

# Grundlagentechnologien für Wald und Holz 4.0

---

Technologien aus der Industrie 4.0 und ihre Übertragbarkeit in die Forstwirtschaft

Ein KWH4.0-Standpunkt

26.07.2019

Kompetenzzentrum Wald und Holz 4.0  
c/o RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. (Projektkoordination)  
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 20  
D-44227 Dortmund  
[www.kwh40.de](http://www.kwh40.de)

**Kontakt**

Kompetenzzentrum Wald und Holz 4.0  
 c/o RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. (Projektkoordination)  
 Joseph-von-Fraunhofer-Straße 20  
 D-44227 Dortmund  
 www.kwh40.de

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Frank Heinze  
 Tel. +49 (0) 231 9700-781  
 frank.heinze@rt.rif-ev.de

Verantwortlicher Autor: Christian Fimmers, WZL

**Autoren**



RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. (Kordinator)  
 Geschäftsführer: Dipl.-Inf. Michael Saal  
 Joseph-von-Fraunhofer Str. 20, 44227 Dortmund



Werkzeugmaschinenlabor (WZL), RWTH Aachen  
 Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher  
 Steinbachstraße 19, 52074 Aachen



Institut für Mensch-Maschine-Interaktion (MMI), RWTH Aachen  
 Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann  
 Ahornstraße 55, 52074 Aachen



Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), RWTH Aachen  
 Institutsleiterin: Prof. Dr.-Ing. Verena Nitsch  
 Bergdriesch 27, 52062 Aachen

Landesbetrieb Wald und Holz  
 Nordrhein-Westfalen



Wald und Holz NRW, Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald  
 Forstliches Bildungszentrum für Waldarbeit und Forsttechnik  
 Leitung: FD Thilo Wagner  
 Alter Holzweg 93, 59755 Arnsberg

**Förderhinweis**

Dieses Vorhaben wird gefördert durch das Land Nordrhein-Westfalen unter Einsatz von Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).



**EFRE.NRW**  
 Investitionen in Wachstum  
 und Beschäftigung



**EUROPÄISCHE UNION**  
 Investition in unsere Zukunft  
 Europäischer Fonds  
 für regionale Entwicklung

Version	Datum	Seiten	Änderungen
0.9	09.07.2019	Alle	Initialer Entwurf
1.0	26.07.2019	Alle	Erste offizielle Version

# Grundlagentechnologien für Wald und Holz 4.0

In Vorbereitung der Übertragung auf den Cluster Wald und Holz wurden Grundlagentechnologien, insbesondere aus der bisherigen Anwendung in der Produktionstechnik untersucht und auf Ihre Eignung für den Einsatz in dem neuen Anwendungsgebiet hin bewertet. In verschiedenen Einsatzbereichen wurden dazu unterschiedliche Technologien betrachtet.

Die genannten Technologien wurden auf ihre Einsatzmöglichkeit in der Branche der Forstwirtschaft hin untersucht. Eine Übersicht der Einordnung verschiedener Technologien kann Abbildung 1 entnommen werden. Während radial der potenzielle Zeithorizont abgebildet ist, bis zu dem eine Technologie im Cluster Wald und Holz eingesetzt wird, ist anhand des Winkels abzulesen, ob die Technologien eher direkt im Wald oder in der angeschlossenen Lieferkette bis zur Eingangskontrolle der verarbeitenden Industrie Anwendung finden. Die Einordnung der unterschiedlichen Technologien erfolgte auf Basis einer ausführlichen Betrachtung der Technologien, deren Anwendungsspektrum und Verbreitung in anderen Bereichen sowie der erwarteten Einsatzmöglichkeiten im Cluster Wald und Holz.

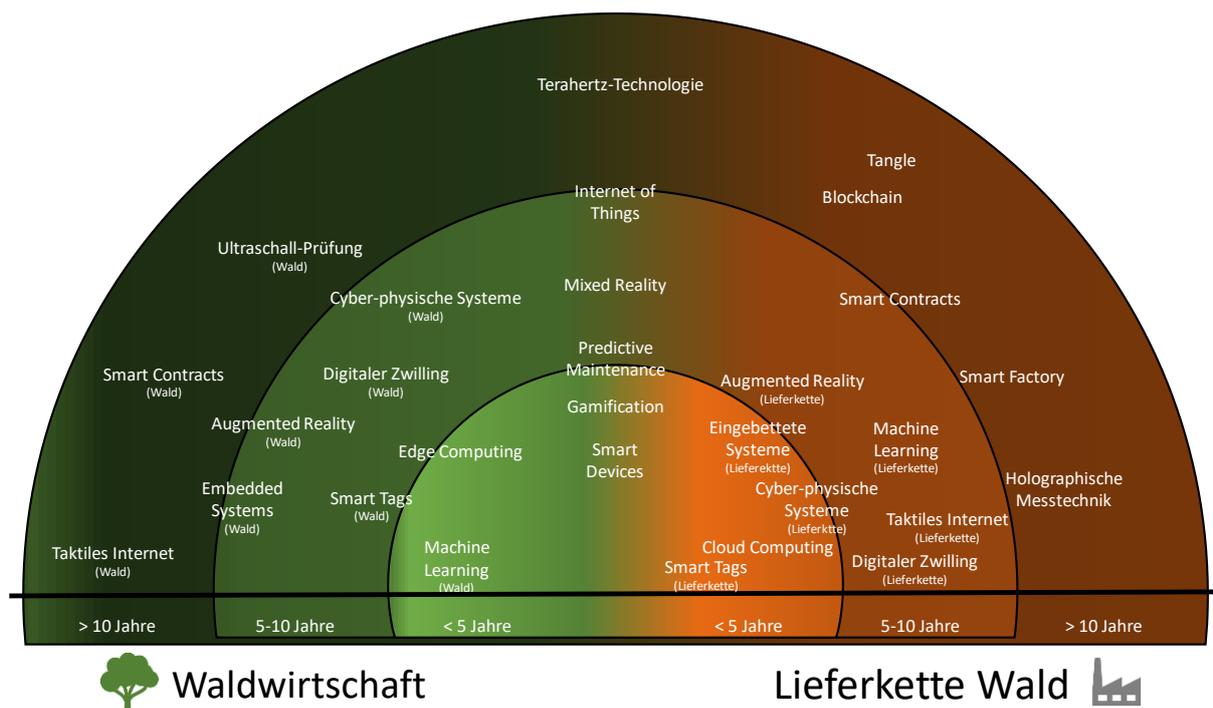


Abbildung 1: Technologie-Trendradar für die Wald- und Forstwirtschaft (Quelle: WZL).

Die einzelnen Technologien sowie deren Potenziale im Rahmen der Übertragung auf den Cluster Wald und Holz werden im Folgenden im Detail skizziert. Jede Technologie wird zunächst im Allgemeinen bzw. in ihrem bisherigen Kontext eingeführt, bevor ihre Übertragbarkeit auf die die Forstwirtschaft bewertet wird.

# 1 Cyber-physische Systeme

Ein Cyber-physisches System (CPS) ist ein „System, das reale (physische) Objekte und Prozesse verknüpft mit informationsverarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen über offene, teilweise globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze“.<sup>1</sup> Diese Systeme verbinden informations- und softwaretechnische Komponenten mit mechanischen Komponenten, wobei Datentransfer und -austausch sowie Kontrolle bzw. Steuerung über ein Netzwerk wie beispielsweise das Internet erfolgen. Typische Komponenten, die zu CPS erweitert werden, sind mobile und bewegliche Einrichtungen, Geräte und Maschinen (darunter auch Roboter), eingebettete Systeme und vernetzte Gegenstände (Internet der Dinge). Sensoren registrieren und verarbeiten Daten aus der physikalischen Welt, Aktoren (Antriebselemente) wirken auf die physikalische Welt ein, sodass z.B. Weichen gestellt, Schleusen geöffnet, Fenster und Türen geschlossen, Produktionsvorgänge begonnen, geändert und angehalten werden. Herausforderungen sind Standardisierung und Integration von Komponenten, Verifizierung von Systemen, Reduktion von Komplexität und Erhöhung der Sicherheit.

Cyber-physische Systeme verbinden die reale und virtuelle Welt (Informationswelt) und umfassen eingebettete Systeme, Logistik-, Koordinations- und Managementprozesse sowie Internetdienste, die

- mittels Sensoren unmittelbar physikalische Daten erfassen und
- mittels Aktoren auf physikalische Vorgänge einwirken,
- mittels digitaler Netze<sup>2</sup> untereinander<sup>3</sup> verbunden sind,
- weltweit verfügbare Daten und Dienste nutzen und
- über multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen verfügen.

CPS sind offene soziotechnische Systeme<sup>4</sup> und ermöglichen eine Reihe von neuartigen Funktionen, Diensten und Eigenschaften, die über die heutigen Fähigkeiten eingebetteter Systeme mit kontrolliertem Verhalten weit hinausgehen, da beliebige Verknüpfungen zwischen CPS denkbar sind, solange sie die vorhandenen Schnittstellen bedienen können.

