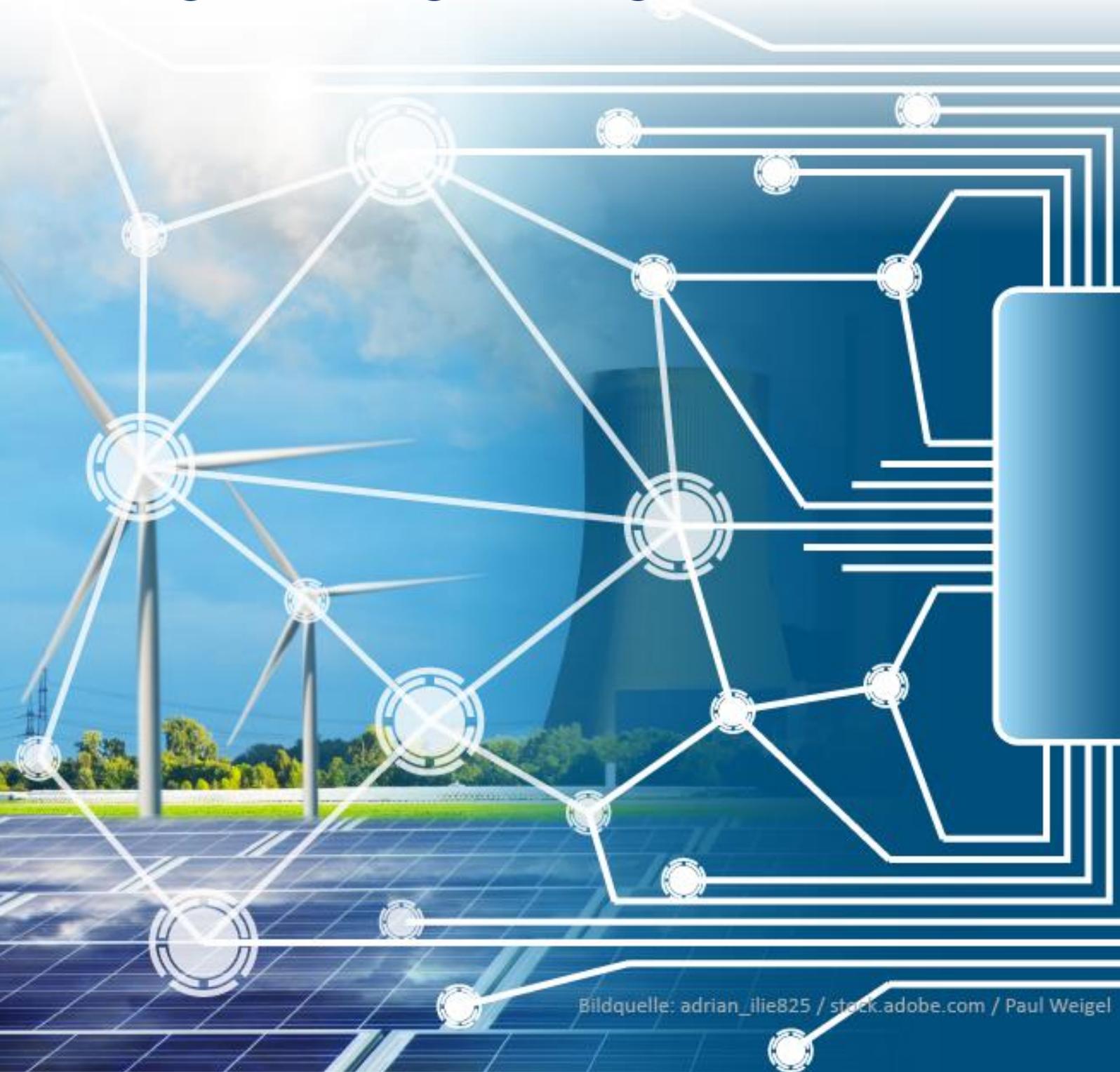


# DigiPoll@Energy 2020

Status-quo und Aussicht der  
Digitalisierung im Energiesektor



# Management Summary

## Umfragestruktur

Unternehmensangaben

Einschätzung der Digitalisierung

Digitalisierungsmaßnahmen

Digitale Anwendungen

Selbsteinschätzung der digitalen Reife

Digitalisierungsgrad

## Teilnehmer

**50%** Energieversorgungskonzerne,  
~ 20% Industriekraftwerke,  
~ 20% Stadtwerke

**6500** Antworten  
185 Antworten / Teilnehmer

**50%** > 1GW  
Erzeugungskapazität,  
40% <500MW

**Alle**  
Kommerziell  
angewandten  
Erzeugungstechnologien  
vertreten

**Erzeugung**  
im Fokus, alle Wertschöpfungsschritte vertreten

**35**  
auswertbare  
Teilnahmen

**60%**  
Bereichs- und  
Abteilungsleiter

**43%**  
internationale, 57% deutsche Teilnehmer



**72%** erwarten eine **starke Veränderung** durch die Digitalisierung.



**37%** erwarten die meisten **Veränderungen** bereits innerhalb der **nächsten 5 Jahre**

**3/4** der Unternehmen



geben der Digitalisierung eine **hohe Priorität.**



**Erzeugung** bietet erhebliches **Potenzial für digitale Anwendungen**

29% der Teilnehmer (hauptsächlich Erzeugerfokus) sehen größtes Digitalisierungspotenzial in der Erzeugung.

## Risiko-Nutzen Balance



Umfrage Teilnehmer und VGB SAB (Scientific Advisory Board) schätzen high-level Risiko-Nutzen Balance ähnlich ein. **SAB bewertet konkrete Risiken jedoch relevanter**, insbesondere die Risiken **fehlender Regularien & Standards**, Internet-Bandbreite und gesellschaftlicher Akzeptanz

## TOP 3 Nutzen digitaler Anwendungen der Erzeugung



**Kostensenkung**

**Energieeffizienz**

**(Fern-) Steuerbarkeit**

**Kostensenkung** durch Prozessoptimierung & – automatisierung z.B. bei **Wartungsarbeiten**

**Energieeffizienz** durch **Betriebsoptimierung** basierend auf digitalen Sensoren & Daten

**(Fern-) Steuerbarkeit** durch Implementierung von **IoT Hardware** und Infrastruktur

## TOP 3 Risiken/Hindernisse



IT- & Datensicherheit

Qualifizierte Mitarbeiter

Unternehmens IT  
Infrastruktur

## TOP 3 Technologien



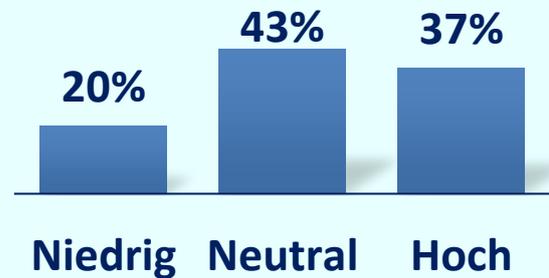
Big Data &  
Advanced Analytics

Mobile Computing

IoT (inkl. Smart Metering)



**37%** der Teilnehmer erreichen  
einen **hohen**  
**Digitalisierungsgrad**



## Die folgenden Faktoren zeigen eine hohe Korrelation zu einem hohen Digitalisierungsgrad



- Erwartete Veränderung in weniger als 5 Jahren
- Hohe Priorisierung der Digitalisierung
- \*Hoher Umsetzungsgrad der Digitalisierungsmaßnahmen, insbesondere: Entwicklung und Kommunikation einer Digitalisierungsstrategie, Definition von Verantwortlichkeiten für Digitalisierung, Schaffung von dedizierten Digitalisierungspositionen
- \*Unternehmen, die IT- & Datenschutzmaßnahmen nicht umgesetzt haben, haben einen niedrigen Digitalisierungsgrad
- \*Intensive Nutzung von Kooperationen, insbesondere mit: Beratungsunternehmen, Software- / IT-Unternehmen, Verbänden, Start-ups
- \*Hoher Umsetzungsgrad von digitalen Anwendungen

Keine Korrelationen wurden zwischen dem Digitalisierungsgrad und der Unternehmensart, der installierten Erzeugungsleistung, dem Land des Hauptsitzes und der Internationalität des Unternehmens gefunden.

## Digitalisierungsmaßnahmen

Digitalisierungsmaßnahmen sind weitgehend umgesetzt; **>50%** der Antworten zeigen eine teilweise oder vollständige Umsetzung.

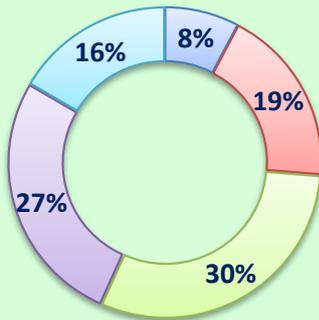


## Digitale Transformation

- 80% der Teilnehmer planen zumindest teilweise konkrete Investitionen in die Digitalisierung
- Lediglich 11% der Unternehmen haben gar keine Digitalstrategie
- Bei 74% durchdringt die Digitalstrategie noch nicht alle Bereiche des Unternehmens.
- >50% nutzen kaum agile Arbeitsmethoden
- Ein stark steigende Tendenz wird insbesondere bei der Digitalstrategie sowie den agilen Arbeitsmethoden gesehen

\* Diese Faktoren sind selbst Teil des Digitalisierungsgrades, was eine inhärente Korrelation verursacht. Um diesen Effekt zu vermeiden, wird der Digitalisierungsgrad\* verwendet, der ohne den jeweiligen Faktor, für den die Korrelationsanalyse durchgeführt wird, berechnet wird.

### Umsetzungsgrad der Maßnahmen



- Trifft nicht zu
- Trifft eher nicht zu
- Trifft teilweise zu
- Trifft voll zu
- Enthaltung



### IT- & Datensicherheit

Durchschnittlich hoher Umsetzungsgrad der IT- & Datensicherheitsmaßnahmen, unter diesen einige regulatorisch vorgeschriebene



### Kooperationen

- Meist genutzte Kooperation ist mit Software & IT Unternehmen sowie Unternehmensberatungen, was einen Hinweis auf möglicherweise nicht vorhandenes Know-how gibt
- Start-ups aktuell am wenigsten für als Kooperationspartner genutzt aber mit der am stärksten steigenden Tendenz

## Digitale Anwendungen



- Nicht angewandt
- In geringem Umfang
- Potential nicht ausgeschöpft
- In vollem Umfang

### TOP 3 Anwendungen

Zustandsanalyse und Überwachung

Fernsteuerung von IoT Hardware

Betriebsoptimierung durch digitale Sensoren & Daten

- Nur **2%** der Antworten zeigen eine **vollumfängliche Umsetzung digitaler Anwendungen**. Die Diskrepanz zum Umsetzungsgrad von Digitalisierungsmaßnahmen (27% voll umgesetzt) lässt eine **zeitliche Verzögerung** zwischen **Beginn der digitalen Transformation** und erfolgreicher **Implementierung von Anwendungen** vermuten.
- Andererseits werden **>75% der Anwendungen** bereits **zumindest in geringem Umfang genutzt**. Es ist zu vermuten, dass den aktuellen ersten Tests von Anwendungen in den **kommenden Jahren** eine weitreichende **Implementierungswelle** folgen wird.

## Selbsteinschätzung der digitalen Reife

Selbsteinschätzung der digitalen Reife **nimmt über 6 Stufen ab**.

Der größte **Reifegradverlust** tritt **zwischen Schritt 1, Digitalisierung, und Schritt 2, Konnektivität, auf**. Dies deutet darauf hin, dass viele Unternehmen Schwierigkeiten haben, IoT Netzwerke zu schaffen und Daten aus verschiedenen Quellen in Single-Point-of-Truth-Datenbanken zu integrieren.



Die Umfrage DigiPoll@Energy 2020 wurde im Auftrag von VGB PowerTech e.V. (Projekt P428) durch die Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Umweltverfahrens- und Anlagentechnik durchgeführt. Die Umfrage wurde im Dezember 2019 mit einer Online Umfrage gestartet und mit Deep-Dive Interviews im April 2020 abgeschlossen. Eine englischsprachige Kurzfassung ist in der PowerTech Journal Ausgabe 11/2020 veröffentlicht [1].

