



**Schriftenreihe
Siedlungswasser-, Wasser-
und Abfallwirtschaft
Universität Duisburg-Essen**

Heft 54

**Konzept zur digitalen Transformation
zweier Wasserverbände**

Heiko Althoff

Konzept zur digitalen Transformation zweier Wasserverbände

Fachgebiet für Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft
Abteilung Bauwissenschaften
Fakultät für Ingenieurwissenschaften
Universität Duisburg-Essen

Dissertation

zum Erwerb des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

vorgelegt von Heiko Althoff

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Renatus Widmann (Universität Duisburg-Essen)
Prof. Dr.-Ing. André Niemann (Universität Duisburg-Essen)

Tag der Einreichung: 06. Februar 2023

Tag der mündlichen Prüfung: 16. August 2023

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub

universitäts
bibliothek

Diese Dissertation wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt und liegt auch als Print-Version vor.

DOI: 10.17185/duepublico/78917

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20230905-122501-0

Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1 Anlass und Aufgabenstellung	1
1.1 Anlass für die Untersuchung.....	1
1.2 Möglichkeiten der heutigen “digitalen Welt”	2
1.3 Aufgabenstellung.....	3
2 Grundlegende Aspekte der Digitalisierung	4
2.1 Digitalisierung allgemein	4
2.2 Digitalisierung in der Bundesrepublik Deutschland	16
2.3 Digitalisierung in der Wasserwirtschaft	28
2.4 Digitalisierung bei der Emschergenossenschaft und dem Lippeverband.....	33
3 Überlegungen zur digitalen Transformation	39
3.1 Status Quo in 2015.....	39
3.1.1 Digitale Insellösungen prägen die Systemarchitektur	39
3.1.2 Cybersicherheit gewinnt an Bedeutung	42
3.1.3 Advanced Analytics/ Data Science	44
3.1.4 Digitale Innovationen werden durch starre Hierarchien gebremst.....	45
3.1.5 Beharrlichkeit bei den Anwendenden	45
3.2 Strategische Überlegungen	46
3.2.1 Zielvorgabe „Digitale Transformation“	46
3.2.2 Einsatz von Cloudtechnologien erlauben?.....	50
3.2.3 Etablierung eines unternehmensübergreifenden Think-Tanks.....	51
3.2.4 Kleine Schritte ermöglichen permanente Zieljustierung (PoC-Methodik) und Quick-wins.....	52
3.2.5 Gerüstet durch offene Technologien – Grundlagen zur Nutzung zukünftiger Entwicklungen	53
3.2.6 Identifikation von Schlüsseltechnologien erforderlich.....	55
3.2.7 Die Bedeutung der Unternehmens-IT für EGLV	56
3.2.8 Den Menschen mitnehmen.....	57
3.3 Umsetzung im laufenden Geschäftsalltag.....	58
3.3.1 Wesentliche Grundlage: Ein sicheres IT-Netzwerk für OT und IT	59
3.3.2 Virtualisierung im Anlagenbetrieb – Einführung virtueller Prozessleitsysteme	61
3.3.3 Zeitgemäßes Datenmanagement mit zentraler Zeitreihenplattform.....	63
3.3.4 Das „Schweizer Taschenmesser“ – offene Protokollstandards	65
3.3.5 Wandel der Unternehmenskultur	67

4 Anforderungen und technische Randbedingungen bei der digitalen Transformation	70
4.1 Cybersicherheit/ Unternehmen kritischer Infrastruktur	70
4.2 Wirtschaftliche und zukunftsfähige Nutzung der Digitalisierung	72
4.3 Sinnvolles Vorhalten von Betriebsdaten an einer zentralen Stelle	73
4.4 Einführung und Umbau im laufenden Betrieb	75
4.5 Aus Daten Wissen gewinnen	76
5 Konzeption der digitalen Transformation für EGLV	78
5.1 Zusammenführung der getrennten Netzwerke von OT und IT	79
5.2 Einführung virtueller Prozessleitsysteme	82
5.3 Einführung eines Datenbankframeworks für Betriebsdaten (Zeitreihendaten)	84
5.4 Anbindung des vPLS an das neue Datenbankframework	88
5.5 Visualisierung/ Export von Daten aus dem Datenbankframework	90
5.6 Mehrwerte des Konzepts nach Benutzergruppen	96
5.6.1 Anlagenbetrieb	96
5.6.2 Datengetriebene Abteilungen außerhalb des Anlagenbetriebs	100
5.6.3 Oberes Management/ Vorstand/ Geschäftsführung	101
5.6.4 Unternehmens-IT	102
6 Erfahrungen aus der praktischen Umsetzung	105
6.1 Neues Infrastrukturnetzwerk EGLV	105
6.2 Einführung vPLS	107
6.3 Neues Datenbankframework	110
6.4 Anbindung von Datenquellen	111
6.5 Visualisierung mit neuen Werkzeugen/ Datenexport	112
7 Zusammenfassung	116
8 Abbildungsverzeichnis	121
9 Literaturverzeichnis	123

Verzeichnis der Abkürzungen

API	.....	Application Programming Interface
AR	.....	Augmented Reality
AWS	.....	Amazon Web Services
B3SWA	....	Branchenspezifischer Sicherheitsstandard Wasser/Abwasser
BFS	.....	Betriebsführungssystem
BSI-KRITISV	.....	Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz
BÜS	.....	Betriebsüberwachungssystem
BÜZ	.....	Betriebsüberwachungszentrale
BZ	.....	Bezirkszentrale
CAD	.....	Computer Aided Design
CDO	.....	Chief Digital Officer / Chief Data Officer
CIO	.....	Chief Information Officer
CSV	.....	Comma-separated Value
DSGVO	....	Datenschutz-Grundverordnung
DVGW	.....	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
DWA	.....	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
EA	.....	Enterprise Agreement
EGLV	.....	Emschergenossenschaft/Lippeverband
EGZ	.....	Einzugsgebietszentrale
ERP	.....	Enterprise-Resource-Planning
EU	.....	Europäische Union
EW / EGW	.....	Einwohnerwerte / Einwohnergleichwerte
GIS	.....	Geografisches Informationssystem
HMD	.....	Human Maschine Device
HR	.....	Human Ressources
IDLE-Modus	.....	Leerlauf-Modus
IoT	.....	Internet of Things
IIoT	.....	industrial Internet of Things
IT	.....	Information Technologie (Büro-IT)

KI Künstliche Intelligenz

KRITIS Kritische Infrastrukturen in Deutschland (UP KRITIS)

OPC-UA... Open Platform Communications – Unified Architecture (Protokollstandard)

OT Operational Technology (Betriebs-IT)

PC Personal Computer

PLS Prozessleitsystem

RAMI Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0

REST Representational State Transfer

RFID..... Radio-frequency identification

SAP Softwareherstellernamen Systeme, Anwendungen, Produkte –

SAP-MM... Softwaremodule Materials Management (SAP)

SAP-PM Softwaremodul Plant Maintenance (SAP)

SCADA..... Supervisory Control and Data Acquisition

SPS..... Speicherprogrammierbare Steuerung

SüwVO Abw Selbstüberwachungsverordnung Abwasser

TAB Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag

TCP/IP Transmission Control Protocol/Internet Protocol

TK Telekommunikation

UP KRITIS Öffentlich-private Kooperation zwischen Betreibern Kritischer Infrastruk-
..... turen, deren Verbänden und den zuständigen staatlichen Stellen.

US / USA.. United States of America

VDI..... Virtual Desktop Infrastructure

VKU..... Verband Kommunaler Unternehmen e. V.

VLAN..... Virtual Local Area Network

vPLS virtuelles Prozessleitsystem

VPN..... Virtual Private Network

VR..... Virtual Reality

ZRP Zeitreihenplattform

Zusammenfassung

Die zunehmende weltweite Digitalisierung birgt auch für die Wasserwirtschaft in Deutschland deutliche Potentiale, denen sie sich nicht verschließen kann. Um die Potentiale zu heben und die digitale Transformation in Wasserwirtschaftsunternehmen erfolgreich umzusetzen, benötigt es sowohl digitale Kompetenz als auch ein umfangreiches Verständnis der Prozesse bei wasserwirtschaftlichen Betreibern.

Die vorliegende Dissertation beschreibt zunächst die grundlegenden Aspekte der Digitalisierung. Ausgehend von einer Analyse der Ausgangssituation werden die erforderlichen strategischen Überlegungen und Entscheidungen im oberen Management erläutert. Gleichzeitig beschreibt die Arbeit weitere technische Anforderungen wie beispielsweise die Cybersicherheit, die bei der digitalen Transformation zu berücksichtigen sind. Anschließend wird eine Konzeption der digitalen Transformation für die Wasserwirtschaftsverbände Emschergenossenschaft und Lippeverband entwickelt und erfolgreich umgesetzt. Die erreichten Mehrwerte sowie die bei der Umsetzung gesammelten Erfahrungen werden in einem gesonderten Kapitel erläutert. Grundsätzlich kann die ausgearbeitete Konzeption mitunter als Orientierungshilfe für andere wasserwirtschaftliche Unternehmen auf deren Weg der digitalen Transformation dienen.

Abstract

The increasing global digitalisation also holds significant potential for the water industry in Germany, which it cannot ignore. In order to leverage the potentials and successfully implement the digital transformation in water management companies, it requires both digital competence and a comprehensive understanding of the processes at water management operators.

This dissertation first describes the fundamental aspects of digitalisation. Based on an analysis of the initial situation, the necessary strategic considerations and decisions in upper management are explained. At the same time, the thesis describes further technical requirements, such as cyber security, which must be taken into account in the digital transformation. Subsequently, a concept for the digital transformation for the water management associations Emschergenossenschaft and Lippeverband is developed and successfully implemented. The added values achieved and the experience gained during implementation are explained in a separate chapter. Basically, the concept developed can serve as an orientation aid for other water management companies on their way to digital transformation.

1 Anlass und Aufgabenstellung

Mit der zunehmenden Digitalisierung in der Welt ergeben sich neue Möglichkeiten, bisherige Prozesse zukünftig anders als bisher abzubilden – und damit neue Effizienzen zu heben.

Unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ und seinem internationalen Pendant „Internet of Things (IoT)“ haben sich seit den 2010er Jahren vollständig neue Geschäftsmodelle entwickelt, die gerade die althergebrachten Branchen herausfordern und oft überflügeln. Start-Ups, also junge kleine Unternehmen mit disruptiven Ansätzen, sind mittlerweile Bestandteil der geschäftlichen Welt geworden. Grundlage für die neuen Entwicklungen ist in der Regel die durchgängige digitale Vernetzung der Systeme miteinander und damit die Nutzung der anfallenden Daten zur Hebung neuer Potentiale. Datengetriebene Innovationen, die z. B. Verfahren der künstlichen Intelligenz einsetzen, erlauben neuartige Herangehensweisen auch für die Wasserwirtschaft.

1.1 Anlass für die Untersuchung

Unternehmen in der Wasserwirtschaft dienen seit über 100 Jahren der Daseinsvorsorge. Ihre Prozesse sind langjährig erprobt und etabliert. Innovation erfolgt in der Regel über Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Der Anlagenbetrieb in der Wasserwirtschaft ist im Wesentlichen automatisiert. Mit ihm wird der optimale Schutz der Umwelt (i.d.R. der Gewässer) durch geeignete Maßnahmen sicherstellt. Der Einsatz digitaler Komponenten ist seit den 1980er Jahren in der Wasserwirtschaft Stand der Technik. Seitdem fallen viele Daten in unterschiedlicher Form kontinuierlich an. Diese Daten werden bereits heute zur Optimierung der Prozesse in der Wasserwirtschaft genutzt – oder zur Kontrolle der Erreichung der gesetzlich vorgeschriebenen Ziele im Genehmigungskontext wasserwirtschaftlicher Anlagen.

Die Kosten hierfür werden in der Regel von der Allgemeinheit getragen, d.h. durch Beiträge oder Gebühren auf die Trinkwasserverbraucher und Abwassererzeuger (Bevölkerung / Industrie) umgelegt. Ein steter Kostendruck ist vorhanden, um die lebensnotwendige Daseinsvorsorge für Trink- und Abwasser kostengünstig für alle Menschen anbieten zu können. Aus dem Kostendruck resultiert die kontinuierliche Herausforderung an die Betreiber von wasserwirtschaftlichen Anlagen, sich permanent weitergehend unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu optimieren – und damit alle jeweils verfügbaren Mittel einzusetzen, um Effizienzen zu heben.

Durch die technologische Entwicklung von den in der Wasserwirtschaft eingesetzten IT-Systemen werden große Potentiale in der nun möglichen Vernetzung der vorhandenen Systeme vermutet. Allerdings fällt es den Beschäftigten in der Wasserwirtschaft nicht immer leicht, von verdienten bekannten Wegen und Verfahren loszulassen und neue Wege in der digitalen Welt

zu beschreiten. Sorgen und Bedenken der Beschäftigten im Anlagenbetrieb zeigen sich insbesondere an den Stellen, an denen neuartige Systemlösungen mit zentralen Bestandteilen in einem Rechenzentrum vorhandene dezentrale Systeme ablösen sollen. Das Vertrauen in reine IT-Lösungen ist noch nicht überall vorhanden, zeitgleich geht die Befürchtung einher, bisherige Kontrollmöglichkeiten zu verlieren. Erschwerend kommt hinzu, dass die Fachdisziplinen IT und Anlagenbetrieb unterschiedliche Sprachen sprechen. An dieser Schnittstelle sind aufwendige Übersetzungs- und Vermittlungsarbeiten notwendig. Sie müssen beispielsweise erklären, warum zentrale, mit dem Internet dauerhaft verbundene IT-Systeme in Zeiten von Cyberkriminalität trotzdem sicherer sind als die bisherigen Altsysteme.

1.2 Möglichkeiten der heutigen “digitalen Welt”

Die neue digitale Welt ist im Wesentlichen datengetrieben. Dazu müssen zunächst Daten digital erfasst und gesammelt werden. Je größer der Datenschatz, umso einfacher ist die anschließende Nutzung neuer Technologien wie z. B. der künstlichen Intelligenz, um aus den Datenbeständen verlässliche Vorhersagen für die (nahe) Zukunft treffen zu können. Aber auch das Reporting und die vorgeschriebenen gesetzlichen Berichte sind von einer einheitlichen und qualitativ hochwertigen Datengrundlage abhängig. Die heutigen technischen Systeme sind in der Lage, sehr große Datenmengen zu verarbeiten und zu nutzen, frühere Einschränkungen aufgrund von Speicherplatzproblemen oder Dateigrößen sind obsolet.

Was so einfach klingt, ist oftmals beliebig kompliziert. Unterschiedliche Datenstrukturen und uneinheitliche Datenablagen erschweren das Auffinden und Zusammenstellen von Informationen bereits zu Beginn neuer Betrachtungen. Datentechnisch getrennte Systeme bedürfen zunächst einem klassischen Datenaustausch (z. B. via USB-Stick), um die Daten in den Verwaltungsnetzen verfügbar zu machen. Bestandssysteme sind z. T. viele Jahre alt. Neue Systeme existieren zusätzlich parallel in den Unternehmenswelten und die zugrunde liegende Netzwerkarchitektur ist eine Mischung aus den Systemen der vergangenen Zeit und der Neuzeit.

Um die Potentiale der digitalen Neuzeit heben zu können, bedarf es einer digitalen Transformation in den Unternehmen. Mit ihr werden die grundlegenden Voraussetzungen neu geschaffen, um auch in der Zukunft dauerhaft die Produkte der Daseinsvorsorge kostengünstig zu Verfügung zu stellen. Gleichzeitig bietet sich die Chance, die Arbeit in der Wasserwirtschaft durch die digitale Transformation weiterhin attraktiv für die Arbeitenden zu halten – die Transformation kann u.a. ortsunabhängiges Arbeiten erleichtern und zudem eine Antwort auf den demografischen Wandel mit dem einhergehenden Fachkräftemangel darstellen, da das wasserwirtschaftliche Know-how in geeigneter Form digital vorgehalten werden kann. Genutzt wird das Wissen beispielsweise anschließend durch Augmented Reality Anwendungen, bei denen die analoge und die digitale Welt nahtlos ineinander übergehen.

1.3 Aufgabenstellung

Die vorliegende Arbeit betrachtet die digitale Transformation für Unternehmen in der Wasserwirtschaft am Beispiel der Emscher-Genossenschaft und des Lippeverbands (EGLV).

Sie beschreibt zunächst den aktuellen Wissens- und Umsetzungsstand bei der Digitalisierung sowohl in der Welt als auch auf Deutschland und die Wasserwirtschaft im Speziellen betrachtet. Anschließend betrachtet die Arbeit Überlegungen zur digitalen Transformation. Hierbei wird zunächst der Status Quo und die vorhandenen Defizite und Schwierigkeiten in den IT-technischen Altsystemen beleuchtet. Strategische Überlegungen zur digitalen Transformation sind unbedingt erforderlich und werden im Rahmen dieser Arbeit aufgestellt. Sie dienen zur Aufstellung der Anforderungen und technischen Randbedingungen bei EGLV auf dem Weg in die digitale Wasserwirtschaft. Damit wird ein durchgängiges Konzept zur digitalen Transformation für EGLV erarbeitet und beschrieben, das auch für andere Unternehmen in der Wasserwirtschaft hilfreich sein kann. Das Zusammenspiel verschiedener technischer Grundlagen wird dabei ausführlich betrachtet. Insbesondere die Mehrwerte für das Gesamtunternehmen, aber auch für einzelne Schwerpunktbenutzergruppen, wie z. B. dem Anlagenbetrieb, weiteren datengetriebenen Fachabteilungen sowie der IT werden berücksichtigt. Abschließend werden die Erfahrungen aus der erfolgreichen Umsetzung des Konzepts zur digitalen Transformation bei EGLV beschrieben.

2 Grundlegende Aspekte der Digitalisierung

Digitalisierung ist in aller Munde – doch was bedeutet der Begriff eigentlich wirklich? Definitionen gibt es viele und sie zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass jede Definition einen anderen Betrachtungsraum benutzt. Kapitel 2.1 beschreibt zunächst die für diese Arbeit gewählte Definition und spannt damit gleichzeitig den Rahmen der weiteren Betrachtungen auf. Die Bedeutung und die grundsätzlichen Chancen der Digitalisierung werden anhand von Beispielen weltweiter neuer digitaler Geschäftsmodelle erläutert. Wesentlich sind dabei die dahinterstehende Logik der Digitalisierung sowie die Möglichkeiten des Umgangs mit großen Datenmengen mit den heutigen Computerressourcen. Kapitel 2.2 beschreibt den entsprechenden Entwicklungsstand der Digitalisierung in Deutschland, der sich mitunter von den weltweiten Entwicklungen unterscheidet – z. B. durch regulatorische Ansätze seitens der Bundesregierung aber auch durch Vorschläge der EU, um eine Unabhängigkeit von Nordamerika zu erzielen. Gleichzeitig gibt es gute Produkt-Beispiele auch in Deutschland, wie die Digitalisierung erfolgreich genutzt werden kann. Die Wasserwirtschaft im Speziellen wird in Kapitel 2.3 näher betrachtet. Kapitel 2.4 beschreibt den entsprechenden Entwicklungsstand bei EGLV.

2.1 Digitalisierung allgemein

Der Begriff der Digitalisierung wird unterschiedlich interpretiert (Bendel, 2018). Eine traditionelle technische Interpretation versteht das Übertragen von bisher in analogem Format vorliegenden Daten in digitale, maschinenlesbare Formate, die über verschiedene Wege verbreitet und damit grundsätzlich auf unterschiedlichen Endgeräten genutzt werden können. Mit der technischen Interpretation einher geht die Automatisierung von Aufgaben, die Computer nun übernehmen können. Dabei ist der Rahmen der Automatisierung in der Regel durch die eingesetzten Informationstechnologien geprägt.

Heute wird der Begriff der Digitalisierung mit der Einführung neuer, digitaler Technologien in Unternehmen verwendet. Hier bedeutet die Digitalisierung die zunehmende Vernetzung bisher unabhängiger Einzelsysteme und die dadurch mögliche Schaffung veränderter oder neuer Wertschöpfungsstrukturen, die wiederum die Geschäftsmodelle verändern (Hess, 2019). Die vorliegende Arbeit verwendet den Begriff Digitalisierung im letzteren Sinne.

Die digitale Wirtschaft ist ein wichtiger und wachsender Bestandteil der Weltwirtschaft. Mit der zunehmenden Vernetzung ist eine neue Generation von Unternehmen, Innovatoren und Arbeitsplätzen entstanden. Weltweite Treiber sind dabei die Effizienz, der Marktzugang und der Erfindungsgeist (UN, 2015).

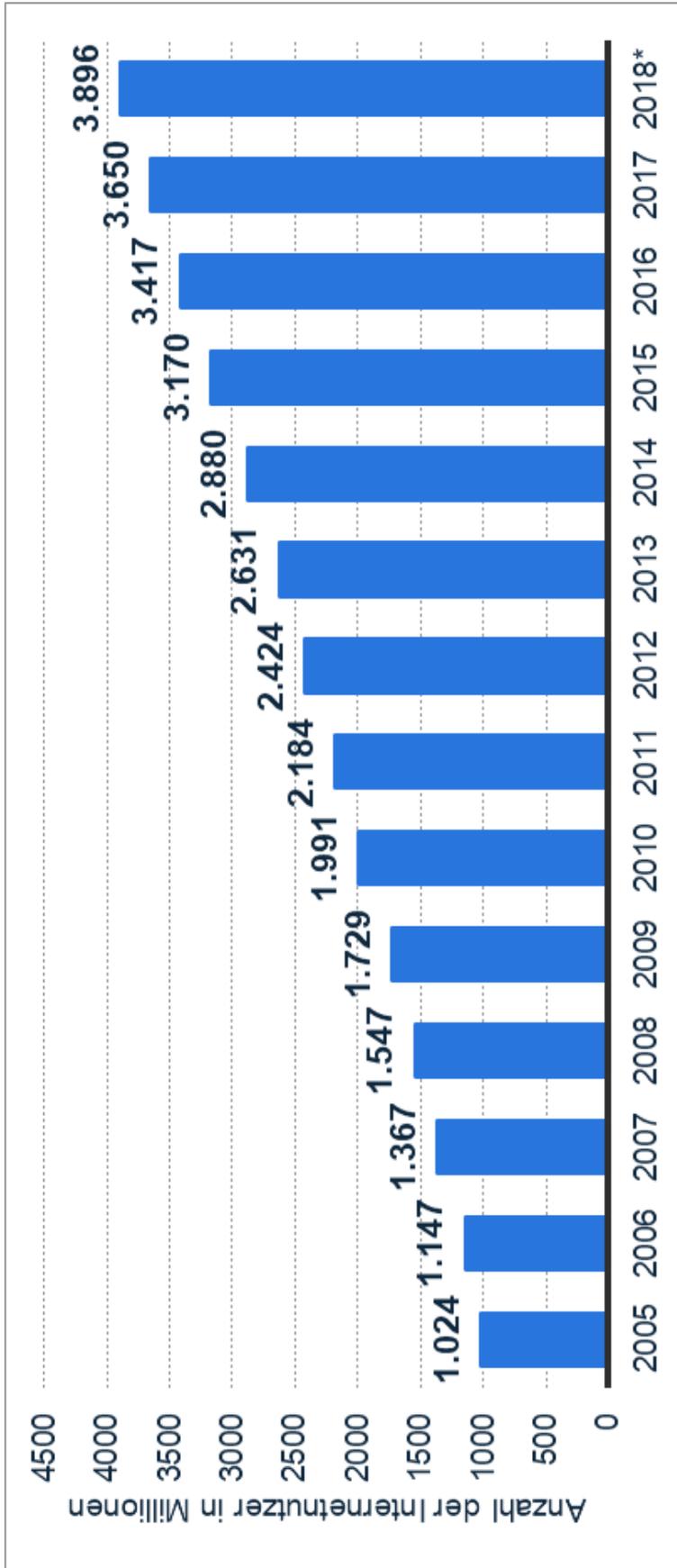


Abbildung 2-1 : Entwicklung der Anzahl der Internetnutzer weltweit (ITU, 2018)

Der globale Digitalisierungsgrad steigt jährlich und kontinuierlich. Gemessen an der Weltbevölkerung in 2018 von 7,7 Mrd. Menschen sind mittlerweile rd. 51% der Weltbevölkerung Internetnutzer (siehe Abbildung 2-1). Der Erfolg des Internets spiegelt gleichzeitig auch die Erwartung der Menschen an digitale Lösungen wider, denn durch die Digitalisierung lassen sich bisherige zeitaufwendige Prozesse schneller und vor allem für die Nutzer bequemer lösen.

Prägnantes Beispiel hierfür sind die digitalen Bürgerservices in Estland. Der kleine EU-Staat ist Vorreiter für die Digitalisierung in Europa. Die Esten haben in den 90er Jahren einen Masterplan für die Digitalisierung ihres Landes aufgestellt und seitdem konsequent verfolgt. Neben einem Grundrecht auf digitalen Zugang und der landesweiten Internetverfügbarkeit sind insbesondere die staatlichen Verwaltungsakte digitalisiert worden. Jeder Bürger besitzt eine digitale ID, seine Zugangskennung, und kann diese über die sogenannte „X-Road“ zur Abwicklung seiner Behörden- und privaten Geschäfte nutzen (Schwärzel, 2018) (siehe Abbildung 2-2).

Estland zeigt damit, dass zur erfolgreichen Digitalisierung holistische Ansätze hilfreich sind. Zur Digitalisierung haben die Esten zunächst die technischen Grundlagen geschaffen, sowohl netztechnisch durch die Internetverfügbarkeit als auch für die einzelnen Bürgerinnen und Bürger durch die digitale ID. Die X-Road verbindet nun diese Welten und bietet hier digitale Dienste an. Der Ansatz kann mit einem Greenfield-Ansatz verglichen werden, d.h. zu Beginn wurde die Systemwelt insgesamt neu geschaffen und danach schrittweise entwickelt und verbessert. Auf vorhandene, „alte“ Systeme (in der IT oft als Legacy bezeichnet) wurde bewusst verzichtet. Hierdurch konnte frei gedacht und entwickelt werden.

Dieser Schritt will wohl überlegt sein. In der Regel sind in der Weltwirtschaft dort, wo jetzt durch die Digitalisierung weitere Potentiale gehoben werden sollen, bereits seit langem etablierte Wertschöpfungsketten vorhanden. Die Schwierigkeit ist hier, mit der Digitalisierung auf bestehenden Systemen aufzusetzen und oft ohne einen Greenfield-Ansatz dennoch weitere Effizienzen zu nutzen.

Dabei prägt der Begriff der digitalen Transformation die Weltwirtschaft. Nach (Bubolz, 2016) beschreibt sie “die grundsätzliche Veränderung unserer Unternehmenswelt durch die Etablierung neuer Prozesse und Technologien auf Basis der mobilen Kommunikation mit enormen Auswirkungen auf die Kultur der gesamten Gesellschaft.” Bestehende Unternehmen sind gut beraten, die sich durch die Digitalisierung ergebenden Chancen und Risiken für ihr Geschäftsmodell zu betrachten.

exchange

The busiest highway of e-Estonia – X-Road from 2001.

- + saving 1407 years annually
- + 651 institutions and enterprises
- + 504 public sector institutions
- + 2691 different services
- + over 900 million transactions per year
- + exported to Finland, Island, Ukraine, Kyrgyzstan, Namibia, Faroe Island and other countries

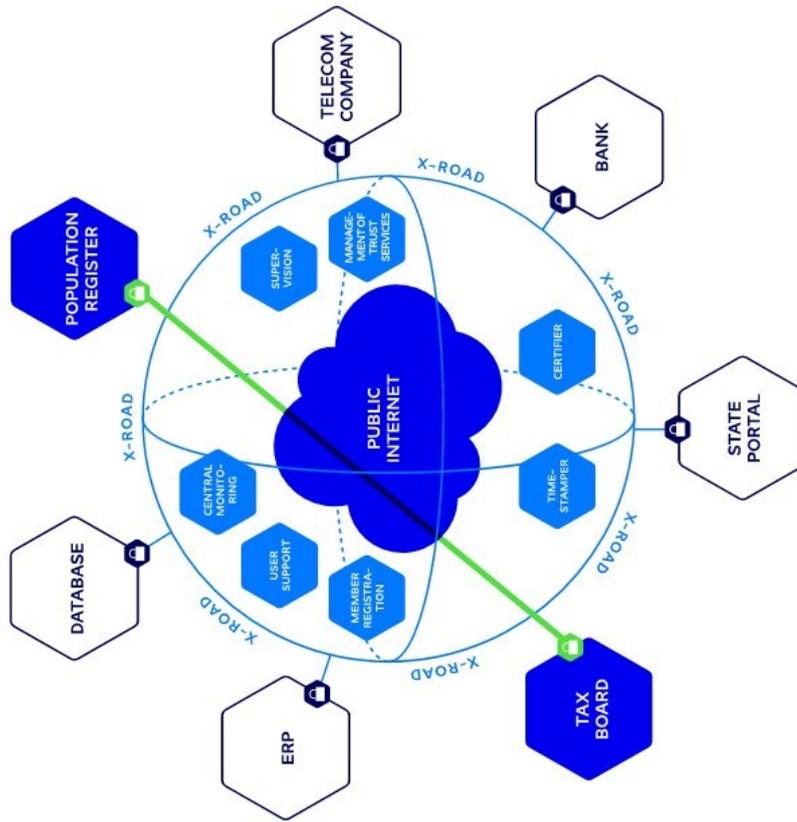


Abbildung 2-2: Die „X-Road“ - softwaretechnische Plattform als Basis für den Datenaustausch (e-Estonia, 2019)

Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2018 (in Millionen)

Anzahl der Nutzer von Smartphones in Deutschland bis 2018

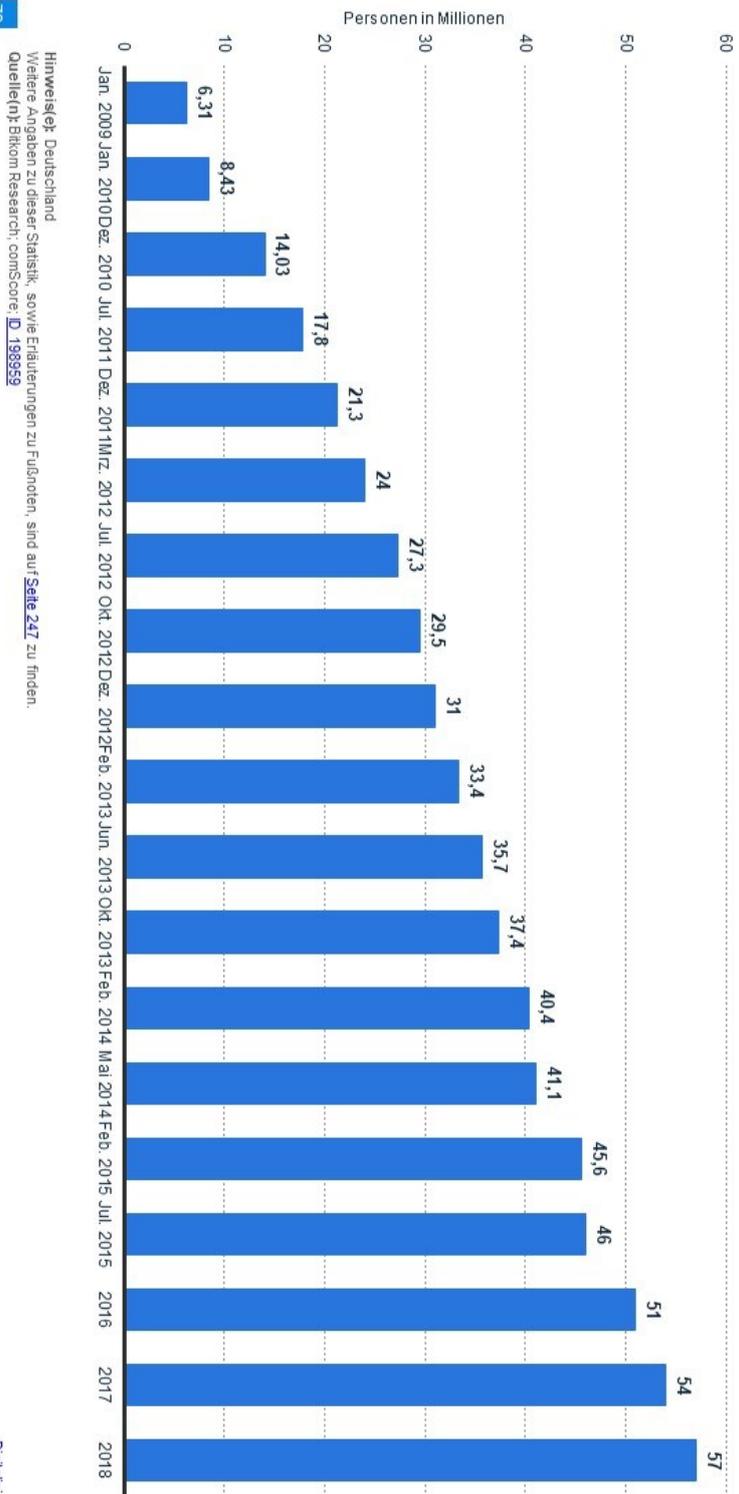


Abbildung 2-3: Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland 2009 – 2018 (Bitkom, 2018)

Abbildung 2-3 zeigt die Entwicklung der Smartphone-Nutzer in Deutschland (Bitkom, 2018). Mittlerweile nutzen 57 Millionen Deutsche ein Smartphone – basierend auf einer Gesamtbevölkerungszahl von 83 Millionen Menschen sind das bereits 69 % der Bevölkerung in Deutschland. Ein steigender Trend ist eindeutig erkennbar.

Basistechnologie für die Vernetzung der Systeme ist in der Regel das Internet bzw. das dem zugrunde liegende Kommunikationsprotokoll TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Auf der Basis von TCP/IP existieren weltweit öffentliche und private Netzwerke, die miteinander in Verbindung treten können. Die Welt "spricht" also TCP/IP.

Mit dieser Basistechnologie ist das Internet der Dinge entstanden – ein Begriff, unter dem heute die Vernetzung von Geräten und Gegenständen über das Internet verstanden wird. Die Geräte kommunizieren dabei selbständig über das Internet und erbringen Leistungen für Ihren Besitzer (Lackes und Siepermann, 2018). Prominente Beispiele sind private Hausautomatisierungssteuerungen oder die automatische (Nach-)Bestellung von Verbrauchsmitteln z. B. bei angemieteten Großkopierern.

Das Pendant zum Internet der Dinge im industriellen Sektor ist das Industrial Internet of Things (IIoT bzw. Industrie 4.0 in Deutschland), das alle Objekte der industriellen Kommunikation in der digitalen Fabrik datentechnisch auf einer Plattform verbindet (Weinländer, 2017).

Der aktuelle Hootsuite-Report "Digital 2019" zeigt, dass die Durchdringung der Welt mit dem Internet weiterhin steigt. In Nordamerika und Nord- und Westeuropa sind mittlerweile 94 bis 95% der Bevölkerung Internetnutzer (Hootsuite, 2019) (siehe Abbildung 2-4).

Westeuropa und Nordamerika sind gleichzeitig die Vorreiter in der Entwicklung des IIoT, wobei nach einer Analyse der US-Managementberatung Bain & Company für das Jahr 2018 europäische Unternehmen die weltweite Führungsposition einnehmen. Für die Studie wurden mehr als 600 IoT-Verantwortliche in Europa und den USA befragt. In Europa kamen Vorhaben zu Industrie 4.0 dreimal so schnell wie in den USA voran, während die Unternehmen in den USA mit Implementierungsschwierigkeiten umzugehen haben (Bain & Company, 2019).

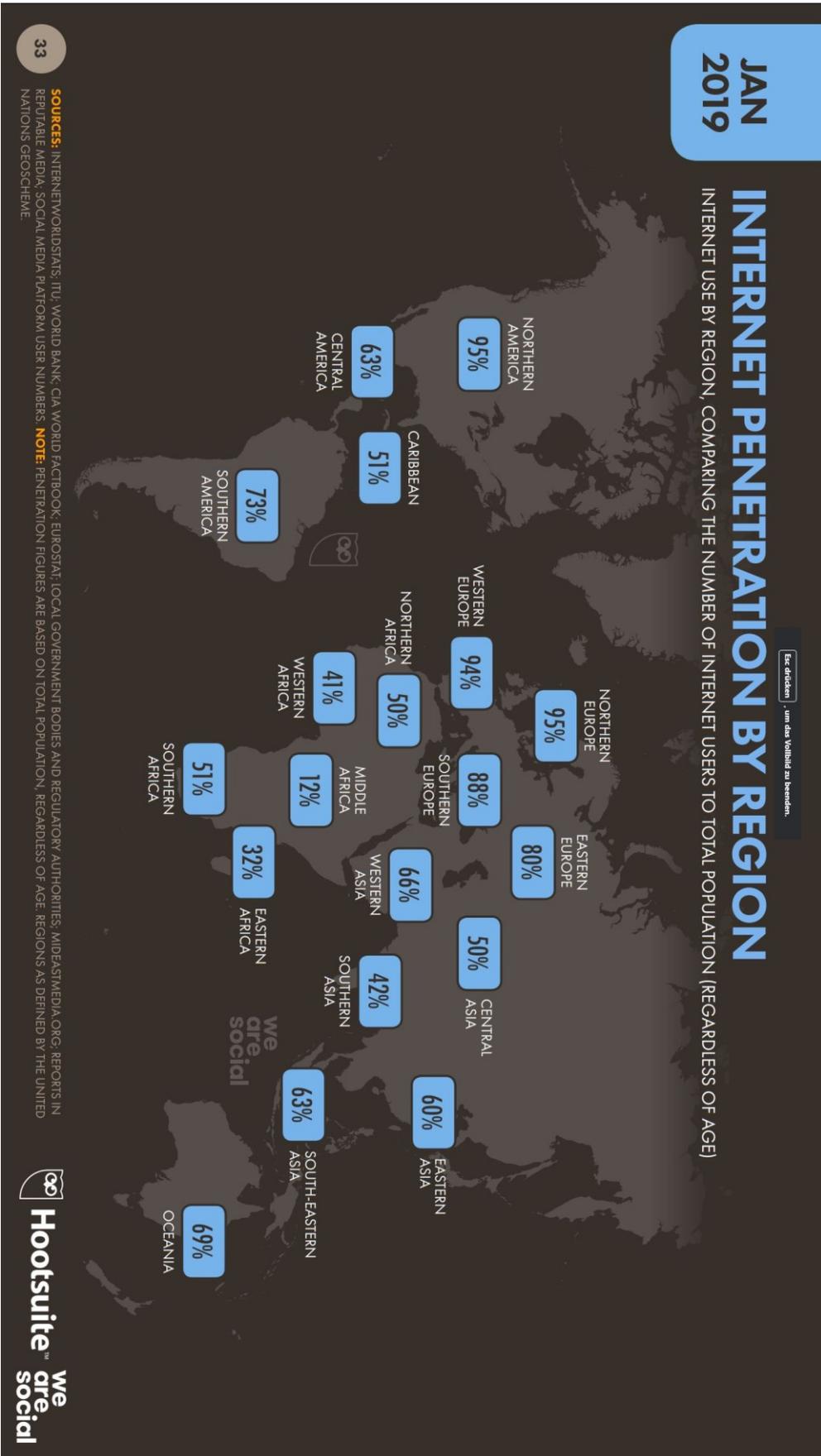


Abbildung 2-4: Internetdurchdringung nach Weltregionen (Hootsuite, 2019)

Damit sind die wesentlichen Voraussetzungen zur Hebung der Potentiale der Digitalisierung gegeben. Um den Weg der digitalen Transformation auf Unternehmensebene zu beschreiten, gilt es zunächst, sich mit Geschäftsmodellen der Digitalisierung zu beschäftigen (Abbildung 2-5).

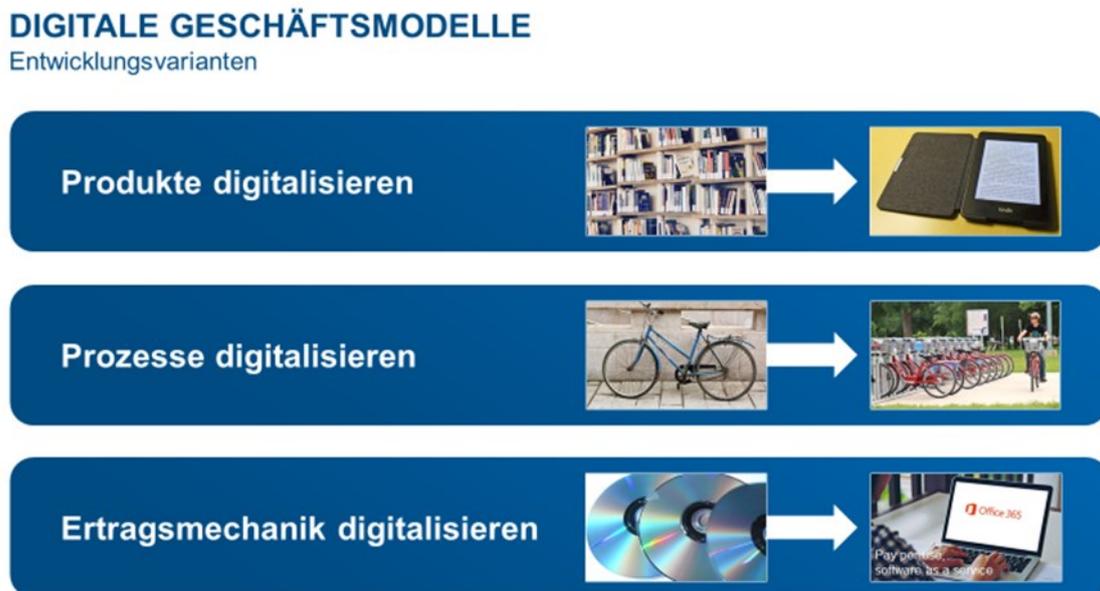


Abbildung 2-5: Entwicklungsvarianten für digitale Geschäftsmodelle (nach Weinländer, 2017)

Hierbei unterscheidet das Deutsche Institut für Normung (Weinländer, 2017) zwischen drei grundsätzlichen Entwicklungsvarianten für Geschäftsmodelle: Der Digitalisierung von Produkten, Prozessen und Ertragsmechaniken. Beispiele für digitalisierte Produkte sind e-books, die zunehmend analoge Bücher ablösen. Durch die Entwicklung z. B. des mp3-Formats für Audiodaten oder der jpg-Formats für Fotos sind diese vormals analogen nun digitale Produkte und können als Dateien genutzt werden.

Kann das eigentliche Produkt nicht digitalisiert werden, so kann oftmals jedoch der zugehörige Prozess zur Leistungserbringung in der digitalen Welt optimiert werden – beispielsweise in der Taxi-Branche. Hier wird der Buchungsprozess - die klassischen Taxi-Zentralen - durch neue digitale Produkte wie der Onlinebuchung auf Smartphones mittels App einfach ersetzt. Gleiches gilt für den Verleih von Fahrrädern in Ballungsräumen – hier können die Benutzer auf die Anschaffung eines eigenen Fahrrades verzichten und stattdessen einfach per App ein Fahrrad bei Bedarf leihen. Unter ökonomischen Gesichtspunkten ist diese Vorgehensweise, bei der nur die tatsächliche Nutzung vom Benutzer bezahlt werden muss, klar wirtschaftlich.

Letzte Entwicklungsvariante für Geschäftsmodelle ist die Digitalisierung von Ertragsmechaniken. Hierunter sind im Wesentlichen neue Bezahlmodelle wie z. B. der Erwerb von Leistungsstunden im Sinne eines Service anstelle des Kaufes eines Produkts. Beispiel hierfür ist der Flugzeugtriebwerkhersteller Rolls Royce mit seinem TotalCare Geschäftsmodell, bei dem die Fluggesellschaften lediglich für die Flugstunden eines Triebwerks bezahlen (Rolls Royce, 2017).

Ziel der digitalen Transformation auf Unternehmensebene ist damit das Finden von neuen oder das Anpassen von existierenden Geschäftsmodellen, um zukünftig weiterhin erfolgreich als Unternehmen bestehen zu können und um Mehrwerte zu schaffen.

Grundsätzlich erfolgt die Digitalisierung nicht zum Selbstzweck. Sie wird in der Regel zielgerichtet dazu genutzt, Mehrwerte in vorhandenen Prozessen und Umgebungen zu heben. Um die Möglichkeiten der Mehrwerte zu identifizieren, benötigt es ein grundlegendes Verständnis der Logik der Digitalisierung. Abbildung 2-6 verdeutlicht die für die Digitalisierung bestimmenden Komponenten innerhalb eines Unternehmens. Existenzielle Grundlage sind Daten in jedweder Form, die im Unternehmen in der Regel sowohl zentral als auch dezentral anfallen (Stufe 1). Es gilt, diese Daten durch die Digitalisierung miteinander zu verbinden und damit zu vernetzen (Stufe 2). Diese physikalische Vernetzung erfolgt über geeignete und am Markt verfügbare sichere Technologien. Damit ist dann eine Verarbeitung der Daten, idealerweise zentral an einer oder zumindest möglichst wenigen Stellen im Unternehmen, möglich. Sinnvoll ist hier die Schaffung von Plattformen zur Speicherung und Verarbeitung der Daten, die damit leicht verständliche und standardisierte Anwendungen den Umgang mit den Datenmengen erleichtern (Stufe 3). Die Plattformen können dann für verschiedene weitere Stufen der Wertschöpfungskette verwendet werden, z. B. zur weitergehenden Analyse der im Unternehmen vorhandenen Daten (Stufe 4). Hierunter sind Datascience Methodiken von einfachen Algorithmen bis hin zur Mustererkennung mittels Machine Learning und künstlicher Intelligenz zu verstehen. Die Ergebnisse der Stufe 4 können dann in Stufe 5 weiterverwendet werden, um z. B. komplexe Abläufe zu automatisieren, Fachsysteme zu vernetzen und zu optimieren sowie Prozesse zu visualisieren. Der Visualisierung kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, denn im Gegensatz zur klassischen Darstellung von Daten in gewohnten Formen wie Tabellenkalkulationen und Diagrammen sind hier auch vollständig neue Wege begehbar. Die Nutzung von Augmented Reality (AR), also dem unterstützten Sehen durch Einblendungen in das Sichtfeld des Anwenders, und Virtual Reality (VR), dem vollständigen Eintauchen des Anwenders in eine virtuelle Welt, sind insbesondere für große Datenmengen vielversprechend.



LOGIK DER DIGITALISIERUNG

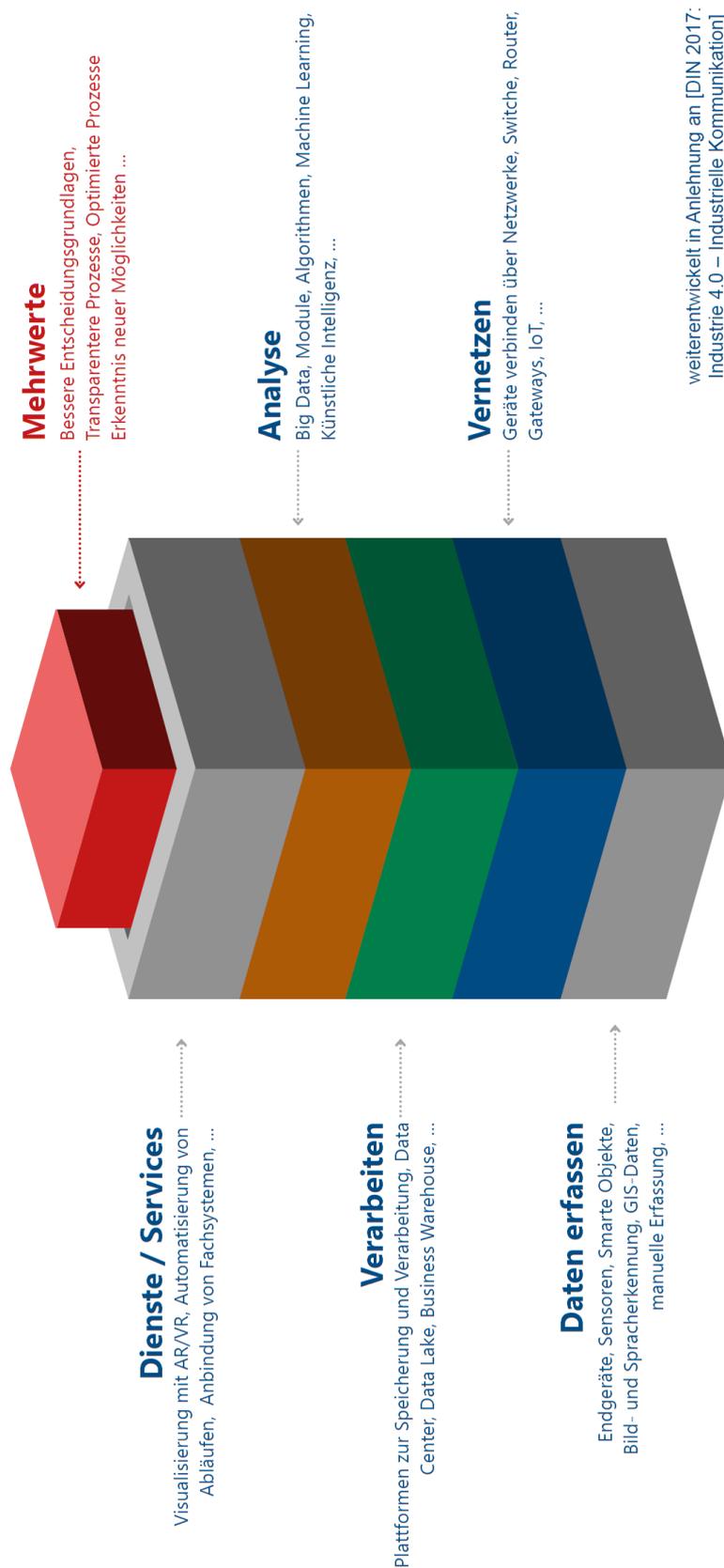


Abbildung 2-6: Logik der Digitalisierung (weiterentwickelt in Anlehnung an DIN 2017) (Althoff, 2020)

Die finale Stufe 6 stellt dann die Mehrwerte dar, die durch die Digitalisierung insgesamt geschaffen werden. Sie beinhaltet die Schaffung besserer Entscheidungsgrundlagen, die durch die Stufen 1 bis 5 nun zur Verfügung stehen, optimierte Prozesse aus Unternehmenssicht (z. B. energetisch), das Aufdecken bislang nicht erkannter Zusammenhänge sowie insgesamt transparentere Prozesse.