Im Folgenden werden zentrale Begriffe im Umfeld der CPS aufgegriffen und erläutert:

## 1.1 Smart Devices

Smart Devices sind informationstechnisch aufgerüstete Alltagsgegenstände, die einen Mehrwert durch sensorgestützte Informationsverarbeitung und Kommunikation erhalten.<sup>5</sup>

## 1.2 Smart Tags

Smart Tags sind flache RFID Tags, die inklusive Antenne ähnlich dünn wie Papier sein können. Smart Tags können eingesetzt werden, um eine Anlage zu einem CPS zu erweitern, welches seiner Umgebung Informationen statische Informationen bereitstellen kann. Auf Smart Tags können außerdem individuelle Produktgestaltungsmerkmale oder Pfade zu umfangreichen Plänen gespeichert werden.

<sup>1</sup> Siehe Glossar Plattform Industrie 4.0

<sup>2</sup> Drahtlos und/oder drahtgebunden, lokal und/oder global

<sup>3</sup> Lokal und in globalen Netzwerken

<sup>4</sup> Funktionales Zusammenwirken von Menschen oder Gruppen von Menschen mit Technik/Technologien

<sup>5</sup> Smart Devices: Ausführliche Definition. Prof. Richard Lackes, Dr. Markus Siepermann, Gabler Wirtschaftslexikon

### 1.3 Ubiquitous Computing

„Ubiquitous Computing [...] bezeichnet keine konkrete Technologie sondern eine informatische Vision allgegenwärtiger Datenverarbeitung und Nutzung informatischer Systeme, bei der es weder nennenswerte Bedienungsanforderungen noch Hardwarebelastungen für den Nutzer gibt.“<sup>6</sup> Dieses Vorstellung kann durch die Verbreitung von CPS Realität werden.

### 1.4 Eingebettete Systeme

Der Begriff „Eingebettete Systeme“ bezeichnet Computersysteme, die in Anlagen und Maschinen eingebaut sind. Ebenso wie Smart Tags können Sie dazu verwendet werden, eine mechanische Komponente in ein CPS zu überführen. Da sie üblicherweise speziell für den vorliegenden Anwendungsfall ausgewählt oder entwickelt werden, können unterschiedliche Anwendungen mit minimalem Hard- und Softwareaufwand realisiert werden.

### 1.5 Smart Factory

In der „Smart Factory“ organisieren sich die Produktionsanlagen selbstständig und koordinieren Abläufe und Termine untereinander. Dadurch wird die Produktion flexibler, dynamischer und effizienter. Zudem kommunizieren die Maschinen direkt mit allen IT-Systemen des Unternehmens und damit direkt mit den Mitarbeitern. So ist etwa der Informationsfluss beispielsweise zum Vertrieb oder der Entwicklungsabteilung durchgängig gegeben.<sup>7</sup> CPS werden im Kontext der fertigen Industrie auch als Cyber-physische Produktionssysteme (CPPS) bezeichnet. Auch die Digitalen Zwillinge im Cluster Wald und Holz<sup>9</sup> können als Teil eines CPPS betrachtet werden.

### 1.6 Anwendbarkeit in der Wald- und Forstwirtschaft

Cyber-physische Systeme werden bereits in vielen Bereichen erfolgreich eingesetzt. Hierzu gehört auch die Forstwirtschaft. Moderne Forstmaschinen, handgeführte Geräte und Sensoren können bereits als CPS bezeichnet werden. In der Landwirtschaft verknüpfen übergreifende intelligente Systeme GPS-Ortung, Überwachungstechnik und Sensornetzwerke, um den aktuellen Zustand der bewirtschafteten Flächen zu bestimmen. Durch überlagerte Analysewerkzeuge können Prozesse effizienter gestaltet werden als zuvor.<sup>8</sup> Gleiches gilt für die Transportlogistik. Beide Anwendungsfälle finden sich auch in der Wald- und Forstwirtschaft wieder, so dass eine Übertragung des CPS-Konzeptes auf den Cluster Wald und Holz auch hier Effizienzsteigerungen erwarten lässt. Sensorgestützte Früherkennungssysteme könnten beispielsweise die Waldbrandvorsorge übernehmen und im Notfall direkt Hilfe anfordern; Harvester könnten ein lokales Netzwerk im Wald mit den beteiligten Forstarbeitern und Maschinen aufbauen (jeder dieser Akteure ist dabei ein CPS) und so Unfälle vermeiden. Auch in viel detaillierterer Betrachtung können Beispiele für CPS in der Forstwirtschaft gefunden werden wie z.B. eine Kranwaage am Forwarder oder eine Sensoreinheit in zukünftigen Sensornetzwerken, die im Wald installiert werden. Das Kompetenzzentrum Wald und Holz 4.0 zeigt in einem separaten Standpunkt<sup>9</sup>, wie vorhandene Assets mittels eines Digitalen Zwillings zu einem CPS bzw. einem CPPS erweitert werden können.

## 2 Internet der Dinge, Dienste und Personen

Auf Grundlage von CPS sowie granularer, Web-basierter Softwarekomponenten entsteht das Internet der Dinge, Dienste und Personen (engl. Internet of Things, Services and Persons, IoTSP).

<sup>6</sup> Wieglerling K. (2013) Ubiquitous Computing. In: Grunwald A., Simonidis-Puschmann M. (eds) Handbuch Technikethik. J.B. Metzler, Stuttgart

<sup>7</sup> Was ist Industrie 4.0: Clemens Otte, <https://bdi.eu/artikel/news/was-ist-industrie-40/>

<sup>8</sup> Cyber-Physical Systems – Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion, acatech, Dez. 2011

## 2.1 Bestandteile des IoTSP

Das IoTSP subsumiert die Verknüpfung physischer Objekte (Dinge, Dienste, Personen) mit einer virtuellen Repräsentation im Internet oder einer internetähnlichen Struktur. Diese virtuelle Repräsentation im Internet kann damit mittels Digitaler Zwillinge erfolgen.<sup>9</sup> Vor dem Hintergrund der in der Zwischenzeit eingeführten „Industrie 4.0-Komponente“ wird auch vom „Netzwerk von Industrie 4.0-Komponenten“ gesprochen.

Zielsetzung des IoTSP, hier am Beispiel der industriellen Produktion beschrieben, ist die Bereitstellung möglichst umfangreicher Informationen über Produkte und Produktionsanlagen mit dem Ziel, diese eigenständig mit anderen Produktionseinrichtungen sowie Materialströmen kommunizieren zu lassen. Aus dieser Kommunikation können die Akteure selbstständig weitere Schritte in der Fertigung festlegen oder koordinieren.

Die Abgrenzung zu Cyber-physischen Systemen wird deutlich, wenn man betrachtet, an welcher Stelle die beiden Konzepte entlang der digitalen Integration von Objekten jeweils eingesetzt werden. CPS „verbinden“ ein reales, physisches Objekt mit einem digitalen Abbild desselben, seinem Digitalen Zwilling. Das Internet der Dinge beschreibt nun die Verknüpfung aller Digitalen Zwillinge der physischen Objekte innerhalb einer internetähnlichen Netzwerkstruktur.

Das Internet der Dienste besteht aus Teilnehmern, einer Infrastruktur für Dienste, Geschäftsmodellen und den Diensten selbst. Es ist ein Teil des Internets. Dieser Teil bildet Dienste und Funktionalitäten als granulare, Web-basierte Software-Komponenten ab. Provider stellen diese im Internet zur Verfügung und bieten die Nutzung auf Anforderung an. Über Internetdiensttechnologien sind die einzelnen Software-Bausteine beziehungsweise Dienstleistungen miteinander integrierbar. Unternehmen können die einzelnen Software-Komponenten zu komplexen und dennoch flexiblen Lösungen orchestrieren (dienstorientierte Architektur). Über Cloud-basierte Entwicklungsplattformen kann eine Vielzahl an Marktakteuren sehr einfach internetfähige Dienstleistungen entwickeln und anbieten. Zudem entstehen Dienstplattformen, auf denen Kunden ein bedarfs- beziehungsweise prozessorientiertes Komplettangebot finden, statt Einzelangebote suchen, vergleichen und zusammenstellen zu müssen. Das Internet entwickelt sich so zum Baukasten für IKT<sup>10</sup>-Anwendungen, -Infrastrukturen und -Dienste.

