungssysteme verfügen über ein „fotografisches Gedächtnis“. [124]

Wer ihre Leistungsfähigkeit praktisch testen will, kann dies mit der Personenerkennungssoftware Shore vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (IIS) tun. Die Software kann von der Webseite [75] kostenfrei heruntergeladen werden und benötigt danach keine Internetverbindung mehr. Shore ermöglicht die Analyse von Personen in Videos hinsichtlich Geschlecht, Alter und gezeigter Emotionen. Es findet eine Echtzeiterkennung und Feinanalyse von Gesichtern statt, aus der die Einschätzung von Geschlecht und Alter abgeleitet wird. Außerdem trifft das System eine Aussage darüber, ob es die gezeigte Person als glücklich, traurig, überrascht oder ärgerlich einschätzt. [126]

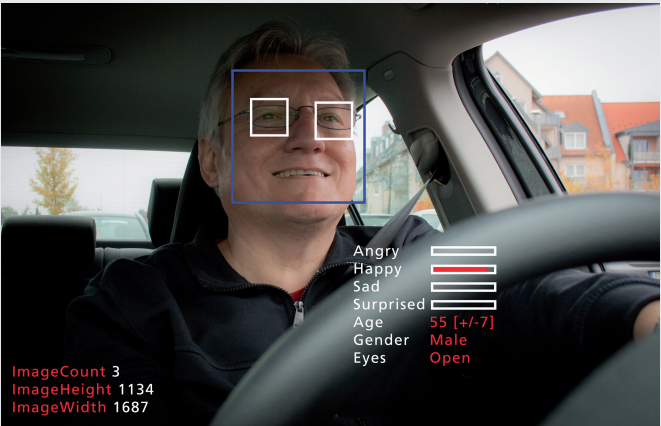


Abb. 2.3-6: Bilderkennungssoftware ermöglicht es beispielsweise, Menschen nach Alter, Geschlecht und gezeigten Emotionen zu erfassen. (Foto: Fraunhofer IIS)

2.3.2.1 Deep Learning und neuronale Netze

Deep Learning ist eine der Methoden des Maschinenslernens und beruht auf dem Einsatz von künstlichen neuronalen Netzen. [128] Der Begriff bezieht sich auf die Ähnlichkeit der Verknüpfungen innerhalb dieses künstlichen Netzes mit der Struktur des Gehirns. Im menschlichen Gehirn verarbeiten untereinander vielfach verknüpfte Neuronen von außen kommende Impulse. Die „künstliche neuronale Netze“ genannten Rechenmodelle ahmen die Art und Weise nach, wie diese Impulse im menschlichen Gehirn verarbeitet werden.

Ein künstliches neuronales Netz, wie es für das Deep Learning verwendet wird, besteht grundsätzlich aus drei verschiedenen Arten von Einheiten [129]:

- Die Eingabe-Einheiten (Input Units) empfangen von der Umwelt Eingabewerte, analog zu den Sinnen eines Menschen.
- In den verborgenen Einheiten (Hidden Units) findet die Verarbeitung statt.
- Die Ausgabe-Einheiten (Output Units) liefern die Ergebnisse oder geben Signale aus.

Diese Units können in mehreren Schichten (Layers) angeordnet sein (siehe auch Abbildung 2.3-7). Besonders die Hidden Units, in denen das Lernen stattfindet, können mehrere 100 Schichten tief (deep) sein, daher der Begriff Deep Learning. Solch ein neuronales Netz wird dann mit einer großen Menge an Daten trainiert und lernt anhand dieser Trainingsdaten. [130]