Spätestens durch die oben beschriebene Abhängigkeit wird klar: Digital erfasste und in Netzwerken verfügbare Daten sind wesentliche Voraussetzung für ein Unternehmen, das die digitale Transformation durchführen will. Nur unter dieser Voraussetzung stehen die Daten anschließend für optimierte und neue Wertschöpfungsketten leicht zur Verfügung. Mit ihnen können Automatisierungen effizienter werden, und die übergreifende Nutzung der Daten zur Identifikation neuer Zusammenhänge (z. B. durch den Einsatz künstlicher Intelligenz) wird erst möglich. Die Beschäftigung mit diesen Möglichkeiten ist für die Unternehmen sinnvoll und wertvoll: Laut (PricewaterhouseCoopers, 2017) wird künstliche Intelligenz bis 2030 einen Anteil von 15,7 Billionen US-Dollar zur Weltwirtschaft beitragen.

Den in Abbildung 2-6 beschriebenen Plattformen zur Speicherung und Verarbeitung der Unternehmensdaten kommt eine besondere Rolle zu. Denn sie müssen auf der einen Seite in der Lage sein, von vielen unterschiedlichen Datenlieferanten (z. B. Sensoren, Aktoren, Zähler, Klimamessstellen) Daten in unterschiedlichen Formaten anzunehmen, diese aufzubereiten und im Speicher abzulegen. Auf der anderen Seite werden die Plattformen für unterschiedlichste zukünftige Anwendungsfälle als Datenlieferant dienen und müssen deshalb die gespeicherten Daten möglichst schnell anderen Systemen zur Verfügung stellen können. Die Plattform ist also ein System aus verschiedenen Bausteinen, die einzelne Aufgaben übernehmen (siehe Abbildung 2-7).

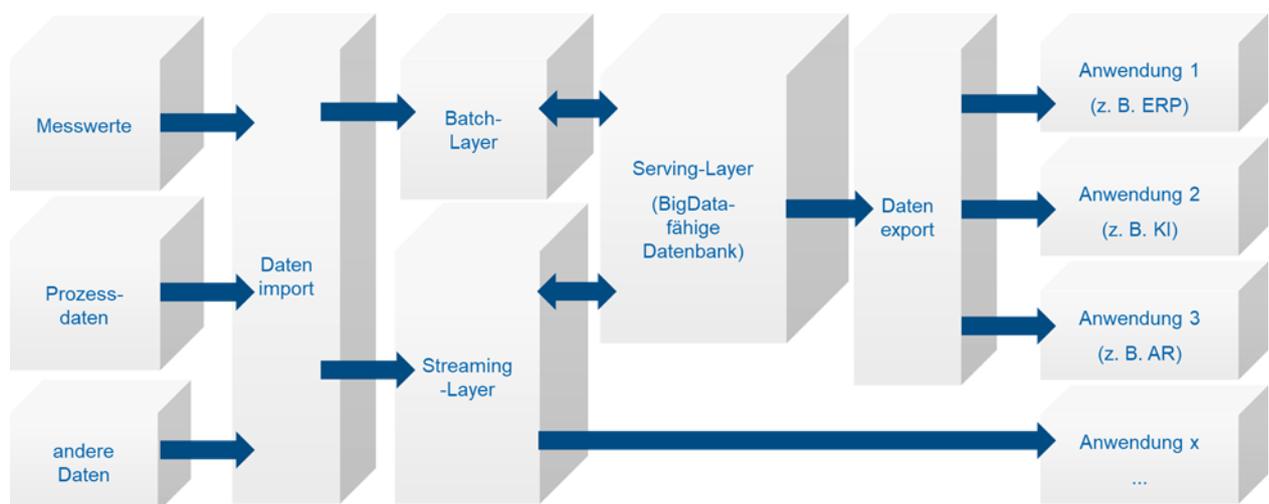


Abbildung 2-7: Module einer Datenplattform (eigene Grafikdarstellung)

Im Zentrum steht vereinfacht beschrieben ein BigData-fähiges Datenbanksystem, das neben der reinen Datenspeicherung (auch Datenpersistierung genannt) weitere Funktionen integriert.

Grundlage kann die sogenannte Lambda-Architektur zur Datenverarbeitung sein, mit der sich große Datenmengen in kurzer Zeit verarbeiten lassen (Marz, 2015) (Hausenblas und Bijmans, 2017). Die im Datenimport gesammelten Daten werden in der Regel über den Batch-Layer verarbeitet, der grundsätzlich alle Daten unveränderlich verarbeitet. Da die Datenverarbeitung insbesondere bei zunehmenden Datenmengen mitunter zeitintensiver wird, gibt es den sogenannten Streaming-Layer (auch als Speed-Layer in der Literatur bezeichnet), der während der Bearbeitungszeit im Batch-Layer zusätzliche Echtzeit-Ansichten der neuesten Daten generiert, die in der Zwischenzeit über den Import eingespielt wurden. Gleichzeitig enthält der Streaming-Layer auch die Ergebnisse der Berechnungen aus dem Batch-Layer, sobald sie abgeschlossen sind. Das bedeutet, dass der Streaming-Layer immer nur mit der Differenzdatenmenge Berechnungen vornimmt, die vom Start eines Batches bis seinem Berechnungsende anfällt. Die Ergebnisse sowohl des Batch- als auch des Streaming-Layers finden dann in den Serving-Layer Eingang und werden dort in geeigneter Weise (z. B. in einer Zeitreihendatenbank) vorgehalten. Benutzer-Anwendungen können dann sowohl auf den Serving-Layer als auch auf den Streaming-Layer zugreifen und damit hochperformant und mit geringen Latenzzeiten Daten abrufen.

Mit einer z. B. wie oben beschriebenen Datenplattform erfüllt ein Unternehmen die wesentlichen Voraussetzungen, um den Weg der digitalen Transformation weiter zu beschreiten. Die Plattform kann von unterschiedlichen Datenlieferanten Daten annehmen und diese nach Verarbeitung wiederum an unterschiedliche Datennutzer weitergeben.

Bei der Erstellung einer Datenplattform können die Bausteine, die die erforderlichen Funktionen bereitstellen, frei gewählt werden. Dabei ist der weltweite Trend zum Einsatz von open-source-Produkten erwähnenswert, um wirtschaftliche Lösungen zu entwickeln. Open-source-Software-Anwendungen werden in der Regel von Entwicklergemeinschaften gepflegt und fortgeschrieben. Sie stehen oft kostenlos zu Verfügung. Gerade die zur heutigen Zeit erfolgreichen großen Unternehmen wie z. B. Amazon mit den Amazon Web Services (AWS) setzen für Ihre Produkte ebenfalls Open-source-Anwendungen ein. Gleichzeitig beteiligen sich die Mitarbeiter von Amazon an der weiteren Entwicklung der eingesetzten Softwareprodukte in der Entwicklergemeinschaft. Alleine Amazon war im Jahr 2018 Mitglied bei 15 großen Open-source-Stiftungen (Amazon Web Services 2018), darunter die renommierten Apache Software Foundation, die Linux Foundation und die Open-source-Initiative. Gleiches gilt für Google mit 31 benannten Mitgliedschaften in Open-source-Organisationen (Google, 2019). Damit sind die Open-source-Anwendungen zu kommerziellen Produkten mindestens vergleichbare und verlässliche Bausteine für Anwendungsentwicklungen im Zuge der digitalen Transformation.

Bei aller Euphorie über die Möglichkeiten, die sich durch die Digitalisierung heute bereits bieten und in Zukunft ergeben werden, sind auch die möglichen Risiken der neuen digitalen Welt zu betrachten.

Hierbei ist der Cybersicherheit von IT-Systemen ein besonderes Augenmerk zu schenken. Sie ist für Unternehmen die Grundvoraussetzung zur Hebung der Potentiale der digitalen Transformation. Ohne sichere Systeme ist keine nachhaltige Nutzung der Vorteile der Digitalisierung möglich. Konkret bedeutet das, dass die eingesetzten IT-Systeme grundsätzlich einer sicheren Architektur folgen. Hierzu gehören in Regel sorgsam aufgesetzte Serversysteme mit entsprechenden Firewall-Elementen, die von der Unternehmens-IT regelmäßig gepflegt und damit auf dem aktuellsten Stand gehalten werden. Die Anforderungen sowie Empfehlungen und Hilfen für sichere IT-Systeme werden in Deutschland über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik gebündelt (vergleiche Kapitel 2.3).

2.2 Digitalisierung in der Bundesrepublik Deutschland

Die Bundesrepublik Deutschland ist bis heute ein bedeutendes Industrieland – ein sowohl in technischer als auch wirtschaftlicher Hinsicht geprägter Staat. Der Ursprung für diese Prägung findet sich bereits am Ende des 18. Jahrhunderts, als mechanische Produktionsanlagen eingeführt wurden. Mit ihrer zunächst durch Dampf- und Wasserkraft angetriebenen Mechanik ersetzte sie die menschliche und tierische Kraft, erhöhte die handwerkliche Präzision und schaffte gemeinsam mit Kohle als Energieträger und Stahl als neuer Werkstoff die Grundlagen für die gewerbliche Massenproduktion. Mit dem damit einhergehenden Wirtschaftswachstum und dem sozialen, kulturellen und politischen Umbruch führte diese Entwicklung zu der sogenannten “Ersten Industriellen Revolution” (Hahn, 2011).

Es folgte die “Zweite Industrielle Revolution” zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit der Erschließung von Erdöl, der Verfügbarkeit von elektrischer Energie und deren Nutzen bei der Massenproduktion von Gütern. Die gleichzeitig eingeführte prozessorientierte Trennung von Aufgaben und Arbeiten ermöglichte mit Hilfe von Standards eine erneut revolutionäre Steigerung des Wirtschaftswachstums. Die Arbeiten wurden in kleinste Einheiten einfacher und wiederkehrende Tätigkeiten aufgeteilt. Auch diese Revolution war mit einem großen sozialen, kulturellen und politischen Umbruch verbunden, da insbesondere der Mensch auf die Rolle des Kostentreibers reduziert wurde (Eckstein, 2013).

In den 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts führte die Verfügbarkeit und der Einsatz von Mikroelektronik und Computertechnik zur “Dritten Industriellen Revolution”. Mit ihr war die Automatisierung von Prozessen fortan möglich. Markantes Beispiel ist die Roboter-Fertigung in der Automobilindustrie gewesen, mit der die menschliche Arbeitskraft durch Maschinen ersetzt

wurde. Mit der dritten industriellen Revolution einher ging der sogenannte Strukturwandel zugunsten des tertiären Sektors, dem Dienstleistungssektor. Im Zuge der dann folgenden 30 Jahre fand der Personalcomputer (PC) seinen Weg in die Büros und privaten Haushalte. Er zeichnete sich durch eine lokale Rechenleistung aus, die im ersten Schritt lediglich die analogen alten Geräte wie Schreibmaschine und Rechenblatt ablöste. In weiteren Schritten konnten dann digitale Prozesse in Einzelsystemen benutzerfreundlich abgebildet werden. Mittlerweile ist in allen Wirtschaftsbranchen ein PC ein sicherer Bestandteil der üblichen Arbeitsumgebung.

Mit der aktuellen Entwicklung sind alle Anzeichen der "Vierten Industriellen Revolution" gegeben, in Deutschland auch mit dem Begriff "Digitalisierung" belegt. Sie stellt die nächste Stufe im Zuge der die Wirtschaft, Soziologie und Politik verändernden technologischen Entwicklungsschritte dar (siehe Abbildung 2-8). Im Wesentlichen verknüpft diese Stufe jetzt die bisher oft unabhängigen Einzelsysteme der letzten Jahrzehnte zu größeren Gesamtsystemen, die durch diesen Zusammenschluss dann wiederum ein deutlich wirtschaftlicheres Wachstum ermöglichen. Schlüsseltechnologien wie das Internet sind dabei eine wesentliche Voraussetzung, um global vernetzte Systeme zu ermöglichen. Wesentliches Kennzeichen ist die über die üblichen Branchensektoren hinausgehende Veränderung durch die digitale Vernetzung der Systeme. Mit ihr können vollständig neue und disruptive Wertschöpfungsketten mit vergleichsweise hoher Geschwindigkeit geschaffen werden. Damit sind die Grundlagen für die nächste große Veränderung der weltweiten Wirtschaftssysteme gegeben. Bemerkenswert bei der vierten industriellen Revolution sind die angestrebten Mehrwerte dieser Systeme, diesmal für Mensch und Umwelt.

Die Bundesregierung hat die Potentiale der neuen Welt frühzeitig erkannt. Die im Jahre 2006 aufgestellte Hightech-Strategie Deutschland identifizierte bereits die wesentlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts, die durch die Vernetzung und Globalisierung entstanden sind: Die Notwendigkeit von Innovationen, um auch in Zukunft Deutschland als Leitmarkt im weltweiten Umfeld zu positionieren, den globalen Wettbewerb als Chance zu verstehen und das nationalitätenübergreifende Wissen zu nutzen, die Bedeutung der Bildung der Bürgerinnen und Bürger, um die neuen Technologien zu verstehen sowie dem verantwortungsvollen Umgang mit den sich ergebenden innovativen Möglichkeiten. Wissenschaft und Wirtschaft rückten näher zusammen, HighTech-Gründerfonds wurden etabliert und kleine und mittlere Unternehmen an Innovationsvorhaben beteiligt. Insgesamt 17 Zukunftsfelder legte die HighTech-Strategie fest, um neue Arbeitsplätze und Wohlstand in Deutschland zu schaffen. So wurde unterschieden in Innovationen für ein gesundes und sicheres Leben, für ein kommunikatives und mobiles Leben sowie in Innovationen durch Querschnittstechnologien (BMBF, 2006).

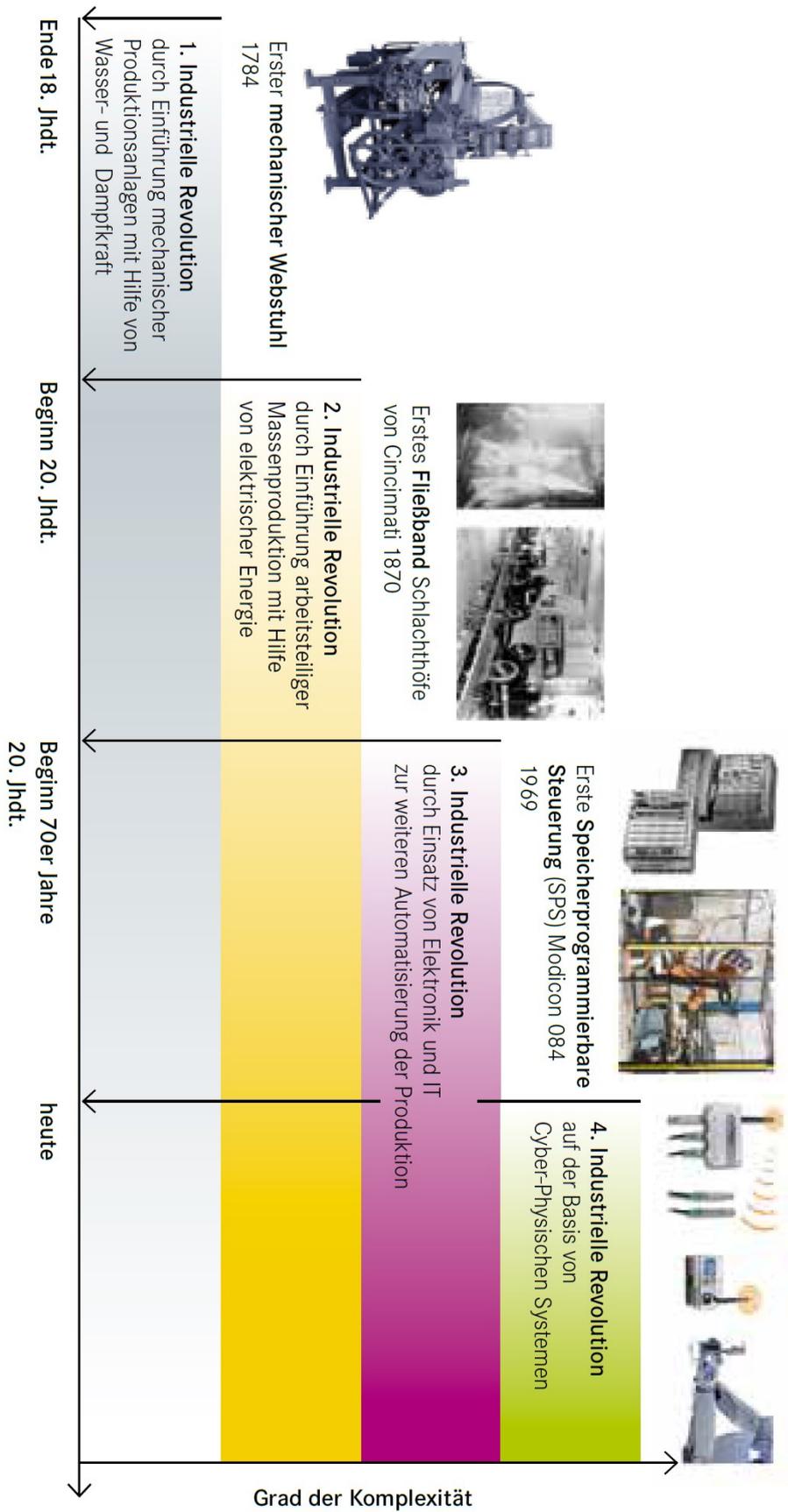


Abbildung 2-8: Die vier Stufen industrieller Revolutionen (DKFI, 2011)

Besonders hervorzuheben ist die hohe Geschwindigkeit, mit der insgesamt alle Innovationen erwartet wurden und werden. Die Verkürzung der bis dahin üblichen Entwicklungszeiträume ist ein wesentlicher Mehrwert im Sinne der Wirtschaft.

Mit der Fortschreibung der HighTech-Strategie im Jahr 2010 konkretisierte die Bundesregierung daraufhin sogenannte Schlüsseltechnologien für insgesamt fünf Bedarfsfelder: Klima und Energie, Gesundheit und Ernährung, Mobilität, Sicherheit sowie Kommunikation. Die Strategie benannte zudem zahlreiche vorausschauende "Zukunftsprojekte", wie beispielsweise 'Die CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt', 'Intelligenter Umbau der Energieversorgung', 'Eine Million Elektrofahrzeuge in Deutschland bis 2020', 'Effektiverer Schutz für Kommunikationsnetze' oder 'Arbeitswelt und -organisation von morgen'. Für die o.g. Bedarfsfelder wurden dann konkretere Aktionslinien aufgesetzt, die die identifizierten Handlungsfelder näher beschreiben. Hier finden sich Beispiele wie 'Rahmenprogramm Forschung für nachhaltige Entwicklungen', 'Klimasystemforschung', 'Individualisierte Medizin', 'Elektromobilität', 'Zivile Sicherheitslösungen zur Gefahrenabwehr und zum Schutz wichtiger Infrastrukturen entwickeln', der mittlerweile etablierte 'IT-Gipfel' (seit 2017 unter dem Label 'Deutscher Digitalisierungs-Gipfel') und viele mehr (BMBF, 2010).

Auf der Hannover Messe 2011 wurde dann der Begriff "Industrie 4.0" erstmalig für den bevorstehenden Paradigmenwechsel in der Industrie auf der Basis Cyber-Physischer Systeme verwendet. Drei namhafte Professoren aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik (Henning Kagermann (Präsident der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften), Wolf-Dieter Lukas (Abteilungsleiter Schlüsseltechnologien im Bundesforschungsministerium), Wolfgang Wahlster (Vorsitzender der Geschäftsführung des Deutschen Forschungszentrums für künstliche Intelligenz)) identifizieren das Internet der Dinge im industriellen Umfeld als den nächsten Schritt, in dem Deutschland bis 2020 Leitanbieter werden kann. Sie erwarten durch das Internet der Dinge die weitergehende Digitalisierung sowohl in Produktionsanlagen als auch im privaten Alltag. Die Konsequenz sind Cyber-Physische-Systeme, bei denen das virtuelle Abbild einer Produktionsanlage mit ihrer physischen Realität bidirektional verbunden ist (VDI, 2011), oftmals als 'digitaler Zwilling' bezeichnet. Die Bundesregierung hat in 2011 aufgrund der Einschätzung der Professoren ein weiteres "Zukunftsprojekt" mit dem Titel 'Industrie 4.0' in die HighTech-Strategie aufgenommen. Unter diesem Label startet die digitale Transformation in der Industrie in Deutschland.

In den folgenden Jahren wurden zahlreiche Einzelprojekte in der Industrie gestartet und umgesetzt. Der Schwerpunkt der Investitionen und damit des Fortschritts in der Digitalisierung lag und liegt dabei in der Regel in industriellen Branchen. Erste Umsetzungen beginnen im Automobilbau mit der 'digitalen Fabrik', die die Produktionszeit bis zum Kunden bei gleichzei-

tiger Qualitätssteigerung zunehmend reduzieren kann. Neue Autowerke werden komplett virtuell geplant und anschließend real in Betrieb genommen. In der Folge findet die digitale Fabrik auch im Maschinen- und Anlagenbau Eingang – so zum Beispiel bei Automobil-Zulieferern und Roboter-Herstellern. Der Schiffsbauer Meyer Werft nutzt die digitale Planung und Prozesssteuerung wiederum um die bereits etablierte Modulbauweise von Innenraumbestandteilen mit seinen Zulieferern weiter zu optimieren (Bracht et al, 2018).

Die wesentlichen eingesetzten Technologien für die digitalen Fabriken sind dabei verbundene Sensoren, 3D-Druck, Virtuelle Realität, humanoide Roboter, künstliche Intelligenz sowie Drohnen. Eine Umfrage unter Geschäftsführern deutscher Industrieunternehmen im Jahre 2017 zeigt deutlich den heutigen und zukünftig erwarteten Einfluss der genannten Technologien mit hohen Steigerungsraten (siehe Abbildung 2-9).

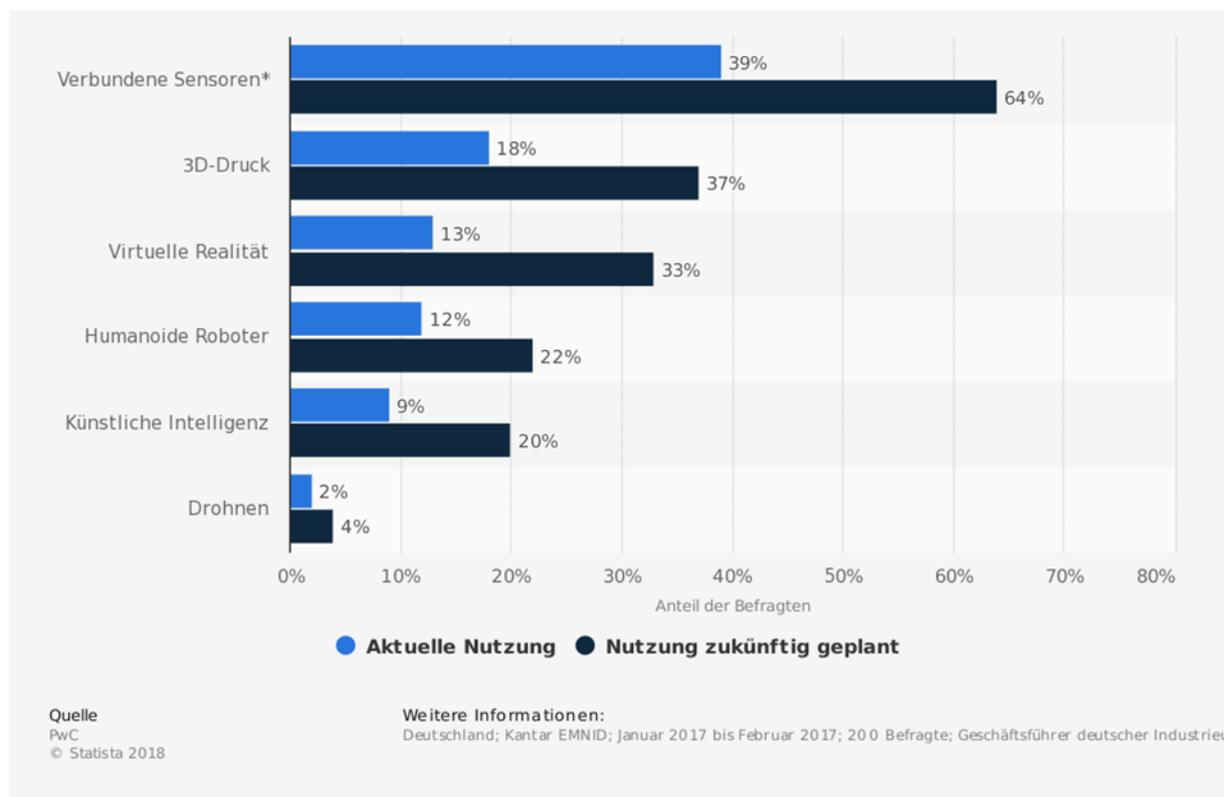


Abbildung 2-9: Welche der nachfolgend genannten Technologien nutzen Sie bereits in ihrer intelligenten Fabrik bzw. planen Sie zu nutzen? (PricewaterhouseCoopers, 2017)

In Deutschland finden sich bereits vorzeigbare Beispiele für den Einsatz von Augmented Reality (Erweiterte Realität, AR) in der Produktion. In der Regel handelt es sich dabei um Anwendungen, die den Benutzer bei wiederkehrenden Tätigkeiten entweder direkt unterstützen, z. B. durch die Einblendung von in dem Moment wertvollen Zusatzinformationen wie Arbeitsanleitungen, oder ihm die Möglichkeit bieten, sich mit anderen Mitarbeitern (z. B. Experten) online auszutauschen. Diese Anwendungsfälle werden oft unter dem Begriff "Remote assistance" zusammengefasst.

Der Multikonzern Thyssenkrupp AG zeigt Beispiele für den Einsatz von AR in seiner Aufzugsparte, bei der Servicetechniker mit der Microsoft HoloLens ihre Tätigkeit ausführen, dabei beide Hände zum Arbeiten frei haben ("handsfree") und zusätzlich sämtliche - in diesem Fall für die Fahrstuhlwartung - erforderlichen Informationen und Historien vor Ort sichtbar zur Verfügung haben (siehe Abbildung 2-10).



Abbildung 2-10: Fahrstuhl-Servicetechniker wird durch Augmented Reality-Brille unterstützt (Achatz, 2017)

Die Teamviewer AG bietet AR-Produkte unter dem Label "Wearable Computing Lösungen" an, mit denen in den Anwendungsbereichen Logistik, Produktion, Qualitätssicherung, Service und Wartung branchenübergreifend gearbeitet werden kann. Teamviewer setzt dabei unterschiedliche Datenbrillen ("Head-Mounted-Displays", HMD) ein und hat als Produkt eine Software entwickelt ("Teamviewer Frontline"), die das breite Feld von Logistik, Fertigung, Service und Wartung sowie Fernunterstützung abdeckt. Damit ist es möglich, wiederkehrende Abläufe in Form von Workflows einfach aufzusetzen, auf die Brille zu übertragen und dann den Mitarbeitenden online zur Verfügung zu stellen. Typische Einsatzfelder sind z. B. in der Logistik die Lagerbewirtschaftung (siehe Abbildung 2-11). Mit der Brille können hier Aufträge abgearbeitet werden – der Mitarbeitende wird durch die Brille von Lagerplatz zu Lagerplatz dirigiert bis alle benötigten Produkte zusammengetragen sind. Intelligente Marker (RFID-Tags) stellen dabei sicher, dass die richtigen Produkte in der korrekten Anzahl entnommen wurden.



Abbildung 2-11: Head-Mounted-Display (HMD) im Lagereinsatz (Ubimax, 2019)

Die Teamviewer AG hat in 2020 den ursprünglichen Entwickler der oben genannten Systeme, die Firma Ubimax, übernommen. Ubimax war seit 2014 am Markt. Zu ihren namhaften Kunden gehören unter anderen die Autohersteller Daimler, BMW und Volkswagen sowie Airbus, BASF, Coca Cola, DHL, Siemens und viele mehr (Ubimax, 2019).

Zahlreiche weitere Beispiele der AR-Nutzung finden sich in Deutschland. Nach Einschätzung des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) bieten VR und AR für viele Branchen der Wirtschaft große Innovationspotentiale. Neben der Produktion werden bedeutsame Veränderungen insbesondere in der Medizintechnik, in der Kommunikation und in der Bildung erwartet (TAB, 2019).

Alle Beispiele haben gemein, dass sie in der Regel vorhandene Prozesse digital unterstützen. Das bedeutet, dass sie in vorhandene IT-Landschaften integriert werden und dann mit den dort existierenden Subsystemen zusammenarbeiten. So ist eine Logistik-Anwendung in AR ohne die gleichzeitige Verbindung in das zugehörige Enterprise-Resource-Planning-(ERP-) System nur wenig sinnvoll. Denn nur wenn beispielsweise die Warenwirtschaft gleichzeitig mit der Entnahme eines Produktes aus dem Warenlager auch den Bestand im Warenlager aktualisiert, lässt sich tatsächlich ein Mehrwert heben.

Damit wird klar, dass sich die Mehrwerte der Digitalisierung insbesondere dann erschließen lassen, wenn entsprechende Daten vorhanden sind. Wenn diese dann bereits digital verfügbar sind, können sie im Sinne der Digitalisierung genutzt werden. Der "Wert" von Daten wird demzufolge in der Zukunft von besonderer Bedeutung sein. Denn in der Regel sind die ersten z. B. oben beschriebenen Anwendungen auf lokale, bei den Unternehmen bereits vorhandene Daten und Systeme zurechtgeschnitten. Weitere Mehrwerte lassen sich wiederum heben, indem Daten Anderer mit eingebunden werden. Gut vorstellbar wird dieser Ansatz durch die Betrachtung von Routenplanern, die beispielsweise die Verkehrsdaten von Google mit in ihre

Berechnung einbinden. Das Produkt Routenplaner wird damit durch Verkehrsdaten eines Dritten entsprechend aufgewertet.

Der Bund, die Länder und die Kommunen haben die heutige und zukünftige Bedeutung von Daten erkannt und das Portal govdata.de (<https://govdata.de>) geschaffen. Über GovData bieten sie Dritten Daten der Verwaltung an. Die Idee dahinter ist, dass so Forscher und Unternehmer aber auch interessierte Bürger die Chance erhalten, über einen zentralen Einstiegspunkt auf Daten und Informationen ausschließlich der öffentlichen Verwaltung in Deutschland zuzugreifen. Damit einher geht die Hoffnung, mit den vorhandenen Daten der Verwaltung neue und bessere Erkenntnisse zu gewinnen. Auch das Land NRW hat ein vergleichbares Portal eingerichtet: open.nrw (<https://open.nrw>). Das Land versteht seine Daten als Inspiration für Journalisten, Unternehmen und Vereine, die wiederum mit den Daten neue Ideen für Anwendungen entwickeln können. Gleichzeitig finden sich im Internet mittlerweile zahlreiche weitere Beispiele für 'OpenData', u.a. die Metropole Ruhr mit Ihrem 'Open Data Portal Metropole Ruhr' (<https://www.opendata.ruhr/>). Gemeinsames und wichtiges Merkmal aller OpenData-Portale ist der einfache Zugang zu den Daten sowie die Verwendung von offenen Standardprotokollen zum Abruf der oftmals Rohdaten. Proprietäre (also anwendungs- bzw. herstellerspezifische) Protokolle sind bewusst nicht zugelassen.

Ein konsequenter nächster Schritt nach der Zusammenstellung und Verfügbarmachung von digitalen Daten ist deren weitergehende Analyse und Nutzung. In diesem Zusammenhang kommt der künstlichen Intelligenz (KI) eine besondere Rolle in Deutschland zu. Im November 2018 hat die Bundesregierung die "Strategie künstliche Intelligenz" veröffentlicht (BMBF, 2018). Mit der Strategie wird ein Rahmen aufgespannt, der aus politischer Sicht alle Handlungsfelder umfasst, die bei der Entwicklung und Anwendung von KI beachtet werden sollen. Neben der Etablierung der KI in der deutschen Forschungslandschaft liegt ein Ziel der Bundesregierung vor allem in der Förderung von KI-Anwendungen in der Wirtschaft bei kleinen und mittleren Unternehmen. Damit können aus Sicht der Bundesregierung wichtige Schlüsselkompetenzen erworben werden. Die KI-Strategie zielt zudem darauf ab, die gesellschaftlichen, ethischen und politischen Auswirkungen der KI fundiert bewerten zu können. Dazu wird zum einen Expertise in KI benötigt (die die oben genannte Forschungslandschaft und die Praxis-Anwendungen ergeben) und zum anderen eine demokratische Struktur, die die Bewertung der Chancen und Risiken ermöglicht. Hierzu wurden die Datenethik-Kommission und die Enquete-Kommission des Bundestages gebildet.

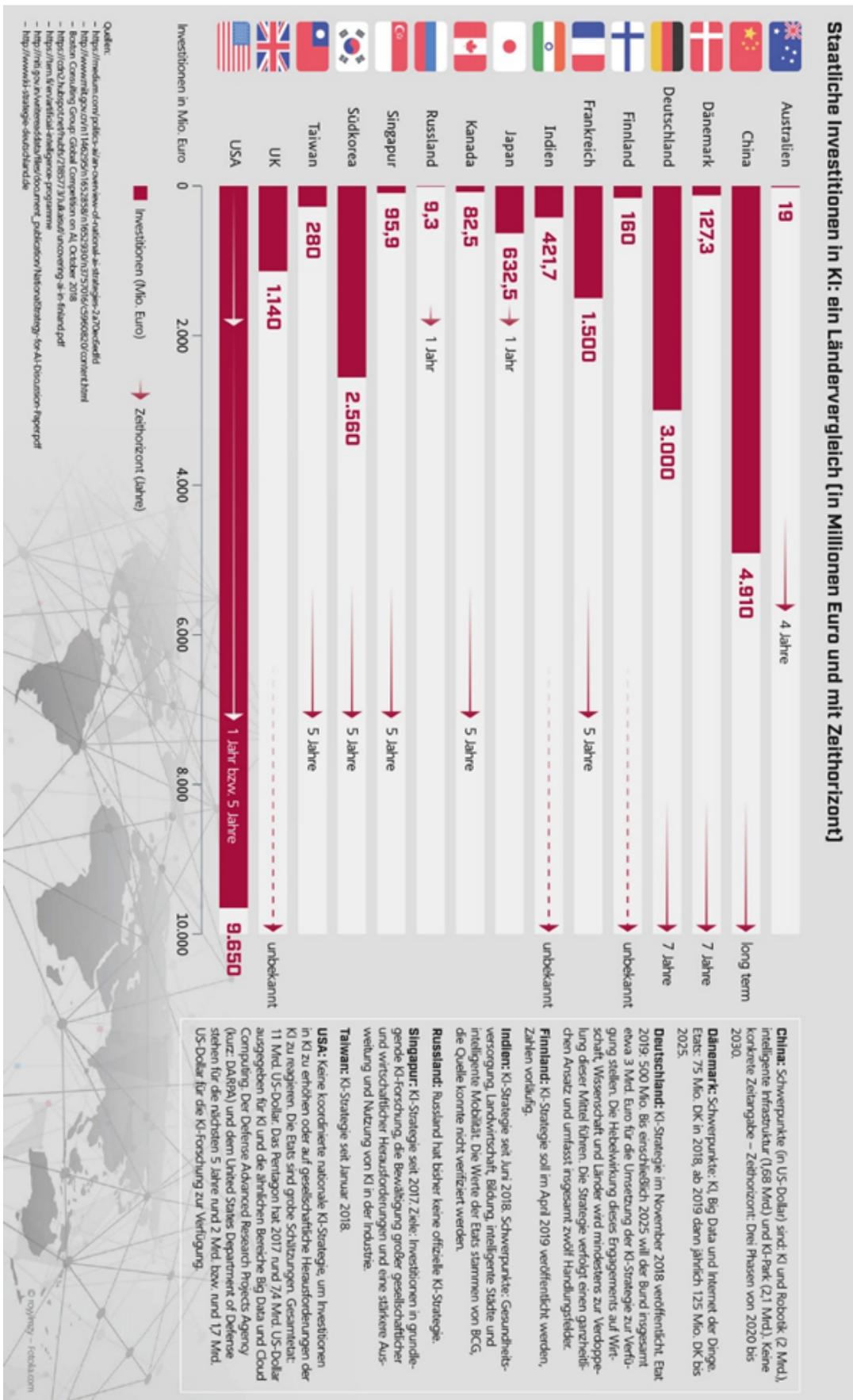


Abbildung 2-12: Ländervergleich der staatlichen Investitionen in künstliche Intelligenz (acatech, 2019)

Die Ansprüche der Bundesregierung an die KI-Strategie werden deutlich, wenn die zugehörigen Budgetierungen betrachtet werden. Bis 2025 will der Bund insgesamt 3 Mrd. Euro zur Umsetzung der Strategie investieren (BMBF, 2019). Im internationalen Vergleich nimmt Deutschland damit eine führende Position hinter den USA und China ein (siehe Abbildung 2-12), wobei China den Investitionszeitraum nicht weiter bestimmt hat.

Nach einem Jahr "KI-Strategie der Bundesregierung" zieht das BMBF eine positive Zwischenbilanz: Bei den wissenschaftlichen Publikationen zu KI liegt Deutschland im internationalen Vergleich auf Platz 5. Die Zahl der KI-Startups stieg innerhalb eines Jahres um 62 % und von insgesamt 100 angestrebten neuen Professuren für KI sind bereits 30 Professuren ausgeschrieben. Zahlreiche Förderprogramme sind im ersten Jahr nach Beschluss der KI-Strategie gestartet, unter anderem die für die Wasserwirtschaft interessante Förderinitiative des Umwelt-Bundesministeriums "KI-Leuchttürme für Umwelt, Klima, Natur und Ressourcen", die Projekte mit KI zur Lösung ökologischer Herausforderungen fördert (BMBF, 2019).

Im Ergebnis kann festgehalten werden, dass die Bundesrepublik Deutschland große Erwartungen in die Digitalisierung setzt und gleichzeitig an vielen Stellen wesentliche Grundlagen schafft, um sowohl die wissenschaftliche als auch die industrielle Gemeinschaft darin zu fördern, die Chancen der Digitalisierung zu erschließen. Der Wert von Daten ist erkannt und die Nutzarmachung von Daten stellt eine wesentliche Voraussetzung für den Einsatz neuer digitaler Anwendungen dar.

Mehrere neue Gremien unterstützen die Bundesregierung dabei – so z. B. seit 2018 der Digitalrat, ein schlagkräftiges ehrenamtliches Gremium, das die Bundesregierung zur Digitalisierung allgemein berät (Bundesregierung, 2018). Mit der „Plattform Lernende Systeme“ existiert ebenfalls seit 2018 zudem ein vernetzendes Medium, das Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und zivilgesellschaftlichen Organisationen zusammenbringt. Sie beschäftigen sich mit den Chancen, Herausforderungen und Rahmenbedingungen für die Entwicklung und den verantwortungsvollen Einsatz Lernender Systeme und KI, um unter anderem den gesellschaftlichen Dialog zur KI zu fördern (acatech, 2019/2).

Mit dem Projekt "GAIA-X" startete die Bundesregierung zudem im Jahre 2019 eine neue vernetzte Daten-Infrastruktur, die als digitales Ökosystem ähnlich der X-Road in Estland (vergleiche Kapitel 2.1) zukünftig einen sicheren Rahmen für die Digitalisierung in Deutschland und zukünftig auch Gesamt-Europa bieten soll (BMW, 2019). "GAIA-X" verbindet zentrale und dezentrale Daten Infrastrukturen zu einem benutzerfreundlichen, sicheren Gesamtsystem, das perspektivisch die Möglichkeiten der Digitalisierung allen Europäern zur Verfügung stellen wird. Zentrales Merkmal ist dabei, dass die Plattform unter anderem rollenbasierte Zugriffe

ermöglicht, die Datensouveränität immer gesichert ist, und auch kleine und mittlere Unternehmen nicht von der Zukunft ausgeschlossen werden. Neue Technologien werden von den Nutzern auf der Plattform entwickelt, können anschließend anderen Teilnehmern weitergegeben werden. Die Verwendung von Open-source-Technologien und offenen Standards ist eine wesentliche Komponente im Projekt "GAIA-X". Auch wenn das Projekt mit der erstmaligen Benennung auf dem Digitalgipfel im Oktober 2019 in Dortmund noch am Anfang steht, ist es ratsam, seine weitere Entwicklung im Auge zu halten. Die perspektivischen Visionen der "GAIA-X" sind vielversprechend. Die im Juni 2020 veröffentlichte „GAIA-X Technical Architecture“ zeigt, dass die Überlegungen aus 2019 weiter vertieft und präzisiert wurden (BMW, 2020). Vereinfacht formuliert besteht danach GAIA-X aus zwei Ökosystemen: Auf der einen Seite dem infrastrukturellen System, das gleichzeitig eine verwaltende Schale bildet. Hier sind beispielsweise ein Verbund-Katalog, der dem Anwender das Angebot der Anbieter aufzeigt, sowie die grundlegenden Richtlinien („policy rules“) enthalten, die insgesamt eine Compliance für GAIA-X sicherstellen (siehe Abbildung 2-13).

Auf der anderen Seite steht das Daten-Ökosystem, in dem die Nutzer Ihre Daten für Andere bei Bedarf zur Verfügung stellen können. Die Orte der Datenspeicherung sind die „Data-Spaces“, die bei verschiedenen Anbietern sicher gehostet sein können. Ein Wechsel zwischen den Anbietern soll jederzeit möglich sein. Das Daten-Ökosystem beinhaltet auch ein „Identity & Trust“ Modul.

Bei aller Euphorie und Zuversicht gehen mit der zunehmenden Einführung neuer digitaler Technologien wie z. B. Algorithmen und künstlichen Intelligenzen auch Risiken einher. So soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass in Deutschland eine Daten-Ethik-Kommission gegründet worden ist, die sich mit den rechtlichen und ethischen Aspekten von künstlichen Intelligenzen weiter beschäftigt. Die Kommission entwickelt ethische Leitlinien für den Schutz des Einzelnen, die Wahrung des gesellschaftlichen Zusammenlebens und die Sicherung und Förderung des Wohlstands im Informationszeitalter. Die Daten Ethik Kommission hat im Oktober 2019 allgemeine Anforderungen an den ethischen Umgang mit Daten definiert (DEK, 2019). So werden die vorausschauende Verantwortung, die Achtung der Rechte der beteiligten Personen, die Wohlfahrt durch Nutzen und Teilen von Daten, die zweckadäquate Datenqualität, die risikoadäquate Informationssicherheit und die interessensadäquate Transparenz als wesentliche Grundsätze formuliert. Auch Datenrechte und korrespondierende Datenpflichten insbesondere bei personenbezogenen Daten sind zu berücksichtigen. In der Folge ergeben sich spezielle Mitsprache- und Teilhaberechte der Menschen. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die zukünftigen Möglichkeiten der neuen Technologien wie zum Beispiel künstliche Intelligenz nicht allein von der Mehrwert-Seite der Datennutzung betrachtet werden dürfen.

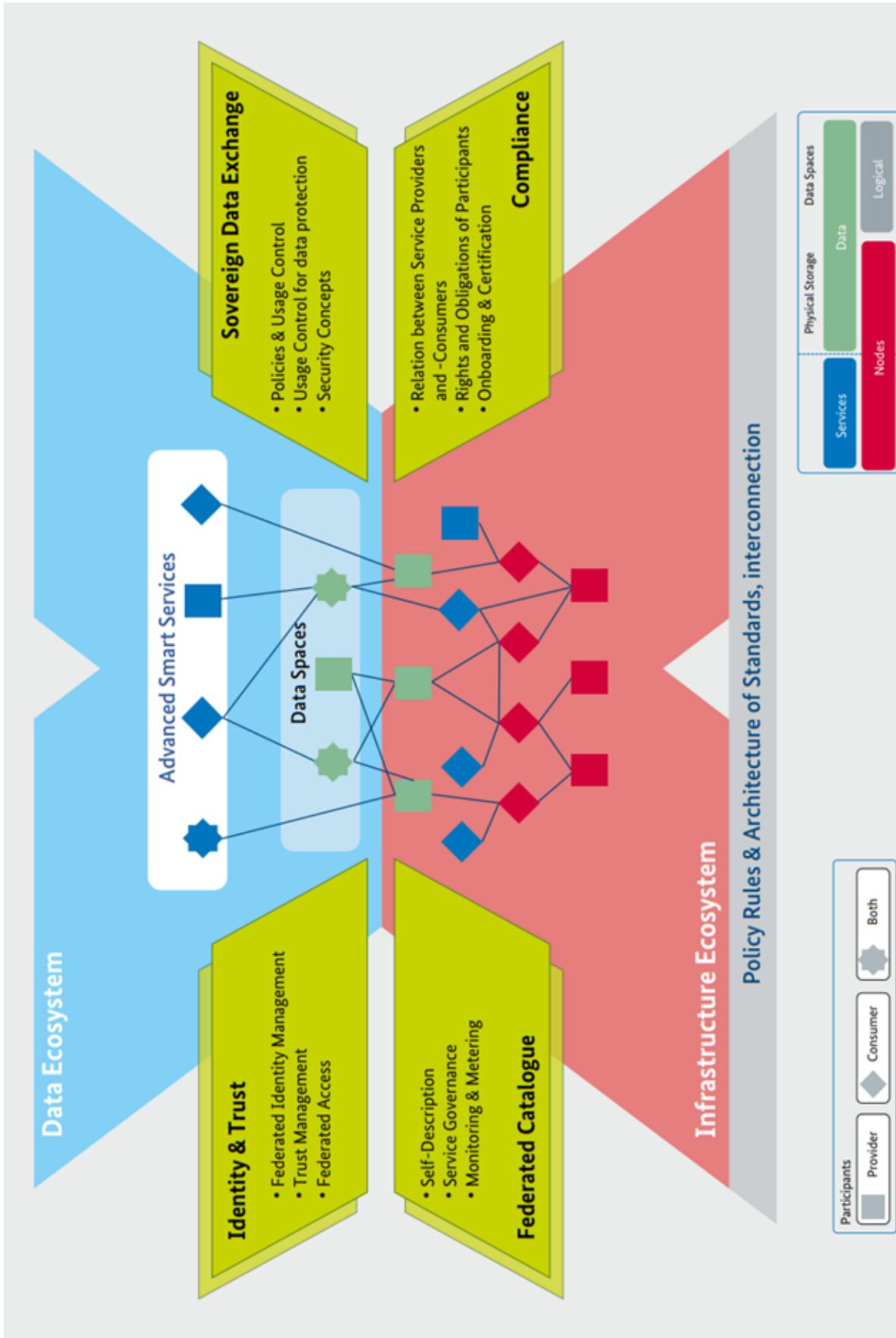


Abbildung 2-13: Die GAIA-X-Architektur mit den wichtigsten Architekturelementen (BMW, 2020)

2.3 Digitalisierung in der Wasserwirtschaft

Unter dem Begriff Wasserwirtschaft werden in der Bundesrepublik Deutschland sowohl die Trinkwasserversorgung als auch die Abwasserentsorgung subsumiert. Die Wasserwirtschaft erbringt zentrale Leistungen der Daseinsvorsorge. Sie ist seit mehr als hundert Jahren ein wichtiger Bestandteil Deutschlands. Städte und Kommunen können die Wasserversorgung sowohl hoheitlich selbst erbringen als auch privatrechtlich organisierte Unternehmen damit beauftragen. Die öffentliche Abwasserentsorgung hingegen ist eine hoheitliche Aufgabe, die von Gemeinden und Städten in kommunaler Trägerschaft wahrgenommen wird.

Somit ist die Wasserwirtschaft mitunter kleinteilig über Deutschland verteilt in insgesamt rund 13.000 Betrieben organisiert, davon etwa 6.000 in der Trinkwasser- und 7.000 in der Abwasserbranche (BDEW et al, 2015). In logischer Konsequenz ist auch die Größe der Betriebe im Sinne der versorgten Bürgerinnen und Bürger mit großen Unterschieden behaftet – so existieren zahlreiche kleine Betriebe, eine mittlere Anzahl mittelgroßer Betreiber sowie eine kleine Anzahl großer Betriebe (vergleiche Abbildung 2-14 und Abbildung 2-15).

In Frankreich ist dagegen ist die Struktur der Wasserversorgungsunternehmen bereits anders: In etwa der Hälfte der zuständigen Kommunen wird die Wasserversorgung von insgesamt drei großen privaten Unternehmen erbracht, die damit 78% der Bevölkerung Frankreichs versorgen. Im Jahr 2000 existierten insgesamt 2.350 der Wasserver- und Abwasserentsorgung in Frankreich – also neben den drei großen privatwirtschaftlichen Unternehmen noch viele kleine kommunale Unternehmen (Österreichischer Städtebund, 2003).

In England und Wales wird im Jahr 2003 die Anzahl der Unternehmen in der Wasserwirtschaft mit 22 (10 große Unternehmen, angeführt durch Thames Water, sowie 12 kleinere Unternehmen) benannt. Sämtliche Wasserdienstleistungen sind seit 1989 vollständig privatisiert (Österreichischer Städtebund, 2003).