# Inhaltsverzeichnis

1. Definitionen.....	8
2. Ziel, Aufbau und Datenbasis der Studie.....	8
3. Zusammensetzung der Umfrageteilnehmer.....	14
4. Einschätzung der Digitalisierung.....	17
4.1. Auswirkungen der Digitalisierung.....	17
4.2. Risiken und Chancen.....	20
4.3. Digitale Technologien.....	24
5. Digitalisierungsgrad der Energieerzeugung.....	26
5.1. Herleitung des Digitalisierungsgrades.....	26
5.2. Digitalisierungsgrad der Teilnehmer.....	26
5.3. Korrelationen.....	27
5.3.1. Korrelationen mit vom Digitalisierungsgrad unabhängigen Faktoren.....	29
5.3.2. Korrelationen mit vom Digitalisierungsgrad abhängigen Faktoren.....	33
6. Digitalisierungsmaßnahmen.....	38
6.1. Digitale Transformation.....	38
6.2. IT-/Datensicherheit.....	39
6.3. Kooperationen.....	41
7. Anwendung digitaler Applikationen.....	42
8. Selbsteinschätzung der digitalen Reife.....	46
8.1. Erläuterung des 6-stufigen Reife Modells.....	46
8.2. Ergebnisse der Selbsteinschätzung.....	47
9. Anwendungsbeispiele.....	48
10. Ausblick und VGB Aktivitäten.....	54
11. Glossar.....	55
12. Referenzen.....	56
13. Anhang.....	57
13.1. Einzelfragen zu Transformationsmaßnahmen, Abschnitt 6.1.....	57
13.2. Einzelfragen zu IT- und Datensicherheit und Maßnahmen.....	59
13.3. Einzelfragen zu Kooperationen.....	61

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Umfrage.....	9
Abbildung 2: Vergleich der Verteilung der Erzeugungskapazitäten.....	11
Abbildung 3: Vergleich der Verteilung der Erzeugungstechnologien .....	11
Abbildung 4: Unternehmenskategorien .....	14
Abbildung 5: Wertschöpfungsschritte.....	14
Abbildung 6: Erzeugungs- und Speichertechnologien .....	15
Abbildung 7: Installierte Leistung .....	15
Abbildung 8: Herkunft und Internationalität.....	16
Abbildung 9: Funktion und Bereich der teilnehmenden Mitarbeiter .....	16
Abbildung 10: Veränderung durch Digitalisierung .....	17
Abbildung 11: Zeitpunkt der Veränderungen .....	18
Abbildung 12: Potenzial je Wertschöpfungsschritt .....	19
Abbildung 13: Priorität der Digitalisierung .....	19
Abbildung 14: Risiko-Chancen Balance.....	20
Abbildung 15: Bewertung spezifischer Risiken und Nutzen .....	21
Abbildung 16: Spezifische Nutzen der Digitalisierung .....	22
Abbildung 17: Spezifische Risiken der Digitalisierung .....	24
Abbildung 18: Digitale Technologien.....	25
Abbildung 19: Verteilung der erreichten Digitalisierungsgrade .....	26
Abbildung 20: Durchschnittliche Antworten je Digitalisierungsgradteilbereich .....	27
Abbildung 21: Übersicht der Korrelationen.....	28
Abbildung 22: Korrelation Digitalisierungsgrad – Installierte Kapazität .....	29
Abbildung 23: Korrelation Digitalisierungsgrad – Internationalität .....	30
Abbildung 24: Korrelation Digitalisierungsgrad – Stärke der Veränderung .....	31
Abbildung 25: Korrelation Digitalisierungsgrad – Zeitpunkt der Veränderung.....	31
Abbildung 26: Korrelation Digitalisierungsgrad – Priorität der Digitalisierung.....	32
Abbildung 27: Korrelation Digitalisierungsgrad – Risiko-Nutzen Balance.....	32
Abbildung 28: Korrelation Digitalisierungsgrad – Nutzen.....	33
Abbildung 29: Korrelation Digitalisierungsgrad – Hindernisse .....	33
Abbildung 30: Korrelation Digitalisierungsgrad* – Teilbereiche des DG .....	34
Abbildung 31: Korrelation Digitalisierungsgrad* – Digitalisierungsmaßnahmen.....	34
Abbildung 32: Korrelation Digitalisierungsgrad* – Transformationsmaßnahmen.....	35
Abbildung 33: Korrelation Digitalisierungsgrad* – IT-/Datensicherheitsmaßnahmen .....	36
Abbildung 34: Korrelation Digitalisierungsgrad* – Kooperationen .....	36
Abbildung 35: Korrelation Digitalisierungsgrad* – Digitale Applikationen .....	37
Abbildung 36: Korrelation Digitalisierungsgrad* – Selbsteinschätzung Reife.....	37
Abbildung 37: Durchschnittliche Antworten Digitalisierungsmaßnahmen.....	38
Abbildung 38: Maßnahmen der digitalen Transformation .....	39
Abbildung 39: Maßnahmen zu IT-/Datensicherheit .....	40
Abbildung 40: Kooperationen .....	41
Abbildung 41: Antwortverteilung zur Anwendung digitaler Applikationen.....	42
Abbildung 42: Anwendung digitaler Applikationen .....	43
Abbildung 43: Gemittelter Nutzen digitaler Applikationen .....	44
Abbildung 44: Nutzen spezifischer digitaler Applikationen .....	45
Abbildung 45: 6-stufiges Modell der digitalen Reife basierend auf [4] .....	46
Abbildung 46: Durchschnittliche digitale Reife.....	47
Abbildung 47: Fragen zur Herangehensweise der digitalen Transformation.....	58
Abbildung 48: Fragen zur IT- und Datensicherheit sowie diesbezüglichen Maßnahmen .....	60
Abbildung 49: Fragen zu Kooperationen .....	62

## 1. Definitionen

Der Begriff Digitalisierung hat in den vergangenen Jahren rasant an Popularität gewonnen. Google Trends zeigt, dass die monatlichen Suchanfragen zu „Digitalization“ zwischen 2010 und 2020 um den Faktor 8 angestiegen sind [2]. In dieser dynamischen Situation bestehen noch kein einheitliches Verständnis wichtiger Begrifflichkeiten. Um Missverständnissen Vorzubeugen werden die wichtigsten Begriffe für diese Arbeit definiert. Hierbei wird auf die Erläuterungen in [3] zurückgegriffen.

### **Digitale Technologie**

Digitale Technologien können auf Software oder einer Kombination aus Hard- und Software, sogenannten cyber-physikalischen Systemen, basieren. Reine ICT (Information & Communication Technology) Hardware wird somit erst in Verbindung mit entsprechender Software zur digitalen Technologie. Software für welche keine spezifische Hardware benötigt wird, kann als rein softwarebasierte digitale Technologie definiert werden, selbstverständlich wird aber auch hier zur Ausführung Hardware benötigt.

### **Digitalisierung**

Die Digitalisierung kann als Megatrend unserer Zeit gesehen werden. dabei sollte nicht vergessen werden, dass dieser Trend bereits vor mehreren Jahrzehnten begann, sich jedoch durch sich gegenseitig verstärkende exponentielle Entwicklungen aktuell zunehmend beschleunigt. Die Digitalisierung beinhaltet sowohl die zunehmende Umsetzung von digitalen Anwendungen in immer mehr Bereichen als auch die sozioökonomischen Auswirkungen in der Gesellschaft und Unternehmen.

### **Computerisierung (Digitization)**

Die Computerisierung (Englisch: Digitization) ist die Umwandlung von analog zu digital, z.B. das Scannen von Dokumenten, die Erstellung digitaler Datentabellen aus papierbasierten Daten. Daher ist die Computerisierung einer der ersten Schritte der Digitalisierung.

### **Digitale Transformation**

Die digitale Transformation beschreibt einen Teil der sozioökonomischen Auswirkungen der Digitalisierung innerhalb von Unternehmen. Insbesondere sind darunter das Schaffen von Digitalstrategien, die Adaptierung von neuen Arbeitsweisen und –strukturen und im weiteren Sinne ein Kultur- und Organisationswandel zu verstehen.

### **Digitale Anwendung**

Digitale Anwendungen müssen in den Definitionsbereich der Digitalisierung passen und auf digitalen Technologien beruhen. Die Abgrenzung zwischen Technologie und Anwendung geschieht durch die Frage, ob ein direkter Nutzen besteht. Eine Anwendung muss an sich bereits einen Nutzen erzeugen, während eine Technologie die Grundlage für Anwendungen bildet aber für sich alleine genommen noch keinen Nutzen hat. Natürlich kann aber auch eine Anwendung die Grundlage für eine weitere Anwendung darstellen. So basiert die Anwendung Predictive Maintenance zum einen auf der Anwendung Fernsteuerbare und -auslesbare Hardware, in diesem Fall insbesondere auslesbare digitale Sensoren sowie den Technologien Big Data / Advanced Analytics und in manchen Fällen Künstliche Intelligenz (KI).

## 2. Ziel, Aufbau und Datenbasis der Studie

### **Hintergrund**

Digitalisierung und Industrie 4.0 werden den Energiesektor tiefgreifend verändern. Für Akteure aller Erzeugungstechnologien ergeben sich eine Vielzahl von neuen Möglichkeiten und Chancen um Prozessabläufe zu optimieren, Effizienzpotenziale zu heben, Kosten zu reduzieren und neue Umsatzmöglichkeiten zu erschließen. Ein prominentes Beispiel ist die datengetriebene zustandsbasierte Instandhaltung, welche gleichermaßen relevant für Windenergieanlagen, thermische Kraftwerke, Netze und weitere Anlagen ist. Gleichzeitig entstehen durch die Digitalisierung auch Herausforderungen. Neue Akteure drängen in den Markt, neue Fähigkeiten werden benötigt, IT Sicherheit wird unumgänglich, regulatorische Unklarheiten entstehen – um nur einige der Herausforderungen zu nennen.

### **Ziel und Aufbau**

Ziel des VGB-Projekts DigiPoll@Energy ist es, technologie- und wertschöpfungsschrittübergreifend *Best Practices* zu identifizieren und gemeinsamen Forschungsprojekten und Maßnahmen den Weg zu bereiten. So kann der VGB seine Mitglieder bestmöglich dabei unterstützen, die Chancen der Digitalisierung zu nutzen und die Herausforderungen zu meistern. Das VGB-Projekt DigiPoll@Energy analysiert auf Basis einer Umfrage unter VGB Mitgliedern den Ist- und Planzustand der digitalen Transformation der VGB Mitglieder im Energiesektor.

Hierzu sind 4 Leitfragen formuliert:

- Wie wird das Veränderungspotenzial der Digitalisierung eingeschätzt?
- Welche Nutzen und Hindernisse werden gesehen?
- Wie wird die digitale Transformation angegangen?
- Welche digitalen Anwendungen werden aktuell genutzt / sind in Planung?

Basierend auf den vier Leitfragen ist die Umfrage wie in Abbildung 1 abgebildet strukturiert.

Themenkategorie	Inhalt	
I Unternehmensangaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In welchen Wertschöpfungsstufen, Erzeugungstechnologien und Ländern ist Ihr Unternehmen aktiv?</li> <li>• Wieviel Erzeugungskapazität hat Ihr Unternehmen?</li> <li>• In welcher Funktion / welchem Bereich sind Sie tätig?</li> </ul>	
II Einschätzung der Digitalisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie schätzen Sie die Veränderungen durch die Digitalisierung ein?</li> <li>• Was sind Nutzen und Risiken?</li> <li>• Welche Technologien sind relevant?</li> </ul>	Gleich für alle Teilnehmer
III Digitalisierungsmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie wird die digitale Transformation angegangen?</li> <li>• Was wird für die IT- / Datensicherheit getan?</li> <li>• Welche Kooperationen werden genutzt?</li> </ul>	Digitalisierungsgrad
IV Digitale Anwendungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie stark werden spezifische digitale Anwendungen genutzt?</li> </ul>	
Selbsteinschätzung der digitalen Reife	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schätzen Sie die digitale Reife ihres Unternehmens entlang der 6 Stufen ein.</li> </ul>	Abhängig vom Wertschöpfungsschritt

Abbildung 1: Aufbau der Umfrage

Für die in Abbildung 1 unter Punkt IV erwähnte Selbsteinschätzung der digitalen Reife wird ein 6-stufiges Reifemodell verwendet, welches in Abschnitt 8.1 beschrieben ist. Im Unterschied zu der in [4] und [5] beschriebenen Anwendung wird die Reife jedoch nicht durch Fragen in den jeweiligen 6 Stufen, sondern durch eine Selbstevaluierung der Teilnehmer ermittelt.

Basierend auf den Antworten der Digitalisierungsmaßnahmen, den digitalen Anwendungen und der Selbsteinschätzung wird der Digitalisierungsgrad ermittelt. Die Methodik ist in Abschnitt 5.1 beschrieben.

### Durchführung

Für die Durchführung der Umfrage wurde ein kommerziell verfügbares Online Survey Tool genutzt. Jeder Teilnehmer konnte nur einmal teilnehmen. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit lag bei 40 Minuten, abhängig davon welche und wie viele Wertschöpfungsschritte der jeweilige Teilnehmer repräsentiert. Die Ergebnisse wurden durch den VGB anonymisiert und in Form einer Excel Tabelle der Uni Duisburg-Essen zur Auswertung übergeben. Nach erfolgter erster Auswertung wurden spezifische Teilnehmer für weiterführende Deep-Dive Interviews durch den VGB ausgewählt und kontaktiert. In den Deep-Dive Interviews konnten ausgewählte Ergebnisse der Umfrage anhand von konkreten Begründungen der Deep-Dive Teilnehmer tiefergehend verstanden werden.

### VGB Scientific Advisory Board (SAB)

Neben den regulären Teilnehmern wurde der Umfrageteil Einschätzung der Digitalisierung (Abschnitt 4) ebenfalls durch das Scientific Advisory Board (SAB) des VGB beantwortet. Dies ermöglicht einen Vergleich zwischen der wissenschaftlichen Perspektive und der Sicht der Unternehmen.

Hintergrund des SAB:

*„Das Scientific Advisory Board unterstützt den Verband in Fragen von Forschung, Entwicklung und Lehre. Rund dreißig Experten aus elf europäischen Ländern (Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Griechenland, Italien, Österreich, Polen, Schweden, Slowenien, Tschechische Republik) repräsentieren alle Fakultäten der Energieerzeugung und decken von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung alle Themen der Stromversorgung ab“*

### **Link zu dem VGB Projekt 429 „DIGI STEAM“**

Während das Projekt DigiPoll@Energy (P428) den Status Quo und die Aussicht der Digitalisierung unter VGB Mitgliedern im Energiesektor allgemein analysiert untersucht das Projekt DIGI STEAM Digitalisierungsmöglichkeiten aus technischer Sicht, insbesondere im Bereich der Dampfversorgungssysteme. Im Abschlussbericht [6] werden Anwendungskonzepte und Referenzarchitekturmodelle bewertet und detailliert beschrieben. Insbesondere wird der Digitale Zwilling als Schlüsseltechnologie identifiziert und ein fünfdimensionales Digitales Zwillingsmodell eines Dampferzeugers vorgestellt, bestehend aus dem physischen Dampferzeuger, dem Kommunikationsmodell, dem virtuellen Dampferzeuger, dem Datenmodell und dem Servicemodell. Weitere Informationen finden Sie im Artikel " Digitalization possibilities and the Potenzial of the Digital Twin for steam supply systems" in der Ausgabe 11/2020 des VGB PowerTech Journals.