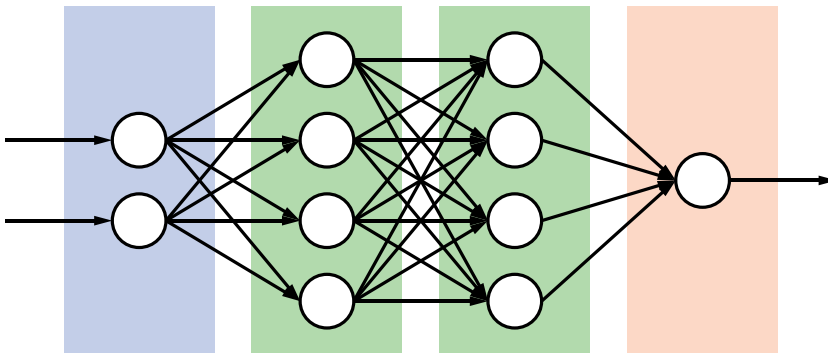


Abb. 2.3-7: Prinzip eines künstlichen neuronalen Netzes, wie es bei Deep Learning verwendet wird.
(Grafik: Shutterstock/all_is_magic)

Entscheidend für das Lernen ist, dass im Rechenmodell Gewichtungen der Verbindungen zwischen den Neuronen existieren, die sich im Lauf des Lernens ändern. Das Lernen geschieht also durch diese Veränderungen in den Gewichtungen. [129] In einem Rechenmodell, das ausgelernt hat, sind die Gewichtungen so eingestellt, dass zuverlässig ein korrektes Ergebnis oder Ausgangssignal erreicht wird, d. h., das Rechenmodell gibt die reale Welt korrekt wieder.

2.3.2.2 Maschinenslernen (Machine Learning)

Beim Maschinenslernen wird ein Computerprogramm entwickelt, das durch Training lernen kann und anschließend in der Lage ist, das Gelernte auf neue Probleme anzuwenden. Darin unterscheidet es sich von klassischen Computerprogrammen, die auf Regeln basieren. Regelbasierte Programme oder Algorithmen können jeweils spezielle Problemstellungen anhand ihres Regelwerks lösen – bei neuen Problemen müssen sie umprogrammiert werden. Dies entfällt bei den selbstlernenden Algorithmen. [4]

Virtuelle Realität baut auf den 3-D-Inhalten von Computergrafik auf, erweitert sie aber durch den Aspekt der dynamischen Veränderung der Grafik in Echtzeit, also ohne wahrnehmbare Verzögerung. Außerdem werden die Inhalte oft multisensorisch präsentiert, d. h. außer dem Sehsinn werden auch Hör- oder Tastsinn angesprochen. Tabelle 3-6 gibt einen Überblick über die Unterschiede zwischen konventioneller 3-D-Grafik und virtueller Realität. [121]

Was der Nutzer in der virtuellen Welt wahrnimmt, wird in Abhängigkeit von seiner Blickrichtung (Orientierung) und seiner Position im Raum erzeugt, die kontinuierlich erfasst wird. Außerdem gibt es 3-D-Interaktionsgeräte wie VR-Handschuhe, 3-D-Mäuse oder Flysticks, die Aktionen für den Nutzer ausführen. Position und Orientierung dieser Interaktionsgeräte im Raum werden vom VR-System ebenfalls verfolgt, wodurch es möglich wird, dass die virtuelle Welt auf die Aktionen des Nutzers reagiert. [121]

Da die erforderliche Rechenleistung mit der Größe des Raums, der durch ein VR-System abgedeckt wird, zunimmt, ist es schwierig, dem Nutzer das Herumgehen oder Laufen in der virtuellen Welt zu ermöglichen. Durch sogenannte Flysticks kann sich der Nutzer aber in andere Räume der virtuellen Welt navigieren. [121] [122]

Grundsätzlich nimmt sich der Nutzer eines VR-Systems nicht außerhalb der virtuellen Welt wahr, sondern als Teil davon (Immersion). Um Immersion zu erreichen, werden die Sinneseindrücke des Menschen möglichst ausschließlich durch den Computer geschaffen, sodass der Mensch so weit wie möglich von seiner realen Umwelt abgeschottet wird. Dazu ist es unter anderem notwendig, möglichst viele Sinneseindrücke in hoher Qualität, z.B. bei der Farbdarstellung, zu generieren. [121]