Anteile in Prozent

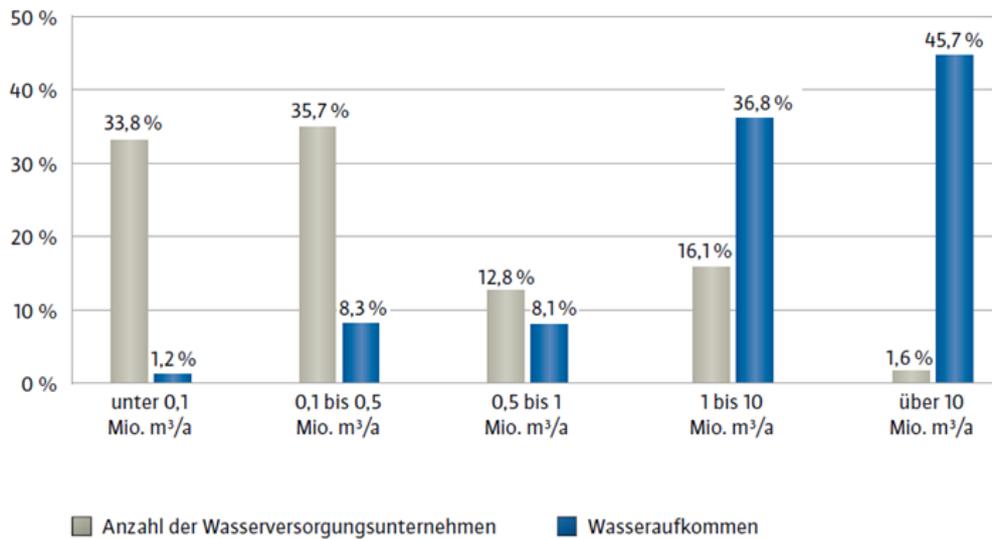


Abbildung 2-14: Größenstruktur der Wasserversorgungsunternehmen in Deutschland (BDEW et al, 2015)

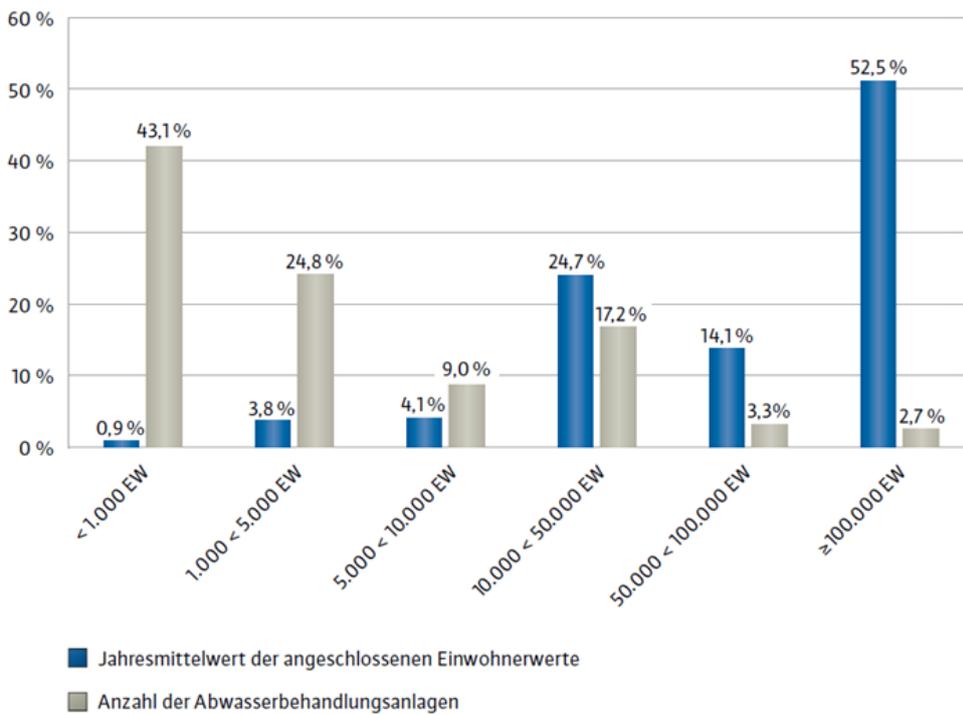


Abbildung 2-15: Größenstruktur der Abwasserentsorgungsunternehmen in Deutschland (BDEW et al, 2015)

Der Anlagenbetrieb in der deutschen Wasserwirtschaft ist in der Regel automatisiert. Hierzu existieren auf den einzelnen Anlagen digitale Anlagensteuerungen, die sämtliche Prozesse

der Trinkwassergewinnung und Abwasserreinigung regeln. Diese sogenannten Prozessleitsysteme (PLS, auch oft als SCADA-System bezeichnet, SCADA = Supervisory Control And Data Acquisition) wurden in der Regel bei Errichtung der Anlagen mit erstellt und sind in Verbindung mit der zuvor erwähnten Kleinteiligkeit der Wasserwirtschaft zumeist unabhängig und eigenständig für die jeweilige Anlage, also Insellösungen.

Bei mittleren und großen Anlagenbetreibern, die mehr als eine gesteuerte Anlage der Abwasserentsorgung betreiben, finden sich zumeist Leitzentralen, die in ihrer Funktion entweder die über Fernwirktechnik angeschlossenen Betriebsanlagen nur überwachen oder überwachen und steuern. Die zugrunde liegende Technologie dafür ist in den 70er und 80er-Jahren des letzten Jahrhunderts entstanden und wird unter dem Begriff " Nachrichtentechnik " gebündelt. Gemeint ist hierbei die Verbindung mehrerer Anlagen über zunächst 2-Draht- (z. B. mit dem Übertragungsstandard "RS-485") und später auch Bus-Systeme (z. B. Profibus), die das spezielle Feld der Echtzeit-Anlagensteuerung bedienen.

Durch die Verbindungen wurde die 24/7-Anlagenüberwachung an zentralen Stellen realisiert. Aus Sicherheitsgründen sind bei den meisten Betreibern in Deutschland dann "nur lesende" Leitzentralen eingerichtet worden – oft auch als Betriebsüberwachungszentrale bezeichnet. "Schreibende" bzw. steuernde Zugriffe auf die jeweiligen Anlagen vor-Ort waren und sind oftmals nur dem Personal vor Ort bzw. außerhalb der normalen Dienstzeiten den Rufbereitschaftshabenden vorbehalten. Der durch diese Technologie ermöglichte sichere Anlagenbetrieb hat sich über Jahrzehnte bewährt.

Damit unterschied sich die Nachrichtentechnik auch durch die eingesetzten Übertragungsprotokolle in den Anfangszeiten deutlich von der Büro-IT, die sich zeitlich erst mit den 90er-Jahren etablierte. Ausgehend von der Schaffung und Öffnung des Internets liegt der Büro-IT üblicherweise bereits das TCP/IP-Protokoll zugrunde und die zugehörigen Netzwerke sind vollständig entsprechend adressiert.

Die Technologie der operativen Anlagensteuerung hat sich seit dem letzten Jahrhundert jedoch auch weiterentwickelt. Die früheren 2-Draht- und Busprotokolle wurden nach und nach abgelöst bzw. erweitert, so dass heutzutage in der Nachrichtentechnik in der Regel TCP/IP-basierte Protokolle zur Kommunikation der Anlagenbauteile und Anlagen untereinander eingesetzt werden (z. B. Modbus/TCP oder Profinet). Die das Netzwerk aufspannende Hardware zur Übertragung der Daten ist dabei häufig mit der Hardware der Büro-IT identisch oder zumindest vergleichbar. Einzig die Tatsache, ob das Netzwerk für die Steuerung des Anlagenbetriebs oder für die Office-Kommunikation der Mitarbeiter genutzt wird, entscheidet über die Bezeichnung des Netzwerks.

Durch die historisch unterschiedliche Entwicklung der Nachrichtentechnik und Büro-IT existieren bei den meisten Betreibern deshalb zwei unterschiedliche, voneinander getrennte Netzwerke, die zumeist auch von unterschiedlichen Beschäftigten betreut werden. Direkte Verbindungen zwischen den beiden Netzwerken sind aus Sicherheitsgründen nicht erlaubt.

Die für den Anlagenbetreiber wertvollen Prozessdaten des Anlagenbetriebs werden über geeignete Software-Archivierungslösungen im Netzwerk der Nachrichtentechnik zunächst gesammelt und in Datenbanken gebündelt. Anschließend erfolgt die Übertragung der Datenbanken in die Büro-IT-Welt, damit dort wiederum die Daten weiterverwendet werden können. Häufig werden gesetzlich vorgeschriebene Betriebsprotokolle jedoch auch direkt im Netzwerk der Nachrichtentechnik generiert, so dass mitunter die Weitergabe der Daten in das Büro-IT-Umfeld bislang nicht erfolgt.

Ebenfalls historisch bedingt ist die Heterogenität der bei Anlagenbetreibern eingesetzten Technologien zur Prozesssteuerung. Bei der Etablierung von Prozessleitsystemen in den 70er- und 80er-Jahren des vorherigen Jahrhunderts waren Erfahrungen mit den Systemen kaum oder nur gering vorhanden. In der Folge wurde die Einrichtung von lokalen Steuerungssystemen oftmals den Anlagenerrichtern mit übertragen, d.h. der Auftragnehmer mit dem Bauauftrag für z. B. eine Kläranlage hatte mit dem Auftrag gleichzeitig auch ein passendes Prozessleitsystem mitzuliefern. Entsprechend ist die Vielfalt an unterschiedlichen Realisierungen von diesen Systemen, selbst wenn die gleiche Automatisierungstechnologie oder sogar der Hersteller der Prozessleittechnik als Standard vorgegeben war, beachtlich. In der Regel wurde die Prozessleitsteuerung für jede Anlage individuell programmiert. Durch die Individualisierung der Steuerungen ist der dauerhafte Wartungs- und Pflegeaufwand der technischen Systeme nicht zu vernachlässigen.

Unter Hinzuziehung der typischen durchschnittlichen Abschreibungsdauern von 50 – 80 Jahren für Anlagen der Wasserwirtschaft wird deutlich, dass die Branche auf schnelle Veränderungen, z. B. für die Digitalisierung, nicht optimal reagieren kann (MKULNV, 2011). Vielmehr sind die Anlagenbetreiber aus wirtschaftlichen Gründen darauf bedacht, ihre Assets langfristig zu betreiben. Dennoch arbeiten sie mit dem Ziel, ihre Leistungen den Bürgern kostengünstig anzubieten, und sie wollen entsprechend die Chancen der Digitalisierung nutzen. Die Lösung zeigt sich bereits heute, indem die Betreiber zahlreiche kleinere Vorhaben zur Digitalisierung probieren und umsetzen. Diese kleinen Lösungen lassen sich in der Regel gut mit dem Anlagenbestand technisch vereinen und ermöglichen gleichzeitig den weiteren Betrieb der vorhandenen Assets (DWA, 2019). Im Resultat ergibt sich dann für einen längeren Übergangszeitraum ein hybrider Mischbetrieb der Anlagen, also eine Mischung von herkömmlich betriebenen Assets und mit neuer Technologie optimierten Assets.

Neben dem Anlagenbetrieb und den damit verbundenen oben beschriebenen Steuerungs- und Überwachungssystemen stellt auch die Büro-IT in den wasserwirtschaftlichen Unternehmen eine wichtige Komponente der Digitalisierung dar. Hier werden die üblichen Unternehmensaufgaben erbracht – zu ihnen gehören die kaufmännischen ERP-Systeme (Enterprise Resource Planning-Systeme), die die Planung, Steuerung, Abrechnung und Verwaltung der Geschäftsprozesse digital ermöglichen. Bekannte ERP-Systeme sind u. a. die Produkte der Firmen Sage, Oracle, Datev oder SAP. Die Wasserwirtschaft setzt dabei häufig SAP-ERP ein – die großen Wasserwirtschaftsverbände Ruhrverband, Emschergenossenschaft/Lippeverband, Wasserverband Eifel-Rur, Aggerverband, Niersverband, LINEG sowie der Landestalsperrenverband Sachsen betreiben sogar in einer Kooperation ein gemeinsames SAP-Rechenzentrum in Essen (Lineg, 2017).

Neben den ERP-Systemen finden sich in der Wasserwirtschaft zudem die Standard-Office-Softwarepakete wie z. B. Microsoft Office oder Apache OpenOffice sowie zahlreiche individuelle Softwarelösungen für spezielle Unternehmensaufgaben (Simulationssoftwareprodukte in den Fachgebieten Wasserwirtschaft, Pegelauslesung, Niederschlagsabfluss, Hochwasservorhersage, Geoinformationssysteme, Building Information Modeling, Vermessung, ...). Entsprechend sind die zugehörigen Dateien und Daten in der Regel auf zentralen Netzwerklaufwerken abgelegt – in unterschiedlichsten Ausprägungen aber zumeist unternehmens- oder abteilungsweit einheitlich sortiert. Eine gemeinsame Nutzung von aus mehreren Quellen bestehenden Daten erfordert häufig eine manuelle Aufbereitung der Daten nach einem einheitlichen Schema und ist damit zeitaufwendig.

Insbesondere die Geoinformationssysteme (GIS) sind mit besonderem Augenmerk zu betrachten. Die Unternehmen der Wasserwirtschaft setzen aufgrund ihrer in der Regel vorhandenen Linien- und Punktbauwerke, die sich über flächige Einzugs- und Versorgungsgebiete erstrecken, bereits seit mehr als 20 Jahren GIS-Systeme erfolgreich ein. Auch hier sind bei den Betreibern häufig nicht nur ein führendes GIS-System, sondern aus der Historie entstanden oft mehrere unterschiedliche GIS-Systeme (unterschiedliche proprietäre oder open-source-Produkte) im Einsatz. Da sich über die Zeit auch innerhalb der Systeme unterschiedliche Datenstrukturen entwickelt haben, ist der vorhandene GIS-Datenschatz in der Regel ähnlich heterogen wie die oben genannten Datenstrukturen in der Anlagentechnologie.

Zusammenfassend ist die Wasserwirtschaft grundsätzlich digital gut aufgestellt. Die vorhandenen Systeme sind jedoch historisch oftmals als Insellösungen etabliert worden, und diese Strukturen sind bis dato prägend. Daten sind in der Regel in großen Mengen vorhanden, allerdings in zahlreichen heterogenen Systemen erfasst und an verschiedensten Stellen im Unternehmensnetzwerk in ebenso vielen unterschiedlichen Formaten abgelegt. Dennoch werden

bei ersten Unternehmen diese digitalen Schätze bereits genutzt, um die Chancen der Digitalisierung zu nutzen. Die Erkenntnisse über eine dazu optimale technische Infrastruktur wachsen zunehmend.

Der Cybersicherheit kommt eine besondere Bedeutung zu. Die Wasserwirtschaft zählt zum Sektor Wasser der kritischen Infrastrukturen (KRITIS) in Deutschland laut BSI-Gesetz neben den Bereichen Energieversorgung, Informationstechnik und Telekommunikation, Transport und Verkehr, Gesundheit, Ernährung, Finanz- und Versicherungswesen, Staat und Verwaltung sowie Medien und Kultur. Die Betreiber dieser Infrastrukturen erbringen Dienstleistungen, die für die Versorgung der Bevölkerung zwingend notwendig sind. Dabei ist die Verfügbarkeit der Dienstleistung und somit der sichere Anlagenbetrieb von zentraler Bedeutung (BSI BBK, 2019). Die BSI-Kritisverordnung (BSI-KritisV) bestimmt die Anlagen, für die die Betreiber organisatorische und technische Vorkehrungen zur Störungs- oder Ausfallvermeidung treffen müssen. Für den Sektor Wasser haben die Vereinigungen von DWA und DVGW einen branchenspezifischen Sicherheitsstandard gemeinsam aufgestellt, der eine Grundlage für die Risikoabschätzung und Durchführung von Maßnahmen zum Schutz der informationstechnischen Systeme, Komponenten, Prozesse und Daten von Wasserver- und Abwasserentsorgungsanlagen darstellt. Dabei ist unerheblich, ob eine Anlage gemäß BSI-Kritisverordnung (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (2016/2021)) aufgrund ihrer Größe überhaupt als kritische Infrastruktur eingestuft ist (DWA, 2017) (DVGW, 2017).

Die Wasserwirtschaft muss ihre Anlagen also gegen Cyberangriffe technisch sichern. Mit den oben beschriebenen historisch gewachsenen Strukturen und existierenden heterogenen Systemen wird deutlich, dass diese nunmehr fortwährende Aufgabe eine große Herausforderung für alle Beteiligten darstellt.

2.4 Digitalisierung bei der Emschergenossenschaft und dem Lippeverband

Die Wasserwirtschaftsverbände Emschergenossenschaft und Lippeverband (EGLV) mit Sitz in Essen wurden 1899 (Emschergenossenschaft) bzw. 1926 (Lippeverband) gegründet und arbeiten seitdem in Verwaltungsunion zusammen. Mit einer Einzugsgebietsfläche von 4.145 km² und einer Ausbaugröße der wasserwirtschaftlichen Anlagen von rd. 7,3 Mio. Einwohnerwerten gehören EGLV zu den größten Abwasserverbänden in Deutschland. EGLV betreiben 59 Kläranlagen, 344 Pumpwerke, 450 Regenwasserbehandlungsanlagen sowie 55 Hochwasserrückhaltebecken in weiten Teilen des Ruhrgebiets und des Münsterlands bis hin zur Soester Boerde. Das genaue Einzugsgebiet zeigt Abbildung 2-16.

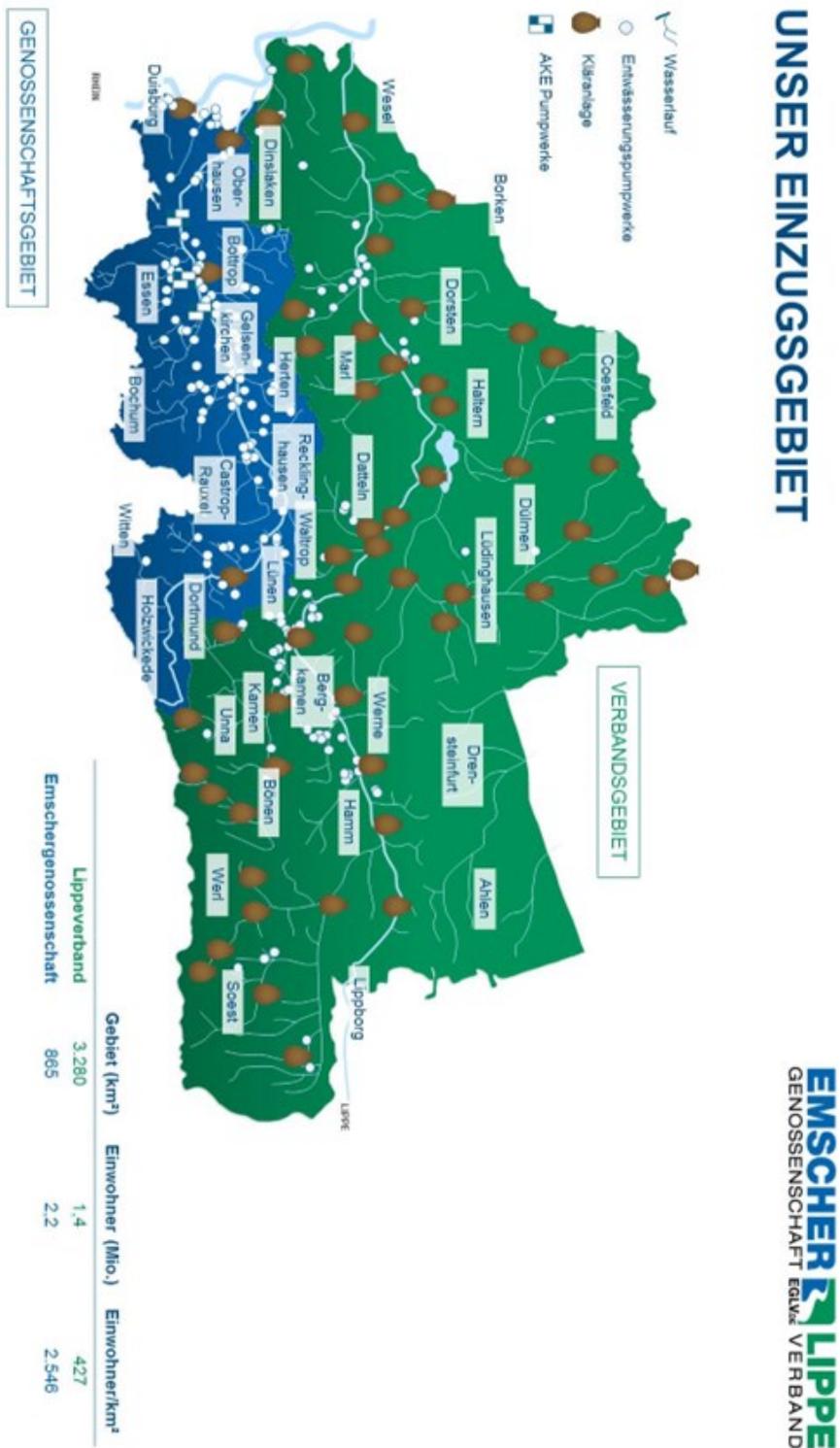


Abbildung 2-16: Einzugsgebiet von Emschergenossenschaft und Lippeverband (EGLV, 2019)

Über 800 Betriebsanlagen von EGLV sind mit lokalen Prozessleitsystemen ausgestattet, die sich jeweils voneinander unterscheiden. Die Bandbreite an lokalen Prozessleitsystemen un-

terschiedlicher Hersteller und Generationen ist historisch gewachsen. Ein Großteil der Systeme wurde in den 80er und 90er Jahren des vorherigen Jahrhunderts errichtet. Ihre Wartung, Pflege und Härtung, auch unter Aspekten der Cybersicherheit, ist aufwendig. Die Anlagen sind über ein sogenanntes Betriebsüberwachungssystem (BÜS) in Fernwirktechnik vernetzt - Informationen werden in Form von Betriebsmeldungen, Störmeldungen und Messwerten der Betriebsanlagen innerhalb eines hierarchischen Systems an verschiedene Zentralen gemeldet (siehe Abbildung 2-17).

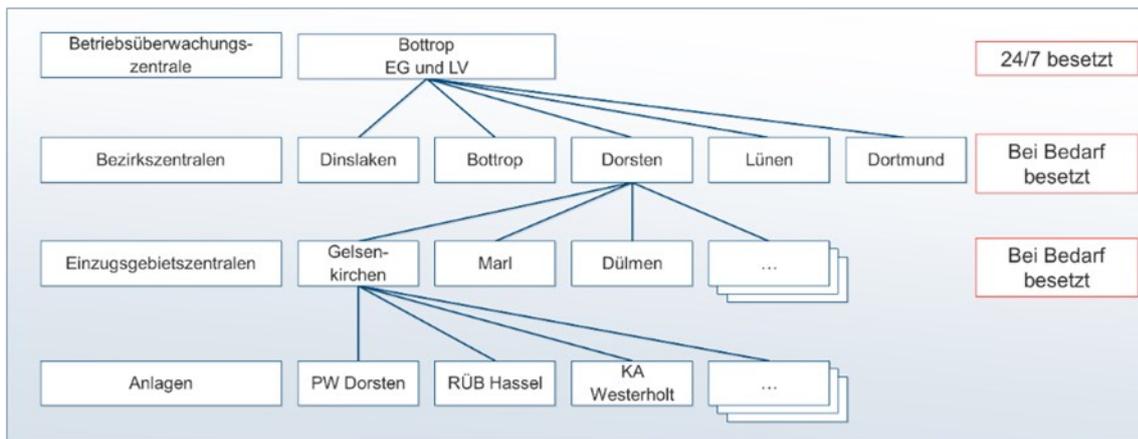


Abbildung 2-17: Struktur des Betriebsüberwachungssystems EGLV (Althoff, Vosbeck, 2019)

EGLV betreiben eine rund um die Uhr besetzte Betriebsüberwachungszentrale (BÜZ) in Bottrop, die gleichzeitig die oberste Hierarchiestufe darstellt. An die BÜZ werden innerhalb des Betriebsüberwachungssystems sämtliche Informationen über alle Betriebsanlagen mit der höchsten Priorität 1 weitergeleitet. Hierarchisch darunter angeordnet sind die fünf Bezirkszentralen (BZ), die sowohl als Backup zur BÜZ als auch als Hochwasserzentrale dienen, und damit in Zeiten mit hohem Meldeaufkommen in der Priorität 1 die BÜZ entlasten. Eine weitere Kernaufgabe des BÜS wird dagegen von den insgesamt 38 Einzugsgebietszentralen (EGZ) wahrgenommen. Hier laufen alle Informationen, also neben der Priorität 1 auch die Prioritäten 2 und 3 aus den jeweiligen zugeordneten Betriebsanlagen auf. An dieser Stelle setzt bislang auch das betriebliche Berichtswesen auf. Zur Erfüllung der Anforderungen an Sicherheit und Hochverfügbarkeit wird im BÜS bis heute eine industrielle Fernwirktechnologie eines großen deutschen Herstellers eingesetzt (Althoff, Vosbeck, 2019).

Das BÜS besteht dabei im Wesentlichen durch speziell programmierte Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), die auf nachrichtentechnische Belange seinerzeit ausgelegt wurden. Dabei handelt es sich um die Fernüberwachung, die Erfassung und Darstellung von Betriebsdaten sowie die Archivierung und Protokollierung der Betriebsdaten. Wesentliche Grundlage dafür sind standardisierte Datenpunktlisten, die für möglichst viele Anlagen einheitlich ausgelegt sind. Auf der Basis dieser Listen werden die jeweiligen SPSen der Anlagen, aber auch der

übergeordneten Ebenen (EGZ, BZ und BÜZ) programmiert. Diese Programmierung und der anschließende Einsatz der Programme auf den SPSen sind grundsätzlich höchst zuverlässig und haben sich entsprechend über die Jahre bewährt. Gleichzeitig hat die beschriebene BÜS-Struktur aber auch den Nachteil, dass bei etwaigen Anpassungen der o.g. Datenpunktlisten oder der BÜS-Funktionalitäten genau die kaskadierte Struktur zahlreiche weitere Änderungen in der Programmierung aller betroffenen SPSen nach sich ziehen. Diese Aufwände, die z. T. für die Änderungen auch Anfahrten sowie Vor-Ort-Einspielung von Programmen bedingen, sind als hoch einzustufen.

Die anfallenden Betriebsdaten sind umfangreich und werden über das BÜS in eine Betriebsdatenbank transportiert. EGLV setzen das Produkt Acron der Dataforum GmbH zur Erfassung, Archivierung und Auswertung von Betriebsdaten ein. Die Betriebsdaten werden dabei in den 38 Einzugsgebietszentralen jeweils in eigenständigen Acron-Datenbanken gesammelt und dort vorgehalten. Dabei sind je EGZ derzeit drei Server parallel aufgesetzt: Zunächst der eigentliche BÜS-Server mit Acron, zusätzlich ein vollständig redundanter Server mit identischer Installation (also auch BÜS nebst Acron), der im Falle eines Ausfalls des Hauptservers direkt übernimmt, sowie zusätzlich noch ein weiterer Server (Transfermaschine), der wiederum die Acron-Datenbank als vollständiger Spiegel der Hauptinstanz vorhält und im Wesentlichen für den Datentransfer in die Hauptverwaltung von EGLV fungiert. Eine zentrale Datenbank-Instanz ist entsprechend in der Hauptverwaltung der Verbände aufgesetzt. Sie sammelt die dezentralen Daten von den 38 EGZ-Transfermaschinen in der Nacht ein, stellt diese für das Betriebsreporting zur Verfügung und kondensiert die Daten nach Bedarf. Die Auswertung der Betriebsdaten erfolgt über ein klassisches Reporting mit vordefinierten Berichten, die im Acron fest hinterlegt sind. Die Zuordnung der einzelnen Datenpunkte von den Anlagen in die Datenbanken ist über eine sogenannte Datenpunktliste geregelt. Diese bei Bedarf fortgeschriebenen umfangreichen Listen für Kläranlagen, Pumpwerke und Regenwasserbehandlungsanlagen (Stand 01.11.2021: Version 6.2 aus Mai 2018) sind ein zentraler Bestandteil bei der Datenübermittlung. Jede Fortschreibung verursacht in der Regel zusätzliche Aufwände in allen Ebenen des Datentransfers durch individuelle Programmieranpassungen. Diese Aufwendungen sind der seinerzeit in den 2000er-Jahren entwickelten Programmier-Logik für Datenbanken geschuldet.

Geoinformationssysteme (GIS-Systeme) werden bei EGLV an unterschiedlichen Stellen eingesetzt. Den Schwerpunkt bilden dabei die Planungs- und Bauprozesse, für die GIS-Systeme eine wesentliche Komponente darstellen. So werden für die Bauvorhaben des seit 1992 laufenden Emscher-Umbaus zahlreiche Daten verschiedener Art in georeferenzierten Systemen erstellt, aktualisiert und vorgehalten. Typische Beispiele sind Kanalnetztrassen in Planung, beim Bau und später im Bestand, die zudem durch terrestrische Vermessungsdaten gesichert sind, Leitungstrassen, querende Leitungen Dritter, Baugrunderkundungsbohrungen entlang

von Kanal- und Gewässertrassen, Vermessungsdaten von EGLV-eigenen Liegenschaften, Grundwassermessstellen, uvm.

EGLV setzen dabei im Wesentlichen GIS-Produkte der Firma ESRI (ArcGIS) ein. Die Geodaten werden in unterschiedlichen Unternehmensabteilungen zu den jeweiligen Schwerpunktthemen in unterschiedlichen Formaten (in der Regel Shape, File-GeoDataBase oder SDE-GeoDataBase) gepflegt.

Bei EGLV ist SAP-ERP 6.0 im Einsatz (siehe Kapitel 2.3). Im operativen Betriebsalltag wird das Modul PM (Plant Maintenance) verwendet. Für nahezu jede anfallende Tätigkeit wird im SAP ein Auftrag erzeugt, der anschließend Beschäftigten oder Gruppen zugeordnet werden kann und nach seiner Erledigung über eine Rückmeldung im SAP-PM als erledigt gekennzeichnet wird. Die Rückmeldung erfasst dabei jeweils wesentliche Zusatzinformationen, wie zum Beispiel Dauer eines Arbeitseinsatzes oder verwendete Materialien. In Kombination mit der ebenfalls in SAP geführten Lagerhaltung und dem Bestellwesen (SAP MM, Material-Management) ist eine reine digitale Abwicklung möglich. Bereits seit 2009 haben EGLV das SAP-ERP mit ihrem GIS-System digital in einem sogenannten Betriebsführungssystem (BFS) verbunden. Dieses ermöglicht die gleichzeitige Verwendung sowohl des SAP-MM als auch des GIS in einer Ansicht, d.h. Arbeitsaufgaben werden neben einer tabellarischen Ansicht gleichzeitig auch in einer Kartenansicht dargestellt. In beiden Systemen können Aufgaben angelegt werden – gerade bei in der Abwasserwirtschaft häufig vorkommenden Linienbauwerken (z. B. Abwasserkanäle) ist das eine deutliche Erleichterung der digitalen Verwaltung der Aufgaben. Durch den integrierten Kartenservice wird eine intuitive Ansicht, Lokalisierung und Zuordnung von Betriebsmitteln (z.B. Haltungen, Schächte) ermöglicht. EGLV haben für diese Entwicklung u.a. im Jahr 2011 den Maintainer-Preis für Innovation in der Instandhaltung der TA Cook gewonnen (TA Cook, 2011).

Das Beispiel des BFS zeigt gleichzeitig eine typische Ausgangssituation: In der Regel wurden bisher bei EGLV vorhandene unterschiedliche Datenquellen individuell miteinander verbunden. Für jede Verbindung sind dabei die zu verknüpfenden Systeme über unterschiedliche, z. T. proprietäre Schnittstellen anzupassen, damit der Anwender die anvisierten Vorteile erlangen kann. Dieser Weg ist in der Regel aufwendig in der eigentlichen Programmierung. Zusätzlich erfordert die individuelle Verknüpfung weitere Aufwendungen, wenn eines oder beide der verknüpften Systeme z. B. ein Software-Update erhalten, denn in der Regel werden mit den Updates auch häufig die Schnittstellen angepasst.

Im Bereich der Büroanwendungen in der Verwaltung setzen EGLV auf weltweit etablierte Produkte wie Microsoft Office mit den Standardanwendungen Word, Excel, Powerpoint und Access. Hierbei zeigen sich bei den Verbänden die in vielen Unternehmen übliche historische

Entwicklung durch die Nutzung von lokalen Installationen auf den zunehmend virtuellen Arbeitsplatzrechnern der einzelnen Benutzenden. Seit 2019 sind im Zuge der Digitalisierung hier Veränderungen vorgenommen worden, wie beispielsweise der Wechsel auf Microsoft Office 365 bzw. Microsoft 365. Insgesamt überwiegt bei EGLV der Einsatz von proprietärer Softwareprodukte deutlich im Vergleich zu Open-Source-Produkten. Entsprechend ist der Anwendersupport für die Beschäftigten bei EGLV auf diese Hauptprodukte ausgelegt – zudem haben EGLV mit den großen Herstellern Enterprise Agreements (EA-Verträge) geschlossen, die zusätzlichen Premium-Support mit beinhalten.

Die Unternehmens-IT von EGLV setzt zudem bereits seit 2008 eine sogenannte VDI-Umgebung ein. Diese Virtual Desktop-Infrastructure ist im EGLV-eigenen Rechenzentrum aufgebaut und stellt für die Beschäftigten der Verbände dort virtuelle Desktop-Computer zur Verfügung, auf die die Benutzerinnen und Benutzer über entsprechende Softwareclients zugreifen können. Vorteile dieser Technologie sind das zentrale Management und die höhere IT-Sicherheit, da in einem geschlossenen System gearbeitet wird. Allerdings sind noch nicht alle PC-Arbeitsplätze für die Virtualisierung im Rechenzentrum geeignet. Insbesondere anspruchsvolle Grafik-Anwendungen (Computer-Aided-Design (CAD), GIS oder Videoanwendungen) werden deshalb bislang noch nicht umfassend virtualisiert.

EGLV bedienen zudem mit Ihren Daten Dritte, wie z. B. Aufsichtsbehörden, denen Messwerte in vordefinierten Formen in der Regel als regelmäßiger Bericht zur Verfügung gestellt werden muss. Hierbei sind oft klassische Datenformate wie z. B. CSV-Dateien (CSV = Comma Separated Value) per E-Mail zu überliefern. Automatisierte Datentransfers kommen beispielsweise oft in der „Gegenrichtung“ vor – beispielsweise beziehen EGLV vom Deutschen Wetterdienst Produkte, die in rein digitaler Form verfügbar sind und anschließend in sogenannten Ensemble-Vorhersagen digital weiterverarbeitet und für EGLV verbessert werden.

Von Vorteil ist die bei EGLV fortlaufende Erneuerung der wasserwirtschaftlichen Anlagen. Insgesamt planen die Verbände, in den kommenden Jahren rund 100 Mio. €/Jahr in Erneuerungsmaßnahmen für Bau-, Elektro- und Maschinentchnik zu reinvestieren. Dieses große Reinvestitionsvorhaben wird dabei alle Assettypen betreffen. Im Zuge dieser Maßnahmen werden auch die mess- und regeltechnischen sowie elektrotechnischen Komponenten der Anlagen erneuert. Damit bietet sich auch in Hinsicht auf die Digitalisierung die Chance, mit fortschrittlichen Technologien weitere Effizienzen zu heben und die Anlagen der Daseinsvorsorge weiterhin cybersicher zu betreiben.

3 Überlegungen zur digitalen Transformation

Das vorliegende Kapitel beschreibt die von EGLV gewählte Konzeption zur digitalen Transformation der Geschäftsprozesse. Mit dem Jahr 2014 wurde der Begriff „Wasserwirtschaft 4.0“ in der Wasserwirtschaft etabliert – und damit auch erstmals das Erfordernis einer digitalen Strategie für Wasserwirtschaftsunternehmen sichtbar. Grundsätzlich oberstes Ziel im Sinne der Wasserwirtschaft 4.0 ist die sogenannte digitale Transformation. Aus Sicht des Verfassers ist es sinnvoll, zunächst die Ausgangslage unmittelbar zu Beginn der digitalen Transformation zu beschreiben (siehe Kapitel 3.1). Hierfür erscheint das Jahr 2015 besonders geeignet, da zu diesem Zeitpunkt der Begriff der Wasserwirtschaft 4.0 bereits geprägt war. Im Jahr 2015 begann somit bei vielen Unternehmen der Branche die Überlegungen, wie ein sinnvoller Übergang in die digitale Welt aussehen könnte – so auch bei EGLV.

Für eine erfolgreiche digitale Transformation sind zudem strategische Aspekte zu beachten und entsprechende Entscheidungen zu treffen. Kapitel 3.2 beschreibt die für EGLV wesentlichen seinerzeit gewählten strategischen Rahmenbedingungen. Diese „Weichenstellung“ ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche anschließende Umsetzung im laufenden Betrieb (siehe Kapitel 3.3).

3.1 Status Quo in 2015

In diesem Kapitel wird beschrieben, welche Ausgangsvoraussetzungen im Jahr 2015 bei EGLV existieren, denn auch in den Vorjahren haben EGLV bereits die Digitalisierung ihrer Prozesse aktiv verfolgt.

3.1.1 Digitale Insellösungen prägen die Systemarchitektur

Im Jahr 2015 existieren bei EGLV bereits zahlreiche verschiedene digitale Systeme, die jeweils einzelne Geschäftsprozesse entsprechend abbilden. Historisch bedingt sind die seinerzeit gewählten Prozesse diejenigen, die eine entsprechend hohe Effizienzsteigerung für die Unternehmen versprochen.

So ist beispielsweise im Anlagenbetrieb neben dem klassischen Einsatz von SAP-PM (Plant Maintenance) zur Steuerung, Verwaltung und Abrechnung der anfallenden Arbeitsaufgaben und zur Bestellung von Leistungen Dritter bereits das Betriebsführungssystem vorhanden, dass das SAP-PM mit georeferenzierten Daten verbindet. Die Steuerung der Anlagentechnik erfolgt mittels lokaler Prozessleitsysteme die jeweils an den Standorten individuell errichtet wurden. Standards bei der Programmierung der Leitsysteme existieren, sie werden allerdings nicht einheitlich gelebt.

In der Verwaltung sind beispielsweise verschiedene Prozesse im SAP-HR (Human Resources) bereits digital abgebildet – die Mitarbeitenden können über digitale Systeme ihre Zeitkonten bearbeiten, Urlaubsanträge stellen, Reisekosten abrechnen und vieles mehr. Die Vorgesetzten können über entsprechende Workflows notwendige Genehmigungen digital erteilen. Der Wareneinkauf wird ebenfalls elektronisch unterstützt – hier durch das SAP-MM (Materials Management).

Pegeldaten für z. B. Niederschlags-Abfluss-Modellierungen werden über entsprechende Systeme der jeweiligen Pegelhersteller digital gesammelt und anschließend für die Simulationsrechnungen aufbereitet.

Neben den aufgeführten Beispielen gibt es so noch zahlreiche weitere Prozesse, die bereits vollständig oder zumindest teilweise digital abgewickelt werden.

Betrachtet man nun die Gesamtheit der Geschäftsprozesse, so wird deutlich, dass im Wesentlichen einzelne Teilsysteme jeweils in sich geschlossen digitalisiert wurden – und das in der Regel auf der für das Teilsystem führenden technischen Plattform. Es handelt sich somit um Insellösungen, die jede für sich einzeln funktionsfähig und damit unabhängig von anderen Systemen ist. In der technischen Evolution ist das eine typische Vorgehensweise: Entwicklung von Teillösungen, bei denen die Anzahl der unbekanntenen Faktoren gering ist.

Im Umkehrschluss fehlt also die übergeordnete Verbindung der zahlreichen Inselsysteme. Auch das ist nicht ungewöhnlich und wurde beispielsweise bei EGLV durch das verbindende Intranetportal realisiert. Das Portal stellt einen zentralen Einstieg dar, von dem aus auf jede einzelne Insellösung aus einem einheitlichen System abgesprungen werden kann. Über eine digitale und virtuelle Verbindungsschicht wird somit das existierende Inselsystem angebunden (siehe Abbildung 3-18). Die Anwendungen selbst agieren in der Regel weiterhin getrennt und unabhängig voneinander. Rückmeldungen von der Anwendung in z. B. das Portal oder andere Insellösungen sind technisch realisierbar, jedoch aufwendig und jeweils individuell zu erstellen.

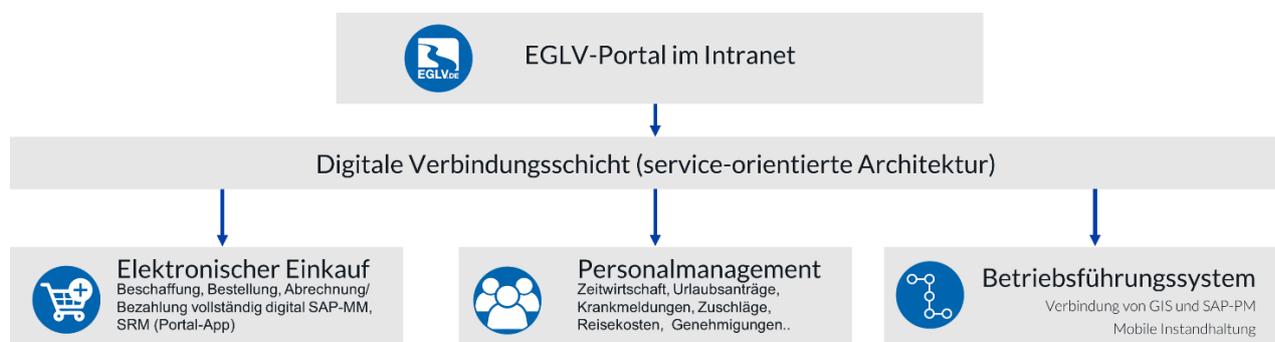


Abbildung 3-18: Intranetportal verbindet weiterhin getrennte Insellösungen (eigene Darstellung)



Abbildung 3-19: Digitale Prozesse bei EGLV (Althoff, 2021)

Zudem basieren die Insellösungen oftmals auf proprietärer Herstellersoftware. Deren Geschäftsmodelle sind in der Regel dadurch geprägt, ihre Software idealerweise für den Kunden unabdingbar zu halten. Entsprechend werden individuelle und verbindende Lösungen eher zaghaf und falls überhaupt zu hohen Kosten implementiert.

Es existieren somit viele einzelne digitale Systeme, die Teile von Geschäftsprozessen bereits abbilden (siehe Abbildung 3-19). Die Systeme sind jeweils eigenständig und in der Regel selten mit anderen Systemen vernetzt. Eine Verbindung zwischen den Systemen wird bei EGLV zum Beispiel durch das Intranetportal geschaffen – diese Verbindung ist jedoch keine klassische Vernetzung, sondern eher eine benutzerfreundliche zentrale Einstiegsebene.

Falls doch Verbindungen zwischen den Insellösungen geschaffen wurden, sind diese in der Regel aufwendig herzustellen. Nicht selten sind dafür kostspielige IT-Projekte aufzusetzen, die dann auch die jeweiligen beteiligten Hersteller der Insellösungen wiederum als Projektbeteiligte zusätzlich beauftragen müssen. Zudem geht damit ein erhöhter Wartungs- und Pflegeaufwand für die Unternehmens-IT einher – bei jedem Update einer der verbundenen Insellösungen ist die Verbindung ebenfalls bestenfalls nur zu testen – und ansonsten programmtechnisch anzupassen.

3.1.2 Cybersicherheit gewinnt an Bedeutung

Grundsätzlich hat das Thema „Cybersicherheit“ seit Jahren an Bedeutung gewonnen. Insbesondere seit Beginn des Ukraine-Krieges Ende Februar 2022 werden Cyberattacken auf große internationale aber auch nationale Unternehmen auch bei den Bürgerinnen und Bürgern in Deutschland bewusster wahrgenommen. Insbesondere Angriffe und damit Ausfälle von Services ganzer Stadtverwaltungen führen für die Bürgerinnen und Bürger sofort und meist auch langfristig zu Einschränkungen im Alltag. So war die Stadtverwaltung Witten Ziel eines erfolgreichen Angriffs mit Lösegelderpressung im Oktober 2021 – hier sind zahlreiche personenbezogene Daten anschließend im Darknet veröffentlicht worden. Bereits im Juli 2021 wurde der Landkreis Anhalt-Bitterfeld ebenfalls Opfer einer Ransomware (Erpressungstrojaner), auch hier wurden personenbezogene Daten in großem Umfang heruntergeladen, sämtliche Systeme verschlüsselt und ein Lösegeld gefordert. Als Folge mussten alle IT-Systeme und Fachanwendungen im Landkreis neu aufgesetzt werden. Die Arbeiten dauerten mindestens bis Juli 2022 weiterhin an – im März 2022 waren erst 40 der insgesamt 159 Fachanwendungen wieder online verfügbar. Im Umkehrschluss bedeutet dies auch, dass die Verwaltung des Landkreises nach wie vor nur sehr eingeschränkt arbeiten kann.

Mit dem im Jahr 2015 in Kraft getretenen IT-Sicherheitsgesetz des Bundes (Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme, 2015) wurden erstmalig IT-Sicherheitsaspekte für kritische Infrastrukturen implementiert – für die Wasserwirtschaft dann im BSI-Gesetz (Gesetz über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2009/2021) im Jahre 2016 konkretisiert. Es definiert damit die kritischen Infrastrukturen in Deutschland, aufgeteilt in acht Sektoren. Die Abwasserwirtschaft zählt dabei zum Sektor Wasser. Oberes Ziel der Gesetze im Sinne der Cybersicherheit ist eine Sicherheitspartnerschaft der staatlichen Organe gemeinsam mit den Unternehmen und Verbänden in Deutschland.

Für die Wasserwirtschaft haben sich hier DVGW, VKU sowie DWA eingebracht, zum Beispiel in den Branchenarbeitskreisen Wasser/Abwasser im sogenannten UP KRITIS (Umsetzungsprojekt Kritis). Erfolgreiches Ergebnis der Arbeit der Arbeitskreise war die Entwicklung und Festlegung branchenspezifischer IT-Sicherheitsstandards (B3S) gemäß § 8a (1) BSIG – in diesem Fall der branchenspezifische IT-Sicherheitsstandard Wasser/Abwasser (B3S WA), der so im DVGW und DWA-Regelwerk identisch eingegangen ist – mit den Merkblättern DVGW W 1060 (M) und DWA-M 1060 „IT-Sicherheit“. Der B3S WA muss alle zwei Jahre auf den Stand der Technik fortgeschrieben bzw. aktualisiert werden. Derzeit ist die zweite Fassung B3S WA V2 gültig, sie wurde im Februar 2020 durch das BSI bestätigt und anschließend in die obengenannten Merkblätter der Regelwerke eingearbeitet.

Besonders zu betrachten ist nun die Frage, wann ein Unternehmen der Wasserwirtschaft Anlagen nach KRITIS betreibt. Geregelt wird dieses über sogenannte Schwellenwerte, ab denen ein Unternehmen zur kritischen Infrastruktur in Deutschland zählt. Im Anhang 2 Teil 3 der BSI-KritisV (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2016/2021) sind diese bestimmt – für die Abwasserbeseitigung zählen hier Anlagen oder Leitsysteme, die jeweils 500.000 Einwohner bzw. Einwohnerwerte bedienen. Für Trinkwasser gilt aktuell der mit der Einwohnerzahl vergleichbare Schwellenwert von 22 Mio. m³ pro Jahr.

Für EGLV bedeutet dieses bezogen auf das Jahr 2015, dass lediglich die Anlagen mit einer Ausbaugröße über dem Schwellenwert von 500.000 EW/EGW nach KRITIS-V der kritischen Infrastruktur angehören. Konkret sind dies die Kläranlagen Dortmund-Deusen, Bottrop, Em-schermündung und Duisburg-Alte Emscher sowie die Betriebsüberwachungszentrale (BÜZ) in Bottrop.

Wird nun die Anzahl von Hackerangriffen auf Infrastrukturen weltweit mit in Betracht gezogen, so wird deutlich, dass die IT-Security einen wesentlichen Beitrag zur Anlagenverfügbarkeit leistet. Dies ist auch bereits im Jahr 2015 bekannt und wird durch das neue IT-Sicherheitsgesetz deutlich.

Das Bewusstsein für die Cybersicherheit bedeutet aber für die Beschäftigten bei EGLV auch, dass als Einschränkung wahrgenommene Sicherheitsfunktionen – wie zum Beispiel eine Zwei-Faktor-Authentifizierung bei Anmeldung in den Systemen – akzeptiert werden müssen. Gerade im Unternehmenskontext der Daseinsfürsorge ist die Absicherung aller Systeme gegen gezielte Angriffe von zunehmender Bedeutung, sowohl im Anlagenbetrieb mit den Steuerungssystemen als auch im Verwaltungsbereich mit den kaufmännischen Systemen, die z. B. für Nachschubbestellungen von Verbrauchsmitteln für die Kläranlagen eine wesentliche Rolle spielen.

3.1.3 Advanced Analytics/ Data Science

EGLV zeichnen seit jeher Betriebsdaten ihrer wasserwirtschaftlichen Anlagen auf. In den 70er und 80er Jahren des letzten Jahrhunderts meist analog mit z. B. Schreibstreifen, ab den 90er Jahren mit dem Einzug der Personalcomputer meist digital. Erste größere Betriebsdatenbanksysteme sind seit den 2000er Jahren vorhanden. Hier werden umfassend Daten aus dem Kläranlagen-, Pumpwerks- und Sonderbauwerksbetrieb erfasst und aufgezeichnet. Auch Steuer- und Messprotokolle der Prozessleitsysteme werden digital vorgehalten. Geoinformationssysteme, die Daten mit Orten verschneiden, sind im Einsatz – mit ihrer Hilfe werden meist Messergebnisse visualisiert, um daraus weitere Erkenntnisse abzuleiten. Pegel- und Niederschlagszeitreihen werden seit Gründung der Emschergenossenschaft und später des Lippeverbandes ebenfalls zunächst analog, heute digital vorgehalten.

Im Jahr 2015 zeigt der Status Quo wiederum auch in der Datenhaltung für alle oben genannten Messungen eine Verteilung auf viele unterschiedliche Speichersysteme und -orte. Auch hier sind die in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Insellösungen zahlreich anzutreffen.

Durch das Aufkommen von neuen Analysemethoden zum Umgang mit großen Datenmengen – oftmals unter dem Schlagwort „BigData“ zusammengefasst – erkennen auch EGLV für sich neue Möglichkeiten, den vorhandenen Datenschatz noch besser zu nutzen. Erste Lösungen für z. B. vorausschauende Instandhaltung sind in 2015 bereits erprobt. Diese Lösungen nutzen dafür Daten einzelner oder mehrerer Inselsysteme (z. B. SAP-PM sowie Betriebsdatenbank und Prozessleitsystem). Die erstellten Lösungen sind meist wiederum eigenständig und werden entsprechend als Insellösung dann betrieben. So sind z. B. Steuerungsmodule für Belebungsbeckenbelüftungen durch advanced analytics optimiert – in der Regel aber als Blackbox für EGLV, d.h. nur der Errichter hat die tatsächliche Steuerungserkenntnisse in seinem Steuergerät.

Im Jahr 2015 haben die Datenwissenschaften (DataScience) bereits viel an Bedeutung gewonnen. Das Berufsbild des DataScientists (Datenwissenschaftlers) hilft genau an den Stellen, an denen bislang die Menschen aufgrund des Umfangs der vorhandenen Daten gescheitert sind. DataScientists sichten große Datenmengen mit mittlerweile renommierten Software-

hilfsmitteln – viele Open-Source-Bibliotheken (wie z. B. Tensorflow seit 2015) sind weltweit verfügbar und werden kontinuierlich weiterentwickelt. Die Datenwissenschaftler bereiten Daten auf, um sie anschließend mit verschiedenen Algorithmen zu verarbeiten und ggfs. automatisiert Erkenntnisse aus der Verarbeitung weiter zu nutzen – z. B. als künstliche Intelligenz bei der Bilderkennung.