### **Repräsentativität der Teilnehmerzusammensetzung**

Ein wichtigerer Aspekt jeder Umfrage ist die Repräsentativität bzw. die Frage ob basierend auf den Aussagen der einzelnen Teilnehmer Rückschlüsse für eine größere Gruppe gezogen werden können. Die Repräsentativität wird beeinflusst durch die Art der Auswahl der Teilnehmer, die Zusammensetzung der Stichprobe im Vergleich zur Grundgesamtheit und den statistischen Fehler resultierend aus der Reduzierung auf die Stichprobengröße.

Es wurden alle ordentlichen VGB Mitglieder kontaktiert. 36 der Teilnehmer entschieden sich an der Umfrage teilzunehmen. Ob durch die Limitierung auf freiwillige Teilnahmen ein Bias (systematischer Fehler) besteht kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Die Verteilung des Digitalisierungsgrades (Abbildung 19) zeigt jedoch eine annähernde Normalverteilung, sodass zumindest kein Hinweis gefunden werden kann, dass es sich bei den freiwilligen Teilnehmer tendenziell um besonders hoch oder besonders niedrig digitalisierte Unternehmen handelt.

Ziel der Umfrage sind Erkenntnisse über den Ist- und Planzustand der digitalen Transformation der VGB Mitglieder. Im Folgenden werden also die Umfrageteilnehmer mit der Gruppe der VGB Mitglieder (Datenquelle VGB) und als zusätzliche Erweiterung mit der Gruppe der in Deutschland tätigen Stromerzeuger (Datenquelle: [7], Gesellschaften mit >50% Anteil durch Muttergesellschaft sind dieser zugeordnet), im Folgenden deutsche Erzeuger genannt, verglichen. Als verfügbare Parameter sind die Erzeugungskapazität, die Erzeugungstechnologie und das Land des Hauptsitzes ausgewählt. Bei den deutschen Erzeugern werden aufgrund der Vielzahl von klein und kleinst Betreibern nur Unternehmen mit >50 MW installierter Leistung berücksichtigt. Da die Unternehmen mit weniger 50 MW bei den Umfrageteilnehmern sowie den VGB Mitgliedern nur einen kleinen Teil ausmachen wird dieser Bereich in Abbildung 2 nicht mit betrachtet (Dementsprechend weichen die prozentualen Angaben zu Abbildung 7 geringfügig ab). Bei dem Vergleich der Herkunftsländer werden nur die Teilnehmer mit den VGB Mitgliedern verglichen.

In Abbildung 2 ist ersichtlich, dass der Großteil der VGB Mitglieder (63%) kleinere Erzeuger mit weniger als 500 MW installierter Kapazität sind. Auch unter den Umfrageteilnehmern ist dies die größte Gruppe, jedoch macht diese lediglich 31% der gesamten Teilnehmer aus. Umgekehrt ist das Verhältnis hingegen bei besonders großen Erzeugern mit >5 GW installierter Leistung. Diese machen 28% der Teilnehmer und lediglich 6% der VGB Mitglieder aus. Bezogen auf die deutschen Erzeuger ist der oben

beschrieben Unterschied noch stärker. Der prozentuale Unterschied zwischen den Umfrageteilnehmern und den VGB Mitgliedern liegt durchschnittlich bei 16%, der Unterschied zwischen den Umfrageteilnehmern und den deutschen Erzeugern bei 24%.

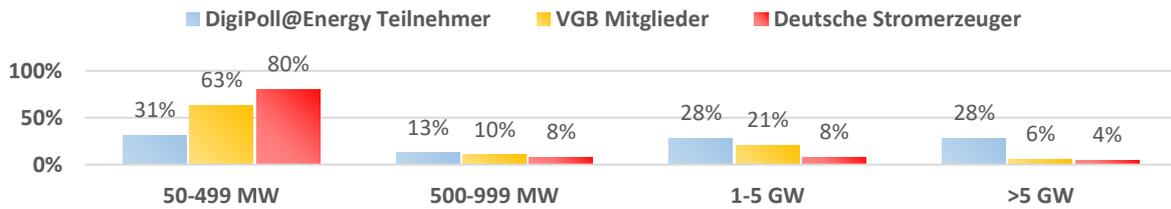


Abbildung 2: Vergleich der Verteilung der Erzeugungskapazitäten

Es kann also geschlussfolgert werden, dass in der Gruppe der Umfrageteilnehmer, verglichen mit den VGB Mitgliedern, Großbetreiber überrepräsentiert und Kleinbetreiber unterrepräsentiert sind. Die Ergebnisse sind also nur teilweise repräsentativ, die etwas unterschiedliche Größenverteilung muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Gleiches gilt bei der Übertragung der Umfrageergebnisse auf die Gesamtheit der deutschen Stromerzeuger.

In Abbildung 3 ist die Verteilung der Erzeugungstechnologien dargestellt. Die prozentuale Angabe bezieht sich nicht auf die Anzahl an Teilnehmern/Mitgliedern/Unternehmen, sondern auf die Gesamtanzahl der Nennungen da ein Unternehmen in mehreren Technologien aktiv sein kann. Insgesamt liegt der Mittelwert der absoluten Differenzen der prozentualen Verteilung zwischen den Umfrageteilnehmern und den VGB Mitgliedern sowie zwischen den Umfrageteilnehmern und den deutschen Stromerzeugern bei relativ geringen 5%. Im Detail lassen sich dennoch einige Unterschiede erkennen. So sind im Vergleich zu den VGB Mitglieder Unternehmen mit Stromerzeugung aus Kohle, Gas und Biomasse/-gas unter den Umfrageteilnehmern etwas unterrepräsentiert während Unternehmen mit PV & Solarthermie etwas überrepräsentiert sind. Im Vergleich zu den deutschen Erzeugern sind unter den Umfrageteilnehmern Unternehmen mit Erzeugung aus Gas und Wind (Onshore) unterrepräsentiert während Unternehmen mit Erzeugung aus Atomkraft und Wasserkraft überrepräsentiert sind. Ebenfalls ist der Anteil an Unternehmen welche Batterien und Power-to-X Technologien nutzen unter den Umfrageteilnehmern höher als unter den VGB Mitgliedern und den deutschen Erzeugern. Trotz der Unterschiede im Detail ist die Umfrage bezogen auf die Erzeugungstechnologien mit kleinen Einschränkungen repräsentativ für VGB Mitglieder als auch deutsche Stromerzeuger. Die identifizierten Unterschiede müssen bei der Interpretation der Ergebnisse mitberücksichtigt werden.

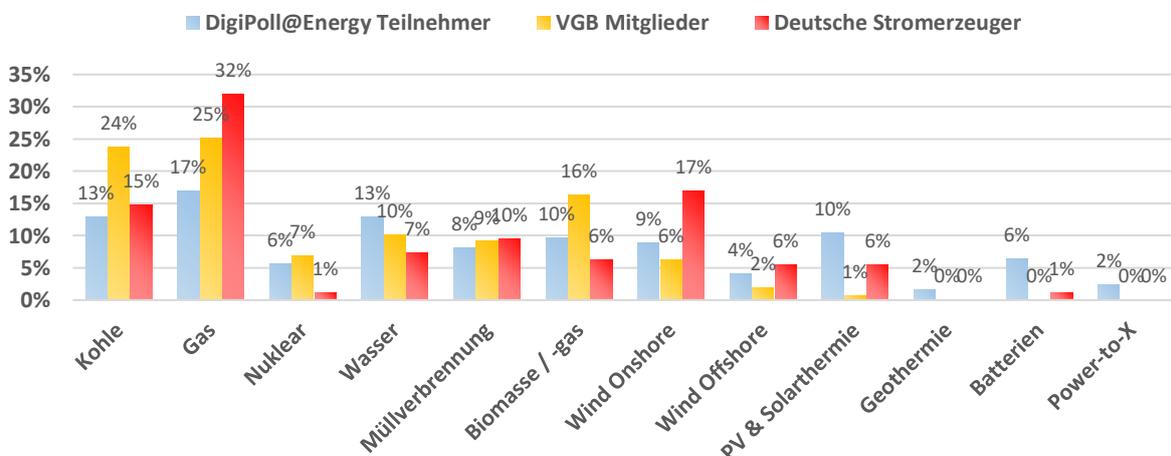


Abbildung 3: Vergleich der Verteilung der Erzeugungstechnologien

Der Vergleich der Herkunftsländer (Land des Hauptsitzes) zwischen den Umfrageteilnehmern und den VGB Mitgliedern zeigt, dass die Umfrageteilnehmer etwas internationaler zusammengesetzt sind als die VGB Mitglieder. Ein stärkerer Einfluss auf die Umfrageergebnisse ist hierdurch nicht zu erwarten.

Insgesamt kann also davon ausgegangen werden, dass die Umfrageergebnisse mit gewissen Einschränkungen für die VGB Mitglieder repräsentativ sind. Dies gilt mit etwas größeren Einschränkungen insbesondere im Hinblick auf die installierte Kapazität auch für die in Deutschland tätigen Erzeuger.

### Fehlerbetrachtung

Die durchgeführte Umfrage führt zu Ergebnissen innerhalb einer Stichprobe. Rückschlüsse von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit sind fehlerbehaftet. Für die Interpretation und Einordnung der Ergebnisse ist es wichtig zu verstehen, wie groß der statistische Fehler durch die Reduzierung auf die Stichprobengröße ist. Von den 36 Teilnehmern konnten die Antworten von 35 ausgewertet werden. Da die Stichprobengröße mit 35 größer 30 ist kann von einer hinreichenden Normalverteilung der Antworten ausgegangen werden (Quelle: [8]). Mit einem Konfidenzniveau von 95% kann eine maximale Fehlerspanne  $e_\infty$  von  $\pm 16\%$  für eine sehr große Grundgesamtheit mit normalverteiltem Antwortverhalten angenommen werden. Basierend auf dem Konfidenzniveau von 95% wird die tatsächliche Fehlerspanne je Frage basierend auf der Varianz der Antworten ermittelt. Diese liegt in der Regel bei kleiner  $\pm 10\%$ .

Die maximale Fehlerspanne  $e_\infty$  der Ergebnisse der Stichprobe für (theoretisch) unendlich große Grundgesamtheiten (praktisch für Grundgesamtheiten welche 100x größer sind als die Stichprobe) wird beschrieben durch:

$$e_\infty = z * \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Hier ist z der Konfidenzkoeffizient, welcher sich durch das Konfidenzniveau ergibt ( $z=1,96$  durch 95%iges Konfidenzniveau). n ist der Stichprobenumfang. Da die Standardabweichung  $\sigma$  der Grundgesamtheit unbekannt ist, kann diese durch den Anteilswert p mit

$$\sigma = \sqrt{p(1-p)}$$

ermittelt werden. Für  $p=0,5$  wird  $\sigma$  maximal, wodurch die maximale Fehlerspanne ermittelt wird.

Bei spezifischen Fragen der Umfrage kann die Standardabweichung s der Stichprobe als genauere Schätzwert für die Standardabweichung  $\sigma$  der Grundgesamtheit genutzt werden. Es gilt also

$$\sigma \approx s.$$

s ist gegeben durch

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2}{n-1}},$$

wobei  $s^2$  die Varianz der Stichprobe ist.  $x_i$  sind die jeweiligen Werte der Antworten der Teilnehmer und  $\bar{x}$  ist das arithmetische Mittel dieser Werte.

### Korrelationsanalyse

Neben der reinen Auswertung der gegebenen Antworten liefert die Korrelationsanalyse zwischen unterschiedlichen Faktoren weitere Erkenntnisse. Es gilt zu beachten, dass hierbei lediglich Korrelationen und keine kausalen Zusammenhänge offengelegt werden.

Für Korrelationen zwischen zwei Fragen mit ordinalskalierten Antworten wird der Korrelationskoeffizient berechnet und als Grundlage für die Bewertung der Stärke der Korrelation genutzt. Hierbei wird angenommen, dass der Stärke der Merkmalsausprägung ein quantitativer Wert zugeordnet werden kann und die Größe der Merkmalsunterschiede gleich ist. Beispiel: Trifft nicht zu  $\triangleq 1$ ; Trifft eher nicht zu  $\triangleq 2$ ; Trifft teilweise zu  $\triangleq 3$ ; Trifft voll zu  $\triangleq 4$ . Der Korrelationskoeffizient  $r_{xy}$  ist definiert als

$$r_{xy} = \frac{Kov_{xy}}{\sigma_x \sigma_y},$$

wobei  $Kov_{xy}$  die Kovarianz zwischen den Antworten der Frage x und der Frage y ist. Diese ist ähnlich der Varianz definiert als

$$Kov_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}][y_i - \bar{y}]}{n-1}.$$

Der Korrelationskoeffizient beschreibt somit die Stärke der Korrelation unter Berücksichtigung der Standardabweichungen. Bei Werten von  $r_{xy} < 0,2$  kann von keiner signifikanten Korrelation ausgegangen werden. Für Werte  $>0,2$  gilt, je höher  $r_{xy}$ , desto stärker die Korrelation.