VR-Systeme schaffen letztendlich eine Mensch-Computer-Schnittstelle. Die Interaktions- und Ausgabegeräte ermöglichen eine Wechselwirkung in Echtzeit, es kommt zu einem Informationsaustausch (Mensch-Computer-Interaktion, engl. Human-Computer Interaction, HCI). [123] Die Information kann in beide Richtungen fließen: zum Menschen, der dadurch beispielsweise lernt, wie ein Gerät zu bedienen ist, oder zum Computer, der dadurch lernt, welche Bewegungen ein Mensch machen würde, um bestimmte Aufgaben zu lösen (siehe auch Kapitel 3.3.6).



Abb. 3.3-3: Virtuelle Realität macht sichtbar, was in Form von Daten vorliegt. Eingesetzt werden kann sie sowohl in der Konstruktion als auch in der Ausbildung oder im Verkauf. (Foto: Bombardier)

Mensch und virtuelle Welt

Zwischen Mensch und virtueller Welt sind verschiedene Interaktionsarten möglich. Eine grundsätzliche Aktion ist die Selektion, die Auswahl. Bei der Selektion bestimmt der Nutzer einen Ort und/oder ein Objekt, in der Regel durch Zeigen mit VR-Eingabegeräten. Nach der Auswahl erfolgt die Manipulation, d.h. die Veränderung von Eigenschaften wie Ort, Orientierung im Raum, Größe, Form, Gewicht, Geschwindigkeit oder Erscheinung. So kann der Nutzer Aufgaben erledigen. [123]

Zur Erzeugung der virtuellen Welt aus der Perspektive des Nutzers und für die Durchführung von Interaktionen müssen Position und Orientierung von Nutzer und Eingabegeräten immer bekannt sein. Die kontinuierliche Verfolgung von Position und Orientierung eines Objekts oder eines Menschen nennt man Tracking. Für Tracking können Inertialsensoren, Kameras oder Ultraschallsensoren eingesetzt werden. Augenbewegungen und damit die Blickrichtung werden durch Eye Tracking verfolgt. Eines der gebräuchlichen Verfahren ist, das Auge über Kameras aufzunehmen und über Bildverarbeitungsalgorithmen die Blickrichtung zu bestimmen. Die Bewegung der Finger (Finger-Tracking) wird meist mit VR-Handschuhen erfasst. Doch gibt es auch optische Verfahren, bei denen die Handschuhe mit Leuchtdioden besetzt sind, deren ausgestrahltes Licht von Kameras aufgenommen wird. [122]

3.3.3 Erweiterte Realität (Augmented Reality, AR)

Im Unterschied zur virtuellen Realität nimmt bei der erweiterten Realität (Augmented Reality, AR) der Nutzer die reale Welt immer noch wahr. Sie wird mit virtuell erzeugten Bildern oder Informationen angereichert, auf Englisch „augmented“. Die Erweiterung ist für den Betrachter unmittelbar, interaktiv und echtzeitfähig. Für den Nutzer verschmelzen reale und virtuelle Welt, statt des Begriffs Augmented Reality wird deshalb auch häufig der Begriff Mixed Reality (gemischte Realität) verwendet. Die Vermischung und Verschmelzung ist nicht statisch, sondern findet immer in Abhängigkeit vom jeweiligen Standpunkt des Betrachters statt, d.h. in seiner Perspektive. [124]



Abb. 3.3-4: Erweiterte Realität fügt zusätzliche Informationen per Text oder Bild in die reale Welt ein. So könnte beispielsweise der Fahrplan einer Haltestelle eingeblendet werden. (Foto: Adobe Stock)