## 2.2 Taktiler Internet

Unter dem taktilen Internet versteht man im Kontext von Industrie 4.0 eine Verfügbarkeit von Daten aus dem Internet, beispielsweise einer Cloud, in Echtzeit. Diese Verfügbarkeit eröffnet neue Potentiale für Anwendungen, die aktuell aus sicherheitstechnischer Perspektive auf Informationen aus dem Netz oder von anderen Akteuren verzichten müssen. Ein Beispiel für die Nutzung wäre eine nächste Stufe der Fahrassistenzsysteme, in der Autos miteinander kommunizieren und Kollisionswarnungen übertragen könnten.<sup>11</sup>

Aktuell sind entsprechend notwendige Infrastrukturen nicht verfügbar, die derzeitigen Entwicklungen in der Kommunikationstechnik lassen jedoch erwarten, dass sich dies ändern wird.<sup>12</sup>

## 2.3 Anwendbarkeit in der Wald- und Forstwirtschaft

Im IoTSP werden Dinge, Dienste und Personen für unterschiedliche Anwendungsfelder und unterschiedliche Geschäftsprozesse miteinander verknüpft. Im Mittelpunkt der Realisierung komplexer Systeme stehen damit jetzt die einzelnen Dinge, Dienste und Personen – und nicht mehr komplexe und

<sup>9</sup> Vergleiche Standpunktpapier „Der Digitale Zwilling in Wald und Holz 4.0“

<sup>10</sup> Informations- und Kommunikationstechnologie

<sup>11</sup> <https://intelligente-welt.de/taktiler-internet-dateneruebertragung-fast-in-echtzeit/>

<sup>12</sup> VDE-Positionspapier „Taktiler Internet“: <ftp://ftp.kom.tu-darmstadt.de/papers/Sa14-1.pdf>

monolithische Strukturen. Zudem befördert diese Herangehensweise den Übergang vom produkt- zum dienstorientierten Denken. Unter Diensten werden aktuell noch im Wesentlichen klassische Softwaredienste für z.B. Daten (z.B. Orthofotos, Harvesterdaten), Datenverarbeitung (z.B. pix4D) oder Simulationen (z.B. Waldwachstum) verstanden. Zukünftig können hier komplexe Dienste hinzukommen, die etwa die aktuelle Bodenbeschaffenheit messen und zur Verfügung stellen oder komplexe und länger andauernde Prozesse wie die Forsteinrichtung oder die Holzernte als Dienst zur Verfügung stellen.

Das IoTSP ist ein Ansatz, der auch für Wald und Holz 4.0 große Bedeutung hat. Aktuell ist der Informationsfluss zwischen verschiedenen Akteuren des Clusters nicht gewährleistet und Aktionen sind teilweise nicht optimal koordiniert. Die Bereitstellung und Nutzung von global verfügbaren Diensten könnte hier Abhilfe schaffen. Beispielsweise könnten Holzbestand- und bedarf besser aufeinander abgestimmt werden oder es wäre möglich, dass Privatwaldbesitzer ihre Bestände als „Ding“ zur Verfügung stellen und effizient bewirtschaften lassen. Zur Umsetzung solcher Ansätze beschreiben Digitale Zwillinge im Ansatz des Kompetenzzentrums Wald und Holz 4.0 bereits die zur Verfügung gestellten Dienste, sodass diese später zugreifbar gemacht werden können.

### 3 Big Data

Das Thema „Big Data“ ist eine aus dem IoTSP resultierende Thematik, denn durch die Virtualisierung der realen Welt, der sensorischen Erfassung unterschiedlichster Umweltzustände und dem Datenaustausch in Echtzeit entstehen umfangreiche Datenmengen, die z.B. zum Zwecke der Steuerung und Optimierung geeignet ausgewertet werden können. Allgemein werden mit Big Data große Mengen an Daten bezeichnet, die mit speziellen Lösungen gespeichert, verarbeitet und ausgewertet werden. Vielfach wird entsprechend dem 3-V-Modell von Gartner auch von drei Herausforderungen im Zusammenhang mit Big Data gesprochen. Die darin enthaltenen Aspekte Volume, Velocity und Variety werden im 4-V-Modell um Validity bzw. Veracity und im 5-V-Modell darüber hinaus um Value ergänzt. Die drei Dimensionen beschreiben hierbei zum einen ein ansteigendes Volumen (engl. **Volume**) der Daten insgesamt. Zudem eine ansteigende Geschwindigkeit (engl. **Velocity**) mit der die Daten zum einen erzeugt werden und zum anderen verarbeitet werden müssen. Der letzte wichtige Aspekt ist die Vielzahl beziehungsweise Unterschiedlichkeit der Daten (engl. **Variety**).<sup>13</sup> Die beiden ergänzenden Aspekte bezeichnen weiter die Sicherstellung der Datenqualität (engl. **Validity**) bzw. die Glaubwürdigkeit der Daten (engl. **Veracity**) und die Generierung eines unternehmerischen Mehrwertes aus den erhobenen Daten (engl. **Value**).

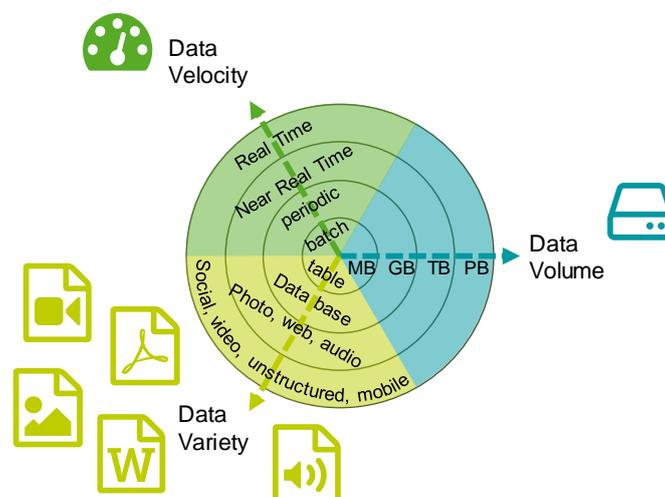


Abbildung 2: Darstellung des 3-V-Modells

<sup>13</sup> Big Data: M. Hartmann, D. Klein, P. Tran-Gla, <https://gi.de/informatiklexikon/big-data/>

Durch diese Eigenschaften ist es erforderlich, verschiedene technologische Ansätze bezüglich der Speicherung und Handhabung dieser Datensätze zu liefern, welche im Folgenden beschrieben werden.

### 3.1 Datenbanken

Datenbanken werden eingesetzt, um elektronische Daten zu verwalten. Ihre Aufgabe ist es, sie zu speichern, einen schnellen Zugriff zu erlauben und Änderungen konsistent in die vorhandenen Daten einzufügen. Dazu besitzen Datenbanken neben der Datenbank selbst ein Datenbankmanagementsystem (DBMS), welches die Funktionen zur Verwaltung bereitstellt. Aufgrund der bereits erwähnten Herausforderungen im Umfeld von Big Data ergeben sich jedoch neue Problemstellungen einer effizienten Speicherung, Verteilung und Bereitstellung der Daten.

Die verbreiteten SQL-Datenbanken, benannt nach ihrer international standardisierten Abfragesprache Structured Query Language, sind relationale Datenbanken. Zur Erstellung wird ihr Schema festgelegt, welches zwar unter Umständen erweitert aber zur Laufzeit nicht beliebig verändert werden kann. Dies steht beispielsweise der Variety im Kontext von Big Data entgegen.<sup>13</sup>

Eine Alternative stellen so genannte NoSQL (Not only SQL) Datenbanken dar. Hierbei erfolgt eine Klassifikation in die vier Typen Key-Value Stores, Column Stores, Graph Databases und Document Stores. Die Klassifikation erfolgt je nach Datenhaltungsarchitektur der jeweiligen Datenbank. Die Daten werden je nach Typ der NoSQL-Datenbank als Schlüssel-Wert-Paare (Key-Value Stores), in Spalten (Column Stores), als strukturierte Dokumente (Document Stores) oder in Graph-Datenstrukturen (Graph Databases) gehalten.

Beispiele für solche NoSQL-Datenbanken sind MongoDB (Document Store)<sup>14</sup>, Apache HBase (Column Store)<sup>15</sup>, Apache Cassandra (Column Store)<sup>16</sup>, Neo4j (Graph Database)<sup>17</sup> oder Google BigTable (Key-Value Store/Column Store)<sup>18</sup>.

### 3.2 Datenmanagement

Um große Datensätze sinnvoll weiterverarbeiten zu können, ist es notwendig, entsprechend geeignete Verfahren zu finden. Beispielhaft ist hier das von Google entwickelte MapReduce-Verfahren zu nennen, welches zum Beispiel von der Open Source Software Apache Hadoop genutzt wird. Das MapReduce-Verfahren ermöglicht es, große Datenmengen aufzuteilen und dann parallel von verschiedenen Prozessoren oder Computern, zum Beispiel in einem Rechnercluster, bearbeiten zu lassen. Dies geschieht, indem zunächst Schlüssel-Wert-Paare (Key-Value) aus den Daten extrahiert werden (Map). Diese werden zur Bearbeitung an verschiedene Computer verteilt, um danach wieder alle Teilresultate der Berechnung zusammenzuführen (Reduce). Anwendung findet dieses Verfahren zum Beispiel, um Machine Learning-Ansätze auf große Datenmengen anzuwenden.