Für Fragenpaare, bei denen eine oder beide Fragen nominalskalierte Antworten haben, wird die Abweichung von der durchschnittlichen Antwortverteilung ausgewertet. Ist diese größer als die maximale Fehlerspanne (i.e. 16%) wird eine Korrelation gesehen. Hier gilt, je größer die Abweichung von der durchschnittlichen Verteilung desto stärker die Korrelation.

Zur grafischen Verdeutlichung der angenommenen linearen Korrelation wird die lineare Regressionsgrade genutzt. Diese ist beschrieben durch

$$f(x) = a + bX,$$

wobei a der Y-Achsenabschnitt und b die Steigung der Regressionsgraden ist. Die Steigung wird ermittelt aus

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}][y_i - \bar{y}]}{\sum_{i=1}^n [x_i - \bar{x}]^2}$$

und der Y-Achsenabschnitt durch

$$a = \bar{y} - b \bar{x}.$$

**Auswahl der Nutzen, Risiken, Technologien, Digitalisierungsmaßnahmen und digitalen Anwendungen.** Die Nutzen, Risiken, Technologien, Digitalisierungsmaßnahmen sowie digitalen Anwendungen sind durch eine umfangreiche Literaturrecherche identifiziert und als relevant erachtet. Auszüge der Literaturrecherche sind in [3] veröffentlicht. Ein guter Indikator ob die Teilnehmer die ausgewählten Punkte ebenfalls als Relevant erachten ist die Bewertung der aktuellen Relevanz und die Bewertung der Tendenz bis 2025. Bei Punkten welche laut Umfrageergebnis entweder aktuell eine hohe Relevanz haben oder eine stark steigende Tendenz kann insgesamt von einem relevanten Aspekt (Risiko, Nutzen, Technologie, ...) der Digitalisierung ausgegangen werden. Hieraus ergibt sich, dass bei der Auswahl der Nutzen, Technologien und Digitalisierungsmaßnahmen ausnahmslos relevante Aspekte Teil der Umfrage sind. Bei den Risiken gibt es einige Punkte welche von den Teilnehmern weder aktuell och in der Tendenz als relevant bewertet werden. Da diese jedoch in der wissenschaftlichen Literatur Aufmerksamkeit bekommen und auch teilweise durch das SAB höher relevant bewertet sind ist die Aufnahme in die Umfrage durchaus sinnvoll. Die ausgewählten digitalen Anwendungen werden von den Teilnehmern durchweg, mit Ausnahme des Herkunftsnachweise als relevant bewertet.

Insgesamt kann also von einer hohen Relevanz der ausgewählten Punkte ausgegangen werden.

In den Deep-Dive Interviews wurde zudem diskutiert ob Aspekte fehlen. Dies war mit wenigen Ausnahmen nicht der Fall.

### 3. Zusammensetzung der Umfrageteilnehmer

Alle teilnehmenden Unternehmen sind ordentliche VGB Mitglieder, somit liegt der Fokus auf Unternehmen mit Erzeugung. Da unter den teilnehmenden Unternehmen verschiedene Unternehmensarten vertreten sind, sind auch weitere Wertschöpfungsschritte in Teilen abgebildet. Die genaue Zusammensetzung der teilnehmenden Unternehmen bezüglich Unternehmensart, Wertschöpfungsstufen, Erzeugungstechnologien, installierter Leistung, Internationalität sowie des Herkunftslandes sind den Abbildungen Abbildung 4 bis Abbildung 8 zu entnehmen. Weiterhin kann die Position und Funktion des teilnehmenden Mitarbeiters der Abbildung 9 entnommen werden.

Insoweit erforderlich wird zwischen teilnehmenden Unternehmen und den teilnehmenden Mitarbeitern unterschieden. Wenn der unspezifische Begriff Teilnehmer genutzt wird ist diese Unterscheidung nicht relevant. In diesem Falle wird davon ausgegangen, dass der Mitarbeiter die Sicht des Unternehmens vertritt.

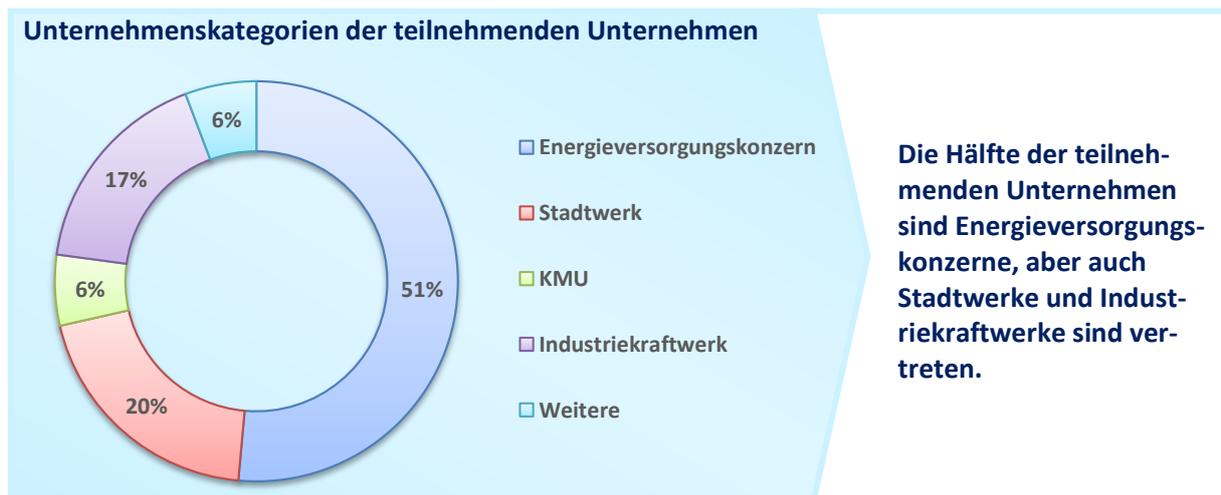


Abbildung 4: Unternehmenskategorien

Wie in Abbildung 4 ersichtlich, zählt die Mehrheit der teilnehmenden Unternehmen zu den Energieversorgungskonzernen. Mit 20% und 17% sind aber auch Stadtwerke und Industriekraftwerke vertreten. Die teilnehmenden Mitarbeiter von Industriekraftwerken waren aufgefordert nur für den Kraftwerksteil und nicht für das übrige Unternehmen zu antworten. Trotz des historischen VGB Mitglieder Fokus auf Großerzeuger ist es also gelungen für die DigiPoll@Energy Umfrage ein diverses Teilnehmerfeld zu akquirieren.

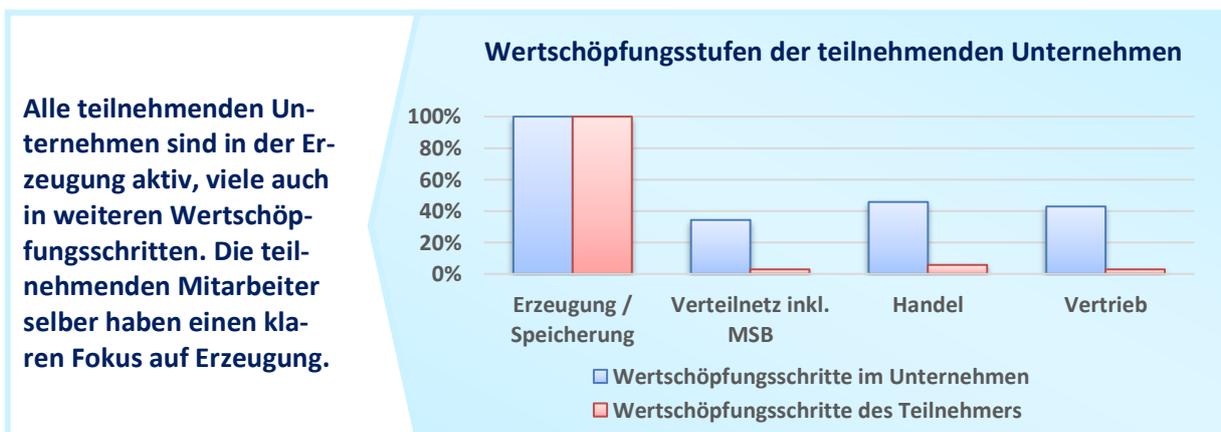


Abbildung 5: Wertschöpfungsschritte

Alle ordentlichen VGB Mitglieder haben Erzeugungskapazitäten, was sich ebenfalls in der Wertschöpfungsverteilung in Abbildung 5 mit 100% zeigt. Viele der Unternehmen sind über die Erzeugung hinaus in den Wertschöpfungsschritten Vertrieb, Handel und Verteilnetz- und Messstellenbetrieb aktiv. Da

die europäischen Übertragungsnetzbetreiber von der Erzeugung unabhängige Unternehmen und somit nicht unter den VGB Mitgliedern vertreten sind, wurde dieser Wertschöpfungsschritt im Rahmen von DigiPoll@Energy nicht abgefragt. Für ein besseres Verständnis aus welchem Bereich die teilnehmenden Mitarbeiter stammen sind in Abbildung 5 nicht nur die im Unternehmen vorhandenen Wertschöpfungsschritte angegeben sondern auch die, welche von den teilnehmenden Mitarbeitern überblickt werden können. Hier zeigt sich, dass die teilnehmenden Mitarbeiter einen klaren Erzeugerfokus haben und selbst in Unternehmen mit mehreren Wertschöpfungsstufen diese häufig nicht derart überblicken, dass sie für diese antworten können. Die Antworten dieser Umfrage sind also klar aus Erzeugerperspektive zu interpretieren.

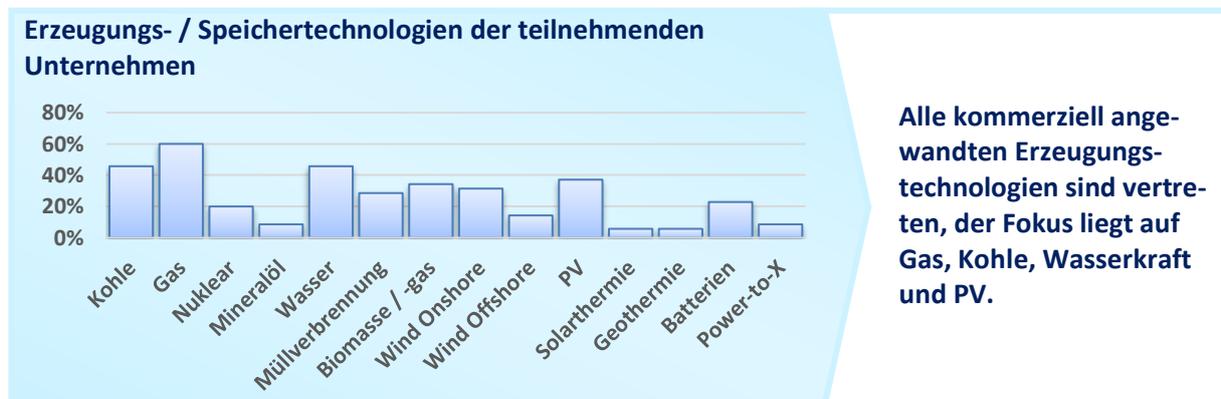


Abbildung 6: Erzeugungs- und Speichertechnologien

Abbildung 6 zeigt die Verteilung der Erzeugungs- und Speichertechnologien der teilnehmenden Unternehmen. Die abgefragten Technologien sind so ausgewählt, dass die kommerziell angewandten Technologien möglichst umfassend vertreten sind. Es zeigt sich, dass in der Tat alle aufgeführten Technologien von den teilnehmenden Unternehmen komplett abgedeckt werden. Die am meisten unter den Unternehmen vertretenen Technologien sind Gas, Wasser, Kohle und PV. Das Verhältnis zwischen konventionellen und erneuerbaren Erzeugungstechnologien ist etwa ausgeglichen.

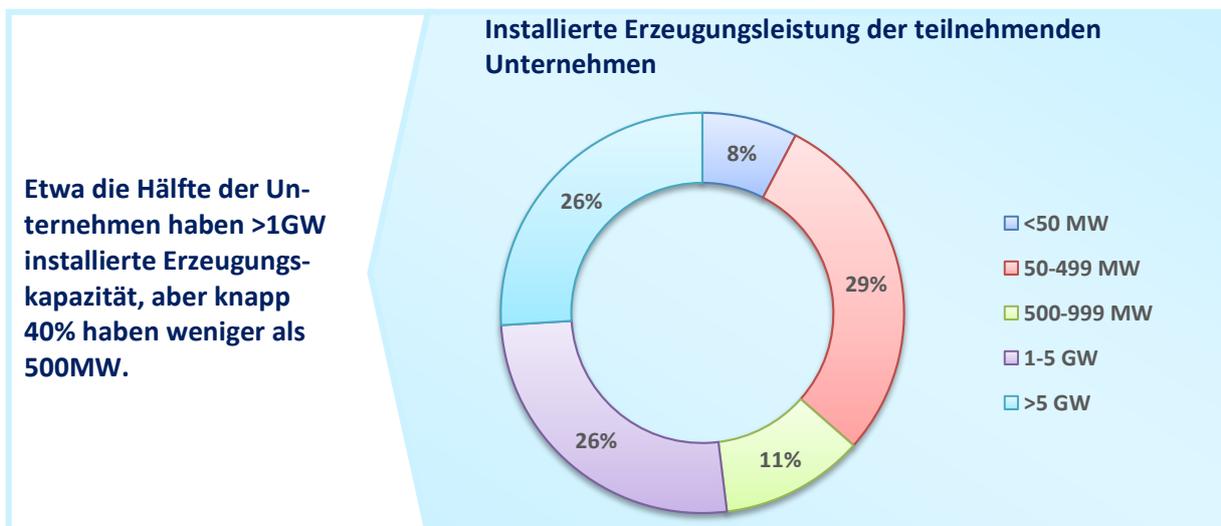


Abbildung 7: Installierte Leistung

Auch die installierte Erzeugungsleistung in Abbildung 7 zeigt eine hohe Diversität an teilnehmenden Unternehmen. Zwar sind mit >1GW etwa die Hälfte der Unternehmen bereits recht große Erzeuger aber gleichzeitig haben 37% der Unternehmen nur <500MW, sind also eher kleine Erzeuger. Die Gruppe 50-499MW stellt mit 29% der teilnehmenden Unternehmen bei der dargestellten Aufteilung sogar die größte Gruppe.