EGLV haben in 2015 bereits erkannt, dass Daten in der Zukunft eine bedeutsame Rolle für den effizienten Anlagenbetrieb zukommt. Gerade bei den ersten Pilotvorhaben zur Anwendung von DataScience ist jedoch der Aufwand beim Zusammensuchen und -tragen der an vielen Stellen vorhandenen Daten erheblich und zeitraubend.

3.1.4 Digitale Innovationen werden durch starre Hierarchien gebremst

Der Umgang mit dem Thema „Digitale Innovation“ bedarf neuer Wege in hierarchischen Unternehmen, die es gewohnt sind, in Abteilungsstrukturen zu denken und zu arbeiten. So kann natürlich die digitale Transformation als grundsätzliche Aufgabe für alle Abteilungen benannt werden. Die aber seit langem bereits erfolgte Sozialisierung der Mitarbeitenden bei EGLV führt dann zu zwar innovativen Lösungen auf Abteilungsebene für die in der Abteilung abgearbeiteten Prozesse – aber die Lösungen zeichnen sich auch gleichzeitig dadurch aus, dass Schnittstellen zu anderen Abteilungen in der Regel wie starre Grenzen betrachtet werden. Denn die Erfahrung der Mitarbeitenden und Führungskräfte hat diese gelehrt, dass Anpassungen oder Veränderungen der Unternehmensprozesse über Abteilungsgrenzen hinaus mitunter kräftezehrend, langwierig und oft erfolglos sind. Das ist natürlich vollkommen zuwider der echten digitalen Transformation, an deren erster Stelle in der Regel die notwendige Optimierung von Geschäftsprozessen steht. Daran anschließen sollten dann die erforderlichen technischen und organisatorischen Anpassungen abteilungsübergreifend.

Im Jahr 2015 sind zahlreiche Digitalisierungsprojekte bei EGLV bereits gestartet – viele davon auf Abteilungsebene mit dem Schwerpunkt Anlagenbetrieb. Auf Verwaltungsebene gibt es verschiedene Ideen und auch Umsetzungen von Einzellösungen, oftmals zunächst im Bereich Personalmanagement.

3.1.5 Beharrlichkeit bei den Anwendenden

„Das haben wir schon immer so gemacht!“ oder „Warum das alte bewährte System verändern oder aufgeben, das funktioniert doch noch hervorragend?“ – solche Formulierungen geben treffend die Einstellung vieler Mitarbeitenden grundsätzlich gegenüber Erneuerungen oder Veränderung wieder. Auch im Zuge der digitalen Transformation gibt es bei EGLV in 2015 zahlreiche Fürsprecher und Bedenkenräger.

Gerade im Vorfeld von Digitalisierungsmaßnahmen ist es mitunter kräftezehrend, alle Beteiligten vorab und im Laufe der Maßnahmen dauerhaft positiv zu motivieren. Der dafür erforderliche Aufwand wird oft unterschätzt. Gleichzeitig hängt zudem der Erfolg des Digitalisierungsvorhabens gerade zu Beginn oft wesentlich von der Motivation der Beteiligten ab. Denn nur, wenn die Beschäftigten den Sinn und den Mehrwert der Digitalisierung verstehen und verinnerlichen, stellen sich zügig Erfolge bei der digitalen Transformation ein. Die Projektatmosphären sind dann stets konstruktiv – gemeinsam ist der Weg schneller.

Eine rein unidirektionale Kommunikation reicht in der Regel nicht aus – vielmehr bedarf es hier des Fingerspitzengefühls der Transformations-Projektleitenden, die Bedenken und Sorgen der Beteiligten zügig zu erkennen und anzusprechen. Oftmals können auf diesem Wege viele Hindernisse direkt beseitigt werden.

Allerdings bedarf es hier mitunter einer Eingangsmotivation der Projektteams, z. B. durch die oberste Führungsebene oder die jeweils direkten Vorgesetzten. Denn es muss allen Beschäftigten klar sein, dass die digitale Transformation für das Gesamtunternehmen von zentraler Bedeutung ist. Der Weg dorthin ist nicht immer einfach, aber sinnvoll und erforderlich. Diese zentrale Botschaft wird idealerweise immer wiederkehrend, auch vom Vorstand, kommuniziert – genauso wie erste erfolgreiche Projekte. Denn diese zeigen, dass sich der Aufwand auch lohnt.

3.2 Strategische Überlegungen

Wie beginnt ein Unternehmen eine erfolgreiche digitale Transformation? Zu Beginn der Digitalisierung werden oftmals viele kleine Digitalisierungsprojekte an unterschiedlichen Stellen gestartet und umgesetzt. Sie führen zwar auf den ersten Blick zu ersten Erfolgen, aber mit der zunehmenden Verteilung von solchen Vorhaben über ein Gesamtunternehmen wird in der Regel schnell deutlich, dass dann sehr viele unterschiedlich und nur bedingt zusammenpassende Lösungen entstehen.

Für eine zielgerichtete digitale Transformation bei EGLV bedarf es ein Mindestmaß strategischer Überlegungen, die in diesem Unterkapitel erläutert werden.

3.2.1 Zielvorgabe „Digitale Transformation“

Eine digitale Transformation kann nicht „einfach so“ erfolgen. Es ist sinnvoll, sie von Beginn an mit einem Ziel zu verbinden, das dann mit zunehmender Zeit fortgeschrieben werden kann. Die Zielvorgabe kommt idealerweise von der obersten Führungsebene, die damit auch ihren aktiven Willen zur digitalen Transformation unternehmensweit bekundet.

Die Zielvorgabe kann umfassend sein, sie kann aber auch – gerade zu Beginn – nur aus wenigen Akzenten bestehen. Bei EGLV wurden hierzu folgende Ziele als Vorgabe benannt:

- Steigerung der Prozesseffizienz in allen Unternehmensbereichen

Mit der digitalen Transformation sind Mehrwerte für das Unternehmen zu heben. Mit verbesserter Prozesseffizienz der unternehmensweiten Prozesse erarbeiten wir uns Zeit- und Personal-Kapazität, die dann z. B. für neue Aufgaben oder an anderer Stelle im Unternehmen eingesetzt werden können. Diese Zielvorgabe zeigt das wesentliche der digitalen Transformation: Der Wille, die aktuellen und z. T. über lange Jahre etablierten Geschäftsprozesse im Unternehmen zu verändern und ggfs. neu zu denken. Dabei hört die Betrachtung nicht an der Organisationseinheitsgrenze einer Abteilung auf, sondern sie schließt genau die Schnittstellenbetrachtung zwischen Organisationseinheiten explizit mit ein, da hier in der Regel Effizienzverluste oft auftreten.

- Erhöhung der Bindung für die Mitglieder sowie Bürger und Institutionen

EGLV als Körperschaft öffentlichen Rechts werden als non-profit-Unternehmen durch ihre Mitglieder finanziell getragen, so schon seit der Gründung der Emschergenossenschaft im Jahre 1899. Direkte Mitglieder sind im Wesentlichen anliegende Kommunen und Industriebetriebe (die „Gemeinschaft der Abwassererzeuger“). Bürgerinnen und Bürger in den Kommunen stehen nur indirekt mit EGLV in Verbindung, nämlich über die Abwassergebühren ihrer Kommunen. Sie nehmen aber die Leistungen von EGLV durchaus wahr, z. B. durch Radwege an saubereren Gewässern. Die Bindung der Mitglieder, Bürger und Institutionen ist daher wesentlich für das Funktionieren der Genossenschaften. Auch hier muss die digitale Transformation ihren klaren Unterstützungsbeitrag leisten – mit zeitgemäßen Angeboten wie z. B. Informationen zu wasserwirtschaftlichen Themen, die online in geeigneter Form zügig gefunden werden können. So gehören neben einem zeitgemäßen Internetauftritt auch andere Kommunikationskanäle (z. B. Instagram, Twitter, Facebook, ...) dazu, über die EGLV Informationen streuen und erreichbar sind. Für die offiziellen Mitglieder gehören zum Beispiel Gremieninformationssysteme dazu, die alle für Entscheidungen erforderlichen Informationen an einer Stelle gesichert digital zur Verfügung stellen. Auch einfache digitale Beschwerde- und Mängel-Meldungen werden heute von Bürgerinnen und Bürgern, aber auch von den Kommunen und Industrie erwartet.

- Sicherstellung der infrastrukturell-technologischen Mittel- und Langfristentwicklung der digitalen Welt

Bei allen aktuellen Vor- und Nachteilen heute darf die Zukunft nicht aus dem Fokus rücken. Es gilt gerade in der digitalen Infrastruktur heute Systeme zu entwickeln und zu etablieren, die auch zukunftsfähig bleiben können. Dazu bedarf es neben den Ar-

beiten und Entwicklungen am Endpunkt „Anwendungen für Benutzerinnen und Benutzer“ insbesondere der Betrachtung der dahinterliegenden technischen Infrastruktursysteme, die sich im Laufe der Zeit schnell weiterentwickeln. Bei der digitalen Transformation ist besonders diesem Aspekt Sorge zu tragen: Es gilt, die Entwicklungen in der Zukunft technisch vorherzusehen – nicht im konkreten Sinn, wie genau eine Systemlandschaft in der Zukunft aussieht, aber im übertragenen Sinne – durch z. B. den Einsatz von Open-Source-Systemen, die plattformähnlich aufgebaut sind und modulbasiert angepasst werden können. EGLV wollen beispielsweise hier weiterhin eine Vorreiterrolle in der Wasserwirtschaft wahrnehmen.

- Berücksichtigung der aus neuen Technologien entstehenden konkreten Transformationsthemen

Mit neuen Technologien gehen mitunter veränderte Prozesse im Gesamtunternehmen einher. So wird es an einzelnen Stellen erforderlich, dass wenn eine neue Technologie eingeführt werden soll, zunächst Vorarbeiten zu erledigen sind, die dauerhaft den Prozess im Unternehmen verändern. Beispielsweise kann als neue Technologie eine zentrale Datenbankplattform dienen. Diese wird dann für die Zukunft der einzige Datenspeicherort sein – alle bisherigen Datenspeicherorte (in der Regel historisch gewachsen dezentral) sind damit aufzugeben – die bisherigen Prozesse anzupassen. Bei den Beschäftigten, die sich bislang um einen einzelnen Datenspeicherort gekümmert haben, kann das fälschlicherweise als Bedeutungsverlust wahrgenommen werden. Hier ist als konkretes Transformationsthema eine Kommunikationsaufgabe zu lösen und das Vorhaben im Sinne eines Veränderungsprojektes zu begleiten.

- IT-interne strategische Weiterentwicklung für den infrastrukturell-technologischen Kurz- und Mittelfristzeitraum

Während das Gesamtunternehmen langsam Geschwindigkeit bei der digitalen Transformation aufnimmt, muss die Unternehmens-IT bereits mindestens einen Schritt voraus sein. Denn die für das Gesamtunternehmen eingesetzten Technologien müssen zu Beginn bereits verfügbar sein. Das bedeutet, dass die IT diese Technologie bereits vorhält – also kennt. Im Umkehrschluss wird klar: Alles, was zukünftig erfolgreich für das Gesamtunternehmen eingesetzt werden kann, ist vorher von der IT bereits zu identifizieren, zu testen und zu etablieren, damit es rechtzeitig zur Verfügung steht. Hier steht ein Aktionismus allem voran – die übliche Reaktion der IT auf Anforderungen widerspricht diesem strategischen Ansatz. Damit wird deutlich, wie sich die Bedeutung der Unternehmens-IT mit der digitalen Transformation verändert – die IT wird zum Ermöglicher (Enabler).

- Integration der Digitalisierungsanforderungen aus anderen Strategien und deren technologische Umsetzung

„Pantha Rhei – alles fließt“ – oder Alles hängt mit Allem zusammen. Was bereits der griechische Philosoph Heraklit niederschrieb, gilt insbesondere bei der digitalen Transformation eines Wasserwirtschaftsunternehmens. In der Regel existiert in einem Unternehmen nicht nur eine Strategie für die Digitalisierung, sondern zahlreiche andere Strategien für bedeutsame andere Themen (z.B. Gewässerstrategie, Abwasserstrategie, ...), so auch bei EGLV. Die jeweils von Expertinnen und Experten aufgestellten Strategien zeichnet aus, dass auch sie in der Regel Elemente der Digitalisierung enthalten, auf denen die Ausrichtung der Strategie erfolgt. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass in vielen anderen Strategien Anforderungen an die digitale Transformation und Digitalisierung gestellt werden, die anschließend im Rahmen der Transformation umgesetzt werden sollen. Es wird nicht zu schaffen sein, alle Anforderungen aus fremden Strategien ohne Einschränkungen zu realisieren. Damit wird erforderlich, die Anforderungen aus „fremden“ Strategien zu erfassen, zu beurteilen und für die digitale Transformation zu gewichten und zu priorisieren. Die Erkenntnisse sind wieder in die „fremden“ Strategien zurückzuspielen.

- Schaffung der organisatorischen Voraussetzungen für die Umsetzung der Digitalisierungsmaßnahmen

Die digitale Transformation ist kein Selbstläufer. Vielmehr erzeugt die digitale Transformation zwar in Mittel- und Langfrist Effizienzsteigerungen und -gewinne, zu Beginn jedoch zunächst einmal Mehraufwendungen, die erbracht werden müssen. Digitale Innovationen bedürfen Investitionen durch das Unternehmen und gewisser organisatorischer Voraussetzungen. Denn auch bei EGLV war die Unternehmens-IT zumindest bis zum Jahre 2015 stark auf die reine Dienstleistung „IT-Services entwickeln und sicherstellen“ ausgelegt. Wenn nun die IT vom Reaktor zum Akteur – oder anders formuliert zum Treiber werden soll, bedarf es neben Anpassungen in Budget und kapazitiver Ausstattung vor allem in Ausbau und Erweiterung der in der IT vorhandenen Qualifikationen. EGLV haben in diesem Zuge die Unternehmens-IT deutlich verändert und verändern diese heute weiterhin fortlaufend. Neue abgedeckte Expertisen sind beispielsweise „stärkere IT-Security“, „IT-Architekturmanagement“, „Data-Science“, „Digitalisierungsexperten und -innen“, „M365-Experten und -innen“, und viele mehr. Aber auch in den Fachabteilungen bedarf es anderer Strukturen: So sind sogenannte Fachbereichs-IT-Koordinierende neu geschaffen worden – nicht als neue Stelle, aber als bündelnde Beschäftigte, die als erste Ansprechpartner bei Projektideen zur Verfügung stehen. Die

Koordinierenden werden von der IT stetig über aktuelle Entwicklungen informiert und in jeweils interessanten neuen Themen geschult, damit sie ihrer Rolle gerecht werden können.

- Weiterhin Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen an die Digitalisierung

Lediglich der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle erwähnt, dass natürlich die gesetzlichen Anforderungen weiterhin erfüllt werden müssen – auch mit der digitalen Transformation. Hier sind derzeit das BSI-Gesetz, die Kritis-Verordnung, der branchenspezifischer Sicherheitsstandard, die EU-DSGVO sowie das e-government Gesetz NRW als maßgebend zu betrachten.

3.2.2 Einsatz von Cloudtechnologien erlauben?

An dieser Frage scheiden sich viele Geister – mitunter auch, weil der Begriff „Cloud“ sehr unterschiedlich interpretiert und verwendet wird. Für den Verfasser kann unter „Cloudtechnologie“ vereinfacht alles verstanden werden, bei dem Befehlsausführung NICHT direkt auf dem eigenen Rechner oder auf Hardware im eigenen Rechenzentrum des Unternehmens erfolgt, also IT-Dienstleistungen, die unabhängig von Ort und Zeit über ein Daten- oder Kommunikationsnetz genutzt werden können. Eine genauere Definition liefert das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik in seinen Cloud-Computing-Grundlagen (BSI, 2022).

Entscheidend ist jedoch die Art der Cloud, die eingesetzt wird. Es existieren dabei grob vier unterschiedliche Arten, wie Cloud-Systeme bereitgestellt werden können: „Private Cloud“, „Public Cloud“, „Community Cloud“ sowie „Hybrid-Cloud“.

In der „private Cloud“ können die Infrastruktursysteme z. B. wie gewohnt on-premises (also im unternehmenseigenen Rechenzentrum) betrieben werden. Es gibt aber auch die Möglichkeit, die „Private Cloud“ in einem anderen Rechenzentrum als dem eigenen bereitzustellen. Dies ist eine wichtige Variante – denn der wirtschaftliche Betrieb von eigenen Rechenzentren wird aufgrund der komplexen Systeme für die Unternehmens-IT zunehmend schwierig. Gerade die Verlagerung in ein externes Rechenzentrum als „private Cloud“ bringt hier monetäre Vorteile, da das erforderliche Infrastrukturmanagement dann beim erfahrenen Anbieter erbracht wird.

Die „Public Cloud“ ist die allgemein verstandene Cloud, bei denen die Anwendungen und Dienste von einem Anbieter für große Gruppen zur Verfügung gestellt werden (z. B. Google-Cloud). Mit dieser Bereitstellungsform gehen oft Sorgen der Datensicherheit einher – hierfür sind entsprechende Regelungen oder zusätzliche Sicherungsmechanismen bei Bedarf zu treffen, die nicht trivial sind.

Bei der „Community Cloud“ wird eine Infrastruktur gemeinsam von mehreren Nutzern betrieben – der Zugriff auf diese Cloud ist auf die betreibenden Nutzer beschränkt. Solche Modelle werden oft dann gewählt, wenn die Nutzer ähnliche Interessen verfolgen – ein Beispiel in der

Wasserwirtschaft ist die existierende SAP-Kooperation der großen Wasserverbände in NRW, die das gemeinsame SAP-Rechenzentrum betreibt (siehe Kapitel 2.3).

Schließlich existiert noch die sogenannte „Hybrid Cloud“, bei der verschiedene der oben genannten Clouds jeweils einzeln betrieben – aber miteinander verbunden werden. Hier sind die Schnittstellen zwischen den einzelnen Clouds der Schlüssel zum Erfolg.

Für zukunftsfähige Unternehmen in der Wasserwirtschaft, die z. B. auch die modernen Verfahren der DataScience und der künstlichen Intelligenz nutzen wollen, kann es aus Sicht des Verfassers keine anderen Wege geben, als den Einsatz von Cloud-Technologien zu erlauben. Denn genau diese Technologien erlauben überhaupt erst die Nutzung der dafür erforderlichen Anwendungen. Zudem ist beispielsweise die künstliche Intelligenz extrem ressourcenfordernd beim Training der Modelle – und diese Ressourcen sind mit einem eigenen Rechenzentrum kaum wirtschaftlich bereitzustellen.

Sinnvoll ist vielmehr die Nutzung der „Hybriden Cloud“ – zumindest für EGLV. Die aus Unternehmenssicht besonders schützenswerten Daten verbleiben dabei entweder im eigenen Rechenzentrum oder in der „Private Cloud“, in der sie sicher gespeichert sind. Für die Entwicklung neuer Services z. B. mit künstlicher Intelligenz werden zusätzlich Ressourcen in der „Public-Cloud“ angemietet – nach Bedarf. Im Übrigen kann ein einmal entwickeltes und trainiertes KI-Modell anschließend oft auch in die „Private Cloud“ übertragen werden, denn die Anwendung eines Modells ist in der Regel nicht so ressourcenintensiv wie das Training.

An dieser Stelle sei erwähnt, dass es hier auf den ersten Blick nicht trivial ist, Lösungen im Sinne des europäischen und deutschen Datenschutzes zu finden – es ist hier gemeinsame Aufgabe der Datenschutzbeauftragten im Unternehmen und der IT, Lösungen zu finden, die für die Wasserwirtschaft weiterhin das wirtschaftliche Arbeiten erlauben.

3.2.3 Etablierung eines unternehmensübergreifenden Think-Tanks

Unternehmen in der Wasserwirtschaft sind historisch bedingt oft hierarchisch organisiert. So gibt es im eigentlichen Anlagenbetrieb klare Aufgaben für die Mitarbeitenden. Die Mitarbeitenden werden in Meisterbereichen gemeinsam geführt. Mehrere Meisterbereiche werden in Gruppen zusammengefasst, und je nach Größe des Unternehmens existieren darüber und daneben weitere Managementebenen wie beispielsweise Instandhaltungs- oder Bauabteilung bis hin zum Vorstand. Neben dem technischen Anlagenbetrieb gibt es dann einen oder mehrere zusätzliche Verwaltungsstränge, meist mit den kaufmännischen Aufgaben und der Personalverwaltung, die ebenfalls hierarchisch aufgebaut sind.

Bei der digitalen Transformation sind genau diese hierarchischen Strukturen mitunter hinderlich, um disruptive innovative Lösungen für die bisherigen und neuen Aufgaben zu finden. So

denken die Mitarbeitenden oft innerhalb ihrer gewohnten Handlungs- und Ermessensspielräume und sind damit auf Hierarchieebenen beschränkt. Hierarchieübergreifende innovative Lösungen werden dadurch gar nicht erst identifiziert und weiterverfolgt. Aber gerade in den übergreifenden Lösungen ist in der Regel ein großer Nutzen zu heben, denn sie beschäftigen sich dann mit den grundsätzlichen Geschäftsprozessen und deren Abarbeitung im Unternehmen. Strategisch ist es also empfehlenswert, die Innovationsfindung möglichst losgelöst von Unternehmenshierarchien zu etablieren.

EGLV haben bereits die Wichtigkeit der von Abteilungshierarchien losgelösten Betrachtung der digitalen Transformation erkannt und Ende 2014 das sogenannte CoreTeam gegründet. Hierbei handelt es sich um eine Matrixeinheit im Sinne eines Think-Tanks, in der besonders qualifizierte Mitarbeitende unabhängig von der Abteilung, in der Sie regulär arbeiten, „über den Tellerrand schauen“ und für das Gesamtunternehmen EGLV digitale Innovationen weltweit beobachten, interessante Neuerungen identifizieren und diese dann bei EGLV in einem ersten Schritt in Pilotvorhaben ausprobieren. Nur erfolgreiche Pilotvorhaben werden dann anschließend über die üblichen Wege unternehmensweit umgesetzt.

Das CoreTeam ist selbstorganisiert und keiner Person im Unternehmen berichtspflichtig. Gleichwohl berichtet das CoreTeam in regelmäßigen Abständen über seine Arbeiten z. B. im Führungskreis (also in der Vorstandssitzung). Bei EGLV sind insgesamt neun Mitarbeitende Mitglieder des CoreTeams. Sie stammen aus allen drei bei EGLV vorhandenen Vorstandsbereichen, z. B. auch aus dem Personalvorstandsbereich, denn insbesondere z. B. im Personalverwaltungs- und -recruitingbereich existieren derzeit viele innovative neue Produkte am Markt, die für EGLV in Zeiten des Fachkräftemangels bedeutsam sind. Viele Teammitglieder arbeiten regulär im technischen Bereich und bringen ihr Wissen aus dem Anlagenbetrieb und z. B. dem Forschungsbereich mit ein. Auch die Unternehmens-IT ist im CoreTeam mit vertreten und auch dringend erforderlich, denn sie muss die Proof-of-Concepts (PoCs) maßgeblich mit umsetzen.

3.2.4 Kleine Schritte ermöglichen permanente Zieljustierung (PoC-Methodik) und Quick-wins

Die digitale Zukunft ist nur schwer vorhersehbar, denn die Entwicklungen in der Digitalisierung folgen anderen Geschwindigkeiten als z. B. in der Anlagentechnik der Wasserwirtschaft. Ein halbes (Entwicklungs-)Jahr kann bereits eine Ewigkeit sein bei einer Software, die z. B. künstliche Intelligenz einsetzt. In einem solchen Zeitraum können sich Ziele, Umsetzungspfade und auch Beteiligte mitunter stark verändern. Genau diese Agilität erschwert es, für eine digitale Transformation einen längeren Weg aufzuzeigen. Vielmehr bedarf es hier einer steten Nachregulierung des Weges, mit dem am Ende das Ziel erreicht wird. Konkret bedeutet das, dass

neben einer grundsätzlichen Zielvorgabe (siehe Kapitel 3.2.1) auch kleine Etappenziele gesetzt werden müssen, die schnell erreicht werden können – zumindest schneller als die grundsätzliche Entwicklungsgeschwindigkeit in diesem Themengebiet.

EGLV bedienen sich im Think-Tank CoreTeam (siehe Kapitel 3.2.3) der sogenannten Proof-of-Concept-Methodik (PoC). Die PoC-Methodik erlaubt eine einfache und schnelle Machbarkeitsprüfung mittels kleiner Pilotvorhaben, die in der Regel lediglich drei bis sechs Monate dauern. Im Vergleich zu Projekten nach dem klassischen Wasserfallmodell, also mit linearem Projektverlauf, definierten Phasen und -übergängen handelt es sich bei PoC um ein agiles Projektvorgehen. Vorteile liegen in der kurzen Projektlaufzeit, in der die wesentlichen Aspekte einer Idee umgesetzt und geprüft werden. Nur wenn sich in einem PoC eine Methodik bereits erfolgreich bewährt hat, wird sie anschließend bei EGLV erneut und dann vollständig auf weitere klassische Aspekte hin weiter betrachtet, wie z. B. Wirtschaftlichkeit, Akzeptanz, Kosten-Nutzen-Bewertung. Wenn auch diese positiv bewertet werden, erfolgt anschließend eine unternehmensweite Umsetzung, z. B. Rahmen eines regulären IT-Projektes.

Besonderes Merkmal der agilen PoC-Methodik ist die erlaubte permanente Zieljustierung während des Pilotvorhabens. Hier wird in Anlehnung an das SCRUM-Prinzip (Details in Simschek und Kaiser, 2019) in kurzen Zeitintervallen versucht, definierte Etappenziele technisch umzusetzen. Oftmals werden in dem Zeitraum dann nicht 100%, sondern lediglich beispielsweise 80% der Ziele erreicht. Das reicht aber vollkommen aus – denn anschließend werden unter Würdigung der erreichten 80%-Ziele neue 100%-Ziele für die nächste Kurz-Etappe im Vorhaben definiert. Über mehrere Etappen ergeben sich dann insgesamt im PoC mehr erreichte Ziele, als im klassischen System. Durch die schnelle Vorgehensweise wird auch schneller klar, ob eine Idee überhaupt umsetzbar ist – oder direkt scheitert. Die bei Startups und im Entrepreneurship oft eingesetzte Methodik wird genau aus diesem Grunde auch oft mit dem Satz „Fail – but fail fast“ verbunden. Damit wird klar aufgezeigt: Scheitern besser direkt zu Beginn eines Vorhabens und nicht erst kurz vor dem Abschluss. Die PoC-Methodik setzt also auch eine entsprechende Fehlerkultur im Unternehmen voraus: Fehler müssen erlaubt sein!

3.2.5 Gerüstet durch offene Technologien – Grundlagen zur Nutzung zukünftiger Entwicklungen

Die Welt der digitalen Produkte unterliegt permanent einem Wandel. Während in den Anfängen der Digitalisierung im Wesentlichen proprietäre Produkte, also herstellergebundene Produkte wie z. B. MS-DOS, Microsoft Windows 3.11 oder dBase, marktbeherrschend waren, hat sich das Angebot in der Hard- und Softwarewelt gerade in den letzten zehn Jahren verändert. Denn mit den proprietären Systemen gehen in der Regel regelmäßige Lizenzkosten einher,

die vom Benutzenden bezahlt werden müssen. Die dafür erforderlichen Aufwendungen steigen regelmäßig.

Alternativ existieren mittlerweile viele Softwareprodukte mit sogenannten Entwicklungs-Communities, also Gemeinschaften aus Anwendern und Entwicklern, die ein Produkt gemeinsam pflegen und weiterentwickeln. Das Community-Modell ist zunehmend erfolgreich – das kann z. B. daraus abgelesen werden, dass selbst große ehemals nur-proprietäre Softwarehersteller für ein entwickeltes Eigen-Produkt das Produkt frei der Community zur Verfügung stellen und sich mit ihrem Personal nun in die Gemeinschaften einbringen. Google hat beispielsweise das für künstliche Intelligenz entwickelte Programmier-Framework Tensorflow im Jahre 2015 als Open Source veröffentlicht. Tensorflow ist mittlerweile eines der führenden Tools bei der KI-Entwicklung.

Das sogenannte FLOSS-Modell (Free/libre Open-Source-Software) für Softwarelizenzen hat sich etabliert. Es basiert auf vier Grundeigenschaften: Das Programm darf ohne Zweckvorgabe betrieben werden, der Quellcode ist öffentlich, der Quellcode darf weiter verbreitet werden und das Programm darf verbessert werden, so dass alle Nutzer davon profitieren (Müllrick, 2017).

Unter Würdigung dieser weltweiten Entwicklung ist es für eine digitale Transformationsstrategie für ein Unternehmen der Wasserwirtschaft sinnvoll, möglichst nicht mehr auf proprietäre Softwareprodukte zu setzen, sondern Produkte der FLOSS-Welt verstärkt zu betrachten. Um einem Irrtum vorzubeugen: FLOSS bedeutet nicht kostenfreie Nutzung, gerade in produktiven Unternehmensumgebungen ist auch für diese Produkte die Pflege und Wartung erforderlich. Diese Dienste werden auch von den Communities angeboten und sind in der Regel kostenpflichtig, aber deutlich günstiger als klassische Lizenzmodelle.

Mit dem Einsatz von solchen Produkten im eigenen Unternehmen werden also in einem ersten Schritt Kosten gespart. Gleichzeitig eröffnen sie neue Wege in der Zukunft. FLOSS-Software ist nicht nur selbst Open Source, sondern ermöglicht auch die Nutzung von offenen Schnittstellen zu anderen Systemen. Gerade der Datenaustausch zwischen einzelnen Systemen ist ein nicht zu unterschätzender Aufwandstreiber in Unternehmen. Beispielsweise müssen zur Verbindung mehrerer proprietärer Systeme oftmals eigene Schnittstellen von den Produktherstellern (gegen Bezahlung) entwickelt werden, diese sind anschließend auch zu pflegen und bei neuen Programmversionen fehleranfällig. Das Pendant dazu sind offene Protokolle für Schnittstellen (beispielsweise OPC-UA, MQTT oder andere), die international als Standard vereinbart sind, und damit auch die Verbindung mehrerer unterschiedlicher Systeme erlauben. Gerade in der FLOSS-Welt sind diese offenen Schnittstellen in der Regel implementiert.

Ideal ist also eine Nutzung von offenen Protokollen in den Unternehmenssystemen. Sie stellt sicher, dass auch in der Zukunft entstehende neue Produkte nachträglich mit in die Unternehmenssysteme integriert werden können. Gleichzeitig ist zu erkennen, dass auch die renommierten proprietären Hersteller zunehmend offene Protokolle als Anbindung mit anbieten.

Mit dieser Einstellung ist ein Unternehmen dann gewappnet für die unbekannt Zukunft: Möglichst offene Protokolle und das Lösen der Abhängigkeit von einzelnen proprietären Systemen bietet damit genügend Spielmöglichkeiten für die Entwicklungen, die da kommen werden. Das Unternehmen ist so für Technologien der Zukunft gerüstet („enabled“).

3.2.6 Identifikation von Schlüsseltechnologien erforderlich

Nicht alle Ideen und Umsetzungen mit dem Ziel der digitalen Transformation eines Unternehmens sind uneindeutig zu identifizieren oder für die Allgemeinheit leicht zu erkennen. Während beispielsweise der Einsatz von künstlicher Intelligenz bei der Videoauswertung von Förderbändern zur Identifikation von Störstoffen als Ziel noch leicht zu verstehen ist, da sofort der Nutzen „Verringerung von möglichen Störungen und Ausfällen eines Bauteils“ klar wird, ist dies bei anderen Themen nicht so einfach möglich. Dies betrifft insbesondere den technischen Unterbau der Unternehmens-IT/OT-Systeme und der im Unternehmen erfassten Daten.

Mögliches Beispiel für eine nicht offensichtliche Schlüsseltechnologie ist das Master Data Management des Unternehmens, also die Strategie und der Umgang mit den im Unternehmen anfallenden Daten (vergleiche Kapitel 2.1). Heutzutage sind viele Prozesse datengetrieben, d. h. zur Erfüllung von Aufgaben werden Daten benötigt, die zuvor erfasst wurden. Oft wird dann zunächst viel Zeit benötigt, um die dezentral erfassten Daten zusammenzutragen und deren Qualität zu prüfen, bevor die eigentliche Aufgabe angegangen werden kann. Die Zukunft wird noch verstärkter datengetrieben sein. Hierfür ist es sinnvoll und heutzutage technisch auch machbar, alle Daten an einer Stelle im Unternehmen zentral vorzuhalten und die Geschäftsprozesse zur Befüllung und Entnahme von Daten entsprechend anzupassen. Denn mit dieser Schlüsseltechnologie wird das Unternehmen zukünftig immer im Vorteil sein, wenn z. B. die Implementation einer neuen (datengetriebenen) KI z. B. zur automatischen Betriebsstörungserkennung an Regenbecken gefordert ist - denn die Daten müssen dann nicht mehr vorab gesucht und zusammengetragen werden, sondern liegen an einer Single-Source-of-Truth abrufbereit. Es gibt dann nur noch einen Ort, an dem die Daten liegen und deren Aktualität garantiert ist. Das Unternehmen kann sich auf die KI konzentrieren und spart Zeit.

Andere nicht offensichtliche Schlüsseltechnologien können beispielsweise die Resilienz der Unternehmen gegen Cyberangriffe sein: Der heute oft übliche Einsatz von zahlreichen mobilen Endgeräten mit lokalem Betriebssystem und der Einbindung von diesen Systemen mittels vollem VPN (VPN = Virtual Private Network) in die Unternehmensnetze birgt Cyberrisiken, z. B.

indem eine über ein Endgerät versehentlich eingeschleuste Datei alle zentralen Speicherlaufwerke eines Unternehmens verschlüsselt. Diese Ransomware-Attacken nehmen seit Jahren zu. Setzt das Unternehmen hingegen auf virtualisierte Arbeitsplätze, wird ein Großteil möglicher Angriffsszenarien direkt ausgeschlossen. Denn bei virtuellen Arbeitsplätzen findet die eigentliche Arbeit auf dem Desktop der virtuellen Ressource im Rechenzentrum statt – und nicht am Endgerät des Benutzenden. Von dort wird per VPN dann nur die Sichtverbindung auf das virtuelle Geräte erlaubt. Auch wenn das Endgerät beim Benutzenden sicherheitstechnisch kompromittiert wird, ist das gekapselte Unternehmensnetz dennoch sicher. Die Schlüsseltechnologie „Virtualisierung“ ist hier beispielsweise wesentliche Voraussetzung. Den Nutzen der Schlüsseltechnologie erkennen in der Regel nur die IT-Profis, denn für alle anderen Anwendenden ist dieses Thema inhaltlich nur mit der evtl. komplexeren Erst-Anmeldung am System als zusätzlicher Aufwand verbunden.

Bei der intensiven Befassung mit der Suche nach der für Einzelne nicht offen erkennbaren Schlüsseltechnologien werden oftmals auch gesellschaftspolitische Rahmenbedingungen unterschätzt. Derzeit aktuelles Thema ist die Identifikation von Benutzenden für digitale Services von Behörden. Das weltweit beliebte Kommunikationsmedium E-Mail wird überwiegend unverschlüsselt benutzt, und ist damit als Nachweis z. B. eines Vertragsschlusses ungeeignet. Auch das Scannen von analog unterschriebenen Verträgen z. B. in ein PDF-Dokument ist aus rechtlicher Sicht hinsichtlich seiner Gültigkeit umstritten, zumal auch das PDF in der Regel nicht verschlüsselt wird. Es wird deutlich: Verschlüsselungssystemen, die eine digitale Signatur von Dokumenten aller Art erlauben, sind ebenfalls eine Schlüsseltechnologie, auf deren Grundlage dann weitere Dienste (z. B. zur Erfüllung der E-Governance-Gesetze in NRW) entwickelt werden können.

Für eine digitale Transformation ist es also sinnvoll, nicht nur offensichtliche schnelle Vorteile zu heben, sondern insbesondere nicht offensichtliche Schlüsseltechnologien mit großer Wirkung zu identifizieren, die für das Gesamtunternehmen eine wesentliche (oftmals aber versteckte) Bedeutung haben. Für die Identifikation bedarf es allerdings Experten, die sich durch ein übergreifendes umfassendes Unternehmens- und IT-Wissen auszeichnen.

3.2.7 Die Bedeutung der Unternehmens-IT für EGLV

Zu den sinnvollen strategischen Überlegungen, die zu Beginn einer digitalen Transformation erfolgen sollten, gehören neben inhaltlichen Aspekten auch organisatorische Themen. Der Unternehmens-IT kommt bei der digitalen Transformation eine besondere Rolle zu: Sie muss nicht nur während der Transformation das normale IT-Tagesgeschäft gewährleisten, sondern sie dient zusätzlich als Ideengeberin, Beraterin, Unterstützerin bei Pilotvorhaben und Koordinatorin aller Transformationsprojekte im Unternehmen. Bei der anschließenden Einführung

neuer Systeme ist die Unternehmens-IT zudem der Treiber. Zudem gibt es bei privat und öffentlich geführten Unternehmen weltweit mittlerweile die Rollen des Chief Data Officers (CDO), des Chief Information Officers (CIO) und des Chief Digital Officers (leider auch CDO), in der Regel im obersten Management angesiedelt. Unabhängig von der Diskussion, in welcher Ebene diese angehängt werden sollten, zeigt alleine die Existenz dieser Rollen die Bedeutung von Digitalisierungsaspekten für Unternehmen auf.

Aus diesem Grund bedarf es aus strategischer Sicht einer genaueren Beleuchtung der Positionierung der IT in der Unternehmenshierarchie, denn große Teile der oben genannten Rollen werden durch die Unternehmens-IT beeinflusst.

Historisch gewachsen sind die IT-Abteilungen in Unternehmen oftmals in der Hierarchie als Dienstleistungsabteilung im unteren Drittel der Organisationsbäume angesiedelt - gemeinsam z. B. mit anderen Dienstleistungsbereichen wie dem Facility-Management oder dem Zentraleinkauf. Dieser Ansiedlung lag der Gedanke einer reinen Dienstleistungserbringung durch die IT zugrunde, wie diese in den 2000er Jahren auch üblich war. Seinerzeit bestand die Aufgabe darin, technische Systeme („EDV-Systeme“) aufzubauen und einzurichten sowie bei Bedarf Störungen zu beseitigen. Nun haben sich seitdem viele Grundlagen verändert. Neben der Vernetzung der Systeme kamen immer weitere Aspekte hinzu, so z. B. gemeinsam genutzte Datenbanken, Geoinformationssysteme, CAD-Systeme, Meldesysteme an Aufsichtsbehörden, die Cybersicherheit u.v.m.. Mittlerweile gehört die Unternehmens-IT zu den wesentlichen Prozessen, die die Handlungsfähigkeit des Unternehmens (aus technischer Sicht) sicherstellt. Gleichzeitig hat sich die Unternehmensentwicklung verändert: Viele Unternehmensentscheidungen hängen heutzutage mit digitalen Einflüssen zusammen oder sind von Aspekten der Digitalisierung berührt. Die Vorstandsebenen benötigen in diesem Themenumfeld digitale Fachexpertise, um richtungsweisende Entscheidungen abgesichert treffen zu können. Das ist entsprechend im Unternehmensorganigramm zu berücksichtigen, beispielsweise durch eine näher an die Vorstandsebene anknüpfende Aufhängung der IT.

EGLV beispielsweise haben aus diesen Gründen im Jahr 2019 die Unternehmens-IT aus einer Abteilung in einem Geschäftsbereich auf eine Abteilung, die direkt dem technischen Vorstand untersteht, aufgewertet. Damit wurde zum einen die strategische Bedeutung der IT für EGLV weiter verdeutlicht – und zum anderen die Autorität der IT als entscheidungsbefugte und richtungsweisende Abteilung erhöht. Flankiert wird die Bedeutsamkeit durch die Benennung der IT-Leitung zum ständigen Gast im höchsten Gremium, dem Führungskreis von EGLV.

3.2.8 Den Menschen mitnehmen

Nicht zuletzt ist zu Beginn der digitalen Transformation zu überlegen, wie die Beschäftigten bei der Verwandlung des Unternehmens gut eingebunden und mitgenommen werden können.

Die digitale Transformation ist bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern oftmals mit Angst und Sorgen verbunden – denn in der Regel wird (auch im öffentlichen Dienst) befürchtet, dass durch die digitale Transformation am Ende immer Arbeitskräfte durch Rationalisierungsmaßnahmen reduziert werden sollen. Erst in den letzten Jahren zeigt sich langsam ein Verständniswandel: Durch den demografischen Wandel können mitunter nicht mehr alle vakanten Stellen am Personalmarkt besetzt werden. Als Folge müssen die verbleibenden Beschäftigten auch ohne Rationalisierung mit weniger Personal gleichbleibende Aufgabenumfänge erbringen. Damit sinkt der Widerstand bei der digitalen Transformation in ersten Teilbereichen.

Idealerweise werden von der Unternehmensleitung vom ersten Tag der digitalen Transformation an die Sorgen und Ängste der Mitarbeitenden nicht nur ernst genommen, sondern in der Transformation berücksichtigt. Das bedarf neben klaren Positionierungen der Unternehmensleitungen und Bekenntnissen zur digitalen Transformation (siehe Kapitel 3.1.5) auch einer Kommunikationsstrategie für die digitale Transformation in die Belegschaft hinein. Beispiele können immer wieder neue kleine Erfolgsgeschichten sein, die im Rahmen der einzelnen Projekte erzielt wurden. Außerdem ist z. B. zu überlegen, ob nicht bestimmte Rahmenbedingungen im Unternehmen festgelegt werden können, die gerade die Sorgen weit reduzieren können – wie z. B. eine Vereinbarung, dass durch die aktive digitale Transformation in den Fachbereichen in den kommenden fünf Jahren keine heutige Stelle wegfallen wird, sondern der erzielte Nutzen in Arbeitszeit dem Fachbereich für andere Aufgaben, die bislang vielleicht nicht stringent verfolgt wurden, zur Verfügung steht. Damit wäre eine ganz andere Motivation in der Belegschaft und damit eine bessere Grundlage für die digitale Transformation gegeben.

3.3 Umsetzung im laufenden Geschäftsalltag

In den seltensten Fällen wird die digitale Transformation in einem Unternehmen der Wasserwirtschaft vollkommen aus dem Nichts geschaffen werden können – der Begriff Transformation weist bereits deutlich darauf hin, dass es hier nicht darum geht, ein Unternehmen mit allen Prozessen vollkommen neu aufzusetzen, sondern vielmehr ein bestehendes Unternehmen mit funktionierenden Geschäftsprozessen erfolgreich zum effizienten Einsatz der heutigen digitalen Möglichkeiten zu verhelfen. Dabei wird kein Unternehmen auf der grünen Wiese (der sogenannte Greenfield-Ansatz) starten.

Damit wird deutlich, dass die digitale Transformation auf dem bestehenden Status Quo (Kapitel 3.1) aufsetzt, zudem strategische Ziele (Kapitel 3.2) verfolgen muss – und sodann eine Vorgehensweise gefunden werden muss, die die Umsetzung im laufenden Geschäftsalltag auch erlaubt. Schlüsseltechnologien sind zu identifizieren und Wege zu suchen, diese parallel zu den bestehenden Systemen zu entwickeln und zu testen damit zu einem späteren definierten Zeitpunkt der Wechsel von den bestehenden auf die neuen Prozesse nahtlos erfolgen kann.

Es sind also Möglichkeiten zu identifizieren, mit denen ein Unternehmen im Laufe der Zeit in kleinen Schritten seinen digitalen Wandel erfolgreich umsetzen kann, ohne zu irgendeinem Zeitpunkt während des Wandels seine originären Aufgaben nicht zu erfüllen.

Das vorliegende Kapitel stellt unterschiedliche Schlüsseltechnologien dar, die jeweils eigenständig betrachtet werden können – die Reihenfolge der vorgestellten Ansätze ist dabei nachrangig, und die Aufzählung ist aufgrund der Vielzahl an möglichen Technologien und der schnellen Entwicklung am Markt nicht abschließend. Sie stellt aber eine Auswahl der Technologien dar, die EGLV für ihre digitale Transformation identifiziert haben. Aus Sicht des Verfassers können diese Bausteine auch für andere Unternehmen in der Wasserwirtschaft hilfreich sein.

3.3.1 Wesentliche Grundlage: Ein sicheres IT-Netzwerk für OT und IT

Zentraler Bestandteil der Digitalisierung und somit wesentliche Grundlage für die digitale Transformation ist die grundsätzliche Möglichkeit, die im Unternehmen an vielen Stellen anfallenden digitalen Daten auch für alle bestehenden Geschäftsprozesse sowie für innovative neue Ansätze verfügbar zu halten. Es kommt also auf die Verbindung der Teilkomponenten untereinander bzw. miteinander an.

Die grundlegenden Netzwerkarchitekturen sind deshalb mit besonderem Augenmerk zu betrachten. Meist existieren historisch bedingt zwei unterschiedliche Kommunikationsnetzwerke in der Wasserwirtschaft: Das Nachrichtentechnik-Netz (Operational Technology, OT), das für die Betriebsanlagen bereits in frühen Zeiten der Automatisierung errichtet wurde, sowie das Verwaltungs-Netz (Information Technology, IT), das in der Regel erst in den frühen 90er Jahren des letzten Jahrhunderts entstanden ist (vergleiche Kapitel 2.3).

Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal der beiden Netzwerke war früher die eingesetzte Kommunikationstechnologie. Das nachrichtentechnische Netz verwendete aufgrund seiner frühen Entstehung zunächst in der Regel einfache Lösungen wie z. B. die Zweidrahttechnik zur Übermittlung von Messwerten (oft analog mit den heute immer noch bekannten Ausprägungen 4-20 mA). Mit der Zeit und den technischen Fortschritten etablierten sich dann anspruchsvollere digitale Kommunikationsprotokolle (z. B. Bussysteme), die es erstmals mit einfachen sogenannten „Daten-Telegrammen“ ermöglichten, weitgehende Anlagenüberwachungen und -steuerungen zu errichten. Die Telegramme basierten dabei oft auf vordefinierten Standard-Strukturen mit festen Größen in Abhängigkeit der Bit-Anzahl der eingesetzten Kommunikationsprotokolle. Zur Verbindung dieser Technologien waren zudem häufig aufwendige Signalrangierungen erforderlich – also physikalische Orte, an denen mehrere analoge Messsignale aufgenommen, miteinander von einem digitalen System zu einem Datentelegramm verbunden wurden und dann zu zentralisierten anderen Systemen weitervermittelt wurden.

Diese sogenannten Rangierverteiler konnten mitunter beachtliche bauliche Größen in Form von Schaltschrankverbänden erreichen.

Mit dem zunehmenden Erfolg der Ethernet-Technologie und des TCP/IP-Protokolls fanden auch diese schnellen Eingang in die Nachrichtentechnik, boten sie doch die Möglichkeit, mehr Daten schneller zu transportieren und gleichzeitig der Chance, den Platzbedarf der Baugruppen zu reduzieren.

Die Verwaltungsnetze in den Unternehmen dienen dagegen in erster Linie dem Informationstransport. Sie werden unter dem Begriff „IT“ zusammengefasst. Durch den späteren Entstehungszeitpunkt setzen sie bereits auf die neueste existierende Ethernet-Technologie mit dem TCP/IP-Protokoll auf, das bis heute vorrangig in allen Unternehmen zu finden ist.

Ein weiterer einflussgebender Faktor ist die weltweite Etablierung des Internets seit den 90er Jahren, die frühere nachrichtentechnische Grenzen (die sich aus den Anlagengrenzen und den Unternehmensgrenzen ableiteten) aufhoben – es ermöglicht seitdem den einfachen Transport von Daten weltweit mit standardisierten Transportprotokollen.

Heute hat sich die Ethernet-Technologie durchgesetzt. Sowohl die nachrichtentechnischen Netze (OT) als auch die IT-Netzwerke setzen darauf auf. Sie verwenden streng genommen sogar die gleiche technische Infrastruktur zum Netzwerkbetrieb: Die Geräte „sprechen“ TCP/IP als Protokollsprache, dazwischen liegen Kabel- oder Funkverbindungen als Verbindungsmedium, diese werden von Switchen und/ oder Routern an andere Netzwerkteilnehmer weitergegeben. Oftmals wird sogar die gleiche Hardware in der OT sowie in der IT eingesetzt.

Wenn nun der eingangs erwähnte einfache und mit dem zunehmenden Bewusstsein der Cybersicherheit auch der sichere Zugriff auf die digitalen Daten des Unternehmens wesentlich für die digitale Transformation erfolgsentscheidend ist, so ist die Zusammenführung der getrennten OT- und IT-Netze zu einem gemeinsamen Netzwerk ein zu betrachtender Ansatz.

Grundsätzlich ist es wirtschaftlich sinnvoll, gleiche Aufgaben und Vorgehensweise in Unternehmen an einer Stelle zu bündeln. Das gilt auch für OT und IT. Wenn in zwei oder mehr Bereichen eines Unternehmens beispielsweise gleiche Leistungen wie Netzwerkverwaltung von IP-Adressen, Cybersecurity, Hardwareein- und -ausbau erbracht werden, dann ist zu überlegen, ob diese Aufteilung dann noch sinnvoll ist. Typische Risiken bei der Beibehaltung der geteilten Struktur sind die divergente Weiterentwicklung der beteiligten Abteilungen, das Entstehen von qualitativen Unterschieden beim Einsatz der gleichen Technologien sowie nicht genutzte Synergiepotentiale für das Gesamtunternehmen. Häufig angeführte Sicherheitsbedenken durch die Verbindung zweier vormals getrennter Netze sind zwar auf den ersten Blick verständlich, bei genauerer Betrachtung aber mitunter kurzsichtig, da das Festhalten an der Trennung nur eine Verzögerung eines ohnehin irgendwann erforderlichen Angangs darstellt –

denn auch in die vermeintlich sicheren OT-Netze finden immer mehr Technologien der IT Eingang. Als Beispiel seien an dieser Stelle der Wunsch der Verwaltung an direkte Datenlieferungen ohne den unsicheren Umweg über USB-Sticks aus der OT benannt oder das Installieren von sogenannten Edge-Devices (Intelligente Blackbox-Computersysteme am Rande, der Edge, des Betreibernetzwerks, das vom Gerätehersteller aufgesetzt und betrieben wird) der Geräteanbieter, die dann wiederum über das Internet Daten in die Anbieter-Cloud übertragen, um dort dann umfangreiche Analysen durchzuführen.