### 3.3 Smart Data

Im Kontext von Big Data und Industrie 4.0 wird auch der Begriff Smart Data häufiger genannt. Smart Data sind dabei kleinere Datenmengen, die mittels Algorithmen aus großen Datenmengen (Big Data) für einen bestimmten Anwendungszweck extrahiert wurden. Die Algorithmen berücksichtigen dabei den Nutzen, die Semantik, die Qualität, die Sicherheit und den Schutz der Daten. Big Data ist also

---

<sup>14</sup> <https://www.mongodb.com/de>

<sup>15</sup> <https://hbase.apache.org/>

<sup>16</sup> <http://cassandra.apache.org/>

<sup>17</sup> <https://neo4j.com/>

<sup>18</sup> <https://cloud.google.com/bigtable/>

eine Art Rohstoff, den es aufzubereiten gilt, damit er zu Smart Data veredelt werden und so das gesamte wirtschaftliche Potenzial entfalten kann.<sup>19</sup>

### 3.4 Anwendbarkeit in Wald- und Forstwirtschaft

Big Data erhält aktuell in vielen Bereichen Einzug. Sensortechnik wie Speicherplatz sind kostengünstig zu erwerben und das durch Big Data mögliche Optimierungspotenzial ist offensichtlich. Auch im Cluster Wald und Holz kann Big Data zielführend eingesetzt werden. Für umfangreiche Waldgebiete können sehr große Datenmengen wie beispielsweise Inventurdaten oder Satellitenbilder erfasst werden, die aufgenommen und verarbeitet werden müssen. Ebenso können Fahrzeug- und Prozessdaten beispielsweise aus einem Harvester prozessbegleitend erfasst und gesammelt werden. Erste Beispiele für die Anwendung von Big Data und nachgelagerten Algorithmen existieren bereits. Beispielsweise wurde eine Wege-Messlanze entwickelt, die während der Befahrung von Waldwegen umfangreiche Informationen über deren Zustand sammelt. In nachgelagerten Analysen werden daraus Schäden erkannt und entsprechende Aufbereitungsmaßnahmen können initiiert werden.<sup>20</sup> Eine weitere Möglichkeit zur Anwendung im Cluster Wald und Holz liegt in den komplexen Lieferketten. Logistikunternehmen setzen bereits heute auf Big Data Methoden, z.B. um Lagerkosten zu reduzieren und Tendenzen vorherzusehen.

## 4 Cloud-Computing

Ähnlich wie „Big Data“ ist auch „Cloud-Computing“ eine aus der Industrie 4.0-Herangehensweise resultierende Thematik. Die NIST formuliert dazu folgende Definition, die auch vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) aufgegriffen wird: „Cloud-Computing ist ein Modell, das es erlaubt bei Bedarf, jederzeit und überall bequem über ein Netz auf einen geteilten Pool von konfigurierbaren Rechnerressourcen (z.B. Netze, Server, Speichersysteme, Anwendungen und Dienste) zuzugreifen, die schnell und mit minimalem Managementaufwand oder geringer Serviceprovider-Interaktion zur Verfügung gestellt werden können.“<sup>21</sup> Begriffe und Eigenschaften, die mit Cloud-Computing häufig in Verbindung gebracht werden, sind<sup>22</sup>:

- **On-demand Self Service** heißt, dass die Bereitstellung von Ressourcen wie z. B. Speicherplatz oder Rechenleistung automatisch abläuft und nicht explizit ausgelöst werden muss.
- **Broad Network Access** bezeichnet die Verfügbarkeit der Services über das Internet. Sie sind nicht an bestimmte Geräte oder Nutzer gebunden.
- **Resource Pooling** nennt sich das Konzept, bei dem der Anbieter eine Menge von Ressourcen vorhält und diese je nach aktuellem Bedarf auf die Nutzer aufteilt und diesen zur Verfügung stellt.
- **Rapid Elasticity** wird die Funktion genannt, Services oder Ressourcen schnell und in skalierbarer Größe bereitzustellen.
- **Measured Services** heißt, dass die Ressourcennutzung durch die einzelnen Anwender gemessen werden kann.
- **Service-orientierte Architektur (SOA, REST-API)** ist eine Grundvoraussetzung für Cloud-Computing. Die Cloud stellt Services bereit, die über eine Programmierschnittstelle (API), oft eine REST-API, angesprochen werden können. SOA bezeichnet dabei das Architekturmuster, nach dem Prozesse aus Services zusammengesetzt werden können.

<sup>19</sup> Von Big Data zu Smart Data: Stefan Jähnichen; [https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Smart-Data\\_NL1.pdf%3F\\_\\_blob%3DpublicationFile%26v%3D5](https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Smart-Data_NL1.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D5)

<sup>20</sup> <https://www.planfor.ch/de/content/tools/wegscanner>

<sup>21</sup> Wayne Jansen, Timothy Grance, Guidelines on Security and Privacy in Public Cloud Computing, NIST, Draft Special Publication 800-144, January 2011

<sup>22</sup> [https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/CloudComputing/Grundlagen/Grundlagen\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/DigitaleGesellschaft/CloudComputing/Grundlagen/Grundlagen_node.html)

- **Mandantenfähigkeit** bezeichnet die Fähigkeit, in der Lage zu sein, unterschiedliche Anwender zu bedienen. Dies ist notwendig, da viele Anwender in einer Cloud zu unterschiedlichen Zeiten die gleichen Ressourcen verwenden.
- „**Pay per Use**“-Modelle sind Abrechnungsmodelle, nach denen nur die tatsächlich in Anspruch genommenen Ressourcen oder Dienste abgerechnet werden.

Die Realisierung des Internets der Dinge und Dienste ist häufig mit der Nutzung von Cloud-Technologien verbunden. Entsprechend bezeichnet Cloud-Computing in diesem Kontext weniger eine Form des Hochleistungsrechnens als vielmehr die Bereitstellung unterschiedlicher Dinge und Dienste. Hierbei muss beachtet werden, dass die Eigentümer von Daten (zentrale) „Plattformen“ im Cluster Wald und Holz, unabhängig von ihrer konkreten technischen Realisierung, häufig kritisch sehen. Ein zentraler zu beachtender Aspekt hierbei ist, dass die Entscheidung über die Verwendung von Daten beim Eigentümer dieser Daten (z.B. beim Waldbesitzer) verbleibt.

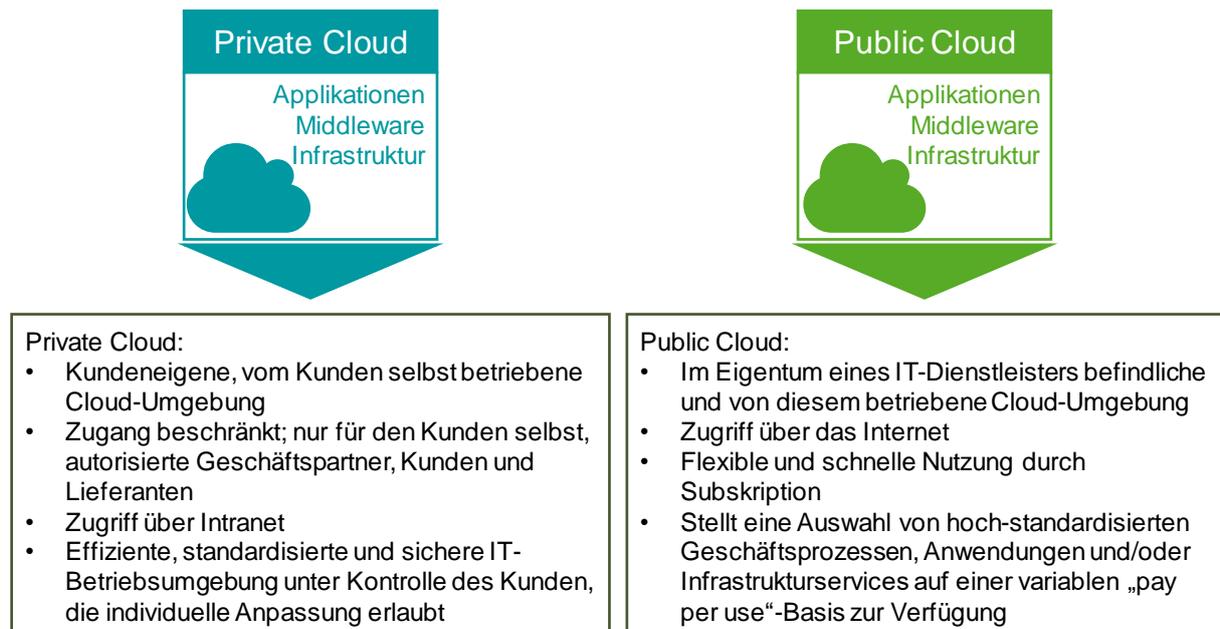
#### 4.1 Bereitstellung von Cloud-Computing

Cloud-Computing beinhaltet Technologien und Geschäftsmodelle, um IT-Ressourcen dynamisch zur Verfügung zu stellen und ihre Nutzung nach flexiblen Bezahlmodellen abzurechnen. Anstelle von IT-Ressourcen, beispielsweise Server oder Anwendungen, in unternehmenseigenen Rechenzentren zu betreiben, sind diese bedarfsorientiert und flexibel in Form eines dienstleistungsbasierten Geschäftsmodells über das Internet oder ein Intranet verfügbar. Diese Art der Bereitstellung führt zu einer Industrialisierung von IT-Ressourcen, ähnlich wie es bei der Bereitstellung von Elektrizität der Fall war. Firmen können durch den Einsatz von Cloud-Computing langfristige Investitionsausgaben für den Nutzen von Informationstechnologie vermindern, da für IT-Ressourcen, die von einer Cloud bereitgestellt werden, überwiegend operationale Kosten anfallen.