Insgesamt sind Unternehmen aus 10 Ländern vertreten. Abbildung 8 kann entnommen werden, dass der Großteil der teilnehmenden Unternehmen aus Deutschland stammt, weitere Nationalitäten sind Frankreich, Österreich, Schweiz und Lettland. Die Mehrheit der teilnehmenden Unternehmen, knapp 2/3, ist ausschließlich national im Land des Unternehmenshauptsitzes tätig während etwas mehr als 1/3 auch international aktiv sind.

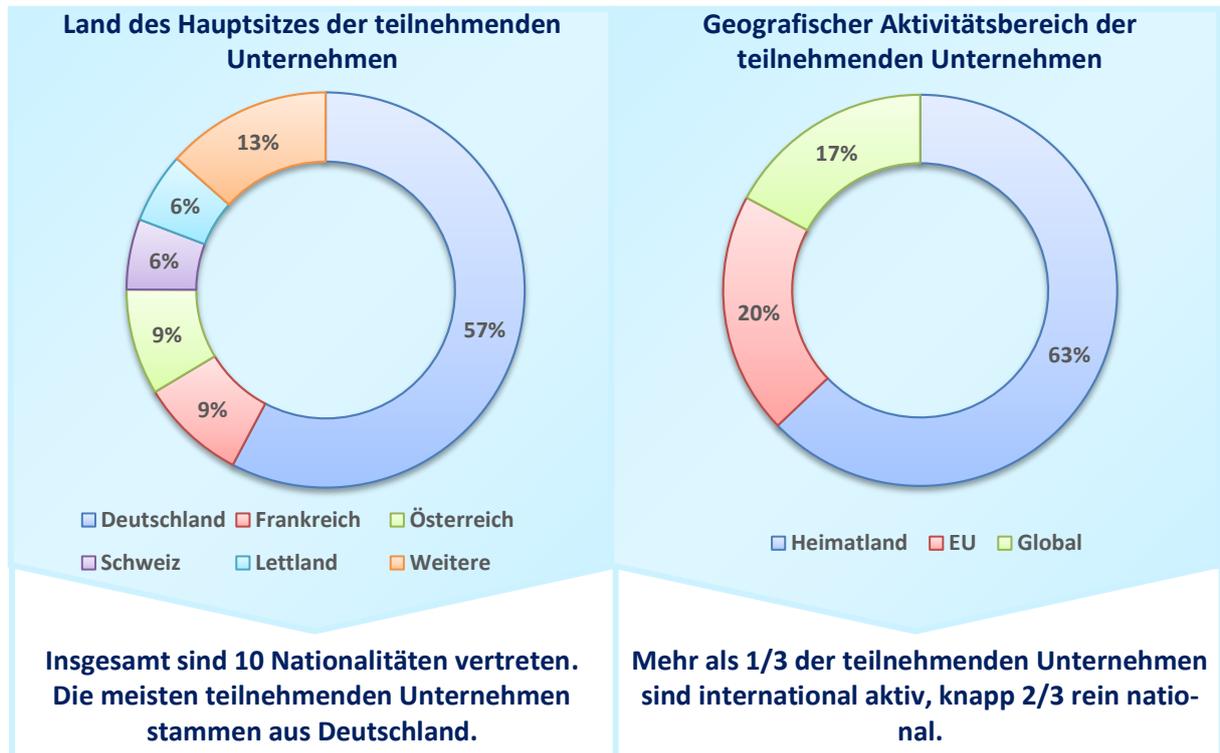


Abbildung 8: Herkunft und Internationalität

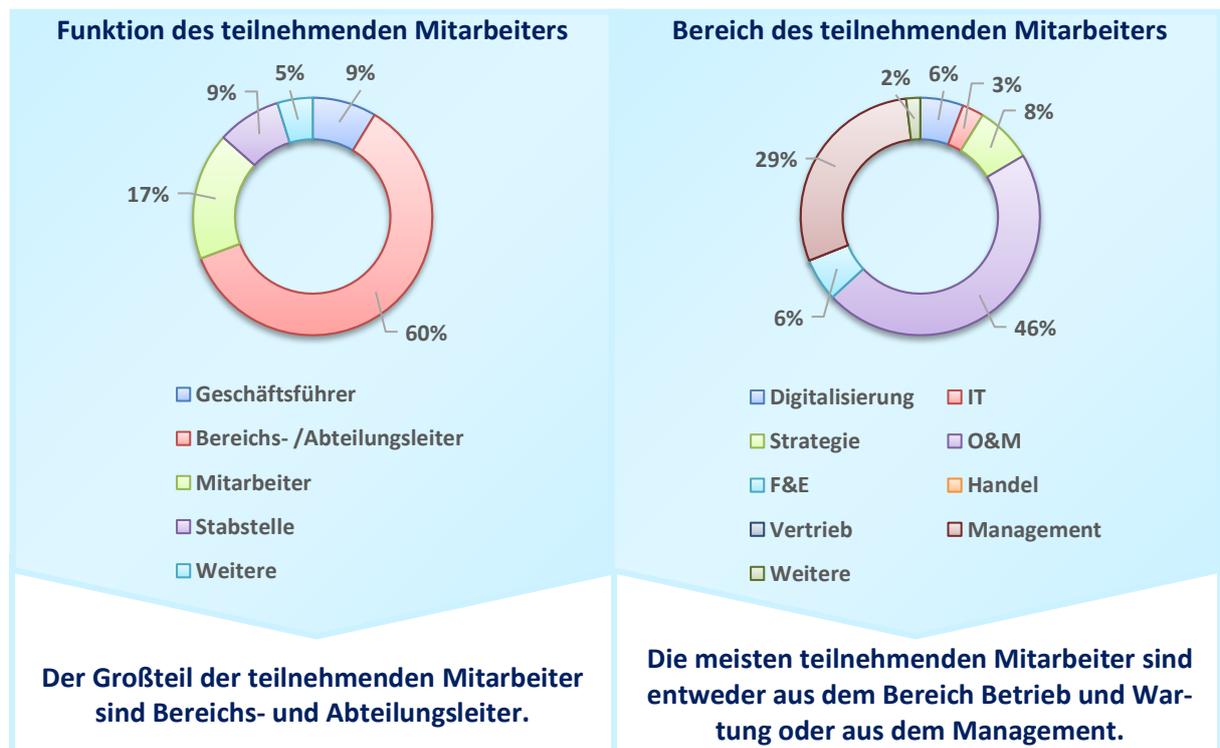


Abbildung 9: Funktion und Bereich der teilnehmenden Mitarbeiter

Mit 60% ist der Großteil der teilnehmenden Mitarbeiter auf dem Hierarchielevel der Bereichs- und Abteilungsleiter, siehe Abbildung 10. Diese sind in der Regel nah genug am operativen Geschäft, um ein gutes Verständnis zu haben, was aktuell geschieht, überblicken aber gleichzeitig einen breiten Bereich und können somit für größere Unternehmensteile antworten. Je nach Unternehmensgröße und Organisationsstruktur können aber auch Personen in anderen Positionen die richtigen Ansprechpartner für das Thema Digitalisierung sein. Der größte Teil der teilnehmenden Mitarbeiter, 46%, kommt aus dem Bereich Betrieb und Wartung. Der Fokus auf diese Prozesse ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Die zweite größere Gruppe der teilnehmenden Mitarbeiter kommt aus dem Management, wobei hierunter neben reinen Management Positionen wie Geschäftsführer auch Führungspositionen anderer Bereiche fallen können.

## 4. Einschätzung der Digitalisierung

Im ersten digitalisierungsbezogenen Umfrageteil wird sowohl eine allgemeine Einschätzung der Auswirkungen der Digitalisierung als auch eine konkrete Einordnung der Relevanz von Nutzen, Risiken und Technologien erhoben. Bei der Bewertung der Nutzen, Risiken und Technologien geben die Teilnehmer darüber hinaus eine Abschätzung ob die Relevanz bis 2025 in ihrer Tendenz fallend, gleichbleibend oder steigend sein wird.

Als Vergleich zu den gegebenen Antworten der Teilnehmer ist jeweils die Einschätzung des VGB Scientific Advisory Boards (SAB) dargestellt.

### 4.1. Auswirkungen der Digitalisierung

Zunächst wird die allgemeine Sicht der Teilnehmer auf die Auswirkungen der Digitalisierung ermittelt. Abbildung 10 ist zu entnehmen, dass der bei weitem größte Teil der Unternehmen eine starke oder sogar sehr starke Veränderung ihres Geschäftes durch die Digitalisierung erwartet. Jedoch geben immerhin fast ¼ der Teilnehmer an, dass sie lediglich wenige oder gar keine Veränderungen erwarten. Mit 92% starker oder sehr starker Veränderung schätzt das SAB die Veränderung deutlich schwerwiegender ein als die Unternehmen.

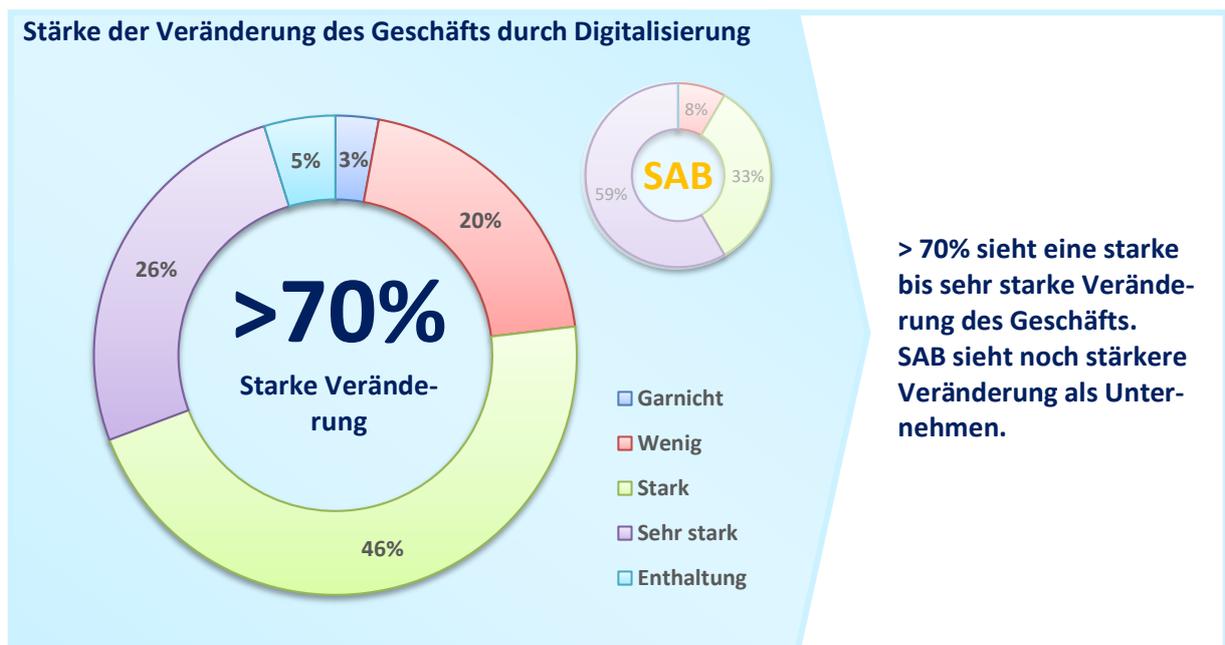


Abbildung 10: Veränderung durch Digitalisierung

In den Deep-Dive Interviews wurden einige erwartete Veränderungen von mehreren Teilnehmern genannt. Generell wird erwartet, dass die Digitalisierung datengetrieben zu Prozessoptimierungen und Verbesserung von Entscheidungen führt. Im Erzeugungsbereich wird eine wesentliche Entwicklung das „Smart Kraftwerk“ sein. Hierbei wird die Anlage durch maschinell lernende Modelle basierend auf ei-

ner Vielzahl an Datenpunkten befähigt autonom zu fahren und durch automatische Anomalie Erkennung eigenständig Aktionen vorzuschlagen oder durchzuführen. So wird das Kraftwerk selber zum Know-How Träger. Das Minimum an notwendiger menschlicher Steuerung für Betrieb und Vermarktung kann dann ferngesteuert geschehen. Schon heute kann der Übertragungsnetzbetreiber teilweise auf Anlagen steuernd zugreifen. Neben den Prozessoptimierungen im Kerngeschäft besteht weiterhin viel Potenzial für z.B. digitale Ersatzteilmanagement-, Dokumentenmanagement- und Buchhaltungssysteme.