Aus Sicht des Verfassers ist damit die zeitnahe Aufgabe der physikalisch getrennten Netzwerke von OT und IT sinnvoll und eine wesentliche Grundlage für die weitere digitale Transformation eines Unternehmens. An ihre Stelle tritt ein Gesamt-IT-Netzwerk, das jedoch entsprechend den heute üblichen Standards in viele logische und segmentierte Netzwerke unterteilt ist. Dieses Vorgehen erlaubt den sicheren Datentransport sowie die sichere Anlagensteuerung bei vertretbarem Netzwerkmanagementaufwand. Gleichzeitig ist die unternehmensweite Verfügbarkeit von Daten damit technisch realisierbar.

3.3.2 Virtualisierung im Anlagenbetrieb – Einführung virtueller Prozessleitsysteme

Die Zukunft gehört der Virtualisierung von cyberphysischen Systemen, also der Nachbildung von Hard- und Software mit dafür speziell geeigneten Systemen. Ein wesentlicher Vorteil der Virtualisierung ist die bessere und wirtschaftlichere Ausnutzung von Computerressourcen. Beispielsweise kann mit der Virtualisierung auf einer zeitgemäß ausgestatteten Computer-Workstation nicht nur ein Server für eine Anwendung installiert werden – sondern eine größere Anzahl von Servern parallel – auf einem sogenannten Wirtsystem, das über eine neue Abstraktionsschicht die physikalischen Ressourcen der Workstation in virtuelle Ressourcen umwandelt und den virtuellen Einzelservern dann bereitstellt. Gängige Softwareprodukte, sogenannte Hypervisoren, zur Virtualisierung sind in der IT bereits seit langem verbreitet – typische Softwareprodukte renommierter Hersteller sind VMWare vSphere, Microsoft Hyper-V, RedHat Virtualization, Oracle VM-Server oder Citrix Hypervisor, z. T. sind diese sogar bereits im Funktionsumfang des Betriebssystems mit enthalten. Mit den Hypervisoren werden virtuelle Maschinen erstellt, verwaltet und betrieben. Sie nutzen damit die Hardware deutlich besser und nachhaltiger aus als das bei normalen Büro-PCs z. B. der Fall ist, der häufig nur bis zu 10% seiner tatsächlichen Rechenleistung benötigt. Die Virtualisierung schließt dabei auch die für die einzelnen virtuellen Maschinen benötigten Netzwerke mit ein – ein großer Vorteil, wenn die normalen Netzwerke des Unternehmens bereits zusammengeführt wurden (vergleiche Kapitel 3.3.1), da dann beispielsweise die logischen Netze und deren Segmentierungen einheitlich auch bei den virtuellen Ressourcen berücksichtigt werden. Wenn zusätzlich durch die Virtualisierung auf heute gängige VPN-Verbindungen (Virtual Private Network, Verbindung von

z. B. einem privaten Netzwerk im Homeoffice mit dem Firmennetzwerk) verzichtet wird, stellt die Virtualisierung ein hoch sicheres Werkzeug im Kampf gegen Cyberattacken dar. Denn die gängigen VPNs verbinden häufig die lokale Hardware im Homeoffice direkt mit den Ressourcen des Unternehmens, also z. B. wird auf Speicherlaufwerke des Unternehmens direkt vom Homeoffice geschrieben oder von ihnen gelesen, ohne dass die dabei transferierten Daten eine Sicherheitsüberprüfung erhalten. Auf diesem Wege könnte Schadenssoftware zunächst unbemerkt in das Unternehmensnetzwerk gelangen. Bei virtuellen Arbeitsplätzen, bei denen der VPN-Zugang lediglich eine visuelle Verbindung erlaubt, ist dieses Risiko deutlich geringer – die Sicherheit der virtuellen Maschinen ist deutlich höher als die der lokalen Zugangssysteme im Homeoffice. Praktisch bedeutet das, dass Unternehmen der Wasserwirtschaft durch den Einsatz virtueller Maschinen ihre Cybersicherheit besser managen können – und z. B. sogar erlauben können, mit privaten Endgeräten der Mitarbeitenden einen sehenden Verbindungsaufbau zur dienstlichen virtuellen Maschine zu erlauben, obwohl das private Endgerät durch Viren kompromittiert sein könnte. Dieser Aspekt hat durch die Coronapandemie und die anschließend durch verschiedene Ursachen unterbrochenen Lieferketten eine besondere Bedeutung erhalten.

Während die Virtualisierung in der IT z. T. bereits verbreitet ist, so ist ihr Anteil in der (ehemaligen) OT in vielen Unternehmen noch gering. Gleichwohl sind hier ähnliche Voraussetzungen wie in der IT: Zahlreiche Rechnersysteme (z. B. Speicherprogrammierbare Steuerungen, SPS) nutzen oftmals nur einen Bruchteil ihrer tatsächlichen Rechenleistung und sind zudem marktbedingt in der Hardwareanschaffung deutlich teurer. Auch die Anzahl der physikalisch auf Anlagen der Wasserwirtschaft installierten SPSen ist durch einen hierarchisch kaskadierten Netzwerkaufbau (z. B. von den einzelnen Maschinen-SPSen zur Anlagen-SPS zur Prozessleit-SPS bei einem Pumpwerk) hoch. Wenn nun diese Komponenten zumindest teilweise ohne Verlust der Betriebssicherheit der Anlage durch virtuelle Systeme auf gängiger Serverhardware abgebildet und ersetzt werden können, wird ein wirtschaftlicher Vorteil schnell erreicht. Virtuelle Prozessleitsysteme erlauben zudem die Schaffung einer weitergehenden Standardisierung: Sie können beliebig kaskadiert werden. Damit wird es möglich, ein zentrales virtuelles Prozessleitsystem zu betreiben, in das alle prozessgesteuerten Anlagen und Betriebe eines Wasserwirtschaftsunternehmens integriert sind bzw. werden. Die Vorteile liegen auf der Hand: Erstmals ist damit dann auch die einheitliche Programmierung der betriebenen wasserwirtschaftlichen Anlagen z. B. über unternehmenseigene Standardbausteine möglich. Für jede physikalische Anlage kann damit eine Anlagensteuerung im virtuellen Prozessleitsystem aus den Standardbausteinen zusammengestellt werden, das sogenannte zentrale Engineering. Nur die Standardbausteine bedürfen dann in der Zukunft einer besonderen Pflege und Wartung, denn sie werden immer wieder aktualisiert in die virtuellen Anlagensteuerungen übertragen.

Im Vergleich dazu sind heute in wasserwirtschaftlichen Unternehmen in der Regel abhängig vom Anlagenerrichtungszeitpunkt ausgewählte Prozessleitsteuerungen im Einsatz, die der Anlagenerrichter programmiert hat. Entsprechend gleicht keine Anlagensteuerung einer anderen und ihr Wartungs- und Pflegeaufwand ist entsprechend hoch.

Die Chancen durch die Einführung virtueller Prozessleitsysteme sind somit vielfältig: Neben der möglichen reinen Hardwarereduktion auf den Anlagen, die sich direkt monetär niederschlägt, erschließt gerade das zentrale Engineering durch die einheitliche Programmierung der Steuerungen ein großes Einspar- und Optimierungspotential.

Wenn zusätzlich mit in Erwägung gezogen wird, dass einheitlich programmierte Systeme zudem einfacher zu pflegen sind, z. B. ist das Einspielen von Sicherheitsupdates deutlich weniger aufwendig, dann erlaubt die Virtualisierung einen sichereren und wirtschaftlicheren Anlagenbetrieb in der Wasserwirtschaft als bislang.

Ein weiterer Vorteil durch zentrale virtuelle Prozessleitsysteme erschließt sich bei der Betrachtung der Datenverfügbarkeit aus der Anlagensteuerung: Bei einem zentralen System werden diese Daten an zentraler Stelle auch vorgehalten – und nicht dezentral über alle Anlagenstandorte des Wasserwirtschaftsunternehmens verteilt. Die Daten sind damit für das Unternehmen leichter zu erschließen (vergleiche Kapitel 3.3.1).

Die Technik der virtuellen Prozessleitsysteme ist im Übrigen bereits erfolgreich erprobt. Ein Unternehmen der Wasserwirtschaft in den Niederlanden, der Watershopsbedrijf Limburg mit Sitz in Roermond, hat bereits im Jahre 2009 mit der Einführung ihrer sogenannten „Centralen Regelkamer“ im Rahmen des Projektes „WaterAUTomatisERING“ (Wauter) erstmalig virtuelle Prozessleitsysteme für seine 17 Kläranlagen und 141 Pumpwerke aufgebaut und erfolgreich etabliert.

3.3.3 Zeitgemäßes Datenmanagement mit zentraler Zeitreihenplattform

Viele Geschäftsprozesse in der Wasserwirtschaft sind datengetrieben. So werden auf allen Anlagen Mess- und Prozessvariablen erfasst, von den Gewässern gibt es Pegel und Gewässergütedaten sowie zahlreiche Laboranalysen aus den Gewässern oder von Bodenproben. Die Daten werden unterschiedlich genutzt und weiterverarbeitet – so sind verpflichtende Berichte regelmäßig für die Aufsichtsbehörden zu erstellen und an sie zu übergeben, es werden mit aufwendigen Modellen Simulationen durchgeführt, mit denen wasserwirtschaftliche Ereignisse wie Hochwässer und einhergehende Pegelstände vorhergesagt werden und vieles mehr.

Grundlage aller dieser Prozesse sind Daten, die zu Beginn zur Verfügung stehen müssen. Durch die historische Entwicklung sind die Daten bei Unternehmen der Wasserwirtschaft in

der Regel dezentral abgelegt (siehe Kapitel 3.1.1) und müssen somit zumindest zur erstmaligen Weiterverarbeitung zusammengetragen werden. Dieser Prozess ist logischerweise zeit- und damit auch kostenaufwendig – zudem auch ineffizient, da insbesondere die eingängliche Suche nach den benötigten Daten sich schwierig gestaltet. Wenn gleichzeitig noch bestehende Systemgrenzen einen direkten Datenaustausch nicht erlauben (vergleiche Kapitel 3.3.1), wird zudem manuelle und fehleranfällige Übertragungsarbeit erforderlich. Selbst wenn diese Daten dann für die erstmalige Weiterverarbeitung gesammelt sind, bedeutet das nicht, dass auch bei zukünftigen Weiterverarbeitungen alle Daten an der gleichen Stelle in der gleichen Form abgelegt sind, da vielleicht einzelne Systeme ein Softwareupdate mit Änderungen der Datenstruktur erhalten haben. Trotz der zunehmenden Vernetzung der digitalen Systeme gehört der Datenaustausch über csv-Dateien heute immer noch zu einer Standardmethode in der Wasserwirtschaft.

Die digitale Transformation bedeutet in einer Facette, dass aus den vorhandenen Daten auch neue, bislang vielleicht unbekannte Mehrwerte gehoben werden können. Dies wird umso schwieriger, je mehr die Unternehmensdaten fragmentiert und uneinheitlich abgelegt sind. Zudem sind die Daten der heute eingesetzten dezentralen Systeme in herkömmlichen Datenbanksystemen abgelegt, die sich in den vergangenen 30 Jahren entwickelt und etabliert haben. Sie sind in der Regel gut für diesen einen Speicherzweck der einen Anwendung geeignet und dafür auch performant ausgelegt – aber für eine zeitgemäße BigData-Auswertung (vergleiche Kapitel 2.1) weder architektonisch noch performancebezogen geeignet.

In der Welt außerhalb der Wasserwirtschaft existieren entsprechende Datenbanksysteme, die auch geeignet sind, die Daten, die in einem Wasserwirtschaftsunternehmen durch den Anlagenbetrieb anfallen, zentral zu verwalten und vorzuhalten. In der Regel handelt es sich dabei um Zeitreihendaten, also Daten, die neben dem eigentlichen Messwert auch einen Zeitpunkt enthalten, zu dem der Messwert erreicht wurde. Mit einer entsprechenden Zeitreihenplattform können so an zentraler Stelle alle Messdaten des Unternehmens vorgehalten werden. Sie stehen sodann für Weiterverarbeitungen immer in gleicher Form den Beschäftigten zur Verfügung – und ein Verschneiden ansonsten auf dezentralen Systemen vorgehaltener Daten kann die angestrebte Innovation durch die digitale Transformation ermöglichen. Auf den Begriff Plattform ist deshalb Wert zu legen, weil Plattformen modular aufgebaut sind. Eine Zeitreihenplattform besteht somit aus zahlreichen unterschiedlichen Modulen, wie z. B. dem Datenimporteur, der eigentlichen Zeitreihenspeicherung, dem Modul zur automatischen Vorverarbeitung von Daten und vielem mehr. Sollte nun eines der Module (aus Gründen) ausgetauscht werden müssen, ist das architektonisch bereits berücksichtigt, lediglich die Schnittstellen zwischen den abhängigen Modulen bedürfen dann einer genaueren erneuten Betrachtung. Durch diese modulare Bauweise sind Zeitreihenplattformen zukunftsfähiger als einzelne Datenbanksysteme, die durch alternative Produkte getauscht werden müssen.

Zeitreihenplattformen erlauben zudem in heutiger Zeit den Zugriff auf die anfallenden Unternehmensdaten nahezu in Echtzeit – zumindest ist es realistisch, dass zwischen der Aufnahme eines eigentlichen Messdatums und der Verfügbarkeit in der Datenbank heute nur noch wenige Sekunden bis zu einer Minute liegen. Für fast alle Prozesse der Wasserwirtschaft ist das aus Sicht des Verfassers mehr als ausreichend schnell, um ein zeitgemäßes Datenmanagement zu etablieren.

Die Einrichtung einer zentralen Zeitreihenplattform ist somit eine wertvolle Investition in die Zukunft des Wasserwirtschaftsunternehmens: Zum einen durch das zentrale Vorhalten der Daten an einer Stelle, das dann auch den Einsatz von z. B. neuen KI-Methoden erleichtert, zum anderen durch die Beseitigung von Ineffizienzen und Dateninkonsistenzen, die durch die dezentrale Ablage von Daten zwangsläufig entstehen.

Der Aufbau einer Zeitreihenplattform benötigt jedoch Sorgfalt und Zeit. Er kann parallel zur heutigen Datenerfassung erfolgen mit dem Ziel, ab Fertigstellung alle bestehenden dezentralen Systeme abzulösen.

3.3.4 Das „Schweizer Taschenmesser“ – offene Protokollstandards

Mit der zunehmenden Digitalisierung seit den 90er Jahren haben sich vorwiegend Softwarelösungen von einzelnen Herstellern am Markt etabliert und durchgesetzt. So sind beispielsweise Betriebssysteme für Computer von Microsoft oder Apple entwickelt worden oder die Softwarelösung SAP als kaufmännisches ERP-System. Diese Produkte zeichnen aus, dass sie in der Regel proprietäre Lösungen darstellen, das heißt, der Softwarehersteller bietet für sein Produkt nur dann Schnittstellen zu anderen Produkten an, wenn er das möchte – andere Anbieter können seine Schnittstellen nicht benutzen, da das Protokoll, das zur Kommunikation genutzt wird, Anderen nicht im Detail bekannt ist. Dahinter steht ein Geschäftsmodell des proprietären Softwareherstellers – Kunden erhalten von ihm eine Software sowie in der Regel gegen Bezahlung und nur beim Hersteller Erweiterungen für z. B. neue Funktionen. Je nach Bedeutung des Softwareprodukts für ein Unternehmen wird dadurch die Abhängigkeit zu diesem einen Softwareanbieter mit der Zeit immer stärker – der sogenannte Vendor-Lock-In-Effekt. Dieser bedeutet, dass mit der Zeit auch ein etwaiger Wechsel zu einem anderen Anbieter immer schwieriger wird, da das ursprünglich eingesetzte Produkt in allen Zweigen des Unternehmens verästelnt ist. Die Abhängigkeit ist somit oft geschaffen und dem Kunden bleibt nichts anderes übrig, als ständig steigende Lizenzkosten zu akzeptieren.

Microsoft ist z. B. ein solches Geschäftsmodell gelungen – ihre Lösungen aus der Kombination des Betriebssystems MS-Windows und des Softwarepakets MS-Office hat sich weltweit in den Verwaltungen von Unternehmen durchgesetzt. Vorsichtige Versuche, so auch in Deutschland, kommunale Verwaltungen von Microsoft-Produkten auf Open-Source-Betriebssysteme und

Office-Pakete umzustellen, sind bislang immer kläglich gescheitert – z. B. in der Stadt München, die sich 2003 entschlossen hat, alle rund 15.000 Computer-Arbeitsplätze der Stadtverwaltung auf Linux und Open-Source-Software umzustellen. Die vollständige Umstellung konnte aber nie erreicht werden – nicht zuletzt, weil zahlreiche spezifische Softwarelösungen für Teilbereiche der Stadtverwaltungen nur als Windows-Lösungen verfügbar waren. Am Ende beschloss der Münchener Stadtrat im Jahr 2017, das Projekt „LiMux“ zu beenden (Linux-Magazin, 2022).

Dennoch hat sich im weitergehenden Zuge der Digitalisierung ein Wandel in der Welt vollzogen: Im Zuge der Industrie-4.0 Entwicklungen in Deutschland (und weltweit entsprechend in Zuge der Internet-of-Things (IoT)-Entwicklungen) hat sich gezeigt, dass wirkliche Fortschritte bei der digitalen Transformation immer dann erzielt werden, wenn nicht nur ein Hersteller alleine, sondern eine große Gemeinschaft von Entwicklern gemeinsam ein Produkt weiterentwickeln. Diese Entwicklungsgemeinschaften, die sogenannten „communities“, bestehen in der Regel aus weltweit verteilten interessierten Software-Entwicklern und Anwendern, die z. T. auch haupt- aber vorwiegend ehrenamtlich sich der Sache wegen in die weitere Entwicklung eines Softwareproduktes erfolgreich einbringen können und wollen. Im Ergebnis entstehen dadurch nicht-proprietäre Softwarelösungen – bei denen auch die eingesetzten Protokolle zur Kommunikation bekannt sind.

Für viele typische Anwendungsfälle in der Wasserwirtschaft existieren Softwarelösungen. Mit der digitalen Transformation ist es erforderlich, zahlreiche einzelne Softwareprodukte miteinander zu verbinden, damit das Wasserwirtschaftsunternehmen daraus einen neuen Mehrwert erzielen kann (vergleiche Kapitel 3.3.1). Beispielsweise sollen die Messdaten aus einem proprietären Siemens-Leitsystem in eine offene Zeitreihenplattform übermittelt werden. Softwareprodukte bedienen sich zur Datenübertragung den sogenannten Protokollstandards. In proprietären Lösungen sind das herstellereigene Protokollstandards – für die meisten nicht-proprietären Produkte gibt es aber heutzutage offene Protokollstandards, die weltweit akzeptiert und eingesetzt werden. Für die Datenausschleusung aus dem oben genannten Siemens-Leitsystem bietet sich zum Beispiel das Protokoll „OPC-UA“ (Open Platform Communications – unified architecture) an, dessen Entwicklung von der OPC Foundation seit 2006 vorangetrieben wird, seit 2008 verfügbar ist und sich als internationaler Standard bewährt hat (OPC-Foundation, 2022). Die datenaufnehmende Zeitreihenplattform muss entsprechend OPC-UA als Eingangsprotokoll unterstützen, was in der Regel bereits originär angeboten wird.

Wenn nun mit in Betracht gezogen wird, dass selbst die ursprünglichen nur-proprietären Softwarehersteller wie z. B. Microsoft oder Siemens mittlerweile von sich aus offene Schnittstellenprotokolle zur Anbindung externer Lösungen anbieten, wird klar: Für die digitale Transformation ist zukünftig die Anbindung von Softwareprodukten mittels offener Protokollstandards

der maßgebliche Weg. Denn über diese Standards ist auch in der Zukunft gewährleistet, dass heute unbekannte neue Softwarelösungen auf jeden Fall mit in die Unternehmenssoftwarelandschaft eingebunden werden können, so lange diese auch den Standards zur Datenanbindung folgen. Diese Standards werden sich schrittweise durch die communities weiterentwickeln. Im Umkehrschluss ist also die Nutzung der offenen Protokollstandards für ein Unternehmen der Wasserwirtschaft ein Garant für die Zukunftsfähigkeit. Die offenen Standards kommen dabei einem „Schweizer Taschenmesser“ gleich, mit dem ein Werkzeug seinerzeit geschaffen wurde, das viele unterschiedliche Aufgaben erfüllen konnte und somit universal eingesetzt wurde.

Der Einsatz offener Protokollstandards kann im Unternehmen unabhängig von den bisher eingesetzten Softwaresystemen angegangen werden. Wie bei den voranstehenden Kapiteln ist eine parallele Entwicklung der erforderlichen Anbindungen durch z. B. ein IT-Projekt ohne jede Einschränkung der bestehenden Systeme möglich. Oftmals können sogar proprietäre und nicht-proprietäre Kommunikationsprotokolle gleichzeitig bedient werden. Ziel muss jedoch sein, zu einem bestimmten Zeitpunkt vollständig auf die neuen offenen Protokollstandards zu setzen.

3.3.5 Wandel der Unternehmenskultur

Allein mit technischen Lösungen ist die digitale Transformation nur schwer zu meistern. Die Bedürfnisse und Befürchtungen der Mitarbeitenden sind nicht zu unterschätzen (vergleiche Kapitel 3.2.8 sowie 3.1.5).

Aus diesen Gründen ist es sinnvoll, so früh wie möglich die Unternehmenskultur in dem zu transformierenden Wasserwirtschaftsunternehmen zu analysieren und dahingehend zu verbessern, dass auch die Belegschaft bereit ist, neue Wege einzuschlagen. Hierbei spielen verschiedene Aspekte eine besondere Rolle.

Mit einer grundsätzlichen Innovationsbereitschaft der Beschäftigten ist die digitale Transformation leichter als ohne. Erhöht werden kann die Innovationsbereitschaft im Wesentlichen durch eine aktive Kommunikation erfolgreicher Digitalisierungsvorhaben in Form von Erfolgsgeschichten – dem „Storytelling“. Sobald erste neue digitale Lösungen im Unternehmen erfolgreich entwickelt wurden, sollte deren Entwicklungsgeschichte auch aktiv im Unternehmen verbreitet werden – beispielsweise durch unternehmensweite Meldungen im Unternehmensportal oder in der Mitarbeitendenzeitschrift. Damit wird idealerweise nicht nur der Erfolg der Pioniere gewürdigt, sondern insbesondere auch Mut und Lust auf neue Lösungen bei den Mitarbeitenden geschaffen. Flankiert durch ein vielleicht bereits existierendes Ideenmanagement können anschließend sogar gezielte Digitalisierungskampagnen ausgerufen werden, mit

denen das Unternehmen gute Vorschläge zur digitalen Transformation nicht nur sammeln, sondern sogar prämiieren kann.

Auch ist zu überlegen, wie die Neugier der Mitarbeitenden für digitale Transformationsvorhaben geweckt werden kann. Mögliche Wege sind beispielsweise die Schaffung von Orten, an denen die Mitarbeitenden die Bandbreite der Chancen der Digitalisierung erleben können – eine Art Roadshow, bei der u. a. bereits erfolgreiche Vorhaben vorgestellt und ausprobiert werden können. Genauso sind niederschwellige Digitalisierungsworkshops, die die grundlegenden Ziele der digitalen Transformation sowie die vom Unternehmen angestrebten Wege erläutern, ein guter Einstieg, um die Vorteile für die Belegschaft aufzuzeigen. Gleichzeitig kann damit auch deutlich vermittelt werden, dass es keine sinnvolle Option gibt, das Unternehmen nicht digital zu transformieren.

Andere denkbare Formate sind wiederkehrende Block-Formate, in denen der interessierten Belegschaft die Möglichkeit geboten wird, sich zu bestimmten Themen der digitalen Transformation im Unternehmen Wissen anzueignen, z. B. in Form einer „Digitalen Woche“, die in einem definierten Zeitraum von einer Woche verschiedene Aspekte der digitalen Transformation in kurzen Zeiteinheiten niederschwellig als Webinar näher erläutern.

Damit anschließend auch der erforderliche Mut in der Belegschaft entsteht, Veränderungen auszuprobieren und eine Chance zu geben, bedarf es zusätzlich eine modernen Fehlerkultur im Unternehmen – denn: Nicht jedes digitale Transformationsprojekt muss zwangsläufig erfolgreich sein. Wie im normalen Leben gibt es bei der digitalen Transformation neben erfolgreichen Projekten auch Misserfolge, mit denen umgegangen werden muss. Darauf muss das Gesamtunternehmen angemessen reagieren, z. B. durch das Erlauben und Akzeptieren von Fehlern in diesem Zusammenhang. In der agilen Welt der Proof-of-Concept-Projekte muss Scheitern erlaubt sein – allerdings mit dem Zusatz, idealerweise schnell zu scheitern und dann einen anderen Weg zu suchen („Fail-but fail fast“, vergleiche Kapitel 3.2.4).

Es verbleibt die Frage, woher die Ideen und Innovationen der Beschäftigten kommen sollen. Hier obliegt es der Unternehmensführung, entsprechendes Wissen als Impuls den Beschäftigten zu vermitteln. Dabei ist gerade zu Beginn von besonderer Bedeutung, dass es Beschäftigte in der Unternehmensführung gibt, die sich für die digitale Transformation engagiert einsetzen und diese für das Unternehmen vorantreiben. Als Einzelkämpfer ist das gerade in der Wasserwirtschaft kaum zu schaffen. Es bedarf hier eines Digitalisierungsteams, das gemeinsam bereit ist, über den Tellerrand der Branche zu schauen und neuen Lösungen grundsätzlich offen gegenübertritt. Eine Möglichkeit ist die in Kapitel 3.2.3 beschriebene Etablierung eines unternehmensübergreifenden Think-Tanks als Motor der digitalen Transformation. Er kann zugleich erste Anlaufstelle für die Mitarbeitenden sein.

Dabei muss nicht jeder Proof-of-concept zwangsläufig erfolgreich sein. EGLV haben seit 2016 rund 30 PoCs durchgeführt. Davon sind rund 90 % erfolgreich verlaufen - 10 % der PoCs haben zwar technisch funktioniert, waren wirtschaftlich jedoch nicht darstellbar.

4 Anforderungen und technische Randbedingungen bei der digitalen Transformation

Bevor nun konkrete Schritte gegangen werden, um ein Unternehmen in der Wasserwirtschaft digital zu transformieren, sind noch einige Überlegungen zusätzlich sinnvoll. Mit den Erkenntnissen aus Kapitel 3 zum Status Quo, den strategischen Überlegungen zu den Zielen der digitalen Transformation sowie dem Anspruch, im laufenden Betrieb das Unternehmen zu transformieren, sind noch nicht alle Fragen geklärt. Das vorliegende Kapitel betrachtet nun übergeordnete Randbedingungen und äußere Einflüsse auf die Unternehmen der Wasserwirtschaft, für die ebenfalls im Rahmen der Transformation idealerweise Lösungen gefunden werden. Alternativ können zumindest No-Regret-Maßnahmen der digitalen Transformation identifiziert werden, mit denen auf keinen Fall falsche Vorbereitungen für die Zukunft getroffen werden.

4.1 Cybersicherheit/ Unternehmen kritischer Infrastruktur

In Kapitel 3.1.2 wurde bereits gezeigt, welche Bedeutung die Cybersicherheit für Unternehmen der Daseinsvorsorge haben. In der Wasserwirtschaft spielt die Ver- und Entsorgungssicherheit und damit der sichere Anlagenbetrieb seit jeher eine bedeutsame Rolle.

Im Zuge der digitalen Transformation ist daher besonders auf die Sicherheit des Anlagenbetriebs in gewohnter Form und zusätzlich auf die Cybersicherheit der digitalen Systeme Wert zu legen. Dabei ist es sinnvoll, die Cybersicherheit gleich als erstes Thema zu betrachten und Konzepte und Lösungen für das Unternehmen zu entwickeln – denn auf ihnen bauen alle anderen heutigen und zukünftigen neuen digitalen Anbindungen und Lösungen auf. Existierende Systeme sind dabei mit besonderem Augenmerk zu analysieren. Hier spielt vor allem das Kriterium der zukünftigen Aufwände zum Aufrechterhalten des Sicherheitsniveaus eine zentrale Rolle. Es ist davon auszugehen, dass viele bestehende Systeme teils nur mit großen Aufwendungen zukünftig immer wieder auf neue Sicherheitsniveaus gehoben werden müssen, dies teils sogar vielleicht gar mehr nicht möglich ist. Insofern ist es von elementarer Bedeutung, falls ein neues Netzwerk erstellt werden muss, um das Wettrennen gegen die Cyberattacken auch in der Zukunft wirtschaftlich zu gewinnen, dieses gleich zu Beginn der digitalen Transformation zu entscheiden. Eine Neuentwicklung bietet zudem die Möglichkeit, dass die Sicherheit direkt im grundlegenden Entwurf maßgeblich berücksichtigt werden kann (Security by Design) (UP KRITIS, 2018).

Ab einer bestimmten Größe gehören Anlagen eines Unternehmens in Deutschland zur kritischen Infrastruktur – für die Abwasserwirtschaft zum heutigen Zeitpunkt beispielsweise dann, wenn an einer Anlage die Kapazität von 500.000 Einwohner(gleich)werten erreicht oder überschritten wird (BSI, 2016/2021) (vergleiche Kapitel 3.1.2). Der Umkehrschluss bedeutet, dass Anlagen mit einer Kapazität von weniger als 500.000 Einwohner(gleich)werten per Definition

nicht zur kritischen Infrastruktur in Deutschland zählen. Es stellt sich nun die grundsätzliche Frage, ob für diese Unternehmen dann keine Risiken aus Cyberangriffen resultieren.

Denn alle Unternehmen der Wasserwirtschaft dienen der Daseinsvorsorge – der Schwellenwert der KRITIS-VO dient lediglich zum Identifizieren der großen Betreiber. Wenn ein kleinerer oder mittlerer Betreiber durch einen Cyberangriff erfolgreich kompromittiert wird, verursacht das für die betroffenen Bürgerinnen und Bürger zwangsläufig die gleichen Folgen wie bei einem großen Betreiber oberhalb des Schwellenwerts – nämlich bislang unbekannte Einschränkungen in der Verfügbarkeit der Dienstleistung bis hin zum möglichen Ausfall der Wasserver- bzw. Abwasserentsorgung.

Aus Sicht des Verfassers ist es daher grundsätzlich sinnvoll, bei der digitalen Transformation unabhängig von der tatsächlichen Anlagengröße die gleichen Sicherheitsvorkehrungen gegen Cyberangriffe zu treffen. Denn nur so ist eine hohe Verfügbarkeit der digitalen Systeme zur Erbringung der Leistungen der Daseinsvorsorge dauerhaft gesichert. Zudem spricht für eine einheitliche Vorgehensweise, wenn bei einem Betreiber sowohl KRITIS- als auch nicht-KRITIS-Anlagen betrieben werden. Denn spätestens hier wird es kompliziert, nach unterschiedlichen Standards die Cybersicherheit zu gewährleisten.

Die Wasserwirtschaft hat über den BDEW und die DWA einen gemeinsamen branchenspezifischen Sicherheitsstandard (B3S) entwickelt und über Merkblätter (DWA M 1060 bzw. DVGW W 1060) in den wasserwirtschaftlichen Standards verankert. Mit dem B3S steht ein Instrument allen Betreibern sowohl von Trinkwasser- als auch Abwasseranlagen zur Verfügung, mit dem ein cybersicherer Betrieb der IT-Prozesse und Systeme nach Stand der Technik gewährleistet werden kann. Der B3S ist vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik anerkannt und dient insbesondere für die formalen KRITIS-Betreiber als wesentliches Orientierungswerkzeug bei der Betrachtung der Cybersicherheit ihrer Anlagen. Für kleinere und mittlere Unternehmen der Wasserwirtschaft besteht grundsätzlich die Möglichkeit, den Branchenstandard ebenfalls anzuwenden.

Nicht zu vernachlässigen ist zudem das Thema Datenschutz. Dieses Thema wird ebenfalls idealerweise von Beginn der digitalen Transformation eines Unternehmens an konsequent begleitet mit beachtet. Die in der EU geltenden Regelungen zum Schutz personenbezogener Daten (EU, 2016) bedingen einen verantwortungsvollen Umgang mit diesen, der in der Regel nicht trivial umzusetzen ist. Gezeigt hat das beispielsweise das Urteil des europäischen Gerichtshofs in 2020 zum Datentransfer in Drittländer – das sogenannte Schrems II-Urteil (EUGH 2020), mit dem das bis dahin gültige Privacy-Shield-Abkommen der EU mit den USA für ungültig erklärt wurde. Seitdem ist der Einsatz von US-amerikanischen Softwareprodukten (wie z. B. Microsoft Windows oder M365) deutlich erschwert, da nicht immer nachgewiesen werden

kann, dass unter Einsatz dieser Systeme personenbezogene Daten auf keinen Fall in die USA gelangen und dort ausgewertet werden können. Das Dilemma ist klar – im Unternehmenskontext der Wasserwirtschaft ist wie in vielen anderen Branchen ein Verzicht auf z. B. Microsoft-Betriebssysteme nicht realistisch. Das bedeutet wiederum für die Unternehmens-IT und -Juristen einen beachtlichen Aufwand bei den Vereinbarungen mit z. B. Microsoft sowie bei der Härtung der eingesetzten Betriebssysteme und der damit verbundenen Übermittlung von Telemetriedaten an den Hersteller. Datentransfers unterliegen seit Juli 2020 einer Einzelfallanalyse. Erschwerend kommt hinzu, dass noch kein Nachfolgeabkommen der EU und der USA existiert – hier laufen seit Jahren Verhandlungen.

Hier wird deutlich: Wenn die Länder in der EU, so auch Deutschland - und so ebenfalls die Unternehmen der Wasserwirtschaft in Deutschland – die digitale Transformation erfolgreich umsetzen wollen, so können sie dies derzeit vor allem durch das Nutzen von Softwareprodukten, die dem US-amerikanischen Markt entstammen. Wesentliche namhafte Softwarehersteller (wie z. B. Microsoft, Google, Amazon, ESRI, Oracle, ...) haben ihren Firmensitz in den USA und sind von der oben aufgeführten Rechtsprechung betroffen. Der Einsatz ihrer Produkte ist weiterhin möglich, derzeit allerdings mit zusätzlichen Aufwendungen verbunden. Der Einsatz der Softwareprodukte ist zudem oft alternativlos.

Das bedeutet für die digitale Transformation eines Unternehmens der Wasserwirtschaft, das es sich auf jeden Fall auch mit Thematik Datenschutz zu Beginn und während der weiteren Umsetzung beschäftigen muss.

4.2 Wirtschaftliche und zukunftsfähige Nutzung der Digitalisierung

Die wesentlichen Mehrwerte der digitalen Transformation zeigen sich durch die Verbindung von mehreren Systemen oder Datenbanken, um damit neue Zusammenhänge und Muster erkennen zu können – oder die bisherigen bekannten Zusammenhänge leichter zu nutzen und damit weitere Effizienzen zu heben. Unnötige zeitraubende Arbeiten sollen minimiert werden.

Das heutige IST sieht in vielen wasserwirtschaftlichen Unternehmen ähnlich aus: Die IT-System- und Softwarelandschaft ist historisch gewachsen und zahlreiche proprietäre Softwarelösungen werden oft als Insellösung betrieben (vergleiche Kapitel 3.1.1). Die zugrundeliegende Architektur ist mitunter nur rudimentär bekannt. Änderungen an Teilsystemen verursachen unerwartete Probleme bei anderen angebotenen Systemen, da die zwischen den Systemen bestehenden Verbindungen in der Regel auch auf proprietären Kommunikationsprotokollen basieren und Probleme vorab nicht zu erkennen sind. Es besteht zudem das Risiko, dass einzelne notwendige und von den Benutzenden geforderten Änderungen verworfen oder nur

zeitlich verzögert umgesetzt werden können, da zu viele Abhängigkeiten zu anderen Systemen bestehen.

Mit dieser Ausgangslage ist eine digitale Transformation zu einem zukunftsgerichteten Wasserwirtschaftsunternehmen kaum zu meistern. Denn die „neue Welt“ mit beispielsweise leicht zugänglichen Datenpools, der Nutzung von künstlicher Intelligenz oder Augmented und Virtual Reality (AR / VR) und die damit angestrebte Hebung von weiteren Effizienzpotentialen ist nur mit einer einfachen aber sicheren Zugänglichkeit der Systeme erreichbar. Idealerweise werden auch hier zu Beginn der digitalen Transformation Überlegungen angestellt, wie die Architektur der IT-Systemlandschaft zukunftsfähig umgebaut oder neu geschaffen werden kann. Mit der „neuen Welt“ verschwimmen Systemgrenzen durch die Auslagerung von Daten und Softwaresystemen z. B. in die Cloud. Für diese Auslagerung braucht es ein durchdachtes Konzept im Unternehmen. Am Ende muss ein zukunftsweisendes Datenökosystem entstehen, das heutige vorhandene Systeme mit der Offenheit der zukünftigen Systeme verbindet – unter Beachtung der Cybersicherheit und mit Verwendung von Open-Source-Produkten. Damit wird dann eine beliebige Skalierbarkeit erreicht, bei der Systeme z. B. sowohl on premises als auch in der Cloud hybrid betrieben werden. Etwaige Verpflichtungen durch den Gesetzgeber z. B. zur OpenData-Anbindung (also der zur-Verfügung-Stellung von Daten des Wasserwirtschaftsunternehmens für die Allgemeinheit) müssen mit dem Datenökosystem einfach möglich sein. Es zeichnet sich durch seine einfache Erweiterbarkeit aus – außerdem ist die erforderliche IT-Administration ebenfalls mit einem solchen System leichter zu automatisieren.

Die frühzeitige Betrachtung zu Beginn der digitalen Transformation ist also geboten. Zu diskutieren sind aus Sicht des Verfassers unter anderem die Harmonisierung der OT- und IT-Infrastrukturen, das Verändern von bestehenden Softwareproduktlandschaften z. B. durch das Aufgeben von vorhandenen Insellösungen zugunsten offener Systeme bis hin zum Aufbau einer neuen, durchdachten IT-Architektur, die es idealerweise sogar ermöglicht, zumindest temporär beliebige vorhandene Inselsysteme zu integrieren.

Gerade der Einsatz von geeigneten Open-Source-Technologien in Verbindung mit der Nutzung offener Standardprotokolle zum Verbinden der Technologien bietet die erreichbare Chance, ein zukunftsweisendes Datenökosystem zu schaffen.

4.3 Sinnvolles Vorhalten von Betriebsdaten an einer zentralen Stelle

Neben der Verbindung von Systemen und Datenbanken gilt es zu überlegen, wie zukünftig die Menge an Daten, die im wasserwirtschaftlichen Unternehmen anfallen, gut verwaltet werden können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der Regel die bislang existierenden Systeme in

den Unternehmen historisch gewachsen sind – und zu einer Zeit konzipiert und erstmalig eingerichtet wurden, in der Daten zumeist jeweils individuell auf lokalen oder Netzlaufwerken abgelegt wurden. Aus der Zeit resultieren auch oft Datenbanken, die aus Speicherplatzgründen ebenfalls getrennt von anderen Datenbanken auf eigenen Systemen vorgehalten wurden. Genau diese dezentrale Datenhaltung führt zu den heute gängigen Schwierigkeiten, wenn neue IT-Systeme und Anwendungen zum Einsatz kommen sollen – oder bestehende Systeme (z. B. Simulationen) mit Daten versorgt werden müssen: Zu Beginn wird eine aufwendige Suche der Daten notwendig. Anschließend müssen die gefundenen Daten zudem in ein geeignetes Format für die verarbeitende Anwendung gebracht werden – und erst danach kann die eigentliche Nutzung erfolgen. Dazwischen liegen oft zudem noch händische Bearbeitungen der Rohdaten.

Mittlerweile ist die IT-Technologie für große Datenmengen deutlich weiterentwickelt. Zeitgemäße Datenbanken werden nun häufig aufgrund ihres modularen (und damit flexiblen) Aufbau als Datenbankframework bezeichnet – und sie sind auf große Datenmengen spezialisiert. Es gibt in der Regel kaum noch Beschränkungen der in einer Datenbank maximal vorzuhaltenden Datenmengen, die sich im Alltag bemerkbar machen könnten.

Damit besteht nun die Chance, ein zentrales, „cleveres“ Datenmanagement in den Unternehmen zu etablieren, bei denen alle Daten an einer zentralen Stelle zukünftig abgelegt werden bzw. abzurufen sind. Ideal ist eine BigData-fähige Datenbank mit den erforderlichen Metriken (also den Metadaten über die Art der vorhandenen Daten), die über offene Standard-Protokolle Daten sowohl importieren, verarbeiten als auch exportieren kann (vergleiche Kapitel 2.1).

Mit einem solchen zentralen Datenmanagement können zukünftig erforderliche Datenzusammenstellungen als Eingangsdaten z. B. mit einem KI-Algorithmus zur Kanalnetzsteuerung leicht und in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden. Auch viele andere, heute bereits bestehende Anwendungen können dadurch zügiger und ohne Umwege über Austauschdateien direkt mit Daten versorgt werden. Typischer Anwendungsfall könnten Niederschlags-Abfluss-Simulationen sein, die mit Echtzeitdaten der Gewässerpegel per direkter Schnittstelle versorgt werden und deren Simulationsergebnisse wiederum als Zeitreihe zurück in die Datenplattform gespielt werden und somit anderen Anwendungen zur Verfügung stünden – beispielsweise einem Alarmierungs-Modul zur rechtzeitigen Vorwarnung des Anlagenbetriebes vor Hochwasserereignissen.

Für die Entwicklung eines solchen Datenbankframeworks ist ein nicht zu unterschätzender Zeitrahmen im Rahmen eines IT-Projekts einzuplanen – gilt es doch, die im Unternehmen bereits über historisch gewachsene, klassische Einzelsysteme existierenden Systeme auf eine neue Ebene zu heben. Dabei müssen BigData-geeignete Transportwege und Verarbeitungs-

systeme in der Regel zunächst neu konzipiert und geschaffen werden, damit die Daten zukünftig an einer Stelle sicher zur Verfügung stehen können. Der Aufwand lohnt sich aber. Denn die alten Systeme können aufgrund ihrer veralteten Architektur nur bedingt dem Fortschritt der restlichen Systeme angepasst werden. Zu irgendeinem Zeitpunkt ist dann sowieso eine Ablösung der Systeme durch dann aktuelle Systeme erforderlich.

Aus Sicht des Verfassers ist dieser Zeitpunkt gerade für Massendaten aus dem wasserwirtschaftlichen Anlagenbetrieb bereits erreicht. Die automatisierte Auswertung von Massendaten sowie der Einsatz von künstlicher Intelligenz finden bereits Einzug in die Unternehmen. Auch wenn das zunächst noch einfache KI-Anwendungen sind und sein werden, ist die Erfordernis der schnellen Datenverfügbarkeit in der Zukunft klar erkennbar. Es ist daher ein guter Zeitpunkt, jetzt mit den entsprechenden Systemkonzeptionen und -entwicklungen zu beginnen, um zukünftig auch das weitere Effizienzpotential der digitalen Transformation heben zu können.

4.4 Einführung und Umbau im laufenden Betrieb

Die digitale Transformation führt zwangsläufig zu neuen Systemen, die die bisherigen und neuen Funktionalitäten in der Regel anders als bislang anbieten. So ist beispielsweise die Umstellung der Transportwege und Speicherorte von anfallenden Daten grundsätzlich aufwendig und bedingt eine sorgfältige Planung und Umsetzung der neuen Architektur, während gleichzeitig immer noch die alten Systeme weiterlaufen (müssen). Das bedeutet jedoch nicht, dass durch die existierenden Bestandssysteme in der Wasserwirtschaft ein so statisches Gebilde entstanden ist, dass die digitale Transformation nicht möglich ist. Vielmehr zeigt es, wie wichtig der Grundsatz ist, von starren Aufbauten in modulare Systeme zu wechseln, bei denen einzelne Komponenten jederzeit ausgetauscht werden können, ohne die Gesamtfunktionalität in Frage zu stellen. Denn auch in den Altsystemen können Komponenten zeitweise oder auch dauerhaft ausfallen – z. B. durch die Insolvenz eines Anbieters von Produkten. In solchen Fällen ist dann die aufwendige Neuerstellung von alternativen Systemen notwendig, und das meist unter enormen Zeitdruck, weil der Ausfall in der Regel nicht vorhersehbar war. Durch den Zeitdruck werden meist die bisher eingesetzten Systeme 1:1 nachgebildet – zum sorgfältigen Konzeptionieren und Überlegen, ob noch weitere neue Funktionen vielleicht wertschöpfend sein könnten, fehlt dann meist die Zeit.

Wenn nun aber die für eine digitale Transformation und zur Ablösung von bestehenden Systemen erforderlichen Überlegungen, Strategieentwicklungen und Planungen unabhängig von den derzeit funktionierenden Systemen angestellt werden, bieten sich hingegen andere Lösungsmöglichkeiten bis hin zum Überdenken der gesamten Systemarchitektur, um diese z. B. resi-

lienter gegen Teilausfälle zu gestalten. Damit bietet sich den Unternehmen der Wasserwirtschaft die Möglichkeit, unabhängig von etwaigen akuten Zwängen durch Systemausfälle insgesamt ein tragfähiges Konzept zur digitalen Transformation zu erarbeiten.

In der weiteren Umsetzung bedeutet das, dass auch die Bestandteile der dann identifizierten und angestrebten neuen Systeme gut durchdacht sein müssen. So sollten diese grundsätzlich ermöglichen, ihren Aufbau parallel zum laufenden Anlagenbetrieb im Altsystem durchzuführen. Neben der Betriebssicherheit der bestehenden Anlagen ist ein wesentlicher Vorteil, dass das neue System während der Entwicklung bereits getestet und verbessert werden kann. Zudem kann das erforderliche Vertrauen der Anwendenden bei Fertigstellung des neuen Systems dadurch geschaffen werden, dass ein temporär begrenzter Parallelbetrieb Alt- und Neusystem leicht vergleichbar macht. Wenn das Neusystem dann seine Mehrwerte bewiesen hat, wird das Altsystem konsequent abgeschaltet.

Im Umkehrschluss existiert die theoretische Möglichkeit, ein Altsystem durch ein Neusystem in einem Schlag oder zumindest in einem sehr überschaubaren Zeitraum von wenigen Tagen abzulösen, nicht wirklich für die Wasserwirtschaft bzw. die Daseinsvorsorge, da deren Dienstleistungen in der Regel 24/7 verfügbar sein müssen. Hier gilt aber erneut die Einschränkung, dass dann einzelne Teilsysteme isoliert betrachtet und erneuert würden – und nicht eine komplett neue Systemarchitekturentwicklung möglich wäre. Lediglich für wasserwirtschaftliche Unternehmen, die als Ausnahme mit einem Systementwicklung auf der grünen Wiese (Greenfield-Ansatz) beginnen können, bietet sich die Chance, ein System unabhängig vom laufenden Betrieb neu aufzubauen. Das ist in Deutschland aber eher unwahrscheinlich.

Durch den beschriebenen Parallelaufbau in Modulen ergibt sich zusätzlich noch der Vorteil für mittlere und größere Betreiber von wasserwirtschaftlichen Anlagen, nicht alle Anlagen gleichzeitig auf ein neues System umstellen zu müssen. Der Parallelbetrieb während einer Umstellung ermöglicht hier die ein für das Unternehmen insgesamt wirtschaftliche Zeitplanung mit zu berücksichtigen, in dem z. B. die Erneuerung von IT-technischen Komponenten in die ohnehin erforderlichen bau- und maschinentechnischen Reinvestitionsplanungen entsprechend mit aufzunehmen und dann zeitlich aufeinander abzustimmen. Der Mehraufwand für Aspekte der digitalen Transformation bleibt dadurch überschaubar.

4.5 Aus Daten Wissen gewinnen

Unabhängig von allen bisher beschriebenen Aspekten zielt die digitale Transformation darauf ab, aus vorhandenen oder neu zu erfassenden Daten neues Wissen zu gewinnen – also aus den erfassten Daten Mehrwerte zu generieren.

Mit den bisher in der Wasserwirtschaft etablierten Controlling-Prozessen zur Unternehmenssteuerung ist dieser angestrebte Mehrwert nur auf einem niedrigen Level zu erreichen. Es

existieren zwar oft numerische Abbildungen von einzelnen Systemen, Vorhersagemodelle für wasserwirtschaftliche Anlagen oder auch Systeme zur Vorhersage von kaufmännischen Aspekten in der Wasserwirtschaft, z.B. für die Wirtschaftsplanerstellung. Diese basieren aber überwiegend auf statistischen Verfahren, klassischen Reglern oder langjährigen Erkenntnissen einzelner Wissensträger.

Gleichwohl existiert bereits heute ein großer Datenschatz bei den wasserwirtschaftlichen Betreibern, der nur zu einem Bruchteil genutzt wird. Historisch diente nämlich die Datenspeicherung im frühen Zeitalter der Digitalisierung im Wesentlichen der Dokumentation.

Mit der digitalen Transformation ist nun aber angestrebt, genau aus diesen abgelegten Daten zukünftig Mehrwerte zu generieren, indem bislang unbekannte Zusammenhänge identifiziert und zukünftig einfach genutzt werden können. Dazu bedarf es grundsätzlich eines digitalen Werkzeugkastens und digitaler Methoden, mit denen die Daten gefunden, validiert, zusammengetragen und für Nachfolgesysteme zur Verfügung gestellt werden können.

Unter der Voraussetzung der vorgenannten Grundlagen können dann die wesentlichen heutzutage in der Fachwelt diskutierten Methodiken angewandt werden. DataScience, Maschine Learning und der Einsatz von künstlicher Intelligenz benötigen genau diese zusammengetragenen Daten. Mit den neuen Methodiken lassen sich dann innovative Lösungen entsprechend entwickeln – das können bessere Assistenz- und Beobachtungssysteme („Digitaler Zwilling“), Vorhersagen für den Anlagenbetrieb durch KI, Entscheidungsunterstützungssysteme für den Anlagenbetrieb oder auch endlich die lange bereits diskutierte vorausschauende Instandhaltung durch intelligente Auswertung von Sensoriken sein. Am Ende werden hier digitale Ökosysteme entstehen, die gemeinsam Daten nutzen, auswerten und entscheidungsunterstützende Erkenntnisse zuverlässig liefern, z. T. vielleicht sogar in adaptiven Prozessen.