Im Zuge der Bereitstellung von Cloud-Dienstleistungen werden unterschiedliche Bereitstellungsmodelle („deployment models“) unterschieden:

- **Public Cloud** – zu Deutsch „öffentliche Wolke“ – sind Clouds, die über das Internet zur Verfügung gestellt werden. Diese können von beliebigen Personen und Unternehmen genutzt werden. Ein typisches Merkmal dieser Cloud ist die offene Nutzergruppe.
- **Private Cloud** – zu Deutsch „private Wolke“ – sind Clouds, die für private, abgeschlossene Nutzergruppen betrieben werden. „Erfolgt der Betrieb durch einen Dienstleister in einem externen Rechenzentrum, spricht man von Virtual Private Cloud, die virtuell der abgeschlossenen Benutzergruppe zur Verfügung steht.“
- **Hybrid Cloud** – In einer hybriden Cloud werden mehrere für sich eigenständige Infrastrukturen über standardisierte Schnittstellen miteinander verbunden.

Eine gute Übersicht und Differenzierung zwischen public und private Cloud bietet Abbildung 3.

Abbildung 3: Private und Public Cloud nach BITKOM<sup>23</sup>

## 4.2 Servicemodelle für das Cloud-Computing

Die Dienste der Cloud werden über unterschiedliche Servicemodelle wie Infrastructure-as-a-Service (IaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) und Software-as-a-Service (SaaS) bereitgestellt<sup>24</sup>:

### 4.2.1 Software-as-a-Service (SaaS)

In diese Kategorie fallen Software-Anwendungen in der Cloud, die den Endkunden direkt adressieren. „Auf der Kundenseite entfällt in dieser Klasse die lokale Software-Installation und damit auch die Bereitstellung der erforderlichen IT-Ressourcen“<sup>25</sup>. Bei diesem Service-Modell hat der Anwender „keinen Zugriff auf oder Kontrolle über die restliche IT-Ressourcen wie Speicher, Netzwerkeinstellungen, Betriebssystem oder Laufzeitumgebung“<sup>26</sup> und kann diese nicht anpassen.

Der große Vorteil für den Anbieter ist hier, dass durch den hohen Grad der Standardisierung Änderungen, Anpassungen und Erweiterungen der Software nur einmal vorgenommen werden müssen und diese direkt für alle Benutzer/Kunden zur Verfügung stehen. Allerdings ist hierdurch auch die kundenindividuelle Anpassbarkeit sehr begrenzt. Weitere bekannte, bereits verbreitete Anwendungen von SaaS-Systemen sind in den Unterkategorien „Communication-as-a-Service“ und „Collaboration-as-a-Service“ Systeme zu finden. Beispiele sind Voice over IP-Telefonie, Instant Messaging, Webkonferenz und E-Mail, aber auch Kalender, Adressverwaltung, Team-Sites, Blogs/Wikis und Foren.

### 4.2.2 Infrastructure-as-a-Service (IaaS)

Beim IaaS nutzt ein Kunde Server, Storage, Netzwerk und die übrige Rechenzentrums-Infrastruktur als abstrakten, virtualisierten Service über das Internet. Diese Services werden typischerweise nutzungsabhängig abgerechnet. Vorteile von IaaS gegenüber traditioneller IT-Bereitstellung sind:

- Hohe Effizienz
- Hohe Skalierbarkeit
- Unterstützung neuer Software-Architekturen

<sup>23</sup> Cloud Computing – Evolution in der Technik, revolution im Business: BITKOM-Leitfaden

<sup>24</sup> The Case of VM-Based Cloudlets in Mobile Computing: M. Satyanarayanan, P. Bahl, R. Caceres, N. Davies

<sup>25</sup> C. Braun, M. Kunze, J. Nimis, S. Tai, *Cloud Computing: Web-basierte dynamische IT-Services*, 2nd ed. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

<sup>26</sup> J. Biebl, „Wofür steht Cloud Computing eigentlich?“, *Wirtsch Inform Manag*, vol. 4, no. 1, pp. 22–29, 2012.

### 4.2.3 Platform-as-a-Service (PaaS)

Die Cloud-Dienste der PaaS richten sich meist nicht an Endkunden, sondern an Entwickler. Hierbei wird eine integrierte Laufzeit- oder Entwicklungsumgebung für den Anwender/Entwickler zur Verfügung gestellt, die dieser ausführen kann. Dadurch können die vom Anbieter freigegebenen Konfigurationseinstellungen der Plattform geändert werden, jedoch hat der Anwender auch hier „keinen Zugriff auf oder Kontrolle über die physikalischen IT-Basisinfrastrukturen und das Betriebssystem.“<sup>26</sup>

### 4.2.4 Zusammenfassung der Service-Modelle

Die beschriebenen Modelle lassen sich im Hinblick auf die bereitgestellten Ressourcen und Dienste sowie in Bezug auf unterschiedliche Zielgruppen klassifizieren, so dass die in Abbildung 4 dargestellte Übersicht über Anwendungsarchitekturen im Cloud-Umfeld entsteht. Bei der Verbindung aller drei Ausprägungsformen spricht man von Landscape-as-a-Service (LaaS). „Ein solches Angebot richtet sich an Unternehmen, die ihr gesamtes Rechenzentrum, inklusive Hardware, Software, Wartung und Bereitstellung auslagern möchten.“<sup>25</sup>

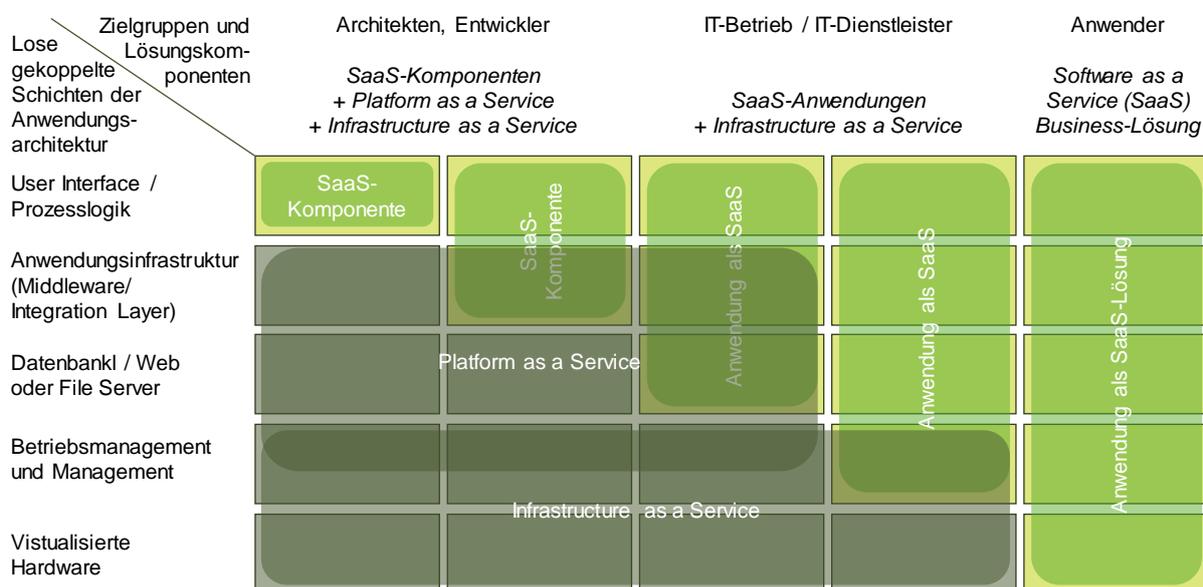


Abbildung 4: Anwendungsarchitektur und Ausprägungen von Cloud-Komponenten.<sup>23</sup>

## 4.3 Edge-Computing

Edge-Computing ist eine verteilte, offene IT-Architektur, die sich durch dezentralisierte Verarbeitungsleistung auszeichnet und die Grundlagen für Mobile Computing und IoTSP-Technologien schafft. Beim Edge-Computing werden die Daten vom Gerät selbst oder von einem lokalen Computer oder Server verarbeitet und nicht an ein Rechenzentrum übertragen. Der Begriff edge, engl. für Rand, steht für den Netzwerkrand, an dem die Verarbeitung der Daten stattfindet. Dabei kann jede rechen- und netzwerkfähige Einheit (z.B. Smartphone, Tablet, Maschine, Rechner), welche sich zwischen dem Ursprung der Daten (z.B. Sensor) und einer Cloud-basierten Plattform befindet, als Edge-Gerät verstanden werden. Somit besteht der Unterschied im Vergleich zum Cloud-Computing in der dezentralen Datenverarbeitung.