Die Mehrheit der Teilnehmer geht davon aus, dass die wesentlichsten Veränderungen erst in 5 Jahren zu erwarten sind, jedoch erwarten immerhin 37% die Veränderungen bereits innerhalb der kommenden 5 Jahre, siehe Abbildung 11. Das SAB erwartet nicht nur eine tiefgreifende Veränderung, sondern erwartet diese generell etwas später als die Unternehmen. Es ist zu vermuten, dass Unternehmen den Fokus auf Veränderungen haben, bei denen bereits klar erkennbar ist, wie diese konkret umgesetzt werden, während das SAB den Fokus, aus wissenschaftlicher Sicht, eher auf Veränderungen des gesamten Energiesystems legt welche eher längerfristig sind.

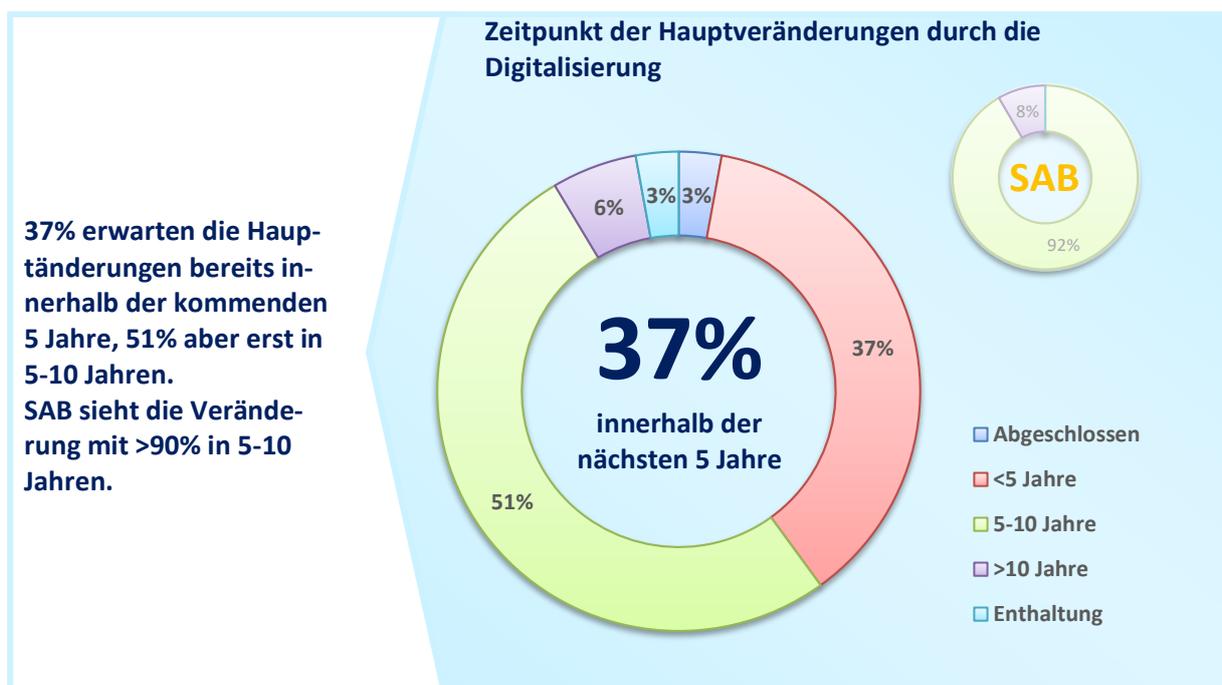


Abbildung 11: Zeitpunkt der Veränderungen

Die Umfrage, durchgeführt Ende 2019, ist noch nicht beeinflusst von den Geschehnissen der Covid-19 Pandemie. In den Deep-Dive Interviews, durchgeführt April-Mai 2020, wurde aber bereits sichtbar, dass sich einige Digitalisierungsentwicklungen deutlich schneller abspielen als noch Ende 2019 gedacht. So hat die Pandemie aus Sicht der Deep-Dive Teilnehmer die Notwendigkeit von mobilen Endgeräten und Fernzugriffsmöglichkeiten klar aufgezeigt. Dies bewirkt einen Digitalisierungsschub in der Arbeitsweise (z.B. Home-Office) als auch im Betrieb von Anlagen (z.B. Fernsteuerung). Die Nachhaltigkeit dieser Veränderungen muss sich erst noch zeigen, jedoch hat sich die Machbarkeit und der Mehrwert bereits erwiesen.

Eine in der Literatur häufig geteilte Einschätzung ist, dass insbesondere das Netz bei der Entwicklung zum Smart Grid viel Potenzial für Digitalisierung bietet, siehe hierzu [3], [9]–[13]. Diese Einschätzung scheinen auch die SAB Mitglieder mehrheitlich zu teilen. Insofern überrascht die Einschätzung der DigiPoll@Energy Teilnehmer, dass gerade im Netz weniger Potenzial vorhanden ist, siehe Abbildung 12. Einerseits ist zu berücksichtigen, dass die Teilnehmer einen klaren Erzeugerfokus haben und somit inhaltlich nicht sehr nah an Netzthemen sind. Andererseits weist das Ergebnis aber auch darauf hin, dass Digitalisierung im Energiesektor deutlich mehr beinhaltet als die Entwicklung eines Smart Grids. Insbesondere im Erzeugungsbereich bestehen ebenfalls erhebliche Potenziale für digitale Anwendungen und damit verbundene Nutzen. Diese werden in Abschnitt 0 und 7 näher betrachtet. Wie bereits in

Abschnitt 3 erläutert, wird im Rahmen von DigiPoll@Energy das Übertragungsnetz nicht mit betrachtet da unter den VGB Mitgliedern keine Übertragungsnetzbetreiber sind.

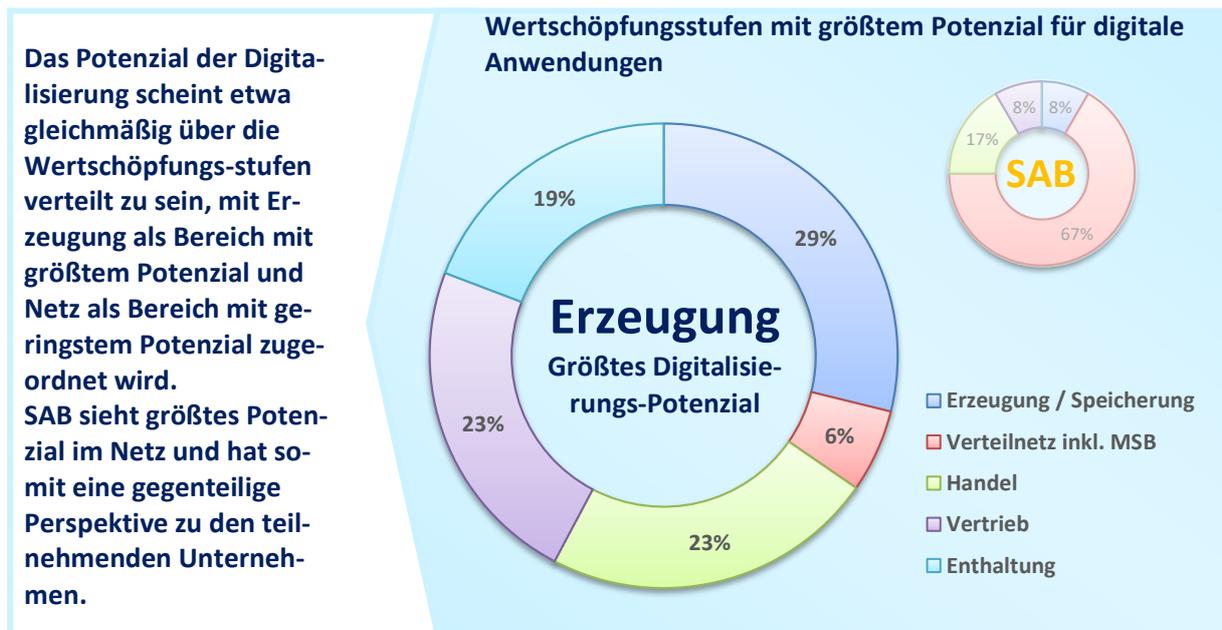


Abbildung 12: Potenzial je Wertschöpfungsschritt

Wie in Abbildung 13 ersichtlich, geben ca.  $\frac{3}{4}$  der Teilnehmer an, dass die Digitalisierung eine hohe oder sehr hohe Priorität in ihrem Unternehmen hat. Das SAB schätzt die Priorität, welche der Digitalisierung im Energiesektor momentan gegeben wird, geringer ein, verglichen mit den tatsächlichen Ergebnissen hinsichtlich der Priorität aus Sicht der Teilnehmer. Das Thema Digitalisierung scheint also bereits stärker bei den Unternehmen angekommen zu sein, als dies in der Wissenschaft vermutet wird.

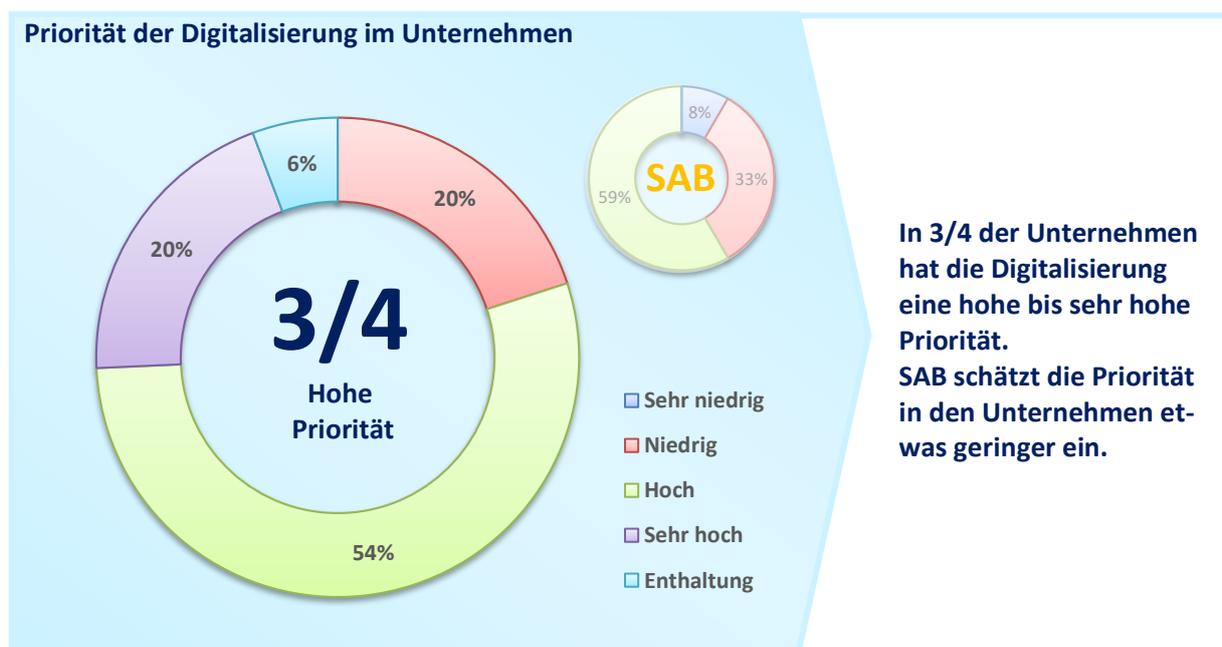


Abbildung 13: Priorität der Digitalisierung

## 4.2. Risiken und Chancen

Kenntnisse über Herausforderungen, Risiken und Nutzen der Digitalisierung, sind von großer Bedeutung, um gezielt und frühzeitig Lösungsoptionen für Herausforderungen und Risiken zu suchen und somit sicherzustellen, dass die Nutzen effektiv genutzt werden können. Im Folgenden werden Risiken und Chancen gesamt und einzeln betrachtet und diskutiert.