Damit ergibt sich die wesentliche Erkenntnis, dass ohne das intelligente Managen der vorhandenen Daten sowie ohne Veränderungen an den historisch gewachsenen heutigen Systemen zur Datensammlung, -übermittlung und -auswertung viele Mehrwerte der digitalen Transformation nicht oder nur erheblich erschwert gehoben werden können. Es stellt sich aus Sicht des Verfassers nicht die Frage des „ob“, sondern nur die Frage des „wann“ die Unternehmen der Wasserwirtschaft hier ihre Systeme entsprechend überdenken werden.

Unternehmen, die diesen Schritt nicht gehen, sind dann darauf angewiesen, dass die Hersteller der bislang eingesetzten proprietären Produkte ihre Produkte um entsprechende Funktionalitäten der neuen Welt fortschreiben. Damit geht es auch in die neue Welt, jedoch nur für einzelne Produkte – und nicht für alle im Unternehmen eingesetzten Systeme.

5 Konzeption der digitalen Transformation für EGLV

Die bisherigen Kapitel zeigen die komplexe Gemengelage im Zusammenhang mit der Digitalisierung und einer angestrebten digitalen Transformation eines wasserwirtschaftlichen Unternehmens. Durch die große Anzahl von neuen Themen, technischen Randbedingungen, äußeren und inneren Einflüssen auf die Wasserwirtschaft sowie die globale technologische Weiterentwicklung ist es mitunter schwierig, überhaupt Ansatzpunkte zu identifizieren, mit denen die digitale Transformation begonnen werden kann. Zu groß ist die Sorge, etwas in Unkenntnis der gesamten Randbedingungen gleich zu Beginn falsch zu entscheiden.

Dabei gibt es definitiv nicht nur den einen richtigen Weg zum Erfolg – vielmehr machen die Vorkapitel deutlich, dass hier eine für das Unternehmen passende strategische Vorgehensweise zu erarbeiten ist. Diese Vorgehensweise muss nicht zwingend die gleiche für andere Unternehmen in der Branche sein, kann aber als richtungsweisendes Vorgehen sehr hilfreich sein.

Das vorliegende Kapitel beschreibt die für die Abwasserverbände Emschergenossenschaft und Lippeverband entwickelte Vorgehensweise seit 2015, die wesentliche Grundschnitte beinhaltet und auf deren Grundlage die ersten Schritte der digitalen Transformation bis heute erfolgreich gegangen werden konnten (siehe Abbildung 5-20). Dazu haben EGLV die in Kapitel 3.2 beschriebenen strategischen Überlegungen diskutiert und für sich umgesetzt. Von besonderer Bedeutung war und ist in diesem Zusammenhang der unternehmensweite Think-Tank „CoreTeam“ (siehe Kapitel 3.2.3), das viele der nachfolgende beschriebenen Teilschritte identifiziert und zunächst als PoC umgesetzt hat.

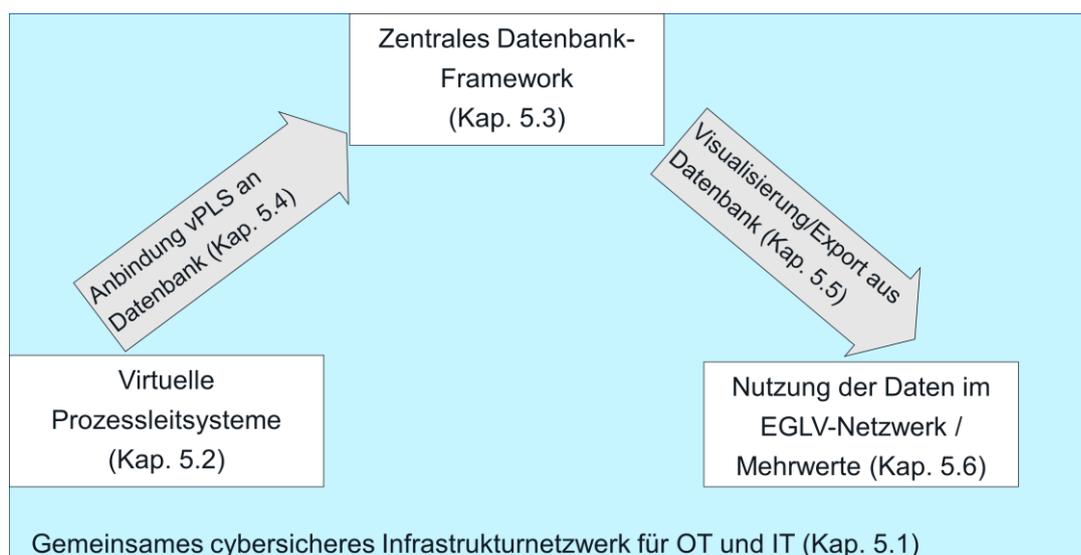


Abbildung 5-20: Konzeptbausteine zur digitalen Transformation bei EGLV (eigene Darstellung)

Die enthaltenen Ansatzpunkte werden beschrieben und können jeweils für sich getrennt betrachtet und umgesetzt werden – ihren verstärkenden Mehrwert erreichen sie jedoch vor allem dann, wenn alle Ansatzpunkte gemeinsam umgesetzt werden und die Verbindung der einzelnen Systeme dann neue Möglichkeiten z. B. zur Datenauswertung erschließt.

Dabei folgen die Unterkapitel einer logischen Reihe – zunächst wird die netzwerktechnische Infrastruktur konzipiert, damit auch zukünftig die Cybersicherheit gewährleistet werden kann (Kapitel 5.1). Auf der Basis der neuen Infrastruktur wird dann die historisch gewachsene heterogene Prozessleittechnik durch die Einführung virtueller Prozessleitsysteme auf die nächste Ebene gehoben (Kapitel 5.2). Parallel dazu wird eine zeitgemäße Datenspeicherung in Form einer modularen Zeitreihenplattform aufgebaut, die die bisherige klassische Betriebsdatenspeicherung ablöst und wesentliche neue Funktionalitäten zur Analyse bietet (Kapitel 5.3). Nach deren Aufbau wird die erforderliche Anbindung der virtuellen Prozessleitsysteme an die neue Datenbank vorgenommen, so dass alle Daten der neuen Welt an einer zentralen Stelle verfügbar werden (Kapitel 5.4). Die in der neuen Datenbank erfassten Daten können dann über geeignete weitere Softwareprodukte verarbeitet, visualisiert und oder für Folgeprozesse zur Verfügung gestellt werden (Kapitel 5.5).

Abschließend werden die Mehrwerte dieser Vorgehensweise für ausgewählte Benutzergruppen betrachtet (Kapitel 5.6).

5.1 Zusammenführung der getrennten Netzwerke von OT und IT

Die Wasserwirtschaft gehört grundsätzlich zur kritischen Infrastruktur in Deutschland. Ihre Cybersicherheit ist dabei wesentliche Voraussetzung für die Erbringung der Dienstleistungen der Daseinsvorsorge (vergleiche Kapitel 4.1). Das sicherzustellen, ist insbesondere in historisch gewachsenen Netzwerktopologien nachweisbar aufwendig. Auch bislang physikalisch getrennte Netzwerke zwischen OT und IT sind mittlerweile nicht vor Cyberangriffen gefeit, da in beiden Ausprägungen z. T. identische Hardware, Betriebssysteme und Protokolle zum Einsatz kommen. Zudem sind ungewollte Verbindungen zwischen OT und IT nicht immer auszuschließen. Unabhängig davon ist unsicher, ob die bisherigen Netzwerkstrukturen überhaupt dauerhaft einer sich permanent weiterentwickelnden Angriffskomplexität aus dem Cyberspace gegenüber behaupten können.

Gleichzeitig setzt die globale digitale Transformation im Wesentlichen auf der Vernetzung von bestehenden Systemen auf – ein Widerspruch in sich hinsichtlich der Cybersicherheit? Zumindest mit den bisherigen Netzwerkansätzen aus den 2000er Jahren ist es fraglich, ob dieser Spagat zwischen Vernetzung und Cybersicherheit überhaupt dauerhaft gelingen kann.

EGLV betreiben ebenfalls bis 2015 zwei klassisch getrennte Netzwerke für die Betriebsanlagen (OT) und die Verwaltung (IT). Die Trennung der Netze führt gefühlt oft zu Problemen, insbesondere wenn es um die Zurverfügungstellung von Daten aus dem OT für die IT geht, z. B. zum Erstellen und Versenden von gesetzlich vorgeschriebenen Berichten.

Eine mögliche – und aus Cybersicherheits-Aspekten sinnvolle Lösung – ist die Aufgabe der bisherigen Netzwerk-Trennung von OT und IT und eine Neukonzeption eines sicheren Infrastrukturnetzwerkes für EGLV. Das bedeutet übrigens nicht, dass die Netztrennung aufgegeben wird und alle Netzwerkteilnehmenden dann in einem gemeinsamen Netzwerk ohne Beschränkungen beliebig auf andere Netzwerkteilnehmende zugreifen dürfen. Denn damit wäre die angestrebte höhere Sicherheit als vorher auf keinen Fall zu erreichen. Vielmehr bedeutet das im Wesentlichen, dass ein gemeinsames physikalisches Netzwerk entsteht, dessen Management effizienter als in der alten Welt zu bewältigen ist, da einheitliche Strukturen und Hardware eingesetzt werden. Durch die Einheitlichkeit ist insbesondere das Härten gegen äußere Angriffe (z. B. durch Sicherheitspatches) erleichtert und kann zentral für alle Beteiligten gesteuert werden. Gleichzeitig wird das neue einheitliche physikalische Netzwerk in viele logische Netzwerke unterteilt (segmentiert), die durch eine technische Verschlüsselung unabhängig voneinander kommunizieren – ähnlich wie VPN-Tunnel benutzen sie lediglich die gleiche physikalische Infrastruktur. Für die angeschlossenen Nutzer und Systeme erscheinen die logischen Netzwerke dennoch als eigenständige und von der anderen Netzwelt getrennte Netzwerke. Die logischen Netzwerke werden oft auch als virtuelle Netzwerke (VLAN, Virtual Local Area Network) bezeichnet.

Mit dem Begriff der Virtualisierung lassen sich auch die Vorteile dieser neuen Netzwerkinfrastruktur einfach beschreiben.

Das Management eines virtuellen Netzwerks erfolgt im Wesentlichen über Softwarelösungen, d.h. alle im physikalischen Netzwerk vorhandenen Komponenten sind über eine Software miteinander verbunden. Über diese Software erfolgt das eigentliche Management des Netzwerkes, losgelöst von der über die logischen Netzwerke laufende Kommunikation und den Anwendungen. Das virtuelle Management ermöglicht somit das Ausspielen von Aktualisierungen auf die Netzwerkhardware per Befehl – und in der Regel ohne dass sich ein Mensch zu einem Hardwaregerät vor Ort begeben muss. Damit ist auch das häufigere Patchen von Systemen per Knopfdruck denkbar.

Gewünschte Verbindungen von logisch getrennten Netzen (also z. B. Verbindung eines logischen OT-Netzwerks in ein logisches IT-Netzwerk) sind mittels Virtualisierung sicherer zu erlauben. Denn in der virtualisierten Netzwerkwelt können genau die erforderlichen Verbindungen durch weitere zentrale virtuelle Gateways zwischen den VLANs erlaubt werden. Dabei

sind zusätzliche Sicherheitsfeatures verfügbar, wie z. B. das Benutzen einer virtuellen Datendiode, die das Übertragen von Daten aus dem OT-Netz lediglich als Einbahnstraße in das IT-Netz technisch ermöglicht. Ihr Einsatz verhindert architektonisch das auf gleichem Wege sonst denkbare jedoch ungewollte oder bewusst schadhafte Rückspielen von Informationen in das OT-Netz und stärkt damit die Sicherheit des virtuellen OT-Netzes.

Ein weiterer Vorteil liegt in der Effizienz des Netzwerkmanagements bei virtuellen Netzen. Durch das Aufgeben der zahlreichen lokalen und unabhängig verwalteten und betreuten logischen Einzelnetzwerke werden zwangsläufig personelle Synergien gehoben – gleiche Tätigkeiten, die bislang unabhängig voneinander beispielsweise in der IT und den einzelnen Betriebsanlagen der OT erbracht wurden, sind nun nur noch an einer Stelle im Unternehmen erforderlich (z. B. das Zuteilen und Verwalten von statischen IP-Adressen, das auch heute noch eine wesentliche Bedeutung in wasserwirtschaftlichen Netzwerken spielt).

Nicht zuletzt erleichtert das Schaffen einer einheitlichen Netzwerkinfrastruktur zudem das Erlauben von kontrollierten Fernzugriffen auf die Anlagen des Anlagenbetriebs, z. B. für das Ermöglichen von Homeoffice in Pandemiezeiten. Denn die dazu erforderliche Schaffung einer „sehenden“ Verbindung eines Anlagenmitarbeiters oder einer Anlagenmitarbeiterin auf „seine“ / „ihre“ Betriebsanlage unterscheidet sich technisch nicht mehr vom Zugriff eines/r Angestellten auf seinen/ihren Office-Arbeitsplatz. Die Mechanismen zur Verbindung sind dann grundsätzlich identisch – die sichere Zuordnung der Berechtigungen der Mitarbeitenden wird dann durch die Netzwerksegmentierung nachprüfbar garantiert.

Bei der Erarbeitung eines neuen Infrastrukturnetzwerks kommt der zugrunde liegenden Architektur des Netzwerks eine zentrale Bedeutung zu. Hier ist von Beginn an ein besonderes Augenmerk erforderlich – z. B. durch das Sicherstellen eigener Netzwerkarchitektenkapazitäten im Wasserwirtschaftsunternehmen. Falls nicht vorhanden, kann dieses Expertenwissen extern eingekauft werden – allerdings ist das dauerhafte Auslagern aus Sicherheitsgründen nicht zu empfehlen, da es sich hier um wesentliche Grundlagen für das wasserwirtschaftliche Unternehmen handelt.

Mit einer sorgfältig entwickelten Architekturplanung und deren Umsetzung werden die Cybersicherheitsanforderungen gemäß BSI bzw. B3S WA erfüllt und können zudem je nach Weiterentwicklung der erforderlichen Sicherheitsfeatures einfacher fortgeschrieben werden als in den bislang existierenden klassischen Netzwerktopologien.

Bei der Planung des neuen Netzwerkes ist zudem zu berücksichtigen, dass es für einen längeren Übergangszeitraum parallel zu den bisherigen Netzwerken betrieben werden können muss. Wesentlicher Grund dafür ist der erforderliche Zeitaufwand auf den bestehenden Anla-

gen, um dort zunächst die neue Infrastruktur technisch zu errichten und anschließend die bestehenden Systeme darauf umzuziehen. Dieser Prozess ist stark zeitabhängig von der Anzahl der betroffenen Anlagen und Assets.

5.2 Einführung virtueller Prozessleitsysteme

Die Chancen der durch die in der Büro-IT bereits bewährten Virtualisierung und die Umstellung der lokalen Prozessleitsysteme (PLS) wasserwirtschaftlicher Betriebsanlagen auf ein zentrales, virtuelles PLS sind vielversprechend (siehe Kapitel 3.3.2). Es verbleibt jedoch die Frage, wie ein Unternehmen mit zahlreichen Bestandsanlagen die Einführung von virtuellen PLS (vPLS) intelligent angehen kann.

Insbesondere zu Beginn ist wichtig, dass verschiedene Teilaspekte berücksichtigt werden: Zunächst ist die vPLS-Technologie für das Unternehmen insgesamt neu - so auch 2015 für EGLV. Erfahrungen liegen logischerweise noch nicht vor, und der Anlagenbetrieb mit seinen umfangreichen Erfahrungen und Erfolgen mit klassischen PLS sieht keine Notwendigkeit, eine neue Technologie einzuführen. Auch die Hersteller von vPLS geeigneten Produkten verfügen in der Regel über nur wenig Erfahrung mit der Virtualisierung im Anlagenbetrieb – ihr Geschäftsmodell basiert ebenfalls schwerpunktmäßig noch auf der klassischen PLS-Technologie. Da auch in Deutschland im Jahre 2015 keine wasserwirtschaftlichen Erfahrungen mit vPLS vorliegen, ergibt sich somit ein grundlegendes Problem: Alle Projektbeteiligten aus dem wasserwirtschaftlichen Unternehmen trauen sich nicht, die neue Technologie wirklich einzusetzen – Planungs-, Bau- und Betriebsabteilung aufgrund mangelnder Vorerfahrungen sehen lediglich Risiken und raten zur klassischen PLS-Umsetzung.

Wie kann dieser Knoten nun durchschlagen werden? Für EGLV überwiegen die Chancen und Vorteile der angedachten vPLS-Technologie. Die Technologie ist in 2015 zwar noch nicht in der Wasserwirtschaft in Deutschland im Einsatz, aber durchaus bereits seit einigen Jahren in den Niederlanden bei einem Wasserwirtschaftsunternehmen. Damit nun Wissen und Erfahrungen vor Projektierung erster Anlagen von EGLV gewonnen werden können, kooperieren EGLV und der niederländische Waterschapsbedrijf Limburg (WBL) mit Sitz an der Landesgrenze in Roermond intensiv. Dort sind zum Zeitpunkt der ersten Überlegungen bei EGLV bereits umfangreiche Kenntnisse in der Anwendung von zentralen virtuellen Prozessleitsystemen vorhanden. Durch einen regelmäßigen Austausch mit den WBL auf Augenhöhe sowohl im Management-Bereich als auch im Anlagenbereich kann der überwiegende Teil der bis dahin bei EGLV noch vorhandenen Sorgen und Bedenken ausgeräumt werden.

Innerhalb eines Zeitraums von etwa einem halben Jahr in 2016 wurde so das zur Planung einer eigenen vPLS-Anlage notwendige Spezialwissen aufgebaut, und die Planung einer ersten vPLS-Anlage bei EGLV konnte begonnen werden. Die Erfahrungen aus den Niederlanden wurden übrigens nicht 1:1 übernommen, denn bei EGLV war zum Planungszeitpunkt (anders als bei der WBL im Jahre 2009) die cybersichere Netzwerkarchitektur bereits ausgearbeitet und damit auch für das vPLS maßgebend (siehe Kapitel 5.1.).

Aber auch mit nun vorhandenen Erfahrungen bedurfte es einer angemessenen Vorgehensweise bei der Auswahl einer ersten Anlage für das vPLS. Dabei wurde eine Kläranlage ausgewählt, bei der die neue Technologie ohne große zusätzliche Aufwendungen mit eingeplant werden konnte. Diese Bedingung traf auf die 5.000 EW Kläranlage Reken-Maria Veen des Lippeverbands zu, die im Zuge einer ohnehin anstehenden Reinvestitionsmaßnahme mit einem vPLS ausgestattet wurde (Grün, Althoff, 2019).

Anfang 2018 startete der erfolgreiche Produktivbetrieb der Anlage mit dem vPLS. Die Erfahrungen waren durchweg positiv und so konnten wesentliche Grundsätze und Systemauslegungen für weitere Folgeanlagen abgestimmt und festgelegt werden. Beispielsweise konnten durch den Einsatz des vPLS direkt 20% der Hardwarekosten im Vergleich zu klassischen PLS eingespart werden (Althoff, Vosbeck, 2019). Auch ist für eine Kläranlage dieser Größenordnung nunmehr nur noch vor Ort eine SPS insgesamt zur Anlagensteuerung erforderlich gewesen.

Konzeptionell haben EGLV bei der ersten Kläranlage noch mit zusätzlichen Sicherungen für den Notfall/ Ausfall des neuen vPLS gearbeitet – bildlich gesprochen mit „Hosenträger und Gürtel“. So wurden neben dem vPLS mit direkter Anbindung an das Rechenzentrum sowohl eine zweite, unabhängige Kommunikationsanbindung als Rückfallebene via Mobilfunk als auch zusätzlich eine lokale Engineeringstation vor Ort aufgebaut, die im Falle eines Leitungsausfalls zum Rechenzentrum die gesamte Steuerung vor Ort übernehmen könnte. Etwa ein Jahr nach der erfolgreichen Inbetriebnahme der Erstanlage konnte die lokale Engineeringstation wieder rückgebaut werden. In weiteren Anlagen wurde danach dann auf die zusätzliche Engineeringstation vor Ort verzichtet.

Mit der Existenz der ersten Anlage sowie der entsprechenden serverseitigen Umsetzung konnten somit die oben aufgeführten anfänglichen Probleme angegangen werden: So konnten für die Planungs- und Bauabteilung die üblichen technischen Regelwerke geschrieben werden, die dann als interner Standard für weitere vPLS-Anlagen dienen. Ähnlich war es im Anlagenbetrieb. Durch das Erfahrungswissen auf einer ersten Anlage startete die Weitergabe der positiven Erfahrungen im Unternehmen auf Betriebsebene.

Zur weiteren Migration aller über 800 wasserwirtschaftlichen Anlagen von EGLV auf das neue vPLS waren weitere konzeptionelle Schritte zu gehen. So ist es nach dem Erfolg auf einer Kläranlage, für die nun die ersten Standard-Programmier-Bausteine entwickelt waren, ebenso erforderlich gewesen, diese Erstumsetzung auch für andere Anlagentypen (wie z. B. Pumpwerke oder Regenwasserbehandlungsanlagen) zu realisieren. EGLV haben auch das angegangen – hier zunächst zu Beginn im Bereich der Stadtentwässerung Hamm, denn auch hier standen Reinvestitionsmaßnahmen an. Auch diese Erstumsetzungen waren erfolgreich. Damit wächst die Anzahl der vom klassischen PLS in das vPLS migrierten Anlagen stetig weiter. Gleichwohl müssen Betreiber einplanen, dass gerade zu Beginn die Dauer für eine Umstellung einer Anlage zunächst deutlich länger ist als zu einem späteren Zeitpunkt, wenn Erfahrungen und Planungs- und Auslegungsstandard für das vPLS im Unternehmen vorliegen.

Die strategische Frage der Realisierung des vPLS in der Cloud oder im selbst betriebenen EGLV-Rechenzentrum (vergleiche Kapitel 3.2.2) haben EGLV zu Gunsten des eigenen Rechenzentrums entschieden. Maßgeblich für diese Entscheidung waren die hohe Bedeutung der Anlagensicherheit und der Sicherheit des Gesamtsystems gegen Angriffe von außen (KRITIS).

5.3 Einführung eines Datenbankframeworks für Betriebsdaten (Zeitreihendaten)

Die Datensammlung und die Datenverfügbarkeit stellen ein zentrales Element in der Systemarchitektur der digitalen Transformation dar. Die bisher in der Wasserwirtschaft gewachsenen Systeme sind für die heutigen Ansprüche nur noch bedingt geeignet, und die Daten liegen zudem an vielen unterschiedlichen Stellen (vergleiche Kapitel 2.3). Gleichzeitig ist bereits klar, dass nur mit diesen Daten neue Mehrwerte durch die digitale Transformation gewonnen werden können (vergleiche Kapitel 3.1.3). Damit dafür die Daten ohne aufwendige Suche und angemessen zügig im Geschäftsprozess zur Verfügung stehen, ist das Sammeln und Vorhalten der Daten an zentraler Stelle im Unternehmen sinnvoll – und mittlerweile technisch realisierbar (vergleiche Kapitel 4.3). Es ist also ein neues Datenbankframework zu entwickeln, das diese Anforderung erfüllt und mit den in der Wasserwirtschaft typischen Zeitreihen umgehen kann. Der Begriff Framework signalisiert dabei bereits, dass es mehr als nur eine Datenbank ist, die hier entworfen werden muss. Hohe Performanz (schnelle Verfügbarkeit der Daten auf Abruf), gute Skalierbarkeit bei wachsenden Datenbeständen sowie Robustheit des gesamten Datenspeichersystems werden nach heutigem Stand der Technik erwartet. Das gelingt in der Regel durch modular aufgebaute Plattformen (vergleiche Kapitel 2.1).

Zentrale Entscheidung zu Beginn der Konzeption eines geeigneten Datenbankframeworks für EGLV ist, auf den Einsatz von Open-Source-Produkten für das Framework zu setzen. Das

stellt für die beiden Verbände eine mutige Entscheidung dar, denn die bisher eingesetzten Systeme und Datenbanken basieren auf proprietären Softwareprodukten, bei denen ein Hersteller das System verantwortlich entwickelt, Softwarelizenzen für das Produkt bei ihm erworben werden und auch die nachfolgende Pflege und Wartung entweder direkt an den Hersteller oder einen von ihm lizenzierten Partner beauftragt wird. Der Vorteil „alles aus einer Hand“ wird gleichzeitig zum Nachteil, denn die Abhängigkeit vom Hersteller und seiner Lizenzpolitik hat in der Vergangenheit bereits mehrfach gezeigt, dass durch die in der Regel langen Laufzeiten für den Einsatz der Produkte die anfallenden Kosten für EGLV über längere Zeiträume kaum kalkulierbar und noch weniger beeinflussbar sind. Unter zusätzlicher Würdigung des Zeitgeistes in der IT, der aktuell deutlich zum Einsatz von Open-Source-Produkten und deren Weiterentwicklung durch die sogenannten communities tendiert, haben sich EGLV erstmalig für den Einsatz von Open-Source-Softwareprodukten für die Konzeption des neuen Datenbankframeworks entschieden.

Entgegen proprietärer Software bietet der Einsatz von Open-Source-Produkten ein deutlich geringeres Risiko der Abhängigkeit von einem einzelnen Softwarehersteller oder -entwickler. Außerdem werden keine Lizenzkosten erhoben. Pflege und Wartung der Open-Source-Systeme wird dennoch von erfahrenen Entwicklern kommerziell angeboten, so dass EGLV hier nicht befürchten müssen, diese Leistung selbst zu erbringen. Wirtschaftlich sind die Kosten für Pflege und Wartung bei Open-Source-Systemen grundsätzlich günstiger als in der Partnerwelt von proprietären Lösungsanbietern. Das Risiko, mitunter auf ein Produkt zu setzen, das in naher Zukunft aus Gründen vielleicht nicht mehr weiterentwickelt wird, ist potentiell allerdings vorhanden. Deshalb ist es für die Konzeption wichtig, hier einen modularen Aufbau der Einzelkomponenten des Datenbankframeworks vorzusehen, der es grundsätzlich erlaubt, jedes einzelne Modul bei Bedarf gegen ein anderes zu tauschen. Möglich wird dies durch den konsequenten Einsatz von offenen Protokollen zur Verbindung aller Module miteinander. Damit wird das angesprochene Risiko auf ein Minimum reduziert.

Das Datenbankframework ist zudem so auszubilden, dass es auch in der Zukunft noch kommende Erweiterungen, die heute noch nicht bekannt sind, ermöglicht. Auch dieser Anspruch wird durch die modulare Konzeption und den Einsatz von offenen Protokollen erfüllt.

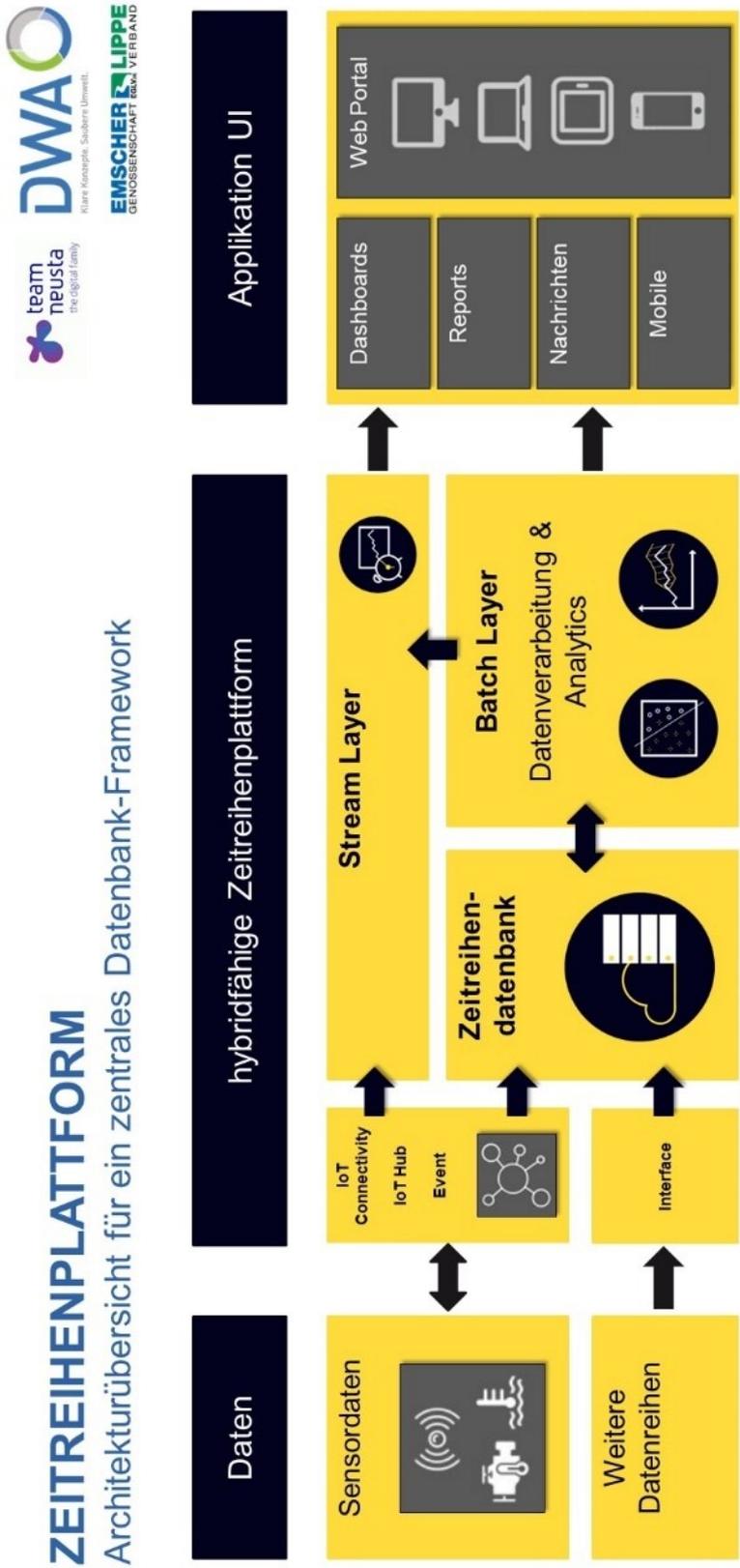
Es ist zu erwarten, dass der erforderliche Speicherplatz für das Datenbankframework zudem kontinuierlich wachsen wird – nicht zuletzt, weil sekundlich, stündlich und täglich an 365 Tagen im Jahr zahlreiche neue Messdaten in das System gelangen werden. Damit kommt der Skalierbarkeit des Systems, also der idealerweise unbegrenzten Erweiterbarkeit, eine wesentliche Bedeutung zu. Bei der Konzeption des Frameworks ist dies durch den von Beginn an verpflichtenden Einsatz der sogenannten Containerisierung zu berücksichtigen. Die Containerisierung bedeutet im Wesentlichen, dass die einzelnen Module, die im Datenbankframework

eingesetzt werden, auf virtuellen Plattformen zu festen Containern zusammengebaut werden. Dabei ist jeder Container in sich vollständig und alleine lauffähig. Wenn ein Containersystem nun an seine Auslastungsgrenze stößt, kann über ein geeignetes Managementsystem automatisch der Container dupliziert werden – und damit stehen dann sofort dem Gesamtsystem wieder ausreichend Ressourcen zur Verfügung. Bekannte Systeme zur Containerisierung sind beispielsweise Docker sowie Kubernetes zur Orchestrierung von Containern.

Der angestrebte Einsatz der Containerisierung bedingt damit die Voraussetzung, das Datenbankframework von Beginn an zu virtualisieren, also auf zentralen Ressourcen in einem Rechenzentrum virtuell bereitzustellen. In diesem Zusammenhang ist als Folge zu entscheiden, ob diese Virtualisierung on-premises, also in einem eigenen Rechenzentrum bei EGLV, betrieben werden soll – oder alternativ in der (private) Cloud, also auf Ressourcen, die EGLV bei einem externen Anbieter anmieten. Kapitel 3.2.2 hat den strategischen Aspekt dieser zu treffenden Entscheidung bereits diskutiert. EGLV haben sich auch hier für den Aufbau und Betrieb im eigenen Rechenzentrum entschieden, denn das Datenbankframework wird bei Erfolg der wesentliche Datenspeicher für die Verbände darstellen. Er ist wesentliche Grundlage für nahezu alle Kernprozesse des Unternehmens und somit besonders zu schützen. Dies erscheint 2016 in Verbindung mit dem bereits entwickelten neuen Infrastrukturnetzwerk am leichtesten on-premises realisierbar zu sein.

Damit ist zudem der ideale Zeitpunkt zum Aufbau und Einführen solch eines neuen Systems zur Datenspeicherung klar zu bestimmen: Nach etwaiger Schaffung eines sicheren Netzwerkes und zudem zeitnah zum Einführen einer ebenfalls auf Virtualisierung basierenden Prozessleitsteuerung.

Nach diesen getroffenen Grundsatzentscheidungen haben sich EGLV 2016 einen geeigneten Entwicklungspartner am Markt gesucht, der über die für die oben beschriebenen Anforderungen erforderlichen Kenntnisse von Open-Source-Systemen verfügt, da die internen Qualifikationen bei EGLV bis dahin noch nicht ausreichend zur Verfügung standen. Gemeinsam mit dem Partner wurde anschließend ein erster Proof-of-Concept durchgeführt, um die grundsätzliche Machbarkeit eines Datenbankframeworks zu überprüfen. Dessen Umsetzung war bereits nach kurzer Zeit erfolgreich, so dass im Jahr 2017 die weitergehende Umsetzung des Datenbankframeworks im Rahmen eines regulären IT-Projektes gestartet werden konnte.



ZEITREIHENPLATTFORM

Architekturübersicht für ein zentrales Datenbank-Framework

Abbildung 5-21: Architekturschema des Datenbankframeworks bei EGLV (Althoff, Vosbeck, 2019)

Abbildung 5-21 verdeutlicht den gewählten modularen Aufbau des Frameworks – die Grundlagen dafür sind in Kapitel 2.1 beschrieben (vergleiche Abbildung 2-7). Um die zentrale Zeitreihendatenbank im Kern herum angesiedelt ergänzen verschiedene weitere Module das gesamte Ökosystem wie z. B. Batch sowie Stream Layer, die die erforderliche Datenspeicherung und -verarbeitung durchgehend sicherstellen, um anschließend die Daten anderen Anwendungen im Applikation User Interface anzudienen. Das können beispielsweise Dashboard-Anwendungen zur Visualisierung von Anlagenzuständen für den Betrieb, das Generieren von regelmäßigen Betriebsberichten für Aufsichtsbehörden oder die Übergabe von aktuellen Pegeldata als Eingangsparameter für die Vorhersagen im Rahmen des Hochwassermanagements sein. Auf der linken Seite im Bild ist zudem der Eingangspfad für Daten aller Art in die Zeitreihenplattform vereinfacht dargestellt – hier finden über geeignete Open-Source-Datensammler u.a. Sensordaten von den wasserwirtschaftlichen Anlagen in Echtzeit Eingang. Gleichzeitig ist beispielsweise für vorhandene, langjährige Zeitreihen (oft in älteren Dateiformaten vorhanden) ein Import-Interface vorgesehen.

Mit diesem Datenbankframework steht im Ergebnis EGLV ein zeitgemäßes und hoch performantes System auf der Basis einer auf große Datenmengen ausgelegten Systemarchitektur zur Verfügung. Der modulare Aufbau erlaubt auch zu einem späteren Zeitpunkt die Erweiterung des Systems oder beispielsweise die für den Einsatz von künstlicher Intelligenz wesentlichen Datenübergaben über offene Protokollstandards.

5.4 Anbindung des vPLS an das neue Datenbankframework

Der konsequente nächste Schritt bei der Umsetzung des ausgearbeiteten Konzepts zur digitalen Transformation ist nun, die bei EGLV anfallenden Daten über einen geeigneten Weg in das neue Datenbankframework dauerhaft einzuspielen. Dabei gibt es in den historisch gewachsenen Anlagenbeständen zahlreiche unterschiedliche mögliche Einbindungspfade, um Daten in das Datenbankframework zu importieren.

In diesem Kapitel wird daher exemplarisch die Anbindung der im zentralen virtuellen Prozessleitsystem anfallenden wasserwirtschaftlichen Daten an das Datenbankframework (DBF) näher betrachtet. Denn genau hier ergibt sich durch die Entwicklung einer einzigen Schnittstelle zwischen vPLS und DBF die Möglichkeit, nahezu alle Betriebsanlagen an das DBF direkt anzubinden, denn im vPLS werden in naher Zukunft alle Anlagen von EGLV betrieben werden. Anlagen, die von PLS auf vPLS umgestellt werden, sind damit direkt auch an das neue DBF angebunden. Gleichzeitig entfallen durch dieses Vorgehen die alternativ ohne vPLS erforderlichen individuellen Anbindungen der bisherigen Einzelanlagen mit dezentralen PLS alter Herkunft, die jeweils aufwendig programmiert werden müssten.

Mit der strategischen Zielvorgabe, heute zeitgemäße offene Technologien einzusetzen (vergleiche Kapitel 3.2.5) sowie dem Anspruch, die Einführung von neuen Systemen so zu ermöglichen, dass bestehende Altsysteme zunächst weiterhin parallel funktionieren (vergleiche Kapitel 3.3.4), kommt der Anbindung des vPLS an das DBF eine zentrale Rolle zu. Das hier zu wählende offene Kommunikationsprotokoll, um die Daten auszutauschen, bildet damit die langfristige Basis des Datentransports bei EGLV. Wenn es zudem noch eine einfache Anbindung an Dritte ermöglicht, ist damit eine wichtige zusätzliche Option für die Weiterentwicklung der digitalen Transformation in der Welt vorhanden – denn diese Systeme werden im Wesentlichen auf dem Austausch und der Verfügbarkeit von maschinenlesbaren Daten aufbauen.

Bei EGLV fällt damit die Entscheidung auf den Protokollstandard OPC-UA (siehe Kapitel 3.3.4). Der offene Schnittstellenstandard ist weltweit anerkannt und bereits langfristig erprobt. Er wird zudem vom Reference Architecture Model for Industry 4.0 (RAMI 4.0) seit 2015 als einzige Empfehlung für die Kommunikation im industriellen Internet der Dinge geführt. Das bedeutet, dass OPC-UA losgelöst von der Wasserwirtschaft wesentliche Grundlage der Industrie 4.0 ist – also der digitalen Transformation im produzierenden Gewerbe. Eine Wahl eines alternativen Standards für die Wasserwirtschaft und für EGLV wäre somit nur wenig sinnvoll, da damit die Kompatibilität zu anderen Branchen und die mögliche spätere Adaption von branchenfremden Innovationen in die Wasserwirtschaft von vorneherein erschwert wäre.

Zur Anbindung des vPLS an das DBF wird OPC-UA in der Client-Server-Variante gewählt – hier sind praktische Gründe ausschlaggebend: Zum einen wird vom Anbieter des vPLS-Systems ein OPC-UA-Server als separates Produkt angeboten – seine Einbindung in das vPLS im Rechenzentrum von EGLV ist damit einfach zu realisieren. Zum anderen ist durch die gewählte Variante auch die Cybersicherheit für EGLV einfacher zu realisieren, da die Kommunikation eindeutig auf den Weg zwischen Client und Server beschränkt ist. Die Alternative, stattdessen OPC-UA im Publisher-Subscriber-Modell einzusetzen, ist technisch betrachtet genauso möglich – mit diesem Modell lässt sich aber die IT-Security nicht so einfach realisieren, da hier beliebige Systeme Daten in einem gemeinschaftlichen Kanal veröffentlichen (die Publisher) und genauso auch beliebige Systeme Daten aus dem gemeinschaftlichen Kanal abrufen bzw. abonnieren können (Subscriber).

Tatsächlich ist die Cybersicherheit an dieser Stelle besonders zu betrachten, denn durch die Schaffung einer Verbindung zwischen vPLS und DBF wird auch eine Verbindung zwischen den virtuellen Netzwerken des Anlagenbetriebs (ehemalige OT) und der Verwaltung (IT) geschaffen. Unter dem Aspekt der Cybersicherheit ist dabei von besonderer Bedeutung, lediglich die Datenverbindungen zwischen den beiden virtuellen Netzen zu erlauben, die ausdrücklich erforderlich sind. An der Übergabestelle zwischen den Netzen muss daher eine besondere

Kontrolle erfolgen. Die hierfür aus üblichen Netzwerken bekannten Firewalls sind unter Würdigung der Erfüllung der KRITIS-Anforderungen nicht ausreichend, da sie in der Regel über Softwareregelerwerke konfiguriert werden, die fehleranfällig und für Hacker eines der ersten Ziele bei einem Angriff sind. Stand der Technik ist heute die Einrichtung einer sogenannten Datendiode als separate Hardware, die lediglich den Transport von Daten als Einwegübertragung von einem besonders zu schützenden Netzwerk in ein anderes Netzwerk erlaubt. Eine Rückmeldung aus dem empfangenden Netzwerk in das sendende Netzwerk ist nicht möglich. Für Hacker sind Datendioden damit kaum überwindbar, da die Einbahnstraße bei der Kommunikation keine Rückantwort erlaubt, aus der die Hacker weitere Schlüsse ziehen könnten.

Konzeptionell betrachtet kann in einem ersten Schritt zunächst die Datendiode durch eine klassische Firewall ersetzt werden, um im Rahmen der Entwicklung des funktionierenden Gesamtsystems schneller zum Erfolg zu finden – denn zum Umgang mit und der Konfiguration von Firewalls liegen bei EGLV umfangreiche Erfahrungen vor. Dennoch ist die Datendiode als Ablösung einer temporär zugelassenen Firewall unbedingt von Beginn an mitzudenken und nach erfolgreicher Umstellung erster Anlagen von PLS auf vPLS zu realisieren.

Der Einsatz von OPC-UA erlaubt zudem die einfache zukünftige Anbindung weiterer existierender wasserwirtschaftlicher Messungen an das DBF. Beispielsweise werden hier die Pegel und Niederschlagsmessungen von EGLV entlang der Emscher, der Lippe und der jeweiligen Nebengewässer betrachtet. Auch ihre Anbindung an das DBF ist über OPC-UA realisierbar. Damit stehen dann auch diese wasserwirtschaftlich wertvollen Daten an zentraler Stelle im Unternehmen zur Verfügung und können z. B. zur Simulationsrechnung und Vorhersage genutzt werden.

5.5 Visualisierung/ Export von Daten aus dem Datenbankframework

Der finale Schritt, um (endlich) die erfassten, transportierten und gesammelten Daten auch verwenden zu können, ist die Bereitstellung der im DBF erfassten Daten für beliebige andere Zwecke. Dazu ist es erforderlich, zumindest noch ein Grundprinzip des DBFs zu wissen: Durch den Einsatz der offenen Schnittstellenprotokolle stehen diese grundsätzlich sowohl für den Import als auch für den Export zur Verfügung. Der Begriff Export steht in diesem Falle als Synonym für die Anbindung über direkte Schnittstellen. Die frühere Deutung des Begriffs im Sinne vom Erstellen einer Datendatei, die anschließend über geeignete Wege weitertransportiert wird, ist nicht mehr Ziel einer heutigen Verarbeitungskette in der IT.

Das bedeutet, dass über offene Protokollstandards wie z. B. erneut OPC-UA die erfassten Daten an beliebige andere Systeme weitergegeben werden können – diese müssen lediglich wiederum ebenfalls den Standard OPC-UA „sprechen“, also die Anbindung einer OPC-UA-

Quelle als Dateneingang erlauben. Das können viele der heute am Markt verfügbaren Softwaresysteme zur Visualisierung von großen Datenmengen, wie z. B. Grafana (Open-Source-Software, <https://grafana.com/grafana/plugins/grafana-opcua-datasource/>). Gleiches gilt für den Einsatz von sogenannten Application Programming Interfaces (API), also Programmierschnittstellen, die den Datenaustausch zu Datenbanken wie dem DBF über das Web erlauben. Bekannt ist hier der Standard REST-API (Representational State Transfer), der wiederum zunehmend als offene API von den Softwareanbietern angeboten wird.

Der Vollständigkeit halber erwähnt sei an dieser Stelle, dass auch proprietäre Softwareprodukte zur Visualisierung und Analyse von großen Datenmengen am Markt existieren, die ebenfalls offene Protokollstandards zum Importieren in die Software anbieten. Eine erneute Exportfunktion dagegen ist nicht immer mit im Portfolio des Softwareherstellers, um die Anwendenden im proprietären System dauerhaft zu halten.

Die Umsetzung bei EGLV für die Anbindung von Systemen zur Visualisierung und Analyse erfolgt erneut auf der Basis der strategischen Überlegungen in Kapitel 3.3.4 mit dem Einsatz von offenen Protokollstandards, sowohl mittels OPC-UA als auch über webbasierte APIs. OPC-UA ist dabei favorisiert für eine spätere komplexere Kommunikation zwischen dem DBF, einem nachgeschalteten Vorhersagemodell und der anschließenden Generierung von Steuerbefehlen, die erneut z. B. in das vPLS transportiert werden sollen – auch hier aus Sicherheitsgründen über eine weitere Datendiode (vergleiche Kapitel 6.4). Ein typischer Anwendungsfall in der Wasserwirtschaft hierfür ist die Steuerung von Kanalnetzen zur Minimierung von Entlastungsfrachten in die Vorfluter. Hier fallen z. B. zunächst Messdaten aus den Einzugsgebieten und Kanalnetz (Niederschlagsmenge, Füllstand, Durchfluss) an, die über OPC-UA und Diode Eingang in das DBF finden. Von dort werden die Daten übernommen in einer Kanalnetzsteuerungssoftware, die mit den Messdaten nun Prognosemodelle errechnet und anschließend eine Empfehlung zur Anpassung von Steuergrößen für einzelne Regenwasserbehandlungsanlagen errechnet. Diese Empfehlung wiederum muss an das vPLS via OPC-UA übergeben werden, damit die lokalen Steuergrößen angepasst werden.

Der Einsatz von Web-APIs hingegen ist ebenfalls vorgesehen – er wird favorisiert bei der Anbindung des DBF an Anwendungen, die typischerweise ausschließlich im IT-Netzwerk der Verwaltung eingesetzt werden, da hier keine erneute Nutzung von OPC-UA und Datendiode zur Cybersicherheit erforderlich ist. Typischer Anwendungsfall hierfür ist beispielsweise die einfache Anzeige aktueller und historischer Messwerte einzelner Messstationen für den Anlagenbetrieb. Damit können Messwerte auf einfache Art und Weise den Benutzerinnen und Benutzern im Firmenintranet im geeigneten Standardbrowser angezeigt werden (siehe Abbildung 5-22).



Abbildung 5-22: Abfrage von Daten aus dem DBF via Browser (EGLV, 2022)

Berichte nach SüwVO Abw

ed1 [Abmelden](#)

Berichtsart Jahresbericht

Anlage RÜB Duisburg Nordstraße

Berichtszeitraum 2022

Bericht anfragen

XLSX speichern

PDF speichern

Überlauf von Regenbecken - Jahresübersicht - 2022

Technischer Platz 800003

Auswertzeitraum -

Name Duisburg Nordstraße

Zug, Niederschlagsstation -

Betreiber -

Kanalnetzsteuerung -

Beckentyp -

Speichervolumen -

ETRS 89 UTM E -

ETRS 89 UTM N -

ELKA-Nummer 12345

Genehmigter Drosselabfluss -

Niveau Einstaubeginn -

ELKA-Bezeichnung -

Schwellenlänge Klärüberlauf -

Mindestniveau für Entlastungsbeginn -

Klärüberlauf relativ

Mindestniveau für Entlastungsbeginn -

Beckenüberlauf relativ

LANUV-Kanalnetznummer -

Sohlenhöhe (m) 14.05

Monat	Einstau			Klärüberlauf			Beckenüberlauf			Weiterleitung			
	Nieder-schlag	Kalendertage mit Einstau	Ausfall-tage	Entlastungs-dauer	Kalendertage mit Entlastung	Entlastungs-wassermenge	Entlastungs-dauer	Kalendertage mit Entlastung	Entlastungs-wassermenge	Ausfall-tage	Abwasser-menge	Ausfall-tage	Daten-verfügbar-keit
mm	Stunden	Anzahl	Prozent	Stunden	Anzahl	m³	Stunden	Anzahl	m³	Anzahl	m³	Anzahl	Prozent
Januar	-	24,8	4	100,0	-	232.276,1	-	-	-	-	325.312,0	0	100,0
Februar	-	40,5	8	98,1	-	9.137.680,6	-	-	-	-	347.391,0	0	97,7
März	-	5,0	1	99,8	-	0,0	-	-	-	-	303.990,0	0	99,6
April	-	30,4	4	68,7	-	46.372,2	-	-	-	-	2.181.427,0	9	68,6
Mai	-	26,1	5	98,8	-	1.017.455,9	-	-	-	-	284.686,0	0	98,6
Juni	35,8	30,6	5	99,7	-	181.776,8	-	-	-	-	232.844,0	0	99,9
Juli	16,9	6,6	1	98,9	-	0,0	-	-	-	-	263.305,0	0	98,9
August	5,3	0,0	0	99,5	-	0,0	-	-	-	-	282.229,0	0	99,5
September	100,9	81,0	10	98,3	-	0,0	-	-	-	-	277.389,0	0	98,3

Abbildung 5-23: Datenauswertung und Berichterstellung aus dem DBF (EGLV, 2022)

Ein weiteres Beispiel zur Datennutzung via WEB-API ist die automatische Erstellung von Selbstüberwachungsberichten für die Aufsichtsbehörden. Ein Reportgenerator ermöglicht es, die Daten des DBF zu einzelnen Anlagen auszulesen, erforderliche Berechnungen durchzuführen und anschließend automatisch einen Bericht nach SÜwVO Abw (Selbstüberwachungsverordnung Abwasser NRW) zu generieren (siehe Abbildung 5-23). Diese Daten wurden bislang manuell aufbereitet.

Die Nutzung von Open-Source-Software zur Visualisierung kann zudem neue Wege ermöglichen, um aktuelle Anlagenzustände alternativ darzustellen. Abbildung 5-24 zeigt die Visualisierung der Daten der Kläranlage Reken-Maria Veen mit Grafana.