Damit das Verschmelzen gelingt, müssen Position und Orientierung des Betrachters bekannt sein (Tracking). Im Außenbereich kommt für das Tracking meist GPS/GNSS zum Einsatz, im Innenbereich müssen andere Verfahren eingesetzt werden, da GPS/GNSS dort nicht funktioniert. Für das Verschmelzen ist es außerdem notwendig, die virtuellen Inhalte so in der realen Welt zu verankern, dass sie vom Betrachter immer an der gleichen Stelle im Verhältnis zu ihrer Umgebung wahrgenommen werden, auch wenn sich die Perspektive des Betrachters ändert (geometrische Registrierung). Durch geometrische Registrierung wird beispielsweise erreicht, dass ein virtuelles Objekt, das auf dem Fußboden stehen soll, für den Betrachter immer perspektivisch korrekt auf dem Fußboden steht. [124]

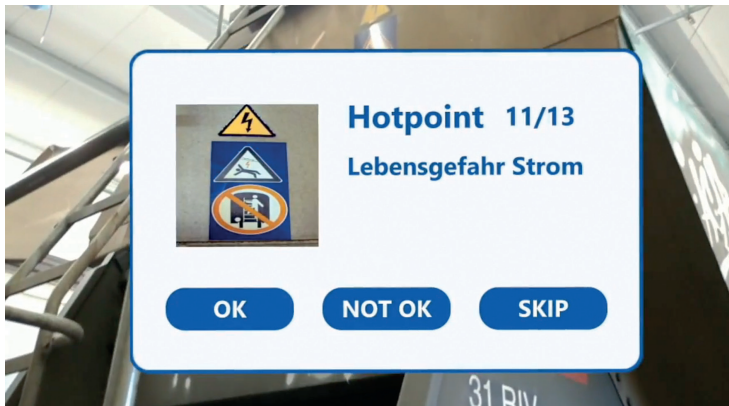


Abb. 3.3-5: Müller Technologie verwendet eine digitalisierte AR-Checkliste, um die Mitarbeiter bei der Wartung und Überprüfung von Silogüterwagen zu unterstützen. (Foto: Netcetera)

Erweiterte Realität kann zur Information von Fahrgästen eingesetzt werden, die etwa erfahren möchten, wann die nächste Straßenbahn abfährt oder wo sie sich noch schnell ein Brötchen kaufen können. Besonders geeignet ist sie auch bei der Unterstützung von Mitarbeitern. So wird erweiterte Realität häufig bei der Kommissionierung eingesetzt, also der Zusammenstellung von Waren für eine Bestellung. [125] Ein weiterer Anwendungsbereich ist die Unterstützung der Mitarbeiter bei Wartungs- und Reparaturarbeiten. [126]

3.3.4 Digitale Zwillinge

Das Konzept der Digitalen Zwillinge (Digital Twins) verbindet die Welt der Daten dauerhaft mit der physischen Welt. Digitale Zwillinge sind die virtuellen Abbilder von Gegenständen und bleiben über deren Lebenszeit mit ihnen verbunden. Ihre Zustandsdaten, die in der realen Welt über Sensordaten erfasst werden, fließen zum Digitalen Zwilling zurück. Dort werden sie mit den Anforderungen verglichen, die an das Produkt gestellt werden. Gibt es Abweichungen, können Lösungsstrategien direkt am Digitalen Zwilling erprobt werden. [127]

Ein Digitaler Zwilling kann auch als eine Computersimulation beschrieben werden, die immer wieder durch aktuelle (Sensor-)Daten auf den neuesten Stand gebracht wird und dadurch das Leben des physischen Produkts widerspiegelt. Die Charakteristika eines solchen Systems sind: [128]

- **Echtzeit.** Die Synchronisation zwischen virtuellem Abbild und dem Produkt in der realen Welt findet in Echtzeit statt.

- **Interaktion und Zusammenfluss.** Das virtuelle Abbild ist ein Datenintegrator, in dem alle Daten des physischen Produkts zusammenfließen und miteinander verbunden werden können. Auch Daten aus anderen Quellen sowie historische Daten können genutzt werden.
- **Selbstständige Weiterentwicklung.** Das virtuelle Modell des Produkts verbessert sich anhand der Echtzeitdaten aus der realen Welt eigenständig.