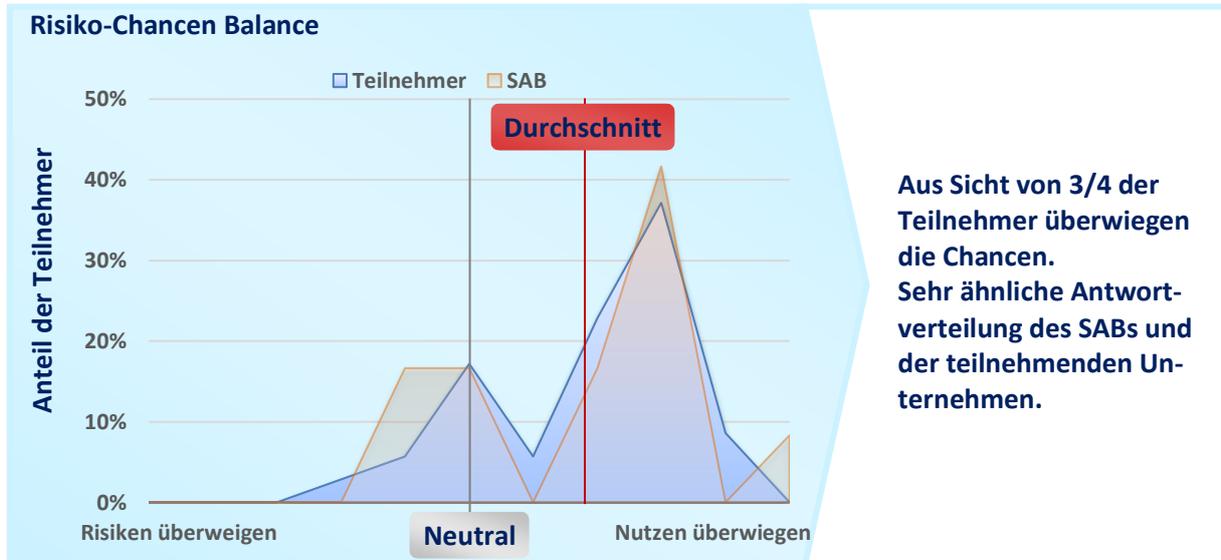


Abbildung 14: Risiko-Chancen Balance

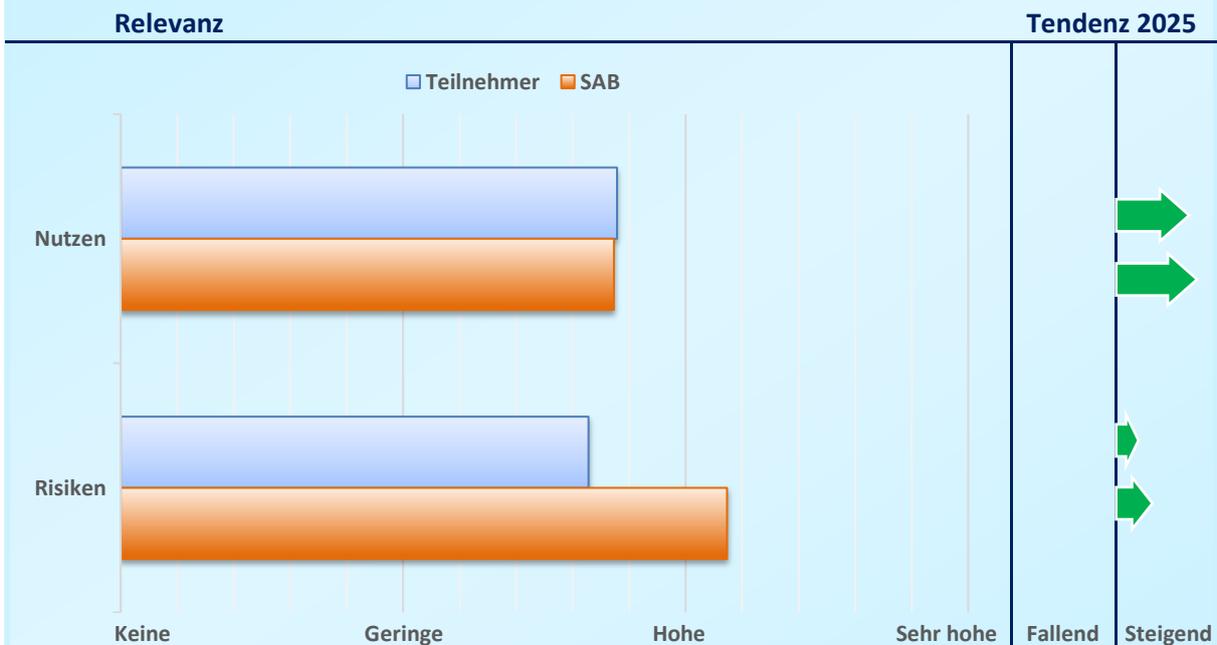
Abbildung 14 zeigt die Positionierung der Teilnehmer und der SAB Mitglieder auf der Risiko-Chancen Balance. Für den Großteil der Teilnehmer überwiegen die Chancen durch die Digitalisierung, jedoch zeigen die Antworten, welche sich im neutralen Bereich befinden oder sogar zur Risiko Seite der Risiko-Chancen Balance tendieren, dass es durchaus viele Unternehmen gibt, welche ernsthafte negative Auswirkungen befürchten. Bei der Einschätzung der Risiko-Nutzen Balance besteht eine hohe Deckungsgleichheit zwischen der Antwortverteilung des SAB und der Teilnehmer.

Neben der insgesamten Positionierung auf der Risiko-Chancen Balance wird die Relevanz von 11 spezifischen Nutzen und 11 Risiken durch die Teilnehmer, sowie deren Tendenz bis 2025 bewertet. Eine Übersicht der gemittelten Bewertungen ist in Abbildung 15 gegeben, die Bewertung der einzelnen Nutzen und Risiken in Abbildung 16 und Abbildung 17.

Die gemittelte Bewertung der Teilnehmer in Abbildung 15 zeigt, dass die Nutzen geringfügig höher relevant bewertet werden als Risiken, dies also in der Tendenz mit der Risiko-Chancen Balance in Abbildung 14 übereinstimmt, der Unterschied jedoch deutlich geringer ausfällt. Obgleich also die Teilnehmer größtenteils einen positiven Gesamteindruck der Digitalisierung haben, werden konkrete Risiken und Hindernisse durchaus ernst genommen. Weiterhin wird die Tendenz der Risiken und Hindernisse bis 2025 zwar insgesamt als steigend, jedoch als deutlich weniger steigend als die Tendenz der Nutzen bewertet. Hintergrund könnte die Annahme sein, dass zumindest teilweise Lösungen für Risiken und Hindernisse gefunden werden oder, dass die Nutzen, zum Beispiel durch sich gegenseitig verstärkende Wirkweisen, in zunehmender Weise ihre Wirkung entfalten. Während die Bewertung der Nutzen im Durchschnitt sehr ähnlich zwischen den Teilnehmern und dem SAB ausfällt, zeigt sich, dass das SAB die Risiken und Hindernisse deutlich relevanter bewertet. Mögliche Ursachen könnten sein, dass Unternehmen teilweise bereits interne Lösungsansätze entwickelt haben oder, dass möglicherweise das volle Ausmaß der Risiken noch nicht erkannt wird.

Die Ansicht der Teilnehmer, dass die Nutzen eine stärker steigende Tendenz haben als die Risiken teilt auch das SAB.

## Durchschnittliche Relevanzbewertung spezifischer Nutzen und Risiken



Bei der Relevanzbewertung spezifischer Nutzen und Risiken werden Nutzen geringfügig höher relevant bewertet, jedoch ist der Unterschied weniger stark als bei der high-level Risiko-Nutzen Balance (siehe Abbildung 14). Trotz des positiven Gesamteindrucks sind den Teilnehmern also spezifische Risiken durchaus bewusst.

Während das SAB und die Teilnehmer die spezifischen Nutzen insgesamt ähnlich relevant bewerten schätzt das SAB die Risiken als deutlich relevanter ein.

Den Nutzen wird sowohl durch die Teilnehmer als auch durch das SAB eine deutlich stärker steigende Tendenz zugeordnet als den Risiken.

Abbildung 15: Bewertung spezifischer Risiken und Nutzen

Die in Abbildung 16 als am relevantesten eingeschätzten Nutzen sind Prozessoptimierung und –automatisierung, Fernsteuerung von Netzen/Anlagen/IoT, Anomalie Erkennung und Qualitätssicherung, Aggregation von digitalen Daten (eher Mittel zum Zweck als Nutzen) und Energieeffizienz. Die Vorteile der Prozessoptimierung- und –automatisierung wie auch der Anomalie Erkennung wirken sich häufig in einer Kostenreduktion aus. Das Aggregieren von digitalen Daten wird zwar als relevant eingeschätzt, ist aber als solches eher Mittel zum Zweck und hat meistens keinen inhärenten Nutzen. Somit sind zusammenfassend die Hauptnutzen Kostensenkung, Fernsteuerbarkeit und Energieeffizienz, was weitestgehend konsistent ist mit den in Abschnitt 7 für spezifische Anwendungen identifizierten Nutzen. Bemerkenswerterweise werden die Nutzen Erweiterung des Geschäftsfeldes, neue Geschäftsmodelle/Produkte/Services und Kundennutzen deutlich weniger relevant bewertet.

In den durchgeführten Deep-Dive Interviews konnte die Hypothese verifiziert werden, dass Erzeuger (und somit der Großteil der Teilnehmer) häufig nicht nah genug am Endkunden sind, um für diesen einen Nutzen generieren zu können. Nutzen für „Kunden“ im Sinne von Akteuren der nachfolgenden Wertschöpfungsschritte, i.e. Netz und Markt werden hingegen eher anderen Nutzenkategorien zugeordnet. Ebenfalls wurde in den Deep-Dive Interviews festgestellt, dass viele Erzeuger zwar neue Geschäftsmodelle, häufig basierend auf digitalen Technologien, im Rahmen von internen Startups oder Inkubatoren testen, die meisten Vorteile der Digitalisierung aber im Bereich des bestehenden Geschäfts gesehen werden. Eine Möglichkeit für neue Geschäftsmodelle für Erzeuger könnten erweiterte

Netz-Services gegenüber dem Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) sein, z.B. durch direkte teilweise Kontrolle von Erzeugungsanlagen durch den ÜNB.

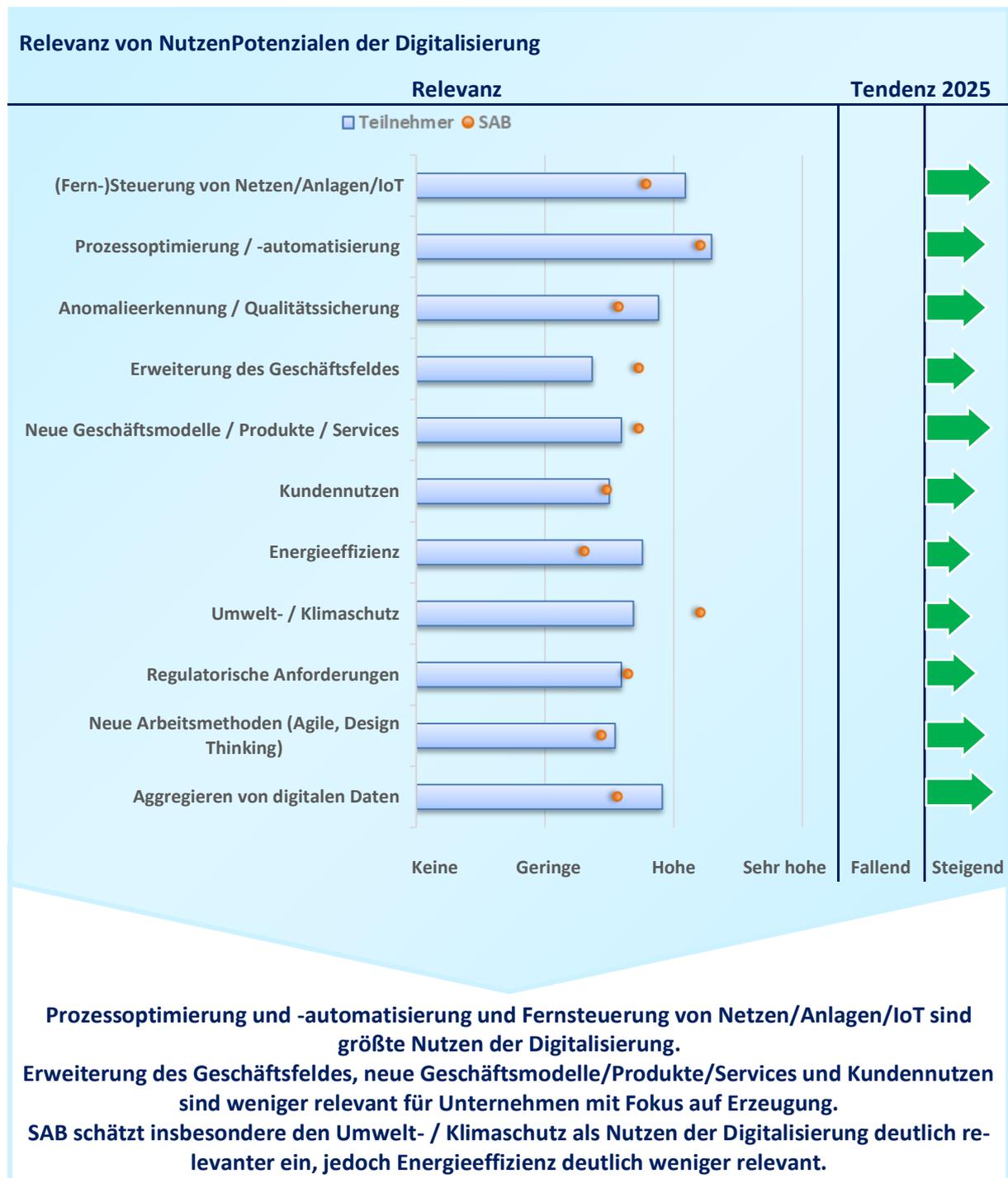


Abbildung 16: Spezifische Nutzen der Digitalisierung

Komplett neue Geschäftsmodelle wie die direkte Vermarktung im peer-to-peer (P2P) Handel basierend auf Technologien wie z.B. Blockchain und Smart Contracts ist für viele Erzeuger noch eine Zukunftsentwicklung. Es wird jedoch bis 2025 eine recht stark steigende Tendenz für neue Geschäftsmodelle gesehen. Darüber hinaus wird auch eine klar steigende Tendenz der Relevanz beim Aggregieren von digitalen Daten und bei der Fernsteuerung von Netzen, Anlagen sowie generell IoT Einheiten gesehen. Beide Punkte beinhalten Aktivitäten welche insbesondere zu Beginn der digitalen Transformation bedeutsam sind. Nur geringfügig weniger klar steigende Tendenzen werden für die Nutzen Prozessoptimierung und –automatisierung sowie Anomalie Erkennung und Qualitätssicherung