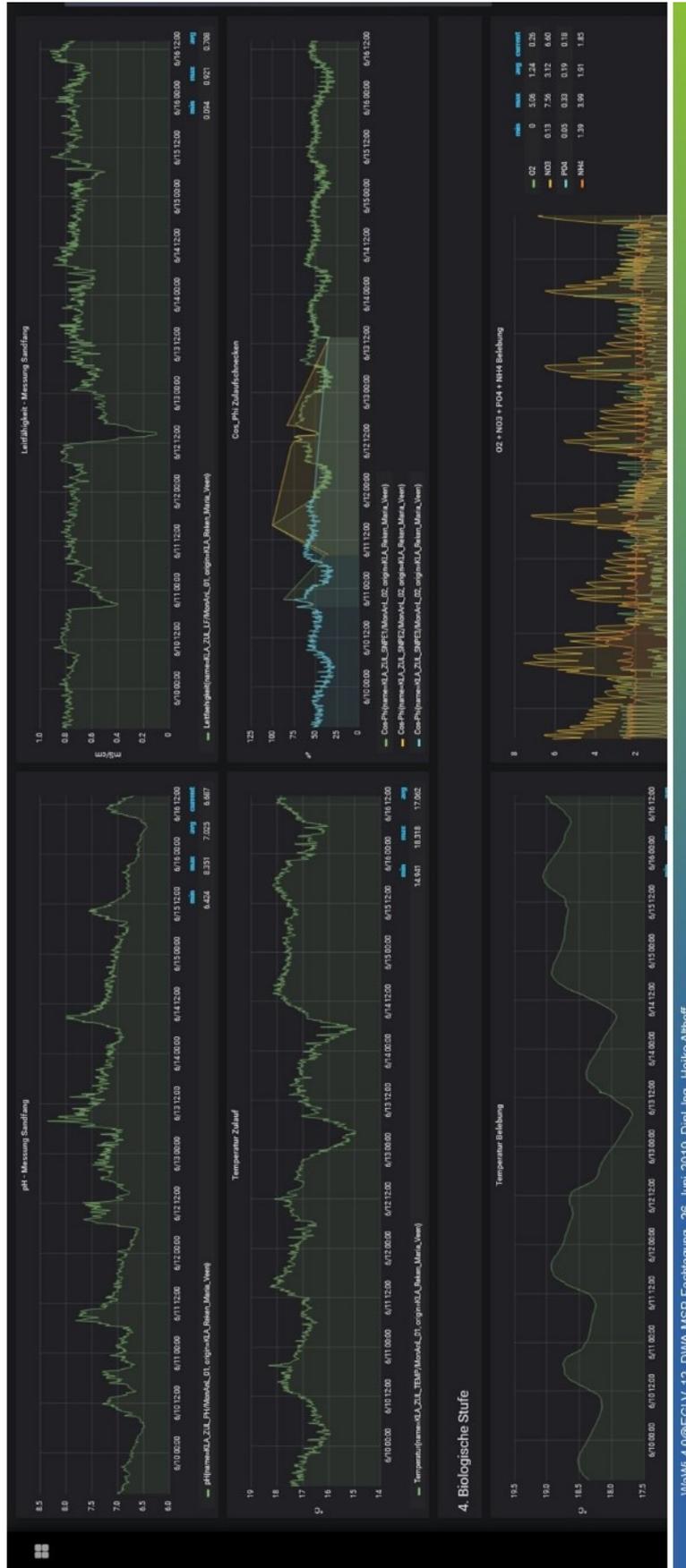
Damit wird ein weiteres Potential des Gesamtkonzepts deutlich: Durch die digitale Transformation wird es in Zukunft möglich, die aktuellen Anlagenzustände nahezu in Echtzeit für Visualisierungen zu nutzen. Dabei bietet die Software die Möglichkeit, individuelle Anzeigen für einzelne Benutzer zu generieren, sogenannte Dashboards. Diese Dashboards sind insbesondere für die Managementebene von besonderem Interesse, da über sie in Verbindung mit dem DBF sowohl akkumulierte als auch Einzelwerte auf einem Board dargestellt werden können. Dabei ist es dann beispielsweise unerheblich, ob nur die Daten einer Anlage – oder die Daten eines Meisterbereiches oder die Daten eines übergeordneten Anlagenbereichs in Echtzeit zusammengefasst werden. Es ergibt sich beispielsweise die Möglichkeit, für die unterschiedlichen Führungsebenen entsprechende Ansichten zu konfigurieren – so sieht die Ebene „Meister“ nur ihre Anlagen mit kaskadierten Detailbetrachtungen, die Ebene „Gruppenleitung“ die aggregierten Summen der einzelnen zugeordneten Meisterbereiche – und die oberste Managementebene z. B. nur die Summe aller Anlagen für ausgewählte Parameter. Bei entsprechender Gesamtperformance des DBF kann diese Visualisierung den oftmals heute erforderlichen Direktzugriff auf das PLS/ vPLS und die dortige Visualisierung in den sogenannten Anlagenbildern perspektivisch entfallen. Damit werden weniger Zugriffe aus dem IT- in das Anlagennetz notwendig – und das Gesamtsystem wiederum cybersicherer.

Ein weiterer Vorteil des Einsatzes von oben genannten Open-Source-Visualisierungen ist der geringe Aufwand zur Erstellung der Anzeigebilder (Dashboards). Innerhalb der klassischen PLS-Systeme sind zu ihrer Erstellung aufwendige Programmierungen erforderlich - neue Visualisierungen sind somit kostenträchtig gewesen und wurden nur in seltenen Fällen umgesetzt.



WAS BRINGT DIE ZUKUNFT?

BigData-Visualisierung mit open-source-tools



WAWI 4.0@EGLV, 12. DWA-MSR-Fachtagung, 26. Juni 2019, Dipl.-Ing. Heiko Althoff

Abbildung 5-24: Visualisierung mit der Open-Source-Software Grafana (Althoff, Vosbeck, 2019)

Im vPLS sind durch die vorhandenen zentralen Bausteine die Visualisierungen selbst bereits standardisiert – dennoch ist auch hier eine Erweiterung durchaus aufwendig, da es sich immer noch um Programmierungen innerhalb des Leitsystems handelt – und diese müssen sorgsam zentral erstellt werden, damit der sichere Anlagenbetrieb nicht durch eine fehlerhafte Visualisierung gestört wird. Entsprechend revolutionär ist die nun mögliche Nutzung einer Visualisierung außerhalb des PLS/ vPLS und „hinter“ dem DBF. Dieses Vorgehen gleicht einer Entkopplung der Systeme – ein Fehler in der Visualisierung kann dann nicht unmittelbar zu einer Störung des PLS/ vPLS führen. Da die Visualisierungen unter Grafana zudem darauf aufbauen, dass möglichst viele Anwender ohne detaillierte Programmierkenntnisse Dashboards zusammenstellen können, ermöglicht dieses Vorgehen das schnelle und flexible Zusammentragen und Darstellen von Informationen zur Entscheidungsvorbereitung.

5.6 Mehrwerte des Konzepts nach Benutzergruppen

Das vorliegende Kapitel betrachtet nun die Mehrwerte, die sich durch die konsequente Umsetzung der in den Kapiteln 5.1 bis 5.5 beschriebenen Schritte ergeben. Dabei zeigen sich die Mehrwerte nicht nur im Anlagenbetrieb, sondern zusätzlich an unterschiedlichen Stellen in einem Unternehmen der Wasserwirtschaft, sie sind benutzergruppenabhängig.

5.6.1 Anlagenbetrieb

Die meisten Beschäftigten in wasserwirtschaftlichen Unternehmen arbeiten in der Regel im Anlagenbetrieb. Für sie ist das wesentliche Kriterium zur Erfolgsmessung die nahezu unbegrenzte Anlagenverfügbarkeit. Technische Systeme müssen hier in der Idealvorstellung immer verfügbar sein und funktionieren. In der Realität sieht das jedoch zumeist anders aus – Störungen treten unvorhersehbar und vorhersehbar auf. Diese Aussage trifft besonders auf die Bestandsanlagen mit klassischen PLS zu. Dennoch wird vom Anlagenbetrieb an erster Stelle bei der Neueinführung von vPLS gefordert, dass die neue Technologie zu 100% verfügbar sein soll – mit der Behauptung, die alten Systeme würden das auch erfüllen. Tatsächlich steckt dahinter die Sorge des Anlagenbetriebes, mit der neuen vPLS-Technologie die bislang vorhandenen eigenen Möglichkeiten der alten PLS-Systeme zu verlieren – denn hierfür hat der Anlagenbetrieb viel Erfahrungen in den letzten 20 Jahren aufgebaut. Im Falle eines Ausfalls einer Komponente kann diese durch das eigene Wissen oder durch die betriebsnahen Instandhaltungseinheiten schnell getauscht werden – diese Fähigkeit ist bei den neuen Technologien (vPLS) für den Betrieb nur mühsam wieder zu erreichen. Allerdings ist sie auch nicht mehr

erforderlich, da durch die Zentralisierung mit dem vPLS einheitliche Standards nun vorab definiert und eingehalten werden. Das zentrale Engineering, also die einheitliche Programmierung des vPLS-Systems, kann nun von einer verhältnismäßig kleinen Expertengruppe für alle Anlagen vorgenommen werden. Ein Mehrwert des vPLS liegt deshalb darin, dass perspektivisch weniger Fachwissen zur vPLS-Programmierung benötigt wird, als das bislang im klassischen PLS dezentral erforderlich war. Am Ende wird die Zahl der mit der Programmierung von Systemen beschäftigten Mitarbeitenden sinken – und die vorhandenen Personalkapazitäten im Anlagenbetrieb können entsprechend anderweitig für das Unternehmen wirtschaftlich eingesetzt werden.

Ein weiterer Mehrwert für den Anlagenbetrieb ergibt sich durch die einheitliche Visualisierung aller Betriebsanlagen. Durch den Einsatz des zentralen Engineerings und die Verwendung von entsprechenden Bausteinen folgen alle Visualisierungen von Betriebsanlagen einem gleichen Schema: So sehen dann z. B. die Steuerungen von Kläranlagen im vPLS immer ähnlich aus – sie unterscheiden sich dann im Wesentlichen durch die auf der Anlage eingesetzte Technologie und der Anzahl der parallelen Straßen (sofern vorhanden). Für die auf den Anlagen Beschäftigten erbringt das den wesentlichen Vorteil, dass sie nur einmal die neue Visualisierung auf einer Anlage kennen lernen müssen – nachdem sie dann das Konzept verstanden haben, können sie dieses Wissen auch auf allen anderen Anlagen des wasserwirtschaftlichen Unternehmens nutzen. Wenn beispielsweise Mitarbeiterin A von der Kläranlage 1 zukünftig auf die Kläranlage 2 wechselt, so kennt sie bereits die Grundfunktionalitäten des vPLS der neuen Anlage und ist mit der grundsätzlichen Bedienung somit vertraut. Lediglich die spezifischen Besonderheiten, die jede Anlage besitzt, müssen dann neu erlernt werden. Im Altsystem mit klassischem PLS und jeweils individuellen Visualisierungen ist dieses deutlich aufwendiger. Für die Führungskräfte ergeben sich mit den neuen Technologien somit neue Möglichkeiten für den Personaleinsatz auf ihren Anlagen.

Durch die Virtualisierung und die vorherige Zusammenführung von OT und IT zu einem zentral verwalteten Netzwerk ergeben sich weitere Vorteile für den Anlagenbetrieb: Der Zugang zur Anlagensteuerung ist technisch immer über den gleichen Weg zu erreichen, unabhängig davon, welche Anlage oder welcher Anlagentyp gerade im Fokus steht. Die Sicherheitsmechanismen sind identisch und die 2-Faktor-Authentifizierung ist vorgeschrieben. Damit ist dann sichergestellt, dass nur legitimierte Beschäftigte Zugriff auf die Anlagen erhalten, für die sie die Berechtigungen besitzen. Mit dem Einsatz dieser Technologie ist zudem unerheblich, ob der Zugang von einem Arbeitsplatzrechner im Büro oder beispielsweise über ein mobiles Endgerät von unterwegs genutzt wird. Gerade für die im Anlagenbetrieb vorhandene Rufbereitschaft ist dieses ein effizientes Werkzeug, z. B. um nachts eine gemeldete Störung durch die

Sicht auf das vPLS schnell einschätzen zu können und die Störungsbehebung zu veranlassen. Somit sind die Anlagendaten immer verfügbar, wenn sie benötigt werden.

Damit zeigt sich ein weiterer Mehrwert für den Anlagenbetrieb: Die dort Beschäftigten können sich durch die vorgestellte Konzeption wieder auf den eigentlichen Anlagenbetrieb und seine Optimierung konzentrieren. Der in den vergangenen Jahren gewachsene Aufgabenkanon kann zumindest um die IT-technologischen Aspekte wie z. B. Netzwerkmanagement und permanente Erhöhung der Cybersicherheit reduziert werden. Das ist zudem auch sinnvoll und erforderlich, denn insbesondere bei den Netzmanagementaufgaben und der Cybersicherheit kommt es heutzutage im Wesentlichen auf Expertenwissen an. Diese Qualifikation ist hochwertig und nur schwierig wirtschaftlich im Anlagenbetrieb zu realisieren. Expertinnen und Experten sind auf dem Markt kaum verfügbar und können daher hohe Gehaltsforderungen stellen, die die tarifgebundene Wasserwirtschaft nur mäßig bedienen kann. Aus diesem Grund ist zu empfehlen, entsprechende Expertinnen und Experten innerhalb der Unternehmens-IT zu bündeln. Hier sind sie dann für das Gesamtunternehmen höchsteffizient einsetzbar und es werden weniger Beschäftigte mit dieser Qualifikation benötigt, als dass der Fall bei einem dezentralen Einsatz im Anlagenbetrieb wäre. Möglich wird diese Strukturanpassung allein durch das zentrale vPLS mit dem zentralen Engineering. Damit ist der Betrieb für die betriebstechnischen Aspekte allein verantwortlich – und die IT für die IT-technischen Aspekte.

Der Zusammenarbeit zwischen Anlagenbetrieb und Unternehmens-IT kommt dabei eine besondere Rolle zu. Mit der Zusammenlegung von OT und IT übernimmt die IT ab dem ersten Tag die vorherige Vertrauensdomain der OT, also der betriebsnahen Nachrichtentechnik. Hier ist entscheidend für den Erfolg, dass die Beschäftigten im Anlagenbetrieb und in der IT immer klare Rollenzuweisungen für die anfallenden Aufgaben erhalten und diese auch idealerweise vom ersten Tag an „leben“. Ansprechpartnerinnen und -partner müssen bekannt sein und ihre Erreichbarkeit 24/7 (Rufbereitschaft) muss geregelt sein. Damit ergibt sich die Chance, die ehemaligen Grenzen der Silos „IT“ und „OT“ endgültig zu beseitigen, so wie das Aufgeben von Silodenken immer bei der Digitalisierung als Prämisse vorgegeben wird.

Zwischen dem Anlagenbetrieb und der IT wächst somit ein gegenseitiges Vertrauen – und dieses ist entscheidender Faktor für die Hebung weiterer Mehrwerte. Denn mit der Einführung von vPLS auf einer steigenden Anzahl von Anlagen verlagert sich auch die bisherige dezentrale Serverstruktur der ehemaligen OT in ein zentrales Rechenzentrum, das sich nun verantwortlich mit allen erforderlichen Pflege- und Updatearbeiten der technischen Basis auch für den Anlagenbetrieb beschäftigt. Es ist deutlich leichter, zahlreiche virtuelle Server in einem Rechenzentrum automatisiert auf den aktuellen Versionen und Sicherheitsständen zu halten, als dieses bei einer dezentralen Infrastruktur zu realisieren. Tatsächlich ist die Gefahr groß, dass in der bisherigen dezentralen Struktur versehentlich nicht alle Geräte auf Stand gehalten

werden können. Auch Redundanzen als Resilienzmaßnahmen gegen etwaige Ausfälle sind über ein zentrales System wie das vPLS einfach abbildbar, beispielsweise durch den Aufbau eines zweiten Rechenzentrums an anderem Ort mit einer Spiegelkopie des ersten Rechenzentrums. Bei einem unwahrscheinlichen Ausfall des ersten Rechenzentrums kann das Netzmanagement dann einfach auf das zweite Rechenzentrum umschalten – die Betriebsanlagen laufen ohne Störung weiter.

Neben dem alltäglichen Anlagenbetrieb beschäftigen sich zudem Mitarbeitende des Betriebs auf Verwaltungsebene tagtäglich mit den im Anlagenbetrieb anfallenden Mess- und Prozessdaten. Sie sorgen für das gegenüber Aufsichtsbehörden und Dritten (z. B. industriellen Mitgliedern) erforderliche Berichtswesen. Sie sammeln die dazu erforderlichen Daten über das bisherige Betriebsdatenspeichersystem zusammen, verarbeiten diese und generieren schließlich offizielle Berichte. Durch die Konzeption des DBF in Verbindung mit der Anbindung an das vPLS verändert sich die Tätigkeit dieser Beschäftigten positiv. Denn anstelle der aufwendigen Suche der notwendigen Datenquellen aus einer zweistelligen Datenbankzahl und anschließender Vollständigkeits- und Qualitätsprüfung der darin gespeicherten Daten, sind nun durch das DBF die Daten aller Anlagen in einem System direkt verfügbar. Mögliche Fehlerquellen wie mehrfache Übertragung durch eine kaskadierte Serverstruktur bis in die Verwaltung sind damit minimiert. Auch die Plausibilitätsprüfung kann in einem DBF automatisiert erfolgen. Unschlagbarer Vorteil ist jedoch die automatisierte Berichtserstellung, die in einem DBF möglich ist: Für typische Berichte werden entsprechende Vorlagen erstellt – die dann vom DBF auf Knopfdruck automatisch aus den vorhandenen Daten generiert werden. Dabei bedarf es z. B. nur einer Vorlage pro Anlagentyp. Eine Kläranlagenvorlage für den Monatsbericht wird nur einmal erarbeitet. Sie kann anschließend für alle (bei EGLV 59) Kläranlagen automatisch als Grundlage verwendet werden. Gleiches gilt bei Regenwasserbehandlungsanlagen, Hochwasserrückhaltebecken und den vielen anderen Anlagentypen mit einer dreistelligen Anlagenzahl. Auch Änderungen an den Vorlagen können später genauso auf Knopfdruck für alle Anlagen umgesetzt werden.

Durch die zentrale Datenbasis sind zudem die Grundlagen für ad-hoc-Auswertungen einfacher für die Berichtserstellenden zu finden – nämlich an der zentralen Stelle im DBF. Die Zeit, die bisher für das Zusammenstellen von Daten benötigt wurde, wird damit auf ein Minimum reduziert. Stattdessen kann sofort mit der Auswertung der Daten begonnen werden. Die Effizienz des Anlagencontrollings wird insgesamt gesteigert.

5.6.2 Datengetriebene Abteilungen außerhalb des Anlagenbetriebs

Nicht nur im Anlagenbetrieb ergeben sich Vorteile durch die zentrale Vorhaltung von Betriebsdaten, sondern auch in verschiedenen weiteren Abteilungen in wasserwirtschaftlichen Unternehmen wie EGLV. Denn diese Daten sind auch in anderen Geschäftsprozessen relevant für den Erfolg. So ist beispielsweise eine enge Verbindung zwischen den Anlagenbetriebsdaten und den Pegeldaten von Gewässern und Grundwassermessstellen, die in der Regel nicht durch den Anlagenbetrieb selbst betrieben werden, vorhanden. Auch diese Daten werden nach dem vorgestellten Konzept in dem DBF als Zeitreihen gespeichert. Gleiches gilt für die Analyseergebnisse von Wasser- und Bodenproben aus einem Labor oder limnologischen Gewässeruntersuchungen.

Durch die Vorhaltung auch dieser bislang dezentral gespeicherten Daten im zentralen DBF ergeben sich Mehrwerte z. B. für die Abteilungen, die sich mit der klassischen Forschung und Innovation beschäftigen. Für sie entfällt nun ebenfalls das zeitaufwendige Suchen nach Informationen, die interessant sein könnten, um ein definiertes Problem zu analysieren und zu lösen. Im DBF können die Expertinnen und Experten an einer Stelle sehen, welche Daten für die konkrete Aufgabenstellung zur Verfügung stehen, und diese dann auch für ihre Überlegungen nutzen. Die Chance, durch die zentrale Übersicht aller Daten auch ggfs. neue Zusammenhänge zu identifizieren (z. B. durch den Einsatz von Methoden der künstlichen Intelligenz) ist höher als im bisherigen gewachsenen Ablagesystem. Insgesamt wird somit die Schlagkräftigkeit der forschenden Abteilungen erhöht.

Auch die Gewässerökologie kann durch die zentrale Vorhaltung aller für sie relevanten Daten im DBF profitieren. Die zeitliche Effizienz wird analog zu den vorgenannten Abteilungen erhöht – und auch für die Ökologinnen und Ökologen besteht damit die Möglichkeit, die gewonnene Zeit für wissenschaftliche Zwecke weiter einzusetzen. Auch hier bieten sich Technologien aus der KI an. Besonders interessant wird die digitale Transformation für die Gewässerexperten aber durch den zunehmenden Einsatz von Drohnen zur Zustandsbestimmung von Gewässern und deren Kartierung sowie die Nutzung von kostengünstigen IoT-Sensoren (Internet of Things-Sensoren) z. B. zur Erfassung neuer klimatologischer Merkmale wie dem Trockenfallen von Gewässern in den Sommermonaten. Das DBF ist zur Anbindung von solchen Daten ausgelegt und grundsätzlich gut geeignet, diese entsprechend unternehmensweit zur Nutzung anzubieten.

Wasserwirtschaftliche Unternehmen wie EGLV werden über Beiträge der gesetzlichen Mitglieder finanziert. Der Beitragsermittlung und -bescheidung kommt dabei ein hoher Stellenwert für das Unternehmen zu – in der Regel durch gesonderte Organisationseinheiten, die sich mit der

Veranlagung exklusiv beschäftigen. Zur Berechnung der Beiträge existieren umfangreiche Regelwerke, die eine auf das jeweilige Mitglied passende angemessene Abrechnung der Beiträge ermöglicht. Allen gemein ist in der Regel die Grundlage, dass die anfallende Abwassermenge und -qualität des Mitglieds wesentliche Parameter für die Berechnung darstellen. Während diese Mengen für den Betrieb von Gewässer- und Schmutzwasserpumpwerken durch den Anlagenbetrieb automatisch und regelmäßig über das PLS und nun auch vPLS erfasst werden, gibt es zudem häufig sogenannte Veranlagungsmessungen, die bei dem jeweiligen Mitglied vor Ort an einer definierten Übergabestelle erfolgen. Dabei werden sowohl Mengen als auch qualitative Proben genommen, die anschließend von einem internen Labor ausgewertet werden. Wenn zukünftig diese zeitlich unregelmäßigen Messungen und Ergebnisse Eingang in das DBF finden, stehen für die Beitragsbescheidung alle erforderlichen Grundlagendaten an zentraler Stelle qualitätsgesichert bereit – ein manuelles Zusammensuchen durch die Fachabteilung wird erneut reduziert.

Vereinfacht formuliert bedeutet diese Konzeption eine schnelle und einheitliche Verfügbarkeit aller im wasserwirtschaftlichen Unternehmen anfallenden Daten und Informationen in der Büro-IT und damit im Gesamtunternehmen.

5.6.3 Oberes Management/ Vorstand/ Geschäftsführung

Die Unternehmensleitung wasserwirtschaftlicher Betreiber ist es gewohnt, mittels Kennzahlen das Unternehmen zu steuern. Kaufmännische ERP-Systeme wie z. B. SAP werden bereits seit den 2000er Jahren durchgängig eingesetzt. Zur Unternehmenssteuerung werden über diese Systeme Kennzahlen und Berichte regelmäßig genutzt. Während dieser Prozess für die kaufmännischen Aspekte etabliert und zumeist automatisiert ist, ist gerade bei der Erstellung von Kennzahlen aus anderen Bereichen wie dem Anlagenbetrieb (z. B. m³ geförderte Abwassermenge eines Pumpwerks pro Jahr) noch Handarbeit erforderlich. Gleiches gilt z. B. für gewässerökologische Daten und Karten. Wenn nun aber wie im Konzept beschrieben alle Messdaten des Unternehmens im DBF vorgehalten werden, besteht auch die Möglichkeit, die in Kapitel 5.5 beschriebene Visualisierung für die oberen Managementebenen und den Vorstand bzw. die Geschäftsführung weiter zu nutzen. Mittels sogenanntem Dashboarding können so die für die Zielgruppe interessanten Daten unternehmensweit aggregiert und jederzeit bei Bedarf auf Knopfdruck aktuell dargestellt werden. Interessante Vorschläge sind z. B. die aktuellen Ablaufwerte aller wasserwirtschaftlichen Anlagen, die Energieverbräuche der Anlagen, die aktuelle Gewässerqualität der Vorfluter und vieles mehr.

Mit dem entwickelten Konzept stellt die Unternehmensleitung zudem sicher, technisch gut für die Zukunft vorbereitet zu sein. Durch die Etablierung einer zentralen (sicheren) Datenhaltung

im DBF und die Nutzung offener Schnittstellenprotokolle ist das Unternehmen in der Lage, zukünftig nahezu alle neuen Entwicklungen der digitalen Transformation nutzen zu können. Unabhängig von der angebotenen Softwarelösung ermöglicht die Kommunikation über die offenen Protokolle deren unkomplizierte Anbindung an das unternehmenseigene DBF. Durch zentrale Datenhaltung und offene Protokolle können eigentlich alle neuen Entwicklungen bei der digitalen Transformation genutzt werden – es geht lediglich um die Qualität der neuen Systeme, denn deren Anbindung ist nahezu unproblematisch. Die für die neuen Lösungen erforderlichen Daten können – sofern sie tatsächlich erfasst werden – sofort zur Verfügung gestellt werden. Diese Flexibilität ist mit den alten gewachsenen Systemen bisher kaum gegeben.

Das vPLS mit seiner einheitlichen Visualisierung zahlt zudem auf das grundsätzliche Problem des demografischen Wandels ein. Für die Unternehmen der Wasserwirtschaft zeigt sich bereits heute die Schwierigkeit, offene Stellen am Markt mit geeigneten Bewerbenden zu besetzen. Für die Zukunft wird erwartet, dass sich dieses Problem durch den demografischen Wandel noch weiter verstärkt und deshalb die Anlagen mit voraussichtlich weniger Personal betrieben werden müssen. Mit der einheitlichen Visualisierung sehen alle Anlagen des Betreibers ähnlich aus. Daraus folgt eine nicht so wie bisher starke Anlagenbezogenheit allein aus dem Leitsystem bei den Mitarbeitenden. Als Mehrwert ergibt sich somit die Möglichkeit, die Mitarbeitenden flexibler auf mehreren Anlagen einsetzen zu können, da die Visualisierung nach einheitlichen Standards erfolgt und nur etwaige Anlagenspezifika neu anzulernen sind.

Abschließend ermöglicht die weitergehende Nutzung virtueller Systeme die bessere Ausnutzung vorhandener Hardwareressourcen im Unternehmen und damit einen wirtschaftlicheren Anlagenbetrieb. Die meisten heute in Unternehmen eingesetzten Hardwareressourcen wie z. B. Arbeitsplatz-PCs oder lokale SPSen verbringen einen großen Teil ihrer Lebenszeit im sogenannten IDLE-Modus – also im Leerlauf und mit der Aufgabe, auf neue Anforderungen zu warten. Dabei benötigen sie trotzdem Energie. Mit der Nutzung virtueller Plattformen ist eine deutlich wirtschaftlichere und nachhaltigere Ausnutzung der vorhandenen Ressourcen bei gleicher Performance leicht erreichbar.

5.6.4 Unternehmens-IT

Die Unternehmens-IT profitiert ebenfalls von der beschriebenen Konzeption. Allerdings hat sie gemeinsam mit dem Anlagenbetrieb auch die meisten Veränderungen zum bisherigen Vorgehen zu akzeptieren. Grundsätzlich ist dies aber kein zusätzliches Problem, da insbesondere die IT es mittlerweile über Jahrzehnte gewohnt ist, sich permanent an veränderliche Randbedingungen anzupassen.

Durch die oben beschriebene Konzeption ergibt sich eine stärkere Bündelung der IT-Kompetenz im Unternehmen in Verbindung mit der Anlagenautomatisierung. Mit dem zentralen vPLS ist zukünftig die Programmierung in einer Organisationseinheit gebündelt – sie stellt dann eine durchgängige Programmierung sicher und ist allein für deren 24/7 Verfügbarkeit verantwortlich. Es entfallen somit zahlreiche verlustbehaftete Schnittstellen im Vergleich zu den Bestandssystemen, bei denen auf den Anlagen individuelle Programmierungen durch den Betrieb in unterschiedlichen Qualitäten vorgenommen wurden. Bei kleinen Fehlern in den Systemen hat der Anlagenbetrieb die Ursachen eigenständig oder mit der Instandhaltung beseitigt. Bei größeren Störungen und Fehlern wurde dann die IT mit detailliertem IT-Know-how zu Rate gezogen, die sich in den lokalen Systemen aber nur bedingt auskannte. Mit dem neuen System reduzieren sich diese Aufwände. Zudem wird die IT durch die Integration der OT zum Teil des Anlagenbetriebs und das Vertrauen in die verwaltungsnahen Abteilung steigt. IT und Betrieb wachsen so weiter zusammen, denn die Betriebsverantwortung ist nicht teilbar. Die Reaktionszeiten bei Problemen im Bereich früherer OT/ IT-Schnittstellen verkürzen sich deutlich durch die Abarbeitung vollständig innerhalb der IT.

Durch die Reduktion der zahlreichen physikalischen Netze auf ein physikalisches Netzwerk mit diversen logischen Netzwerken wird die vorhandene Netzwerkinfrastruktur gemeinschaftlich genutzt. Synergien können sofort gehoben werden, beispielsweise durch Erbringen von Netzwerkinfrastruktur-Leistungen an nur einer Stelle im Unternehmen mit einheitlicher Qualität – und nicht an mehreren mit unterschiedlichen Qualitäten. Durch die Virtualisierung ergeben sich zusätzliche Mehrwerte durch die damit verbundene Erhöhung der Verfügbarkeit von Servern und Netzen, denn die Ausfallmöglichkeiten von zahlreichen kleinen vor Ort auf den Anlagen installierten Servern und deren Umgebungsinfrastruktur sind vielfältiger als bei einem zentralen Hosting der Systeme an einer Stelle, die jederzeit virtuell zugänglich ist.

Die Nutzung virtueller Systeme erlaubt zudem eine bessere Auslastung vorhandener Hardwareressourcen im Unternehmen (siehe Kapitel 5.6.3) und damit deren wirtschaftlichen Einsatz. Allerdings ist hier noch ein weiterer Aspekt für die IT vorteilhaft: Durch die Virtualisierung wird die tatsächliche Rechenleistung für die benutzten Systeme und Anwendungen im Rechenzentrum vorgehalten und erbracht. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass die Endgeräte bei den Anwendenden nur geringe Ansprüche an die dort verbaute Hardware stellen. Sie müssen im Wesentlichen seit der Corona-Pandemie für Videokonferenzen geeignet sein und zudem den Zugriff über eine Clientsoftware auf die virtuellen Arbeitsplätze ermöglichen. Somit kann die Vielfalt der in der Unternehmens-IT eingesetzten unterschiedlichen Hardware deutlich reduziert werden – denn in Regel reichen dann preiswerte Endgeräte für alle Nutzenden aus, die insgesamt gleich konfiguriert werden. Das Erfüllen von speziellen Hardwareanforderungen

z. B. für BIM- oder GIS-Systeme erfolgt dann durch das Rechenzentrum. Auch der Supportaufwand für die reduzierte Vielfalt an Endsystem wird verringert, da nicht mehr so viele unterschiedliche Systeme betreut werden müssen.

Insgesamt ist es durch die Virtualisierung der Netzwerkinfrastruktur zudem einfacher, diese Systeme nach außen hin gegen Cyberangriffe abzusichern. Zugänge sind zentralisiert abgebildet und erlauben nur explizit zugelassene Verbindungen. Eine Absicherung aller Systeme durch Zwei-Faktor-Authentifizierung an zentraler Stelle verbunden mit einem entsprechenden Rollensystem sind die Grundlage für ein aktuell gesichertes Unternehmensnetz. Es werden nur wenige Netzknoten zur Außenwelt (dem Internet) benötigt und deren Netzwerkverkehr kann über entsprechende Monitoringsysteme gut überwacht werden – z. B. ebenfalls durch Methoden der künstlichen Intelligenz. Dies ist in den bisherigen Netzen mit zahlreichen dezentralen Anbindungen nur mit hohem Personalaufwand zu gewährleisten.

Die gemeinschaftliche Nutzung der Security-Einrichtungen führt zu einheitlichen Sicherheitskonzepten für alle Beschäftigten und damit zur Vereinfachung für die Benutzerinnen und Benutzer aus Verwaltung und Anlagenbetrieb. Auch die temporäre Anbindung von Dienstleistern, die Programmierarbeiten für das wasserwirtschaftliche Unternehmen ausführen sollen, wird sicherheitstechnisch mit den gleichen Standards gefordert und möglich: Diese Dritten erhalten dann für die Auftragserbringung temporär Zugang zu einer entsprechend konfigurierten virtuellen Arbeitsumgebung. Das (unbeabsichtigte) Einschleusen von Malware wird dadurch ebenfalls reduziert.

6 Erfahrungen aus der praktischen Umsetzung

Die in Kapitel 5 beschriebene Konzeption zur digitalen Transformation ist bei EGLV seit 2016 erfolgreich in Umsetzung. Da der Prozess der Transformation insbesondere im Anlagenbetrieb von Reinvestitionen abhängig ist, dauert die Transformation auch im Jahre 2022 noch teilweise an. Bereits heute ist klar, dass z. B. die vollständige Umstellung aller PLS-Systeme auf vPLS noch mindestens bis zum Jahr 2028 andauern wird.

Gleichwohl gibt es bereits heute viele Erfahrungen aus der Umsetzung seit 2016, von denen in dem vorliegenden Kapitel die wesentlichen kurz beschrieben werden sollen. Sie können anderen Wasserwirtschaftsunternehmen dienlich sein bei ihrem Weg der digitalen Transformation, da die Ausgangssituation in der Branche oftmals vergleichbar ist. Das bedeutet gleichzeitig aber nicht, dass überall der Weg identisch sein wird. Vielmehr ist zu erwarten, dass zahlreiche Details sich bei der Umsetzung in anderen wasserwirtschaftlichen Unternehmen unterscheiden. Die wesentlichen Grundlagen aber werden für viele Unternehmen zutreffend sein und auch die grundlegende Konzeption ist damit übertragbar. Aus Sicht des Verfassers gibt es dabei nicht den „einen richtigen Weg“ – wichtiger ist das Grundverständnis der Unternehmensprozesse und deren digitale Transformation, die dann viele Wege erlauben kann.

Kapitel 6.1 beschreibt die Erfahrungen bei der Zusammenlegung von OT und IT bei EGLV zu einer gemeinsamen IT – hier ist besonders der erforderliche Vertrauensaufbau zwischen Betrieb und IT von Bedeutung. Die Umrüstung der ersten vPLS-Anlage(n) wird in Kapitel 6.2 betrachtet – auch hier ist neben dem Erstaufbau des neuen Standards die Zuverlässigkeit des Systems für den Anlagenbetrieb wesentlich. EGLV haben zudem ihr DBF, die sogenannte Zeitreihenplattform (ZRP), aufgebaut und dabei ebenfalls wertvolle Erfahrungen sammeln können, die in Kapitel 6.3 betrachtet werden. Die Erkenntnisse aus der Anbindung der vPLS-Systeme sowie anderer Datenquellen bei EGLV an die ZRP werden in Kapitel 6.4 aufgeführt. Anschließend werden die Erfahrungen bei der Visualisierung der Daten aus der ZRP in Kapitel 6.5 betrachtet.

6.1 Neues Infrastrukturnetzwerk EGLV

Die Umsetzung des neuen Infrastrukturnetzwerks und damit auch die netzwerktechnische Zusammenführung von OT und IT sind wesentliche Grundlage für die gesamte digitale Transformation (vergleiche Kapitel 5.1) und die zukünftige Cybersicherheit des Unternehmens. Das Verlassen der bisherigen Philosophie der (vermeintlich) getrennten Netzwerke von OT und IT bedeutet dabei auch, das technische Neuland von den Beteiligten betreten werden muss.

Nachdem EGLV zunächst die grundlegende Architektur des neuen Infrastrukturnetzwerks in der Theorie entwickelt haben, stellte sich die Frage der sorgfältigen Erprobung der neuen Technologien. Hierbei hat es sich bewährt, zunächst in kleinen Schritten das neue Netzwerk aufzubauen und zu testen. Ein erster Proof-of-Concept war die technische Zusammenführung der bislang getrennten Netze der Betriebs- und Office-IT an einem Anlagenstandort im Lippeverbandsgebiet und deren Anbindung an die Hauptverwaltung in Essen.

Bereits bei diesem PoC zeigte sich, dass die Sicherheit der nun logisch getrennten Netze im gleichen physikalischen Netzwerk besser als im klassischen System gewährleistet werden kann. Die Hardware (Kabel, Switches, Router, ...) konnte direkt vereinheitlicht werden – und die Menge der Hardware dadurch reduziert. Der Pilot wurde erfolgreich bereits in 2016 abgeschlossen (Althoff, Holtmeier, 2017).

Hilfreich war zudem die anschließende Begutachtung des neu konzeptionierten Netzwerks durch einen von EGLV beauftragten Penetrations-Test an ein auf Cybersicherheit spezialisiertes Unternehmen. Der Penetrations-Test bestätigte die hohe Sicherheit des neu konzeptionierten Netzwerks und zeigte zugleich weitere Verbesserungspotentiale auf. Diese wurden entsprechend in das finale Gesamtkonzept eingearbeitet, das dann unternehmensweit ausgerollt wurde.

Von Vorteil waren die bei EGLV bereits vorhandenen Kenntnisse der Virtualisierung von Arbeitsplatzrechnern und Netzwerken. Die Ausweitung der Virtualisierung auf die logischen Netze (VLANs) des Anlagenbetriebs konnte nahezu problemlos umgesetzt werden. Die Gesamtumsetzung benötigt jedoch Zeit, denn die Veränderung der Systemarchitektur auf allen bislang an das Netzwerk angeschlossenen Anlagen kann nur sequentiell Standort für Standort umgesetzt werden. Hierfür hatten EGLV ein entsprechendes internes IT-Projekt aufgesetzt, das in 2017 nach dem PoC starten konnte. Bis 2018 stand das System für ca. 40 Anlagen bereits operativ zur Verfügung.

Damit ergaben sich direkt zusätzliche monetäre Vorteile für EGLV. Denn durch die vorherige strikte Trennung von OT und IT waren an vielen Anlagenstandorten genau für diese Netze auch jeweils getrennte Telekommunikations- (TK-)Anschlüsse vorhanden. Das bedeutet, dass z. B. eine Kläranlage sowohl einen TK-Anschluss für die reine Verwaltungsnetzanbindung und die Telefonie besaß, als auch einen weiteren Anschluss für das OT-Netz zur Anbindung an das ehemaligen Nachrichtennetzwerk. In der Regel waren beide mit separaten Verträgen und Bandbreiten ausgestattet – und die Bandbreiten wurden zudem nicht ausgelastet. Mit der beschriebenen Zusammenführung von OT und IT konnte eine der beiden Anbindungen aufgegeben werden – durch die virtuellen Netze reicht dann ein Anschluss mit entsprechend besser genutzter Bandbreite. Bei damaligen Kosten von rund 600 €/Monat je TK-Anschlussleitung im sogenannten Intraselect-Netzwerk ergaben sich direkte Einsparungen von rd. 200.000 € pro

Jahr – bei der Berechnung wird angenommen, dass nur 2/3 der ersten 40 Standorte mit zwei Anschlussleitungen ausgestattet waren ($2/3 * 600 \text{ €/Monat} * 12 \text{ Monate/Jahr} * 40 \text{ Standorte}$). Bei dem nicht angerechneten 1/3-Anteil der Standorte (z. B. einzelne Abwasserpumpwerke) existierte zum Zeitpunkt der Einführung der neuen Netze lediglich eine Anbindung an das nachrichtentechnische Netzwerk. Hier ergibt sich somit keine direkte Einsparung durch die Zusammenführung von OT und IT. Aber auch hier zeigten sich weitere Vorteile durch die Zusammenlegung, denn nun war es möglich, an bestimmten Pumpwerken zusätzlich auch den Zugang zum Verwaltungsnetzwerk zu schaffen. Gerade an sogenannten Anfahrtstützpunkten in den Teileinzugsgebieten, in denen Beschäftigte morgens ihre Arbeit aufnehmen, ohne vorher auf einer Kläranlage gewesen zu sein, konnten damit neue Möglichkeiten z. B. zur Zeitbuchung oder Eintragung von Handwerten geschaffen werden. Dies führte zu einem Komfortgewinn für die gewerblich-technischen Beschäftigten, da mitunter die täglichen Anfahrten zu einem Verwaltungsstützpunkt zu einem Großteil entfallen konnten.

Empfehlenswert zur Wahrung der hohen Cybersicherheit ist neben dem erforderlichen Fortschreiben der Architektur, Pflege und Patchmanagement der eingesetzten Hardware zudem die regelmäßige Wiederholung von Penetrationstests in sinnvollen zeitlichen Intervallen. EGLV haben beispielsweise in 2021 das Infrastrukturnetzwerk in Verbindung mit dem vPLS erneut testen lassen. Dieser Test ergab erneut ein gutes Sicherheitsniveau, zeigte aber gleichzeitig auch wertvolle Verbesserungshinweise, die der Unternehmens-IT ansonsten entgangen wären. Es ist daher entscheidend, dass die Unternehmens-IT den Prüfauftrag der Penetrationstester als Bereicherung versteht – und nicht als persönliche Kritik. Bei EGLV ist dieses bisher gelungen.

Zusammenfassend war das neue Infrastrukturnetzwerk von EGLV bereits 2017 verfügbar, genügt den Ansprüchen an die IT-Sicherheit und bildet seitdem für alle folgenden Vorhaben der digitalen Transformation die wesentliche Grundlage.

6.2 Einführung vPLS

Die Einführung der virtuellen Prozessleittechnik und damit die Aufgabe der klassischen lokalen Prozessleitsysteme auf den Betriebsanlagen bedurfte einer sorgfältigen Planung. EGLV haben sich aus Vorsicht bei der ersten Umsetzung bewusst für eine kleine Kläranlage mit 5.000 Einwohnerwerten entschieden, um hier erste Erfahrungen sammeln zu können.

Eine erste Erkenntnis zeigte dabei, dass die Umstellung einer noch mit analogen Relais gesteuerten Kläranlage aus den 1970er-Jahren eine gewisse Planungs- und Umbauzeit berücksichtigen muss. Bei der ausgewählten Kläranlage Reken-Maria Veen stand gleichzeitig mit der

Umrüstung auf vPLS ohnehin eine maschinen-, bau- und elektrotechnische Erneuerung an, bei der alle vorhandenen Anlagenbauteile instandgesetzt oder erneuert werden mussten – also auch die Kabelverbindungen und sämtliche Schaltschränke. Damit dauerte die Umstellung auf vPLS in Summe ca. ein Jahr und somit gefühlt zu lang, denn die Umstellungsdauer einer Steuerungstechnologie sollte gerade bei einer großen Anzahl von Betriebsanlagen möglichst kurz sein, also in Monaten gerechnet werden.

Durch die Gesamtinstandsetzung der Anlage und der damit verbundenen längeren Ausführungszeit ergaben sich bei der Einführung des vPLS allerdings auch Vorteile: So konnte die neue vPLS-Technologie sorgfältig erstmalig programmiert und getestet werden – und das zudem basierend auf aktuellen Funktionsbeschreibungen der Kläranlage, die normalerweise nur selten im Betrieb vorliegen. Auch konnte der Zeitraum gut genutzt werden, um das Betriebspersonal intensiv in die Entwicklung der neuen vPLS-Technologie mit einzubinden. Beispielsweise wurden die neuen Visualisierungen (die dann Standard für Gesamt-EGLV wurden) gemeinsam mit dem Kläranlagenpersonal so entwickelt, dass alle notwendigen Informationen für den Betriebsalltag, aber auch für die Rufbereitschaft nachts, einfach zur Verfügung standen.

Die Inbetriebnahmephase der neuen vPLS-Technologie konnte zudem im positiven Sinne gestreckt werden, damit nicht nur alle Funktionen ausführlich vom Personal getestet werden konnte, sondern insgesamt das Vertrauen in die neue Technologie aufgebaut wurde. Ein aus Sicht des Verfassers nicht zu unterschätzender Vorteil lag darin, dass so dem erwarteten Misstrauen gegenüber der neuen Technologie gleich zu Beginn der Einführung mit Transparenz bei der Entwicklung begegnet werden konnte.

Der Erfolg von Reken-Maria Veen schuf zudem Interesse in allen anderen Betriebsbereichen, denn neben der reinen Umstellung der Technologie ergaben sich neue Funktionalitäten, die für den Gesamtbetrieb von großem Interesse waren: Das Thema Fernüberwachung und sicherer Zugriff auf Prozessleitsysteme des vPLS auch von mobilen Endgeräten war in 2016 hoch innovativ – und in den folgenden Jahren konnten dadurch viele Möglichkeiten des mobilen Arbeitens auch für Betriebsbeschäftigte gut realisiert werden. Gerade für die meist für mehrere Anlagen verantwortlichen Meister waren die Möglichkeiten der zentralen, ortsunabhängigen Funktionen des vPLS von Beginn an von großem Interesse.

Die verfügbare Bandbreite - gerade auf Außenstandorten - führte in der Anfangsphase des vPLS zu umfangreichen Diskussionen. Die Befürchtung des Anlagenbetriebs war groß, dass die in der Regel vorhandenen TK-Anschlüsse nicht die erforderliche Bandbreite zur Verfügung stellen könnten, die für das vPLS dauerhaft benötigt würden. Auch der Hersteller, in diesem Fall Siemens, hatte kaum Erfahrungen mit der Netzwerkauslastung bei vPLS-Anlagen. Im Nachgang hat sich gezeigt: Die meisten Sorgen waren hier tatsächlich unbegründet. Beispielsweise sind EGLV bei der Umsetzung in Reken-Maria Veen in Abstimmung mit Siemens davon

ausgegangen, dass mindestens 1 Mbit/s an Datendurchsatzrate für eine vPLS-Anlage erforderlich wären – besser sogar mehr. Tatsächlich zeigte sich dann nach der Umsetzung, dass bereits 300 kB/s mehr als ausreichend sind, um eine Anlage mit vPLS an das zentrale Steuerungssystem zuverlässig anzubinden. Diese Bandbreiten stehen in der Regel sogar an entlegenen Standorten zur Verfügung.

Die Umstellung der Kläranlage Reken-Maria Veen hat zudem gezeigt, dass für die gesamte Kläranlage lediglich eine SPS erforderlich ist – über sie läuft die gesamte Steuerung aller Anlagenbauteile einwandfrei. Das vorherige alte Konzept sieht für Kläranlagen in der Regel je Verfahrensstufe mindestens eine eigene SPS vor (also in der Regel 3-5 SPSen für eine kleine Kläranlage). Auch hiermit zeigten sich direkt Kosteneinsparungen im Vergleich zur klassischen PLS-Architektur.

Bei der weiteren Einführung des vPLS zeigte sich zudem bei Pumpwerken mittlerer Größe mit beispielsweise 7 Pumpen, dass auch hier deutliche Reduzierungen der erforderlichen SPSen vor Ort möglich waren. Während die klassische Ausrüstung bei 7 Pumpen vor Ort zuzüglich einer übergeordneten Anlagen-SPS und ggfs. deren Visualisierung etwa 10 SPSen benötigte, ist mit dem vPLS die gleiche Funktionalität und die gleiche Betriebssicherheit mit nur 1 SPS möglich. Der direkte wirtschaftliche Vorteil wird deutlich.

Auf mittelgroße Kläranlagen (200.000 EW) übertragen fällt der Vorteil ähnlich aus: Während in der klassischen Technologie rund 20 SPSen vor Ort verbaut werden, benötigt die vPLS-Technologie lediglich 4 große SPSen für die Gesamtanlage. Entsprechend sinken auch die Aufwendungen für Pflege und Wartung der SPS-Steuerungen durch das zentrale Engineering.

Nicht zu vernachlässigen ist allerdings der dauerhafte Kommunikationsaufwand bei der Einführung der vPLS-Technologie. Gleichwohl alle Beschäftigten sich der Entscheidung des Unternehmens bewusst sind, alle Anlagen bis 2027 auf die vPLS-Technologie umzustellen, so sind doch die konkreten Sorgen bei der „eigenen“ Anlage viel stärker. Dementsprechend mussten und müssen die Projektleitungen im vPLS regelmäßig zu Beginn der einzelnen Umstellungsprojekte umfangreiche Aufklärungsarbeit leisten, um das Gesamtziel der Umsetzung nicht zu gefährden. Eine im Vergleich zu normalen Bauprojekten deutlich intensivere Kommunikation mit den auf Bauherrenseite im Anlagenbetrieb Beteiligten ist dauerhaft erforderlich, gerade bei Erstumrüstungen in einzelnen Betriebsbereichen. Mit zunehmender Erfahrung des Anlagenbetriebs mit vPLS-Anlagen reduzieren sich die Aufwendungen - aber gerade zu Beginn sind sie wesentlich für den Erfolg des Projektes. Hierfür sind die erforderlichen Zeitaufwendungen bei der Projektleitung mit einzukalkulieren.

6.3 Neues Datenbankframework

Der PoC zur Machbarkeit eines DBF in Anlehnung an Kapitel 5.3 war erfolgreich und wurde wie bereits beschrieben im Jahr 2017 umgesetzt. Mit der Umsetzung und der anschließenden Erprobung des DBFs konnten verschiedene Erfahrungen gesammelt sowie Verbesserungen für die unternehmensweite Einführung des Systems als zentrale Datenplattform identifiziert werden.

Während der PoC mit der Bezeichnung „HeTiDa“ gestartet ist, wurde beispielsweise schnell deutlich, dass allein die Bezeichnung des neuen Systems einen wichtigen kommunikativen Faktor im Unternehmen darstellt. „HeTiDa“ – so war das System vom unterstützenden Softwaredienstleister benannt worden – fand keinen Eingang in den Unternehmensalltag, da der Begriff von Beschäftigten kaum mit der dahinterstehenden Funktion verbunden werden konnte. So setzte sich unternehmensintern (zunächst bei der IT, später im gesamten Unternehmen) tatsächlich die Abkürzung ZRP für Zeitreihenplattform durch. Diese Bezeichnung hingegen war eingängig genug für alle Beteiligten, um die Funktion der Plattform mit dem Unternehmensalltag geistig verbinden zu können.