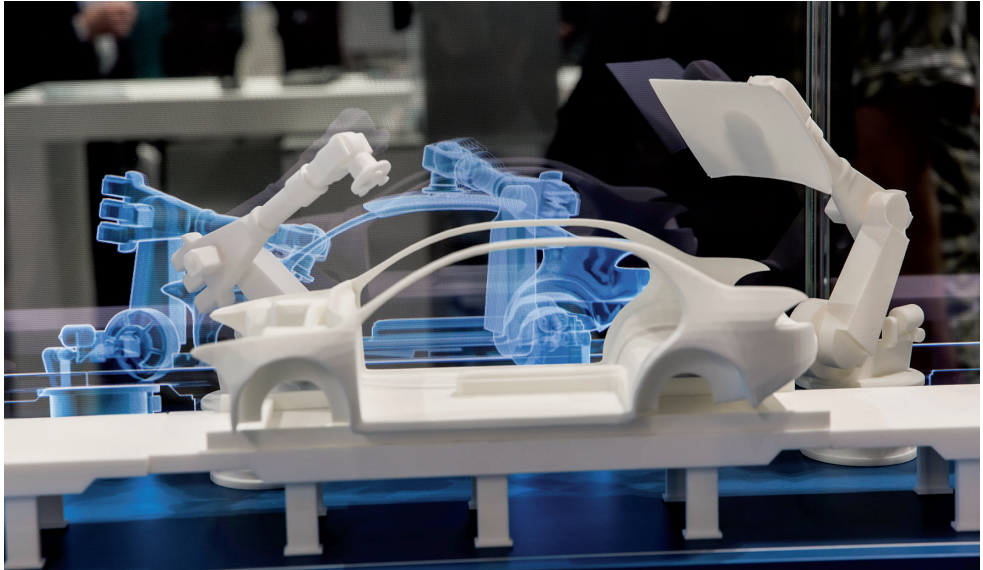


Abb. 3.3-6: Ein Digitaler Zwilling ist das genaue Abbild eines realen Objekts in Daten. Veränderungen beim realen Objekt verändern auch den Digitalen Zwilling. (Foto: Shutterstock)

Die ersten Einsatzgebiete von Digitalen Zwillingen waren Instandhaltung und Wartung in der Luftfahrt. [128] Die Idee der Digitalen Zwillinge wird inzwischen in immer mehr Bereichen umgesetzt, von der Produktentwicklung bis hin zum Abbild der eigentlichen Produktionsprozesse. Das Bild, das sich zu entwickeln beginnt, ist das eines Internets der Dinge, bei dem die realen Dinge mit ihren Digitalen Zwillingen verknüpft sind und alle in ständigem Austausch miteinander stehen. [129] [130] Inzwischen gibt es auch Systeme, die Digitale Zwillinge aus Daten errechnen und sie so aufbauen. [131] Damit muss der Digitale Zwilling nicht mehr beim Hersteller angesiedelt sein.

3.3.5 3-D-Druck

3-D-Druck als Technik wurde in den 1980er-Jahren entwickelt, um schnell und kostengünstig Prototypen herstellen zu können (Rapid Prototyping). Beim 3-D-Druck „werden dreidimensionale Gegenstände aus einem oder mehreren Materialien schichtweise mittels physikalischer oder chemischer Schmelz- oder Härtingsverfahren aufgebaut. Entscheidendes Merkmal ist der schichtweise (additive) Aufbau, bei dem durch Hinzufügen, Auftragen und Ablagern von Material anhand eines digitalen Modells ein Objekt erstellt wird – im Gegensatz zu subtraktiven Fertigungsverfahren wie z.B. Fräsen oder Bohren, bei denen formgebende Werkzeuge zum mechanischen Abtragen von Material genutzt werden.“ [132, S. 5 f.] 3-D-Druckprozesse werden deshalb auch als additive Fertigung (Additive Manufacturing, AM) bezeichnet. Die Daten für den 3-D-Druck stammen entweder aus schon vorhandenen digitalen Daten oder werden mittels 3-D-Scannern erstellt. [133]