Das Edge-Computing bietet diverse Vor- und Nachteile im Vergleich zum Cloud-Computing. Zu den Vorteilen des Edge-Computing zählen unter anderem eine verringerte Reaktionszeit der Geräte, welche nicht erzielt werden kann, wenn Analysen oder Operationen auf einer entfernten Cloud durchgeführt werden. Als weiterer Vorteil ist der Umgang mit stetig wachsenden Datenmengen zu nennen. Durch eine (Vor-) Verarbeitung der Daten am Netzwerkrand ist es nicht mehr notwendig sämtliche

Informationen zu einer zentralen Cloud zu transportieren. Hierdurch wird sowohl ein energieeffizienteres und somit nachhaltigeres Arbeiten, als auch eine zeitliche Optimierung des gesamten Arbeitsprozesses realisiert<sup>27</sup>. Als Nachteile beziehungsweise Probleme des Edge-Computing sind zum Beispiel die Verbindung zu diversen Netzen und Netzwerken, über W-LAN, 4G etc., sowie die Laufzeit der Akkus und Batterien der Geräte zu nennen.<sup>28</sup>

#### 4.4 Fog-Computing

Fog-Computing ist ein weiterer Ansatz des Cloud-Computings. Ähnlich dem Edge-Computing werden Ressourcen und Services hier nicht zentral in Rechenzentren, sondern in der Nähe ihres Entstehungsortes in „Mini-Rechenzentren“ verarbeitet. Während Edge-Computing die Verarbeitung am/auf dem Gerät des Entstehens der Daten bezeichnet, stellt Fog-Computing eine weitere Ebene zwischen Cloud und Edge dar.<sup>29</sup>

Der Vorteil der Verwendung der Fog-Ebene liegt darin, dass, ähnlich wie durch das Edge-Computing, geringere Datenmengen in die zentrale Cloud übertragen werden müssen. Die Verarbeitungszeiten können reduziert werden und echtzeitfähige Anwendungen können leichter realisiert werden. Im Gegensatz zum reinen Edge-Computing steht am Rand der Cloud bereits Rechenkapazität zur Verfügung, auf der Anwendungen realisiert werden können. Weitere Vorteile liegen in der dezentralen Haltung sensibler Daten und der Unabhängigkeit von zentralen Rechen- und Übertragungskapazitäten.

#### 4.5 Anwendbarkeit in der Wald- und Forstwirtschaft

Um Ansätze des Cloud-Computing in der Forstwirtschaft anwenden zu können, bestehen große Herausforderungen in der kommunikationstechnischen Anbindung der Akteure. Große Datenmengen mit hohen Übertragungsraten zu übermitteln, ist im Wald oft nicht möglich. In Kombination mit Fog- und Edge-Computing können Cloud-Ansätze geeignete Kommunikationsplattformen für Wald und Holz 4.0 bereitstellen, da diese Daten lokal verarbeiten und puffern. Nach Möglichkeit sind Informationen somit zentral verfügbar, bei Bedarf funktionieren Anwendungen jedoch auch bei Unterbrechungen der Cloud-Anbindung. Für weitere Anwendungen, die nicht unmittelbar im Wald eingesetzt werden, z.B. die Produktion in einem Sägewerk, können Cloud-Dienste auch ohne Fog- und Edge-Technologie eingesetzt werden.

Aktuelle Entwicklungen setzen Fog- und Edge-Computing in selbstfahrenden oder halbautonomen Fahrzeugen ein, um die entstehenden Daten vor Ort verarbeiten und Konsequenzen ableiten zu können. Für diese Szenarien ist es wichtig, dass die Verarbeitung schnell durchgeführt wird, so dass eine vollständige Verarbeitung in der Cloud nicht möglich ist. Parallel könnte auch eine Fog-Infrastruktur auf Forstmaschinen, z.B. einem Harvester, installiert werden, so dass lokale Handlungsempfehlungen vor Ort generiert werden, während globale Auswertungen auf einer zentralen Cloud durchgeführt werden.

Ein auch für den Cluster Wald und Holz interessanter Ansatz ist Humans-as-a-Service (HuaaS), auch Crowdsourcing genannt. Hierbei stellt die Komponente Mensch einen Service dar. Einige Plattformen, wie z.B. Amazon Mechanical Turk existieren bereits, allerdings ist dieser Service aktuell nur für in den USA ansässige Unternehmen buchbar. Vorstellbar ist, dass in Zukunft Touristen für das Fotografieren von Bäumen mit Standortdaten im Wald kleine Geldbeträge bekommen und diese Fotos durch Computer (Machine Learning) ausgewertet werden und in entsprechende Forstdatenbanken eingearbeitet werden. So kann man Personalkosten sparen.

<sup>27</sup> B. Varghese, N. Wang, S. Barbhuiya, P. Kilpatrick, and D. S. Nikolopoulos, "Challenges and Opportunities in Edge Computing,"

<sup>28</sup> S. Dustdar and W. Shi, "The Promise of Edge Computing," 2016

<sup>29</sup> <https://www.cloudcomputing-insider.de/was-ist-fog-computing-a-736757/>

## 5 Mensch-Maschine-Interaktion

Die Mensch-Maschine-Interaktion beschreibt die Interaktion zwischen Menschen und Maschinen über verschiedenste Schnittstellen. Ohne diese Interaktion können technische Systeme und die Handlung der Mitarbeiter nicht verbunden werden. Die Interaktion findet z.B. bei Cyber-physischen Systemen, Robotern, Smart Devices und Endbenutzerwerkzeugen statt. Zu den Schnittstellen gehören beispielsweise Touchscreens, Sensoren, Sprachsteuerung und Displays zur Erweiterung der Welt, aber auch Maus und Tastatur.<sup>30</sup> Während durch Schalter und Joystick bediente Desktop-Anwendungen auf Computern oder Maschinensteuerungen in Industrie wie Forstwirtschaft zum Stand der Technik gehören, haben sich in den letzten Jahren, auch im Kontext von Industrie 4.0 und der Rolle des Menschen in I4.0, Entwicklungen ergeben, die kurz dargestellt werden sollen.

### 5.1 Gamification

„Gamification ist die Übertragung von spieltypischen Elementen und Vorgängen in spielfremde Zusammenhänge mit dem Ziel der Verhaltensänderung und Motivationssteigerung bei [...] Anwendern.“<sup>31</sup> Anfangs fand die Gamification vor allem in der Unterhaltungs- und Werbeindustrie statt. Heute spielt sie auch eine Rolle im Bereich Fitness, Shopping und der Industrie. Gamification dient der Wissensaufnahme und Verhaltensbeeinflussung. „Die Effektivität von Gamification erklärt sich durch die 3 Fs“<sup>32</sup> (Fun, Friends und Feedback).

Bei der Einführung von Gamification in einem Unternehmen oder in einer Branche sind z.B. die in Abbildung 5 dargestellten Schritte zu durchlaufen.

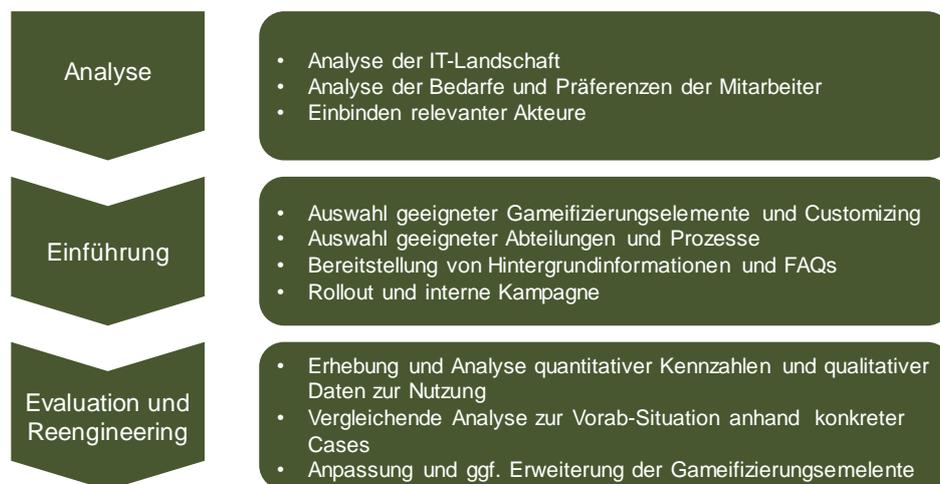


Abbildung 5: Schritte bei der Einführung von Gamification.<sup>33</sup>

Ansätze der Gamification lassen sich in unterschiedlichen Lebensbereichen finden, teilweise auch in der Industrie. Beispielsweise hat Bayer eine Karriere-App im „Wer wird Millionär“-Stil namens „Bayer-career“ entwickelt, um sich für Jobeinsteiger interessant zu machen. Ein weiteres Beispiel stellen die gamifizierten Instrumente im Auto dar, die Punkte für nachhaltiges (Treibstoff-sparendes) Fahren vergeben und so Emissionen reduzieren sollen.