Die weitere Umsetzung eines erfolgreichen PoCs in eine produktive Anwendung bedarf jedoch zusätzlicher Zeit. Da ein PoC lediglich die rudimentären Aspekte einer innovativen Idee auf ihre Machbarkeit prüft, erfordert die anschließende Umsetzung in ein produktives System ein sorgfältig geplantes IT-Projekt im Unternehmen. EGLV haben dieses Projekt noch in 2017 aufgesetzt und im Jahr 2018 gestartet. Im Rahmen des Projektes sind dann die zahlreichen detaillierteren Betrachtungen erfolgt, die erforderlich sind, um sämtliche Anforderungen z. B. des Anlagenbetriebs aufzunehmen, teilweise zu hinterfragen und zu optimieren und anschließend im Projekt umzusetzen. Da der ursprüngliche PoC nur einen Teilbereich der Anforderungen betrachten konnte, bedurfte und bedarf diese genauere Betrachtung einiger Zeit. Die Produktivsetzung der Basisvariante der ZRP erfolgt planmäßig im Frühjahr 2023 – also sechs Jahre nach dem PoC. Diese Umsetzungszeit ist aus Sicht des Verfassers durchaus angemessen – allerdings ist zu berücksichtigen, dass in der Zwischenzeit natürlich der ursprüngliche PoC weiter betrieben wurde und im Unternehmen bereits als technische Grundlage genutzt werden konnte. Dieses „Staging“-System wurde und wird vom Projektteam gleichzeitig wie ein Produktivsystem behandelt und begleitet. Zeitliche Verzögerungen insbesondere bei der erforderlichen Hardwarebeschaffung in Corona-Zeiten mit Lieferkettenstörungen führten zu der längeren Umsetzungsdauer. Mit der Produktivsetzung in 2023 wird dann auch die klassische dreistufige Systemlandschaft für die ZRP realisiert: Entwicklungssystem, Testsystem und Produktivsystem.

Die Erfahrung bei EGLV zeigt, dass nicht die Programmierung der ZRP ursächlich für die Entwicklungszeit ist, sondern das Aufnehmen und Klären der Anforderungen im Unternehmen.

Hilfreich war dazu die frühzeitige und kontinuierliche Zusammenarbeit mit dem Anlagenbetrieb, für den sich zahlreiche Mehrwerte durch die zentrale Datenvorhaltung und -verfügbarkeit ergeben. Beispielsweise sind die aus der ZRP automatisch „auf Knopfdruck“ generierten Wochen-, Monats- und Jahresberichte für jede einzelne Betriebsanlage von großem Nutzen, denn diese werden bisher aufwendig manuell erarbeitet. Aber auch die Anbindung an andere Datenquellen (siehe Kapitel 6.4) sowie die Nutzung der in der ZRP vorhandenen Daten zur Betriebsoptimierung mittels künstlicher Intelligenz sind für die digitale Transformation eines wasserwirtschaftlichen Unternehmens von Bedeutung. So konnte auf Basis der ZRP und mit Einsatz künstlicher Intelligenz die automatische Betriebsstörungserkennung für Regenwasserbehandlungsanlagen bei EGLV realisiert werden (EGLV, 2021). Diese KI ist durch die Nutzung der ZRP somit direkt auf alle anderen vergleichbaren angebotenen Anlagen übertragbar. Die Realisierung ist bereits vorbereitet und erfolgt mit Produktivsetzung der ZRP in 2023.

6.4 Anbindung von Datenquellen

Mit dem erfolgreichen PoC des DBF für Betriebsdaten (vergleiche Kapitel 6.3) zeigten sich zügig weitere Mehrwerte. So wurde schnell deutlich, dass die Beschränkung auf Betriebsdaten nicht erforderlich ist. Vielmehr identifizierten auch andere Fachabteilungen „ihre“ Messdaten grundsätzlich als Zeitreihe, und so wurden seit 2018 beispielsweise direkt auch die Messdaten der Gewässerpegel in die neue Technologie überführt bzw. dort dauerhaft und zuverlässig angebunden – und beachtenswert eben nicht an das neue noch nicht vorhandene Produktivsystem, sondern bereits an den ehemaligen PoC. Allein dieser Aspekt zeigt, dass die Zuverlässigkeit des PoC-Systems bereits sehr hoch war und ist.

Auch die Anbindung von Analysedaten beispielsweise aus chemischen Laboren (Wasseranalytik) oder von Baugrundlaboren (Bodenanalytik) ist für das Gesamtunternehmen von zentraler Bedeutung, da diese Daten oftmals nur in den entsprechenden Fachbereichen lokal vorgehalten werden, z. B. im Rahmen von Bauprojekten. EGLV haben diesen Mehrwert erkannt und erarbeiten seit 2019 im Rahmen eines zusätzlichen IT-Projektes die erforderlichen systemtechnischen Grundlagen zur zentralen Vorhaltung dieser Analysedaten an einer Stelle und deren zukünftige Überführung in die ZRP. Die Zusammenführung erfolgt zunächst aus drei unterschiedlichen proprietären Systemen (Grundwasser-, Boden- und chemische Analysen) in ein (immer noch proprietäres) Gesamtsystem, das anschließend eine Anbindung an die nicht-proprietäre ZRP erhält. Diese Vorgehensweise war aufgrund der grundsätzlich positiven Erfahrungen mit dem Entwickler der proprietären Systeme und seiner Bereitschaft, die Datenübermittlung in die nicht proprietäre ZRP zu ermöglichen, sinnvoll und wirtschaftlich für EGLV. Die Anbindung der Kläranlage Reken-Maria Veen über OPC-UA war grundsätzlich erfolgreich. Allerdings zeigte sich im Rahmen der Umsetzung für die Kläranlage, dass gerade auch das

offene Protokoll OPC-UA nicht immer bei allen Herstellern vollständig standardkonform umgesetzt wird. Gerade die Einführung von OPC-UA war zeitlich aufwendiger als vorher erwartet, da zahlreiche Schnittstellenprobleme zunächst auftraten und beseitigt werden mussten. In Zusammenarbeit mit dem Hersteller und Lieferanten des zugrundeliegenden OPC-UA-Servers konnten die Probleme erfolgreich beseitigt werden.

In allen zukünftigen OPC-UA-Projekten von EGLV wird deshalb insbesondere bei Projektbeginn die korrekte Definition und Implementierung der OPC-UA-Schnittstelle der Anbietenden als erstes geprüft. Die Einbindung der Daten aller Pegel von EGLV in die ZRP via OPC-UA erfolgte entsprechen problemlos und innerhalb kurzer Zeit.

Bei korrekter Anbindung zeigen die Erfahrungen bei EGLV, dass die Daten aus dem vPLS in der Regel innerhalb weniger Sekunden in der ZRP ankommen und damit für die weitere Nutzung fast in Echtzeit dem Unternehmen zur Verfügung stehen. Damit ist das Ziel, Prozessdaten außerhalb des Prozessleitsystems sicher und zeitnah zur Verfügung zu stellen, erreicht.

6.5 Visualisierung mit neuen Werkzeugen/ Datenexport

Die Verfügbarkeit der im DBF an einer zentralen Stelle vorgehaltenen Daten, um diese als Eingangsparameter für andere Anwendungen zu nutzen, ist der zentrale Schlüssel für die Mehrwerthebung in der Wasserwirtschaft. Denn hier werden aus den großen Datenmengen für den Menschen schnell erfassbare Bilder generiert, mit denen das Auge auch große Datenmengen in kurzer Zeit verstehen kann. Die Visualisierung stellt damit eigentlich den Maßstab dar, um den Erfolg der digitalen Transformation messbar zu machen. Denn für die Beschäftigten auf allen Ebenen ist im Wesentlichen interessant, wie sie die gesammelten Daten anschließend für sich erschließen können. Der Weg, den die Daten bis dahin genommen haben, und deren Vorverarbeitung dagegen ist eher von nachrangigem Interesse.

Die Erfahrung aus der digitalen Transformation bei EGLV zeigt, dass gerade dieses zentrale Element der Datendarstellung für die Diskussionen mit den Beschäftigten wichtig ist – und genau zu Beginn der digitalen Transformation noch nicht zur Verfügung steht, sondern eigentlich erst mit dem Abschluss aller Maßnahmen, die auf dem Weg dorthin abzuarbeiten sind (vergleiche Kapitel 5). Damit stellte sich die Frage, wie bereits auf dem Entwicklungsweg der einzelnen Komponenten gezeigt werden kann, welche Ergebnisse z. B. der Visualisierung am Ende des digitalen Transformationspfades erwartet werden können.

EGLV waren damit erfolgreich, bereits zu frühen Zeitpunkten mit Visualisierungstools wie z. B. Grafana einfache Beispielformen zu erstellen, unabhängig davon, dass die dafür verwendeten Daten noch gar nicht aus dem neuen DBF abgerufen werden konnten. Denn die Visualisierungsprogramme zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass sie nicht nur ein

bestimmtes Datenprotokoll verstehen, sondern in der Regel mit vielen unterschiedlichen Datenquellen zusammenarbeiten können.

EGLV haben mit diesem Weg gute Erfahrungen gesammelt – denn so konnten bereits in der frühen Entwicklungsphase Bilder und Vorgehensweisen gezeigt werden, die bei allen Beteiligten Neugierde auf die Endversionen schafften. So konnte z. B. gezeigt werden, wie mit einer Visualisierungssoftware eigene Dashboards einfach erstellt werden können – und das ohne detaillierte Programmierkenntnisse, sondern lediglich mit Kenntnissen der Datenstruktur und deren Ablage im DBF. Für das Management ist dabei von besonderem Interesse gewesen, sich bei Bedarf eigene Dashboards mit selbst ausgewählten Daten erstellen zu können, um z. B. aktuelle Ablaufwerte einer oder mehrerer Anlagen auf Knopfdruck sehen zu können. Die einfache Bedienbarkeit zeigte dabei dann besonders die Vorteile gegenüber einem klassischen Reporting, bei dem nur vorgefertigte Berichte in definierten Zeitintervallen zur Verfügung stehen und deren Änderung in der Regel mit Beauftragungen Dritter verbunden waren. Die Chance, zukünftig bei Bedarf innerhalb kürzester Zeit neue Visualisierungen hinzuzufügen, ist hier hervorzuheben.

Nicht zu vernachlässigen ist dabei, dass die oben genannten Visualisierungstools zusätzlich als Plug-In Erweiterungsmöglichkeiten mitbringen, die dann auch neue Visualisierungen erlauben, beispielsweise die Einbindung von Landkarten und darin die Einblendung von Messwerten – eine Darstellung, die ansonsten nur mit etablierten GIS-Produkten erreicht wird. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit sind beispielsweise über 120 Plug-Ins zur Gestaltung von Visualisierungen in Grafana in der Regel kostenlos verfügbar.

Zudem zeigte sich bei EGLV zusätzlich, dass für bestimmte Zielgruppen nicht die Visualisierung das vorteilhafte Ergebnis der digitalen Transformation darstellt, sondern vielmehr die zügige Aktualisierung des DBF und damit der gesamten Prozesse beispielsweise im Pegelmanagement. Hier ist für die Fachabteilung der Aspekt wichtiger, dass die Daten immer aktuell über ein modernes DBF zur Verfügung stehen, denn mit diesen Daten werden anschließend automatisch z. B. Niederschlags-Abflussmodelle gefüttert und deren Berechnung getriggert – ein Vorgehen, das gerade in den vorherigen Altsystemen fehleranfällig war. Damit sind nicht immer Visualisierungen grundsätzlich zum Erfolg einer digitalen Transformation notwendig. Es kommt tatsächlich auf die Anforderungen aus den Fachabteilungen an. Deswegen ist es aus Sicht des Verfassers empfehlenswert, gerade zu Beginn von Transformationsmaßnahmen ausreichend Zeit in das Verständnis der Aufgabenstellung zu investieren und dabei mit den Fachabteilungen im Dialog zu klären, welche Möglichkeiten es gibt, welche Veränderungen im Prozess denkbar sind und welche Ansprüche am Ende erfüllt werden sollen.

Auch die Visualisierung mit neuen Methodiken wie Augmented Reality (AR) bereits in einem frühen Stadium der digitalen Transformation ist im Nachhinein hilfreich für die Motivation des gesamten Unternehmens gewesen, den Weg der digitalen Transformation zu begehen. Mit dem DBF und der Verbindung der Daten mit einer AR-Brille ergibt sich z. B. die Möglichkeit, die aktuellen Messwerte verschiedener Verfahrensstufen einer Kläranlage direkt in das Sichtfeld des Beschäftigten einzublenden, der sich über die Kläranlage bewegt (siehe Abbildung 6-25).

AUGMENTED REALITY IN DER RUFBEREITSCHAFT

Prozessdaten visualisieren – Betriebspersonal vor Ort unterstützen






- Visualisierung der Live-Daten aus dem virtuellen Prozessleitsystem
- Betrachten von Zeitreihendaten zur besseren Beurteilung von Störungen
- Zugriff auf digital vorhandene Hilfsmittel und Handbücher zur schnellen Problembhebung

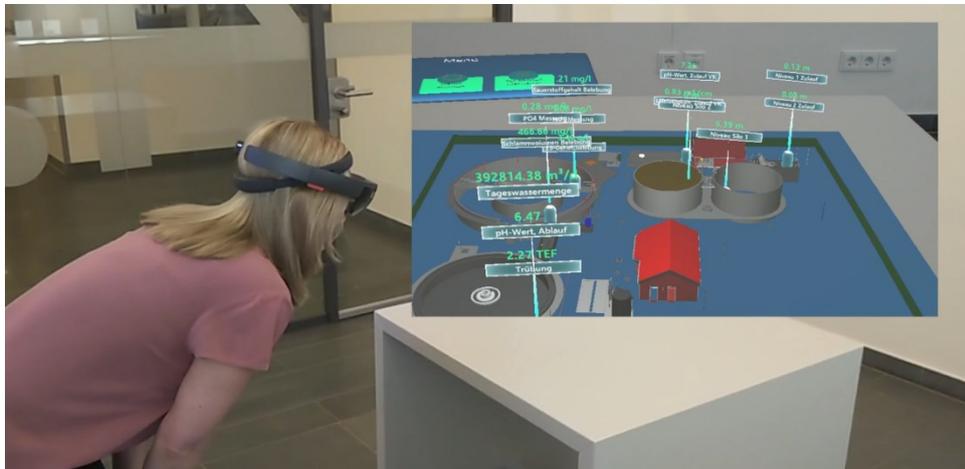
WaWi 4.0@EGLV, 12. DWA-MSR-Fachtagung, 26. Juni 2019, Dipl.-Ing. Heiko Althoff

Abbildung 6-25: Augmented Reality visualisiert Betriebsdaten (Althoff, Vosbeck, 2019)

Genauso ist der umgekehrte Anwendungsfall denkbar: Eine vollständige Visualisierung einer Kläranlage mittels AR z. B. im Büro. Hier kann der aktuelle Anlagenzustand mittels AR sofort erkannt werden (siehe Abbildung 6-26). Damit wird auch aus der Ferne eine Beurteilung von Betriebszuständen leichter möglich. Auch vorstellbar ist die Zuschaltung eines Experten aus der Ferne bei Störungen, der sich über AR dann schnell zurechtfinden kann.

ECHTZEIT-VISUALISIERUNG

von komplexen Anlagenzuständen mit Augmented Reality



- Prozessdaten aus v-PLS
- Nutzung auf Anlage und im Büro
- Vernetzung
- Datenbanksystem
- Zugriff auch auf Messgeräte-Handbücher und Arbeitsaufträge
- Visualisierung von Störungen

Abbildung 6-26: Visueller Überblick über Anlagenzustand mittels AR (Althoff, Vosbeck, 2019)

Abschließend ist auch die Visualisierung im Betriebsalltag durch das klassische Reporting von wesentlicher Bedeutung für den Erfolg des beschriebenen digitalen Transformationspfades. Auch ohne neuartige bildliche Visualisierung sind gerade für regelmäßig zu erstellende Berichte automatische Reporte von großem Vorteil (vergleiche Abbildung 5-23). Sie ermöglichen gerade für wiederkehrende Berichtsformate eine hohe Effizienz und damit eine große Erleichterung für den Anlagenbetrieb. Da aber gerade für diese Berichte ein umfangreiches Anlagenwissen erforderlich ist, darf der Zeitaufwand nicht unterschätzt werden, um die notwendigen systemtechnischen Prüflogiken zu beschreiben. Hier ist viel Detailkenntnis und -arbeit von Nöten, besonders zu Beginn einer solchen Maßnahme. Sind die Details (wie z. B. Ersatzwertberechnung, Ausreißelimitation oder die Berechnung von Hilfszeitreihen) jedoch geklärt, können zukünftige Berichte sofort auf diesen aufbauen und einfach fortentwickelt werden.

7 Zusammenfassung

Mit einer sorgfältig geplanten und durchdachten digitalen Transformation besteht für Unternehmen der Wasserwirtschaft die Chance, neue Potentiale zu heben, um weiterhin ihre Leistungen der Daseinsvorsorge kostengünstig und zuverlässig zu erbringen. Die vorliegende Arbeit betrachtet die erforderlichen strategischen Überlegungen und Planungen, die gewählten Schlüsseltechnologien sowie die anschließende Umsetzung bei EGLV und die dabei gesammelten Erfahrungen. Im Ergebnis kann der von EGLV gewählte Weg im Sinne einer Orientierungshilfe verstanden werden, die auch andere wasserwirtschaftliche Unternehmen als Anregung für ihre digitale Transformation nutzen können.

Die technischen Grundlagen für eine entsprechende digitale Weiterentwicklung existieren mittlerweile. Die Digitalisierung weltweit zeigt viele erfolgreiche Beispiele, wie durch neue digitale Geschäftsprozesse und -modelle erfolgreiche Produkte entstehen. Gerade die Verbindung von verschiedenen Systemen miteinander schafft dabei neue Möglichkeiten. Die vorliegende Arbeit fokussiert neben der weltweiten Entwicklung der Digitalisierung insbesondere den Stand der Digitalisierung in Deutschland, in der Branche der Wasserwirtschaft sowie bei EGLV (Kapitel 2).

Die Ausgangslage in den seit langer Zeit bestehenden wasserwirtschaftlichen Unternehmen ist vielfältig (Kapitel 3.1). In der Regel prägen digitale Insellösungen einzelner proprietärer Softwareprodukte, die ihre Ursprünge oft in den 2000er Jahren besitzen, die IT-Systeme. Die Verbindung dieser Systeme miteinander ist nicht trivial und sowohl zeitlich als auch monetär aufwendig. Gleichzeitig sind die bestehenden IT-Architekturen zunehmend Angriffen von außen ausgesetzt – die Cybersicherheit hat insbesondere in den letzten Jahren an Bedeutung und die Angriffe an Qualität gewonnen. Gerade heterogene IT-Strukturen sind hier anfällig. Auf der anderen Seite ermöglichen moderne Datenbankarchitekturen, die auf große Datenmengen optimiert sind, in Verbindung mit neuartigen Algorithmen die Chance, aus den in der Wasserwirtschaft vorhandenen Daten mittels der Data Science Mehrwerte zu generieren. Präzisere Vorhersagen ermöglichen beispielsweise einen effizienteren Anlagenbetrieb. Optimierte digitale Geschäftsprozesse und der Einsatz künstlicher Intelligenz versprechen der Unternehmensführung eine schlanke Verwaltung, weil z. B. aufwendige, regelmäßig erforderliche Datenzusammenstellungen zukünftig automatisiert erfolgen können. Allerdings werden in der heutigen Unternehmensorganisation digitale Innovationen durch starre Hierarchien mitunter deutlich erschwert, da z. B. die Erfahrungen der Führungskräfte bei abteilungsübergreifenden Prozessveränderungen in der Regel negativ geprägt sind. In Kombination mit einer nur geringen Motivation der Beschäftigten, Veränderungen im Arbeitsalltag zu akzeptieren, ist eine angestrebte digitale Transformationen mit vielen Neuerungen nicht einfach zu realisieren. Die

noch nicht überall im erforderlichen Maße vorhandene Digitalkompetenz der Führungskräfte rundet das Bild ab.

Dennoch kann die digitale Transformation in der Wasserwirtschaft gelingen. Zunächst bedarf es strategischer Überlegungen und Festlegungen, die die Grundlage im Sinne einer offenen Unternehmenskultur für die Transformationen schaffen. Am Beispiel von EGLV werden diese strategischen Überlegungen beschrieben (Kapitel 3.2). Maßgebliche Zielvorgaben waren u. a. die Steigerung der Prozesseffizienz in allen Unternehmensbereichen sowie die Sicherstellung der infrastrukturell-technologischen Mittel- und Langfristentwicklung der digitalen Welt. Der Einsatz von Cloud-Technologien wird heute und in der Zukunft zunehmen und mitunter bestimmend für den Erfolg neuer digitaler Wege sein. Schlüsseltechnologien auf der Basis von offenen Produkten und Schnittstellenprotokollen sind zu identifizieren und idealerweise mit geeigneten IT-Methodiken wie dem Proof-of-Concept in kleinen Schritten zu erproben. Damit kommt der Unternehmens-IT eine zunehmend größere strategische Rolle zu, da sie zukünftig das zentrale Verbindungsglied für alle Bereiche eines wasserwirtschaftlichen Unternehmens darstellt. Wenn abschließend die Beschäftigten des Unternehmens von Anfang an in die digitale Transformation eingebunden werden und ihnen die vorhandenen Ängste und Sorgen genommen werden können, sind die wesentlichen Grundlagen geschaffen.

Klar ist zudem, dass die digitale Transformation nur gelingen kann, wenn für einen definierten Zeitraum die alten und neuen IT-Systeme parallel existieren – denn die Umsetzung muss im laufenden Geschäftsalltag schrittweise möglich sein. Die vorliegende Arbeit beschreibt die für EGLV maßgeblichen Schlüsseltechnologien wie die Zusammenführung von OT und IT, die Einführung virtueller Prozessleitsysteme, die Erschaffung einer zentralen Zeitreihenplattform, die Nutzung von offenen Protokollstandards im Sinne eines „Schweizer Taschenmessers“ sowie den erforderlichen Wandel der Unternehmenskultur (Kapitel 3.3).

Neben den unternehmensstrategischen Überlegungen existieren weitere Anforderungen und technische Randbedingungen, die bei einer erfolgreichen digitalen Transformation zu betrachten sind (Kapitel 4): So ist die Cybersicherheit der zukünftigen Systeme von zentraler Bedeutung – nicht nur für Unternehmen der kritischen Infrastruktur wie EGLV es sind. Eine wirtschaftliche und zukunftsfähige Nutzung der in den Unternehmen gesammelten Daten ist zunehmend dann möglich, wenn die bisherigen, proprietären Herstellersysteme mit der einhergehenden Lizenzpolitik in Zukunft mehr durch Open-Source-Produkte abgelöst werden. Durch den Einsatz offener Schnittstellenprotokollstandards ist zudem die nahezu uneingeschränkte zukünftige Erweiterung mit bisher noch unbekanntem Technologien möglich. Gerade die Techniken der künstlichen Intelligenz benötigen umfangreiche Daten, die zukünftig idealerweise an einer

zentralen Stelle vorgehalten werden – und nicht mehr wie bislang dezentral an unterschiedlichen Stellen. Die Daten sind somit immer für das Gesamtunternehmen leicht verfügbar und stehen für die weitere Wissensextraktion bereit.

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Ausgangslage, den strategischen Ansätzen sowie den sonstigen Anforderungen hat der Verfasser für EGLV ein Konzept aufgestellt, mit dem die digitale Transformation anschließend erfolgreich begonnen werden konnte (Kapitel 5).

Nach dieser Konzeption wurden zunächst die bisher getrennten OT- und IT-Netze zusammengeführt und mit einer modernen cybersicheren Netzwerkarchitektur versehen (Kapitel 5.1). Mit der Zusammenführung der bisher getrennten Netze konnten nicht nur direkt monetäre Mehrwerte gehoben werden, sondern gleichzeitig auch die erforderlichen Segmentierungen der Netze virtuell geschaffen werden. Die Zusammenführung der Netze ist BSI-konform für Anlagen der kritischen Infrastruktur.

Parallel dazu wurde die virtuelle Prozessleittechnik zunächst mit einem Proof-of-Concept technisch erprobt und nach erfolgreichem Abschluss sodann unternehmensweit ausgerollt. Mit der zentralen virtuellen Prozessleittechnik basiert die Anlagensteuerung (bei EGLV über 800 Anlagen) erstmals auf einer einheitlichen Programmierung und Visualisierung, die bei Bedarf auf Knopfdruck angepasst werden kann (Kapitel 5.2).

Die aus den Anlagen anfallenden Betriebsdaten sowie weitere relevante Messdaten wie z. B. Pegelstände oder Niederschlagsmessungen werden in einer ebenfalls neu konzeptionierten und mehrere Jahre entwickelten Zeitreihenplattform zentral gespeichert und vorgehalten (Kapitel 5.3). Dieses Datenbankframework ist ein zeitgemäßes und hoch performantes System auf der Basis einer auf große Datenmengen ausgelegten Systemarchitektur. Der modulare Aufbau erlaubt auch zu einem späteren Zeitpunkt die Erweiterung des Systems oder beispielsweise die für den Einsatz von künstlicher Intelligenz wesentlichen Datenübergaben über offene Protokollstandards.

Mit der Anbindung des zentralen virtuellen Prozessleitsystems an das Datenbankframework wird die netzwerktechnisch sichere Verbindung der neuen Systeme geschaffen (Kapitel 5.4).

Schließlich führt die Konzeption zur Nutzung der in der neuen Systemarchitektur erfassten, transportierten und gespeicherten Daten mit darauf spezialisierten offenen Visualisierungsprogrammen und Reporting-Tools via nicht-proprietärer OPC-UA-Anbindung oder REST-API. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, auf alle Unternehmensdaten mittels einfacher Visualisierungen im Sinne von Dashboards zuzugreifen oder die gesammelten Daten zur Weiterverarbeitung wie z. B. für Abflussvorhersagemodelle automatisiert zur Verfügung zu stellen (Kapitel 5.5).

Die erwarteten (und erreichten) Mehrwerte zeigen sich nicht nur im Anlagenbetrieb, sondern auch an unterschiedlichen Stellen im gesamten Unternehmen, sie sind benutzergruppenabhängig (Kapitel 5.6). So werden die Mehrwerte sowohl für den Anlagenbetrieb mit der üblicherweise größten Beschäftigtenzahl – hier ist beispielsweise die Möglichkeit des ortsunabhängigen gesicherten Zugriffs auf die Anlagensteuerung zu nennen – aber auch für andere Fachabteilungen, deren Ergebnisse im Wesentlichen durch die Weiterverarbeitung von Betriebsdaten abhängig sind, betrachtet. Auch die Unternehmensleitung gewinnt mit dem entwickelten Konzept zur digitalen Transformation die Gewissheit, technisch gut für die Zukunft vorbereitet zu sein. Unabhängig davon ist gerade für das oberste Management die Visualisierung von Daten mittels Dashboarding in Echtzeit von besonderem Interesse. Zuletzt ergeben sich auch für die Unternehmens-IT zahlreiche Vorteile, die es erlauben, z. B. in Zeiten des Fachkräftemangels in der IT mit dem Personalbestand dennoch Systeme effizient zu betreiben und gegen Cyberangriffe abzusichern. Für zukünftige Betrachtungen und Digitalisierungsvorhaben ist zu erwägen, diese Mehrwerte über geeignete Evaluationsmethoden und -verfahren von Beginn an zu begleiten, damit die erreichten Mehrwerte genauer analysiert werden können.

EGLV haben den Weg erfolgreich beschritten und bei der Umsetzung des Konzepts wertvolle Erfahrungen gesammelt, die auch für andere Unternehmen in der Wasserwirtschaft bei ihrer digitalen Transformation hilfreich sein können (Kapitel 6). Neben der belastbaren Erkenntnis von möglichen Einsparungen bei der erforderlichen Hardwareausstattung von wasserwirtschaftlichen Betriebsanlagen zeigten sich mitunter unerwartete Mehrwerte, beispielweise durch die nicht mehr erforderlichen Fahrzeiten, weil das Unternehmensnetz nun auch an bislang nicht angebundenen Betriebsanlagen zur Verfügung stand. Wesentliche Erkenntnis ist zudem, dass die digitale Transformation Zeit benötigt – auch wenn Proof-of-Concepts innerhalb von Monaten abgewickelt werden können, bedarf die vollständige Umsetzung der Ergebnisse gerade bei großen Betreibern durchaus mehrerer Jahre (z.B. für die Entwicklung des zentralen Datenbankframeworks) bis hin zu Jahrzehnten (z. B. für die unternehmensweite Ausrollung virtueller Prozessleitsysteme auf über 800 Anlagen). Der dafür erforderliche „lange Atem“ ist nur mit einer sorgfältigen Konzeption zu erreichen, bei der vorab die beschriebenen wesentlichen strategischen Entscheidungen auf der Ebene der Unternehmensleitung diskutiert und getroffen wurden.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1 : Entwicklung der Anzahl der Internetnutzer weltweit (ITU, 2018).....	5
Abbildung 2-2: Die „X-Road“ - softwaretechnische Plattform als Basis für den Datenaustausch (e-Estonia, 2019).	7
Abbildung 2-3: Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland 2009 – 2018 (Bitkom, 2018).....	8
Abbildung 2-4: Internetdurchdringung nach Weltregionen (Hootsuite, 2019).....	10
Abbildung 2-5: Entwicklungsvarianten für digitale Geschäftsmodelle (nach Weinländer, 2017)	11
Abbildung 2-6: Logik der Digitalisierung (weiterentwickelt in Anlehnung an DIN 2017) (Althoff, 2020).....	13
Abbildung 2-7: Module einer Datenplattform (eigene Grafikdarstellung).....	14
Abbildung 2-8: Die vier Stufen industrieller Revolutionen (DKFI, 2011)	18
Abbildung 2-9: Welche der nachfolgend genannten Technologien nutzen Sie bereits in ihrer intelligenten Fabrik bzw. planen Sie zu nutzen? (PricewaterhouseCoupers, 2017)	20
Abbildung 2-10: Fahrstuhl-Servicetechniker wird durch Augmented Reality-Brille unterstützt (Achatz, 2017).....	21
Abbildung 2-11: Head-Mounted-Display (HMD) im Lagereinsatz (Ubimax, 2019).....	22
Abbildung 2-12: Ländervergleich der staatlichen Investitionen in künstliche Intelligenz (acatech, 2019).	24
Abbildung 2-13: Die GAIA-X-Architektur mit den wichtigsten Architekturelementen (BMW, 2020)	27
Abbildung 2-14: Größenstruktur der Wasserversorgungsunternehmen in Deutschland (BDEW et al, 2015)	29
Abbildung 2-15: Größenstruktur der Abwasserentsorgungsunternehmen in Deutschland (BDEW et al, 2015)	29
Abbildung 2-16: Einzugsgebiet von Emschergenossenschaft und Lippeverband (EGLV, 2019)	34
Abbildung 2-17: Struktur des Betriebsüberwachungssystems EGLV (Althoff, Vosbeck, 2019)	35
Abbildung 3-18: Intranetportal verbindet weiterhin getrennte Insellösungen (eigene Darstellung).....	40
Abbildung 3-19: Digitale Prozesse bei EGLV (Althoff, 2021)	41

Abbildung 5-20: Konzeptbausteine zur digitalen Transformation bei EGLV (eigene Darstellung)	78
Abbildung 5-21: Architekturschema des Datenbankframeworks bei EGLV (Althoff, Vosbeck, 2019)	87
Abbildung 5-22: Abfrage von Daten aus dem DBF via Browser (EGLV, 2022)	92
Abbildung 5-23: Datenauswertung und Berichtserstellung aus dem DBF (EGLV, 2022)	93
Abbildung 5-24: Visualisierung mit der Open-Source-Software Grafana (Althoff, Vosbeck, 2019)	95
Abbildung 6-25: Augmented Reality visualisiert Betriebsdaten (Althoff, Vosbeck, 2019)	114
Abbildung 6-26: Visueller Überblick über Anlagenzustand mittels AR (Althoff, Vosbeck, 2019)	115

9 Literaturverzeichnis

- acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (2019): Infografiken der Plattform Lernende Systeme. Verfügbar unter: https://www.plattform-lernende-systeme.de/info-grafiken.html?file=files/img/Bilder_Infothek/Grafiken/Grafik_Staatliche_Investitionen_in_KI_neu.jpg (Abruf am 16.11.2019)
- acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V. (2019/2): Selbstverständnis und Ziele der Plattform Lernende Systeme. Verfügbar unter: https://www.plattform-lernende-systeme.de/selbstverstaendnis.html?file=files/Downloads/Allgemein/Selbstversta%CC%88ndnis_Final.pdf (Abruf am 16.11.2019)
- Achatz, Reinhold (2017): Digital Transformation at thyssenkrupp: Challenges, Strategies and Examples. In: Dubois E., Pohl K. (eds) Advanced Information Systems Engineering. CAiSE 2017. Lecture Notes in Computer Science, vol 10253. Springer, Cham, ISBN 978-3-319-59535-1
- Althoff, Heiko; Holtmeier, Eberhard (2017): Wasserwirtschaft 4.0 – das neue Infrastrukturnetzwerk bei Emschergenossenschaft und Lippeverband – Ideen, Piloten und Ausblick; in: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall; Ausgabe 2017 (64), Nr. 6, S. 502 – 506, ISSN 1866-0029; Organ der DWA – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. und des Güteschutz Kanalbau Herausgeber und Verlag: GFA, Hennef
- Althoff, Heiko; Vosbeck, Christian (2019): Wasserwirtschaft 4.0 bei Emschergenossenschaft und Lippeverband – Voraussetzungen für und erste Erfahrungen mit virtuellen Prozessleitsystemen – eine Standortbestimmung und ein Blick in die Zukunft. Veröffentlicht auf der 12. Fachtagung Mess- und Regelungstechnik in abwassertechnischen Anlagen (MSR). DWA. Hennef. 2019
- Althoff, Heiko (2020): Auf dem Weg zur Künstlichen Intelligenz – Voraussetzungen für innovative Datennutzung. In: 53. ESSENER TAGUNG für Wasserwirtschaft “ Wasser in einer sich verändernden Welt“ vom 18. bis 20. März 2020 in Essen (ausgefallen wegen Coronavirus-Pandemie); Herausgeber: J. Pinnekamp, Schriftenreihe Band 252, Aachen: Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen e.V. (2020)
- Althoff, Heiko (2021): Digitales Arbeiten in der Wasserwirtschaft der Zukunft, Vortrag auf der DWA-Landesverbandstagung NRW am 01.09.2021
- Amazon Web Services (2018): Major Memberships in open-source foundations. Verfügbar unter <https://aws.amazon.com/de/opensource/?opensource-all.sort-by=item.additionalFields.startDate&opensource-all.sort-order=asc> (Abruf am 07.07.2019)

- Bain & Company (2019): Ann Bosche, Michael Schallehn, Christopher Schorling und Oliver Straehle: Europeans Extend Their Lead in the Industrial Internet of Things. Verfügbar unter: <https://www.bain.com/de/insights/europeans-extend-their-lead-in-the-industrial-internet-of-things/> (Abruf: 04.05.2019)
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) et al. (2015): Branchenbild Wasserwirtschaft 2015. Herausgeber: Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e. V. (ATT), Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW), Deutscher Bund der verbandlichen Wasserwirtschaft e. V. (DBVW), Deutscher Verein das Gas- und Wasserfaches e. V. - Technisch-wissenschaftlicher Verein (DVGW), Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Verband kommunaler Unternehmen (VKU). wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn (2015), ISBN: 978-3-89554-208-4
- Bendel, Oliver (2018): Definition Digitalisierung. In: Gabler Wirtschaftslexikon. Verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/digitalisierung-54195/version-277247> (Abruf 24.04.2019)
- Bitkom (2018): Anzahl der Smartphone-Nutzer in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2018 (in Millionen). In Statista - Das Statistik-Portal. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/198959/umfrage/anzahl-der-smartphonenuutzer-in-deutschland-seit-2010/> (Abruf 11.05.2019).
- Bracht, Uwe; Geckler, Dieter; Wenzel, Sigrid (2018): Digitale Fabrik - Methoden und Praxisbeispiele. 2. Auflage 2018 ed.). Springer Verlag Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-55783-9
- Bubolz, Michael (2016): Digitale Fitness – Wie fit ist Ihre Organisation wirklich? In: Köhler-Schute, Christiana [HerausgeberIn]. (2016). Digitalisierung und Transformation in Unternehmen: Strategien und Konzepte, Methoden und Technologien, Praxisbeispiele. Berlin: KS-Energy-Verlag.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BSI BBK) (2019): kritische Infrastrukturen - Einführung. Verfügbar unter: https://www.kritis.bund.de/SubSites/Kritis/DE/Einfuehrung/einfuehrung_node.html (Abruf am 15.12.2019).
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (2016/2021): BSI-Kritis-Verordnung (BSI-KritisV). Verordnung vom 22.04.2016 zuletzt geändert am 23.06.2021. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/bsi-kritisv/BSI-KritisV.pdf> (Abruf am 02.07.2022).

- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) (2022): Cloud-Computing-Grundlagen. Verfügbar unter: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/Empfehlungen-nach-Angriffszielen/Cloud-Computing/Grundlagen/grundlagen_node.html (Abruf am 11.09.2022)
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2006): Die HighTech-Strategie für Deutschland. Verfügbar unter: https://www.fona.de/medien/pdf/die_hightech_strategie_fuer_deutschland.pdf (Abruf am 29.09.2019).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2010): Ideen. Innovation. Wachstum. HighTech-Strategie 2020 für Deutschland. Verfügbar unter: https://web.archive.org/web/20160314125451/https://www.bmbf.de/pub/hts_2020.pdf Memento des Originals (ursprünglich unter https://www.bmbf.de/pub/hts_2020.pdf im Internet Archive (Abruf 29.09.2019)
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2018): Strategie künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Verfügbar unter: https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html?file=files/downloads/Nationale_KI-Strategie.pdf (Abruf am 16.11.2019)
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2019): Zwischenbericht "1 Jahr KI-Strategie". Verfügbar unter: https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html?file=files/downloads/19_11-14_Zwischenbericht%20KI-Strategie_Final.pdf (Abruf am 16.11.2019).
- Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) (2019): Website der Datenehthikkommission. Verfügbar unter: <https://www.bmi.bund.de/DE/themen/it-und-digitalpolitik/datenethikkommission/datenethikkommission-node.html> (Abruf am 24.11.2019).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019): Das Projekt GAIA-X - Eine vernetzte Dateninfrastruktur als Wiege eines vitalen, europäischen Ökosystems. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/das-projekt-gaia-x.pdf?__blob=publicationFile&v=22 (Abruf am 24.11.2019).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2020): GAIA-X: Technical Architecture. Verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/gaia-x-technical-architecture.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (Abruf am 21.06.2020).
- Bundesregierung (2018): Der Digitalrat – Experten, die uns antreiben. Verfügbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/digitalisierung/der-digitalrat-experten-die-uns-antreiben-1504866> (Abruf: 16.11.2019)
- Datenethikkommission der Bundesregierung (DEK) (2019): Kurzfassung des Gutachtens der Datenethikkommission der Bundesregierung. Herausgeber Bundesministerium des Innern,

- für Bau und Heimat und Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Oktober 2019. Verfügbar unter: https://datenethikkommission.de/wp-content/uploads/191023_DEK_Gutachten_Kurzfassung_dt_bf.pdf (Abruf: 24.11.2019)
- DFKI (2011) – Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz: Zehn Jahre Industrie 4.0 – Deutschland als Treiber von industrieller KI für die Zukunft der Wertschöpfung. Verfügbar unter: <https://www.dfki.de/web/news/10-jahre-industrie-4-0-deutschland-als-treiber-von-industrieller-ki-fuer-die-zukunft-der-wertschoepf> , Grafik verfügbar unter: https://www.dfki.de/fileadmin/processed/6/3/csm_vier-stufen-industrielle-revolution-dfki-de-web_d3dcccda944.jpg ; (Abruf: 16.11.2019)
- DVGW (2018) – Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (2017): Merkblatt DVGW W 1060 (M) - IT-Sicherheit – Branchenstandard Wasser/Abwasser - August 2018. DVGW. Bonn. ISSN 0176-3504
- DWA (2017) - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2017): Merkblatt DWA-M 1060 - IT-Sicherheit - Branchenstandard Wasser/Abwasser - August 2017. DWA. Hennef. ISBN 978-3-88721-492-0
- DWA (2019) - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2019): Themenband Digitale Transformation in der deutschen Abwasserwirtschaft – Rahmen und Praxisbeispiele anhand einer Steckbriefsammlung. T4/ Oktober 2019. DWA. Hennef. ISBN 978-3-88721-881-2.
- e-Estonia (2019): Overview of the main indicators of the information society, Powerpoint-Presentation der Regierung von Estland. Verfügbar unter: <https://e-estonia.com/wp-content/uploads/e-estonia-190412-konekaartidega-edm.pptx> (Version vom 12.04.2019, Abruf am 12.05.2019)
- Eckstein, Jutta (2013): Agilität – ein Baustein der dritten industriellen Revolution. HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik 50 (2013), 290, S. 77-83
- Emschergenossenschaft und Lippeverband (EGLV) (2019): Unternehmenspräsentation 2019. Interne Powerpoint-Präsentation der Verbände.
- Emschergenossenschaft und Lippeverband (EGLV) (2021): künstliche Intelligenz zur Betriebsstörungserkennung, In: Geschäftsbericht der Emschergenossenschaft 2020 / 2021, Seite 67, verfügbar unter: https://www.eqlv.de/app/uploads/2021/11/24112021_Digitaler-Geschäftsbericht_EG_3.pdf (Abruf: 17.12.2022).
- Emschergenossenschaft und Lippeverband (EGLV) (2022): Interner Foliensatz Lenkungskreis Gesamtkonzept ZRP vom 12.09.2022. (2022-09-12_ZRP-Gesamtkonzept_Vorstellung-5.ppt)

- Europäischer Gerichtshof (EUGH) (2020): Urteil des Gerichtshofs (große Kammer) vom 16.07.2020 Rechtssache C-311/18 „Data Protection Commissioner gegen Facebook Ireland Ltd, Maximilian Schrems“, ECLI:EU:C:2020:559 , verfügbar unter <https://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf;jsessionid=2A94E3B8AF0853BAE83D3F9F92707BF8?text=&docid=228677&pageIndex=0&doclang=DE&mode=lst&dir=&occ=first&part=1&cid=2278087> (Abruf: 16.10.2022)
- Europäische Union (EU) (2016): Verordnung 2016/679 des europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung), Document 32016R0679, verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R0679&from=DE> (Abruf: 16.10.2022)
- Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme vom 17.07.2015; veröffentlicht im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2015 Teil I Nr. 31; verfügbar unter https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl115s1324.pdf#_bgbl_%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl115s1324.pdf%27%5D_1656753107232 (Abruf: 02.07.2022)
- Gesetz über das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik vom 14.08.2009, zuletzt geändert am 23.06.2021; verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/bsig_2009/BJNR282110009.html (Abruf: 02.07.2022)
- Google (2019): Affiliations in opensource organizations. Verfügbar unter <https://opensource.google.com/community/affiliations/> (Abruf am 07.07.2019)
- Grün, Emanuel; Althoff, Heiko (2019): Chancen der Digitalisierung - Wasserwirtschaft 4.0 bei EGLV; in: wwt - Praxismagazin für Trink- und Abwassermanagement Ausgabe 3/2019, 69. Jahrgang, S. 22 – 24, ISSN 1438-5716
- Hahn, Hans-Werner (2011): Die industrielle Revolution in Deutschland . 3.Auflage. München: Oldenbourg-Verlag; ISBN 978-3-486-59831-5.
- Hausenblas, Michael; Bijnens Nathan (2017): Lambda Architecture. Verfügbar unter: <http://lambda-architecture.net/> (Abruf: 07.07.2019)
- Hess, Thomas (2019): Digitalisierung. In: Gronau, Norbert ; Becker, Jörg ; Kliewer, Natalia ; Leimeister, Jan Marco ; Overhage, Sven (Herausgeber): Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik – Online-Lexikon. 11. Auflage. Berlin : GITO, 27.02.2019. Verfügbar unter: <http://www.encyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de> (Abruf: 07.04.2019).

- Hootsuite (2019): Digital 2019 – Essential insights into how people around the world use the internet, mobile devices, social media, and e-commerce. Verfügbar unter <https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates-2/> (Abruf: 11.05.2019)
- Internet World Stats (2019): Schätzung zum Anteil der Internetnutzer weltweit nach Regionen im Jahr 2018. In Statista - Das Statistik-Portal. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/162074/umfrage/penetrationsrate-des-internets-nach-regionen-im-jahr-2010/> (Abruf: 11.05.2019).
- ITU (2018) - Internationale Fernmeldeunion: Anzahl der Internetnutzer weltweit in den Jahren 2005 bis 2017 sowie eine Schätzung für das Jahr 2018 (in Millionen). In Statista - Das Statistik-Portal. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/805920/umfrage/anzahl-der-internetnutzer-weltweit/> (Abruf: 11.05.2019).
- Lackes, Richard; Siepermann, Markus (2018): Definition Internet der Dinge. In: Gabler Wirtschaftslexikon. Verfügbar unter: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/internet-der-dinge-53187/version-276282> (Abruf 05.05.2019)
- Lineg - Links-Niederrheinische Entwässerungs-Genossenschaft (2017): Kurzgefasst – Info-Newsletter Sep-Dez 2017. Verfügbar unter: <https://www.lineg.de/app/download/14782550224/sep-dez2017.pdf> (Abruf: 15.12.2019)
- Linux-Magazin (2022): Ulrich Bantle: LiMux 6.0 - Abschied vom Vorzeige-Linux v. 12.01.2022, verfügbar unter <https://www.linux-magazin.de/news/limux-6-0-abschied-vom-vorzeige-linux/> (Abruf: 25.09.2022)
- Marz, Nathan (2015): Big Data - Principles and Best Practices of Scalable Real-Time Data Systems. Manning, ISBN 978-1-617290-34-3.
- MKULNV - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011) - heute MULNV – Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Klimawandel und Wasserwirtschaft - Maßnahmen und Handlungskonzepte in der Wasserwirtschaft zur Anpassung an den Klimawandel, 2. Auflage, September 2011. Düsseldorf. Verfügbar unter: https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/klima/broschuere_klima_und_wasser.pdf (Abruf: 08.12.2019)
- Müllrick, Sandra (2017): Strategisches Management mit Free and Open Software Communities – Erfolgsfaktoren für Unternehmen; Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017, <https://doi.org/10.1007/978-3-658-17948-9>

- OPC-Foundation (2022): Open Platform Communications – Unified Architecture (OPC-UA), verfügbar unter <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/> (Abruf: 25.09.2022)
- Österreichischer Städtebund (2003): Informationen zur Umweltpolitik – Internationaler Vergleich der Siedlungswasserwirtschaft (Nr. 153), Wien 2003, Autoren Schönbeck Wilfried et al.; Verfügbar unter: https://emedien.arbeiterkammer.at/viewer/!toc/AC12692697/1/LOG_0003/ (Abruf: 28.08.2022)
- PricewaterhouseCoopers (2017): Sizing-the-prize: What’s the real value of AI for your business and how can you capitalise? Verfügbar unter <https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/assets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf> (Abruf: 20.06.2019)
- Rolls Royce (2017): Power by the hour – total care circular business model. Unternehmenswebseite. Verfügbar unter: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2017/totalcare.aspx> (Abruf: 05.04.2019).
- Simschek, Roman; Kaiser, Fabian (2019): SCRUM : Das Erfolgsphänomen einfach erklärt (2. Auflage 2019). UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz/München. ISBN : 978-3-867649-00-1
- Schwärzel, Mirko (2018): Digitalisierung und Zivilgesellschaft in Estland – Lehren aus der digitalen Gesellschaft? In: Bundesnetzwerk Bürgerschaftliches Engagement [HerausgeberIn]. BBE-Arbeitspapiere Nr. 7. ISBN: 978-3-9819767-8-6
- TAB (2019): Virtual und Augmented Reality - Status quo, Herausforderungen und zukünftige Entwicklungen. TAB-Arbeitsbericht Nr. 180. Büro für Technikfolgen-Abschätzungen beim Deutschen Bundestag. Berlin. ISSN: 2364-2599 . Verfügbar unter: <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab180.pdf> (Abruf: 03.11.2019)
- TA Cook (2011): Übersicht über die Preisträger des Maintainer Awards seit dem Jahr 2000. T.A. Cook – Part of Accenture. Berlin. Verfügbar unter: <https://www.tacook.com/de/communities-de/maintainer-award/maintainer-preistraeger/> (Abruf: 03.01.2023)
- Ubimax (2019): Unternehmenswebsite der Ubimax AG Bremen, Verfügbar unter: <https://www.ubimax.com/de/> (Abruf: 03.11.2019). Die Teamviewer AG hat die Firma Ubimax in 2020 übernommen – die Informationen finden sich zusätzlich unter <https://www.teamviewer.com/en/ubimax/> (Abruf: 03.01.2023)
- UN (2015): Resolution der Generalversammlung der United Nations - Ergebnisdokument der Tagung der Generalversammlung auf hoher Ebene über die Gesamtüberprüfung der Umsetzung der Ergebnisse des Weltgipfels über die Informationsgesellschaft. Dokument

A/RES/70/125 Seite 3. Verfügbar unter: <https://www.un.org/depts/german/qv-70/band1/ar70125.pdf> (Abruf: 07.04.2019).

UP KRITIS (2018): Empfehlungen zu Entwicklung und Einsatz von in Kritischen Infrastrukturen eingesetzten Produkten, V 1.00 vom 29.11.2018, Veröffentlicht vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Verfügbar unter: https://www.bsi.bund.de/Shared-Docs/Downloads/DE/BSI/KRITIS/UPK/upk-entwicklung-einsatz-produkte.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Abruf: 16.10.2022)

VDI (2011): Industrie 4.0 - Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI-Nachrichten Nr. 13-2011, S. 3, VDI-Verlag, Düsseldorf. Verfügbar unter: https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf (Abruf: 29.09.2019)

Weinländer, Markus (2017): Die digitale Fabrik: Antwort auf neue Geschäftsmodelle. In: DIN-Deutsches Institut für Normung e. V. (Herausgeber) (2017) Industrie 4.0 - Industrielle Kommunikation – Basistechnologien für die Digitalisierung der Industrie. S. 1 ff. Beuth-Verlag. ISBN 978-3-410-26857-4