4 Umsetzung der Digitalisierung in Mobilität und Verkehr

Automatisch – Autonom – Barrierefreiheit – BIM – Digitales Stellwerk – Digitalisierte Instandhaltung – Echtzeit – Energy Harvesting – Ethernet – ETCS – E-Ticket – Glasfaser – Hyperloop – On-Demand – Ridepooling – Sharing – SIL – Structural Health Monitoring – ITS – Telematik – Tracking – V2V – WLAN

Die Digitalisierung von Schiene und Verkehr erfordert hohe Investitionen. Im Privatleben ist es ausreichend, sich ein Smartphone zu kaufen, um digitalisiert zu sein. Im Schienen- und öffentlichen Verkehr ist es dagegen notwendig, große Fahrzeugflotten umzurüsten, Zehntausende Kilometer Gleise zu überwachen und jede einzelne Rolltreppe im Blick zu behalten. Hinzu kommt, dass im System Bahn und im öffentlichen Nahverkehr alles vernetzt ist – wenn auch noch nicht über das Internet. So wirken sich Änderungen an einer Stelle sofort auf andere Stellen aus. Daher muss mit Bedacht eingegriffen werden, und auch die hohen Sicherheitsauflagen sind immer mit zu berücksichtigen.

Andererseits bieten Schienen- und öffentlicher Verkehr heute schon vieles, was mit der Digitalisierung erreicht werden soll: Sharing, die Bequemlichkeit des fahrerlosen Fahrens (aus Sicht der Fahrgäste), intelligente Verkehrssysteme, Mobilität als Dienstleistung, Ressourcenschonung. Die Digitalisierung kann dazu beitragen, diese Vorzüge ins Licht zu rücken, indem Fragen wie Zuverlässigkeit, Flexibilität und Kosten mit digitalen Lösungen anders und besser beantwortet werden. Die nachfolgenden Kapitel geben eine Übersicht, welche Fragen mit digitalen Lösungen bearbeitet werden. Sie sind Momentaufnahmen, doch zeigen sie, in welche Richtung gedacht und entwickelt wird.

4.1 Digitalisierung im Kontakt mit den Kunden – Personen und Güter

Wie verändert sich die Mobilität mit der Digitalisierung – nimmt sie zu oder ab? Theoretisch gibt es mit zunehmender Digitalisierung für die Menschen keinen Grund mehr, aus dem Haus zu gehen: Soziale Kontakte finden in den Sozialen Medien statt; alle Güter können online geordert werden. In einem solchen Szenario nähme die Mobilität der Menschen ab, die Mobilität der Güter zu.



Abb. 4.1-1: Menschen und Güter bleiben in Bewegung. Die Digitalisierung verändert, wie Angebot und Nachfrage zusammenkommen und wie die Prozesse aufeinander abgestimmt werden. Durchgehende Reise- und Lieferketten sind das Ziel.
(Fotos: DB/Uwe Miethe; Kombiverkehr)

Was für die Fahrzeuge gilt, gilt auch für die Bahnhöfe. Bei einem digitalen Bahnhof ist es zu jeder Uhrzeit klar, welche Richtung die Menschenströme nehmen werden, die sich durch ihn hindurchbewegen – entsprechend kann seine Infrastruktur, beispielsweise der Lauf der Rolltreppen, angepasst werden. [144]

Eine bessere Verteilung der Fahrgäste auf die vorhandenen Wagen in einem Zug erhöht den Komfort ebenfalls. Beim Pilotprojekt Colibri von DB Regio erfassten Sensoren an den Türen, wie viele Personen in die Wagen ein- oder ausstiegen bzw. wie viele Fahrräder ein- und ausgeladen wurden. Die Belegung der Wagen mit Fahrgästen und Fahrrädern wurde außen in ihren Displays angezeigt, sodass neue Fahrgäste vor dem Einsteigen sehen konnten, in welchem Wagen noch Sitzplätze oder Fahrradabstellmöglichkeiten vorhanden waren. Diese Information konnte über eine App abgerufen werden. [166] Eine bessere Fahrgastverteilung bei Doppelstockfahrzeugen kann erreicht werden, indem ein Monitor im unteren Deck vor der Treppe die Belegung des Oberdecks anzeigt, damit Fahrgäste schon unten sehen können, ob oben noch Sitzplätze frei sind. [167]