<sup>30</sup> E. Brandenburg, L. Doria, A. Gross, T Günzler, H. Smieszek (Hrsg.), „Grundlagen und Anwendungen der Mensch-Maschine-Interaktion“

<sup>31</sup> <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/gamification-53874>

<sup>32</sup> Comarch, „Gamification und Emotionen im Unternehmen“, 2015

<sup>33</sup> Gamification and Serious Games: Grundlagen, Vorgehen und Anwendungen: S. Strahinger, C. Leyh

## 5.2 Virtuelle Welten

Eine weitere Entwicklung stellt der Einzug virtueller Welten in die Industrie dar. Bereits seit vielen Jahren wird Virtual Reality z.B. für Schulungen eingesetzt. Nicht ganz so lang finden sich auch Augmented Reality- und Mixed Reality-Anwendungen in der Industrie.

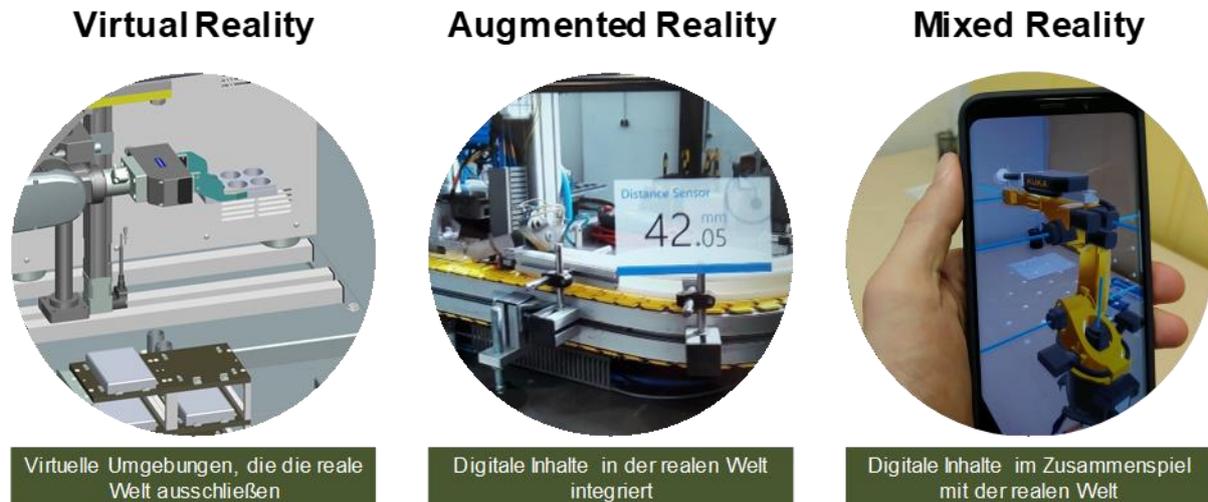


Abbildung 6: Eine vereinfachte Darstellung von Virtual Reality, Augmented Reality und Mixed Reality<sup>34</sup>

### 5.2.1 Virtual Reality (VR)

Der Begriff Virtual Reality (VR), ein Beispiel ist links in Abbildung 6 dargestellt, beschreibt „eine computergenerierte, dreidimensionale Welt, mit der versucht wird, die Realität nachzubilden.“<sup>35</sup> Virtuelle Realitäten werden häufig in Computerspielen verwendet, deren Nachbildungen der Realität immer detailgetreuer werden. Im industriellen Umfeld finden virtuelle Welten insbesondere im Produkt- oder Anlagendesign eine Rolle, indem sie aus CAD-Dateien abgeleitet werden, um das voraussichtliche Ergebnis zu visualisieren. Auch in der Aus- und Weiterbildung finden virtuelle Realitäten Anwendung, indem Simulatoren für Maschinenführer unterschiedlichster Branchen entwickelt werden. Besonders ausgereift ist der Einsatz von VR etwa im Umfeld der Pilotenausbildung. Es kommen Flugsimulatoren zum Einsatz, die den Piloten nicht nur die visuelle Flugumgebung, sondern auch haptische Einflüsse wie Erschütterungen, Vibrationen oder Kippwinkel vermitteln.

Auch im Servicebereich ergeben sich durch virtuelle Realitäten Potentiale in der Qualifizierung. Maschinen- und Anlagenmodelle können in einer virtuellen Realität dargestellt und mit realen oder simulierten Steuerungskomponenten verknüpft werden. Servicetechniker und Anlagenentwickler können so die Auswirkungen des Steuerungscode auf die Anlage nachvollziehen. Weitere Einsatzmöglichkeiten bietet die Virtualisierung von Maschinen- und Fabrikhallen. Sämtliche darin befindliche Maschinen können mit Zustands- und Ersatzteilm Informationen verknüpft werden, so dass ein Servicetechniker per Fernwartung den Eindruck hat, die Fertigung sehen zu können.

### 5.2.2 Augmented Reality (AR)

Augmented Reality (AR), mittig in Abbildung 6 dargestellt, bezeichnet eine computerunterstützte Erweiterung der gegebenen Realität. Reale Objekte und virtuelle Objekte oder Informationen werden zueinander in Bezug gesetzt und für den Anwender überlagert.<sup>35</sup> Es gibt bereits unterschiedliche Augmented Reality Anwendungen im Consumer-Bereich, die als Beispiel dienen können. Die App „Google Goggles“ erkennt Gebäude oder Gemälde und kann dazu aus dem Internet abgerufene Informationen

<sup>34</sup> Bild Mixed Reality: MMI

<sup>35</sup> Fraunhofer IAO, „Industrie 4.0 ready services technologietrends 2020: Ergebnisse einer Kurzbefragung auf der Messe Maintain

bereitstellen. Im industriellen Umfeld werden insbesondere im Service und in der Montage Erwartungen mit AR verbunden und verschiedene Konzerne untersuchen den Einsatz in unterschiedlichen Szenarien. Ziel ist es dabei ein Bild der Umgebung mit Informationen wie Teilenummern, dem nächsten (De-)Montageschritt oder ähnlichem anzureichern. Meist werden diese Applikationen auf AR-Brillen erprobt, die den Vorteil bieten, dass der Techniker seine Hände für andere Aufgaben verwenden kann. Die bisherigen Forschungsaktivitäten sind aufgrund unterschiedlicher Herausforderungen, wie beispielsweise Problemen bei der Objekterkennung, überwiegend noch nicht in den industriellen Einsatz überführt worden.<sup>35</sup>

### 5.2.3 Mixed Reality (MR)

Mixed Reality, rechts in Abbildung 6 symbolisch dargestellt, vereint beide Konzepte. Der Anwender befindet sich in einer Welt, die teilweise virtuell ist und in der er mit dem virtuellen Inhalt interagieren kann. Die virtuelle und die reale Welt vermischen sich, sodass sich für den Benutzer eine einheitliche Welt mit gemischt realen und virtuellen Inhalten ergibt.

## 5.3 Anwendbarkeit in der Wald- und Forstwirtschaft

Der im Rahmen des Cloud-Computing bereits erwähnte Ansatz des HuaaS lässt sich leicht um einen Gamification-Aspekt erweitern. Der Benutzer wird durch Punkte belohnt, die er erhält, wenn er ähnlich wie bei Geocaching bestimmte Punkte „findet“ und abfotografiert. Hier könnte man gezielt Orte aussuchen, von denen man Informationen über den Waldzustand benötigt.

Virtuelle Welten kommen in der Forstwirtschaft im Bereich der Ausbildung von Maschinenführern, also zur Harvester- und Forwarderfahrerausbildung, bereits zum Einsatz. Hierbei wird der Fahrer ähnlich wie bei der Pilotenausbildung zunächst an Simulatoren ausgebildet, bevor er die realen Maschinen bedient. Auch diese Anwendungen können gamifizierte Aspekte beinhalten, wenn beispielsweise in den Simulatoren ein Wettbewerb ausgelöst wird, wer in einer vorgegebenen Zeit die meisten Bäume ernten kann oder wer die Forstmaschinen am effizientesten platziert.

Auch für AR-basierte Unterstützungssysteme gibt es erste Demonstratoren zur Anwendung im Cluster Wald und Holz. Das KWH konnte bei verschiedenen Präsentationen bereits zeigen, wie dem Waldarbeiter mittels einer HoloLens die geeigneten Positionen für Schnitte beim Ablängen eingeblendet werden kann.<sup>36</sup> Ein weiteres Szenario wäre die Bereitstellung von Informationen zu verschiedenen Forstmaschinen, wenn der Blick mittels AR-Brille oder AR-fähigem Mobiltelefon auf entsprechende Einrichtungen gerichtet wird.