Die Ingenieure können sich noch ausgefeiltere Fahrgastinformationssysteme vorstellen. So arbeitet die Deutsche Bahn an einem System, bei dem leuchtende Bahnsteigkanten zeigen, wo genau der Zug halten wird und wo sich die Türen befinden. Außerdem zeigen die Farben Rot, Gelb und Grün an, welche Wagen voll oder halb besetzt bzw. weitgehend leer sind. Um die Belegung der Wagen zu ermitteln, werden vor dem Einfahren in den Bahnhof Videoaufnahmen der Wageninnenräume gemacht. [168]



Abb. 4.1-21: Leuchtende Bahnsteigkanten signalisieren den Fahrgästen, wo sich die Türen befinden werden. Außerdem wird angezeigt, wie voll die Wagen sind: Rot für voll besetzt, Gelb für halb besetzt und Grün für wenig besetzt. (Foto: DB/Andreas Varnhorn)

4.1.4.4 Fahrgastkomfort der Zukunft

Gemeinsam mit der Bayerischen Eisenbahngesellschaft (BEG) entwickelte DB Regio Ideen für den Nahverkehrszug der Zukunft. Bei der Erstellung des Konzepts arbeiteten die Entwickler eng mit Fahrgästen zusammen. Die Ideen wurden in 3-D-Modellen visualisiert und schließlich in 1:1-Modellen zur Demonstration des Konzepts umgesetzt. Der Ideenzug besteht aus sechs Modulen, die unterschiedliche gesellschaftliche Bedürfnisse befriedigen:



Abb. 4.1-22: Mit dem Zug fahren und gleichzeitig auf dem Spinning Bike trainieren – der Ideenzug zeigt, was Nahverkehrszüge in einigen Jahren bieten könnten. (Foto: DB/Uwe Miethe)

Reisen mit Familien. Für sie wurden breitere (2 x 3) gegenüberliegende Sitzbänke entwickelt, sodass Familien zusammensitzen können. Für Eltern mit Kleinkindern gibt es ein eigenes Modul mit Klettergerüst und Rutsche sowie Abstellplatz für den Kinderwagen.

Sportlich aktiv sein. Diese Zielgruppe kann sich eine Sportkabine reservieren, wo Spinning Bikes und ein digitaler Fitness-Coach bereitstehen.

Geselligkeit. Im Public-Viewing-Bereich können Reisende gemeinsam Sport- oder Nachrichtensendungen an großen Bildschirmen verfolgen.

Hunger stillen. Automaten bieten Snacks und Getränke.

Reisen und Arbeiten. Wer in dem Nahverkehrszug der Zukunft auf dem Weg zur Arbeit konzentriert Unterlagen studieren oder Texte verfassen will, kann eine Kabine mit Arbeitsfläche und blickdichter Glasscheibe buchen.

Erste Klasse. In der Premium-Klasse hat jeder Sitz einen eigenen Tisch für Laptops und Tablets. Elektrisch verstellbare Sitze erhöhen den Komfort.



Abb. 4.1-23: Platz zum Zurückziehen im öffentlichen Nahverkehr.