Eine Möglichkeit zur Anwendung von Mixed Reality wäre, die zukünftige Entwicklung eines Waldes in Abhängigkeit verschiedener Parameter (z.B. Wettereinflüsse) einem Forstwirt mittels geeigneter Hardware zu visualisieren. Diese Informationen könnten beispielsweise bei der Auswahl von Zukunftsbäumen, beim Einrichten neuer Rückgassen oder bei der Bestandesbegründung hilfreich sein.

## 6 IT-Security

Die Digitalisierung der Wald- und Forstwirtschaft hat unweigerlich zur Folge, dass die Datenströme im ländlichen Raum steigen werden. Daher sollte man die Sicherheitsfrage nicht unbeachtet lassen. Dabei ist offensichtlich, dass es sich in erster Linie um drahtlose Datenübertragung handelt, die sowohl auf dem industriell bzw. gewerblichen Sektor, aber auch auf dem privaten Sektor angesiedelt sein wird. Im Folgenden wird beleuchtet, welche Aspekte es dabei zu beachten gilt.

Geeignete Lösungen zur Sicherstellung der Sicherheit des entstehenden clusterübergreifenden IT-Systems sind elementar für den Betrieb sowie die Akzeptanz von Wald und Holz 4.0. Entsprechend gibt es

<sup>36</sup> <https://www.forstpraxis.de/ligna-2019-industrie-4-0-fuer-den-cluster-wald-und-holz/>

eine Reihe etablierter und in der Entwicklung befindlicher Ansätze zur Realisierung eines im Sinne der IT-Security sicheren Wald und Holz 4.0-Netzwerks.

Definitionsgemäß gilt es bei der IT-Sicherheit *vier Aspekte* bestmöglich zu gewährleisten<sup>37</sup>:

- Verfügbarkeit
- Datenexistenz
- Integrität
- Vertraulichkeit

Die einzelnen Aspekte werden in den folgenden Unterkapiteln jeweils im Detail betrachtet.

## 6.1 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit beschreibt das Vorhandensein der angebotenen Software-Services oder Daten. Sind Wertschöpfungsprozesse<sup>38</sup> darauf ausgelegt, Daten oder Dienste informationstechnischer Systeme zu verwenden, so kann ein Ausfall des Services oder der Daten (nicht gegebene Verfügbarkeit) den Prozess unterbrechen oder seine Ausführung verhindern. Neben der fehlerfreien Funktion der benötigten Services ist dazu auch die Kommunikationsverbindung zwischen Anwender/Anwendung und Service sicherzustellen. Beide Aspekte gemeinsam (Service funktioniert und Kommunikationsverbindung zum Service kann hergestellt werden) ergeben die Verfügbarkeit.

Ein Beispiel, welches die Problematik gut aufzeigt ist der Ausfall eines IT-Services bei einer Bank, der dazu führte, dass ihre Kunden kein Geld abheben konnten und ihre Karten zeitweise keine Funktion besaßen.<sup>37</sup>

### 6.1.1 Umgang in der Wald- und Forstwirtschaft

Im dezentralen Cluster Wald und Holz sind insbesondere Verfügbarkeitsprobleme durch nicht vorhandene IT-technische Kommunikationsverbindungen zu erwarten. In den vorhergehenden Kapiteln wurden Konzepte des Edge- und Fog-Computing skizziert, durch die Verbindungsabbrüche kompensiert werden können. Fehlende Verfügbarkeiten der entstehenden Services selbst können ebenfalls ein Problem darstellen, falls zukünftige Prozesse vollständig auf deren Nutzung ausgelegt sind. Dies ist aber kein besonderes Problem des Clusters Wald und Holz, sondern allgemeiner Natur. Durch redundant verfügbare Services können Verfügbarkeitsausfälle reduziert werden.

## 6.2 Datenexistenz

Die Datenexistenz bzw. Datensicherung behandelt die Problematik möglicher Datenverluste. Während der vorhergehende Abschnitt auf temporär nicht vorhandene Verfügbarkeiten eingeht, beschreibt dieser Punkt dauerhaft verlorene Daten. Neben einem Datenverlust fällt auch die Verfälschung von Daten in diese Kategorie. Primärer Auslöser für Probleme der Datenexistenz sind hard- oder softwaretechnische Fehler, die zu Datenverlusten führen.

### 6.2.1 Umgang in der Wald- und Forstwirtschaft

Der hier beschriebene Aspekt der IT-Sicherheit ist für den Cluster Wald und Holz nicht anders zu bewerten als für alle übrigen Wirtschaftszweige. Eine geeignete Maßnahme liegt in der redundanten Datenhaltung, die eine Absicherung gegen Datenverluste darstellt. Eine Abwägung zwischen Ressourceneffizienz und Absicherung gegen Datenverlusten ist hier notwendig, um festzulegen, ob gegebenenfalls mehrfach redundante Systeme erforderlich sind.

<sup>37</sup> Gadatsch A., Mangiapane M. (2017) Vier Dimensionen der IT-Sicherheit. In: IT-Sicherheit. essentials. Springer Vieweg, Wiesbaden

<sup>38</sup> Siehe auch Standpunktpapier „Wertschöpfungsnetzwerke in Wald und Holz 4.0“

## 6.3 Integrität

„Integrität bezeichnet die Sicherstellung der Korrektheit (Unversehrtheit) von Daten und der korrekten Funktionsweise von Systemen.“<sup>39</sup> Angewendet auf Daten drückt Integrität aus, dass ein Datensatz vollständig und nicht verändert existiert. Ein Integritätsverlust ist damit gleichbedeutend mit einer unautorisierten Veränderung von Daten. Ein Integritätsverlust ist beispielsweise 2016 an der FHS St. Gallen aufgetreten: Die Hochschule verschickte an 60 Studenten falsche Noten.<sup>37</sup>

### 6.3.1 Umgang in der Wald- und Forstwirtschaft

Integritätsverluste sind für alle Geschäftszweige problematisch, so auch für den Cluster Wald und Holz. Personenbezogene Authentifizierungen sind erforderlich, um Änderungen nachvollziehen zu können und nicht autorisierte Vorgänge zu unterbinden. Die dazu notwendigen Methoden können aus anderen, bereits weiter fortgeschrittenen, Bereichen übernommen werden. Es sind je nach Anwendungsfall sowohl Nutzer- als auch Geräte-abhängige Identifikationen möglich. So könnte beispielsweise einem Umweltsensor ein bestimmter informationstechnischer Sicherheitsschlüssel zugewiesen werden und für einen bestimmten Waldbereich wäre es nur möglich Umweltdaten zu schreiben, wenn man in Besitz dieses Sicherheitsschlüssels ist.

## 6.4 Vertraulichkeit

„Vertraulichkeit ist der Schutz vor unbefugter Preisgabe von Informationen. Vertrauliche Daten und Informationen dürfen ausschließlich Befugten in der zulässigen Weise zugänglich sein.“<sup>39</sup> Die Vertraulichkeit sichert somit den Datenschutz. Unbefugte Dritte dürfen keinen Zugriff auf Informationen erhalten. Die Anforderungen der Vertraulichkeit müssen sowohl an gespeicherte Daten als auch an die Datenübertragung gestellt werden. Während gespeicherte Daten durch entsprechende Zugriffsverfahren abgesichert werden können, müssen Übertragungskanäle verschlüsselt werden, um ein Abhören zu verhindern. Für beide Vorgänge existieren unterschiedliche Verfahren, deren Einsatz möglich und Stand der Technik ist.

### 6.4.1 Umgang in der Wald- und Forstwirtschaft

Auch im Cluster Wald und Holz ist die Vertraulichkeit von Informationen zu beachten. Für die meisten Anwendungen scheint der Einsatz des Standes der Technik einen hinreichenden Schutz zu gewährleisten. Für ggf. neu zu entwickelnde Übertragungsverfahren ist entsprechend auf eine ausreichende Verschlüsselung zu achten.

## 6.5 Anwendbarkeit in der Wald- und Forstwirtschaft

Die IT-Sicherheit wird durch die Digitalisierung des Clusters Wald und Holz vor keine neuen Herausforderungen gestellt. Unterschiedliche Aspekte sind kurz beleuchtet worden, erfordern aber jeweils ähnliche Maßnahmen, wie sie auch für die Sicherheit im industriellen oder privaten Umfeld notwendig sind. Durch die fortschreitende Digitalisierung in allen Bereichen des Lebens entstehen zwar immer neue Bedrohungen, parallel werden aber auch die Sicherheitssysteme und -maßnahmen stetig weiterentwickelt. Eine regelmäßige Pflege der Infrastruktur inkl. der Installation von Updates ist notwendig, um permanent gegen die neu entstehenden Bedrohungen abgesichert zu sein, jedoch keine spezielle Anforderung an den Cluster Wald und Holz.

<sup>39</sup> Glossar des BSI: [https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ITGrundschutz/ITGrundschutzKataloge/Inhalt/Glossar/glossar\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/ITGrundschutz/ITGrundschutzKataloge/Inhalt/Glossar/glossar_node.html)