(Foto: DB/Uwe Miethe)

5 Blick in die Zukunft



Abb. 5-1: Keine Zukunftsvision mehr, sondern in der Erprobung und mit einem Piloten an Bord auch schon zugelassen. (Foto: Volocopter)

Die bisherigen Erfahrungen mit Digitalisierung zeigen, dass sie sich sowohl evolutionär als auch revolutionär vollziehen kann. Digitalisierung kann in einem evolutionären Prozess zu stetigen Verbesserungen führen. Sie kann aber auch disruptiv Branchen verändern oder gar verschwinden lassen und bewährte Technologien überflüssig machen. Wer arbeitet heute noch mit einem Faxgerät oder nutzt eine analoge Kamera? Welches Hotel kann es sich leisten, nicht auf einer Buchungsplattform vertreten zu sein? Die Entwicklungen sind nicht zwangsläufig und nicht allein in der Technik begründet. Vieles wird in den kommenden Jahren davon abhängen, welche politischen Entscheidungen getroffen werden und wie der Rechtsrahmen gestaltet wird. Zum Schluss dieses Buches sollen einige Fragen und Konflikte umrissen werden, die in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnen werden.

Digitalwirtschaft versus Analogwirtschaft. Mit Analogwirtschaft werden hier zum Zwecke der Zuspitzung alle Unternehmen bezeichnet, die außer Computern noch andere Produktionsmittel besitzen, also z. B. ein Verkehrsunternehmen mit Bussen, Bahnen, Haltestellen, Depots und Leitzentralen. Dabei steht die Forderung nach einem Level Playing Field im Raum, dass also die Digitalwirtschaft durch rechtliche Rahmenbedingungen wie Auflagen, Abgaben, Gebühren, Steuern, Vorschriften und Regulierung letztendlich den gleichen gesellschaftlich gewollten Beschränkungen unterliegen soll wie die Analogwirtschaft. Sowohl auf nationaler Ebene als auch in der EU sind hier noch viele Fragen offen.

Glossar

2G/3G/4G/5G	Mobilfunkstandards. Sie werden in Generationen (G) eingeteilt.
3-D-Druck	Baut dreidimensionale Gegenstände in Schichten aus einem oder mehreren Materialien mittels physikalischer oder chemischer Schmelz- oder Härtingsverfahren auf. Vorlage ist ein digitales Modell. Eine andere Bezeichnung ist additive Fertigung.

A

Abkündigung	Mitteilung eines Herstellers, dass ein Produkt nicht mehr produziert wird. Mit Angabe, wann die Lieferfähigkeit endet.
Abnutzungsvorrat	Vorrat der möglichen Funktionserfüllung.
Abschattung	Engl. Masking. Begriff für den Zustand, dass keine Verbindung zu Satelliten möglich ist, weil Berge oder Häuser sie verdecken.
Acoustic Infrastructure Monitoring (AIM)	System, bei dem Mikrofone Geräusche erfassen. Durch Datenanalyse wird der Zustand von Geräten/Anlagen bewertet.
Additive Fertigung	Andere Bezeichnung für 3-D-Druck.
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz.
Algorithmen	Rechenmodelle; Lösungsverfahren in Form einer Verfahrensanweisung, die in einer Abfolge von Schritten zur Problemlösung führt.
API	Application Programming Interface. Schnittstelle, über die Daten in Apps integriert werden können.
As-a-Service	Besagt, dass etwas als Dienstleistung angeboten wird (z.B. Software-as-a-Service).
Asset Management	Koordinierte Aktivität einer Organisation, um mithilfe von Assets (Anlagen) Werte zu schaffen.
ATO	Automated Train Operation. Automatischer Betrieb von Schienenfahrzeugen.
Augmented Reality (AR)	Steht für eine Methode, bei der die reale Welt mit virtuell erzeugten Bildern oder Informationen angereichert wird.
Augmentierung	Verfahren zur Korrektur von GNSS-Daten. Ermöglicht höhere Genauigkeit. Ein anderer Begriff ist Differential-GNSS.
Autonomes Fahrzeug	Fährt vollkommen selbstständig, ohne Fahrer oder zentrale Steuerung. Es wird durch Sensoren und auf Künstlicher Intelligenz basierenden Systemen gesteuert.

B

BiBo	Be-in/Be-out. Mobiles Ticketingverfahren, bei dem sich der Fahrgast weder aktiv anmelden noch aktiv abmelden muss.
------	--