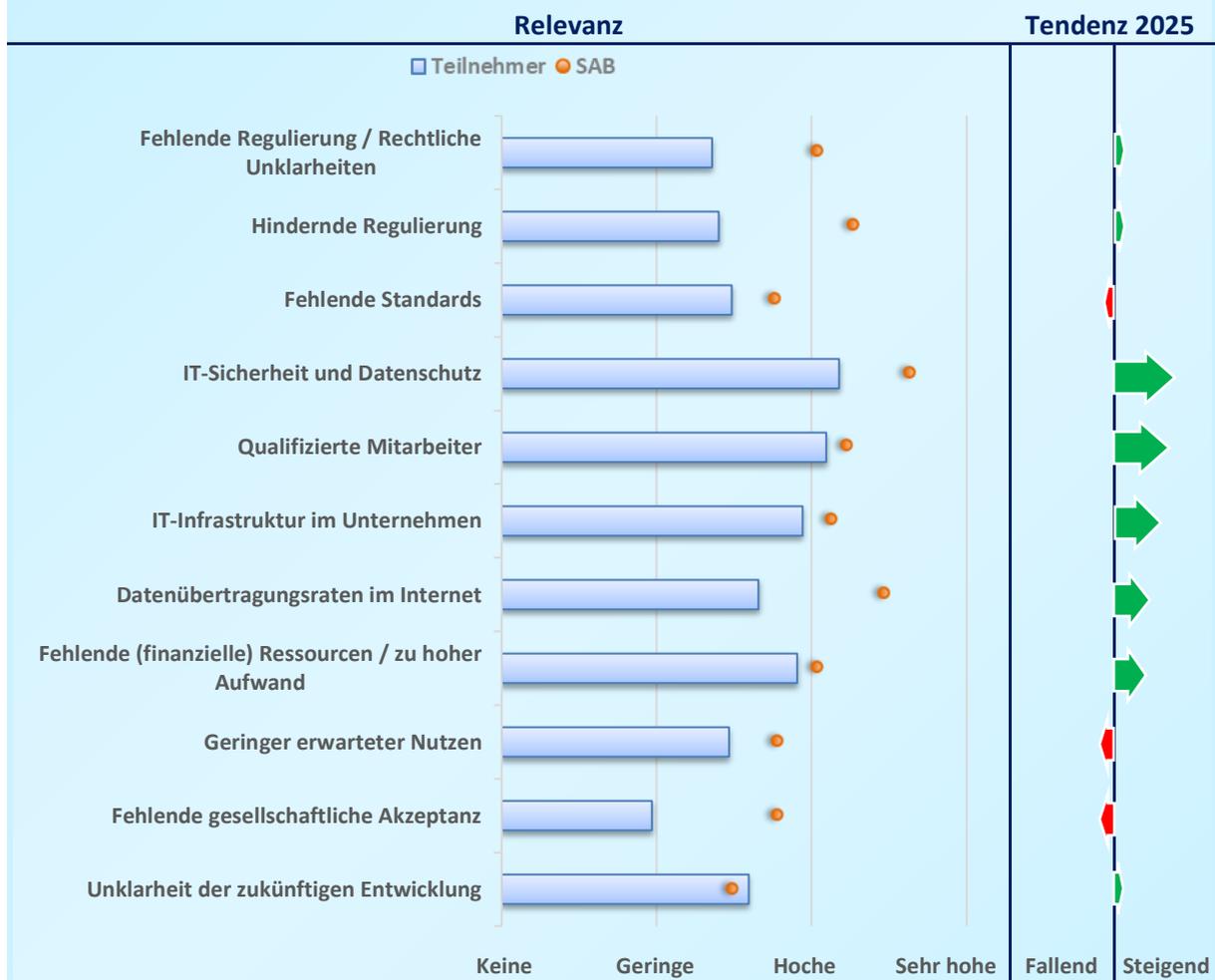
gesehen. Diese beiden Nutzen basieren bereits auf einem etwas fortgeschrittenen Digitalisierungslevel (vergleiche Abschnitt 8). Obgleich neue agile Arbeitsmethoden heutzutage noch nicht sehr relevant gesehen werden, gehen die Teilnehmer größtenteils von einer steigenden Relevanz aus.

Die größte Abweichung zwischen Relevanzbewertung des SAB und der Teilnehmer besteht bei den Nutzen Umweltschutz und Energieeffizienz. Während die Teilnehmer Energieeffizienz und Umweltschutz fast als gleich relevant bewerten sieht das SAB den Nutzen für die Umwelt deutlich relevanter als die Energieeffizienz. Aus SAB Sicht ist der Umweltschutz sogar zusammen mit der Prozessoptimierung der wichtigste Nutzen. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass zwar erhebliches Potenzial für Umwelt- und Klimaschutz durch die Digitalisierung besteht, dieses aber im aktuellen regulatorischen Rahmen für Unternehmen nicht im Fokus steht. Somit ist es möglich, dass Unternehmen Energieeffizienz nicht mit Umweltschutz, sondern beispielsweise mit Kostensenkung verbinden obgleich sich die Energieeffizienz natürlich unter anderem auch auf einen Teil des Nutzen Umwelt- und Klimaschutz auswirkt.

In Abbildung 17 werden sowohl Risiken als auch Hindernisse betrachtet. Hindernisse werden verstanden als Sachverhalte, welche die Durchführung der Digitalisierung erschweren, Risiken werden verstanden als potentiell negative Auswirkungen, welche durch die Digitalisierung entstehen. Jedoch kann die Trennung nicht immer ganz eindeutig erfolgen, sodass beide Kategorien gemeinsam abgefragt werden.

Das von den Teilnehmern sowie dem SAB am relevantesten eingeschätzte Risiko sind negative Auswirkungen auf die IT- und Datensicherheit. Dies ist nicht nur aktuell das größte Risiko, sondern hat nach der Meinung der Teilnehmer auch in den kommenden Jahren die am stärksten steigende Relevanz. Die kontinuierlich hohe Relevanz des Themas liegt an der Eigenschaft, dass das Risiko nicht einfach mitigiert und vergessen werden kann sondern sich die Anforderung ständig weiterentwickeln. Aus Sicht der Teilnehmer sind die nächst relevanten Hindernisse die Schwierigkeit qualifizierte Mitarbeiter für die Umsetzung der Digitalisierung zu finden, da hier häufig andere Fähigkeiten benötigt werden als traditionell im Unternehmen vorhanden sind, die firmeninterne IT Struktur zu befähigen die Digitalisierung zu unterstützen und die finanziellen Mittel für die Digitalisierungsaktivitäten aufzubringen. Auch das SAB sieht eine eher hohe Relevanz dieser Risiken und Hindernisse, sieht jedoch darüber hinaus einige Hindernisse als durchaus relevant, welche von den Unternehmen eher weniger relevant eingeschätzt werden. So sieht das SAB fehlende und hinderliche Regulierungen als auch zu geringe Datenübertragungsraten des Internetzugangs als Hindernisse mit hoher Relevanz. Risiken fehlender Regulierungen und Standards sind beispielsweise Unklarheiten bezüglich Haftungsfragen und fehlende Interoperabilität von Produkten/Services verschiedener Anbieter. Diese Hindernisse können sich teilweise erst weit in der Implementierung bemerkbar machen, insbesondere das Hindernis der fehlenden Standardisierung tritt häufig erst dann auf, wenn neue Anwendungen zu den bereits implementierten digitalen Anwendungen hinzugefügt werden sollen. Es ist wahrscheinlich, dass viele Unternehmen einfach noch nicht auf diese Hindernisse gestoßen sind, da sie sich meist noch in einer frühen Phase der Gesamtimplementierung von digitalen Anwendungen befinden. Ähnliches gilt bezüglich der Datenübertragungsraten. Hier ist es wahrscheinlich, dass viele Unternehmen digitale datenbasierte Anwendungen häufig noch nicht so weit implementiert haben (oder die Daten vor Ort nutzen und speichern), dass eine Limitierung durch Datenübertragungsraten eintritt. Somit ist die Datenübertragungsrate möglicherweise einfach noch nicht als „Bottleneck“ bei datengetriebenen Anwendungen erkannt. Ebenfalls schätzt das SAB die Relevanz des Hindernisses einer potentiell fehlenden gesellschaftlichen Akzeptanz deutlich höher ein als die Unternehmen. Die Deep-Dive Interviews zeigten, dass die Erzeuger ohne direkten Zugang zu Endkunden die allgemeine gesellschaftliche Akzeptanz für sich als weniger relevant einstufen. Demgegenüber wird jedoch der Akzeptanz unter den Mitarbeitern eine hohe Relevanz gegeben.

## Relevanz von Risiken und Hindernissen der Digitalisierung



**Bedenken bezüglich IT-Sicherheit und Datenschutz, fehlenden qualifizierten Mitarbeitern, der eigenen IT Infrastruktur und Ressourcenknappheit sind Haupthindernisse der Digitalisierung. Fehlende/hinderliche Regulierung und/oder Standards werden hingegen weniger als Hindernis wahrgenommen. Ebenfalls scheint das Hindernis fehlende gesellschaftliche Akzeptanz für Unternehmen mit Erzeugerfokus nicht nennenswert relevant.**

**SAB schätzt die Risiken insgesamt deutlich relevanter ein. Besonders groß ist der Unterschied bei den Risiken fehlender/hinderlicher Regulierungen und Standards, zu geringer Datenübertragungsraten und fehlender gesellschaftlicher Akzeptanz. Möglicherweise sind dies Risiken, welche von Unternehmen noch nicht in vollem Ausmaß identifiziert wurden.**

Abbildung 17: Spezifische Risiken der Digitalisierung

### 4.3. Digitale Technologien

Ähnlich wie bei der Frage was die Digitalisierung ist, ist auch die Antwort was eine digitale Technologie ist nicht einheitlich definiert. In dem Kontext dieser Arbeit werden digitale Technologien angesehen als Software oder Soft- & Hardwarekombinationen welche, für sich genommen keinen Nutzen haben jedoch die Grundlage für digitale Anwendungen bilden. Die Bewertung der Relevanz verschiedener digitaler Technologien ist in Abbildung 18 dargestellt. Die Kenntnis über die Relevanz digitaler Technologien ist wichtig für Unternehmen um strategisch Wissen in verschiedenen Bereichen aufbauen zu können

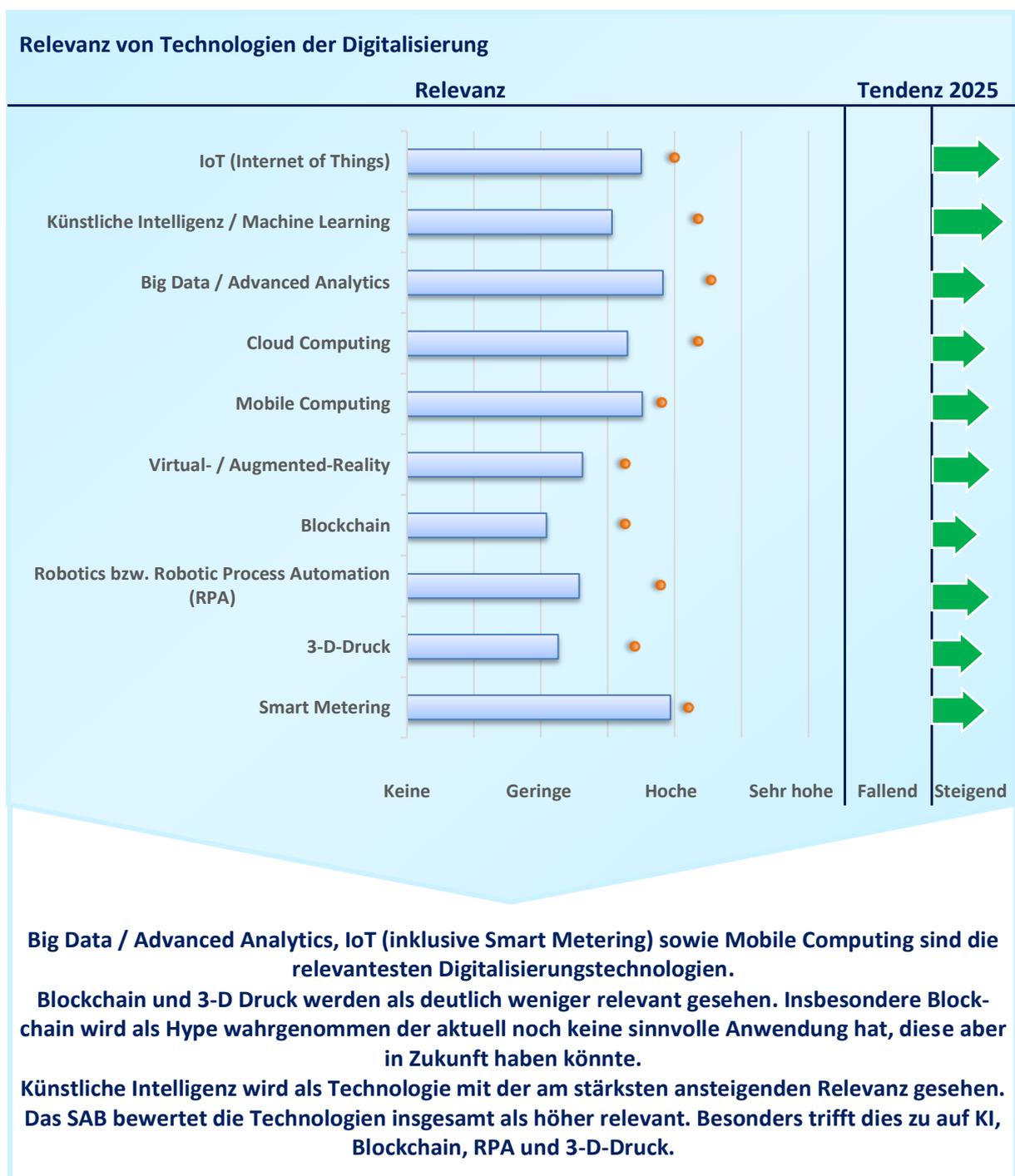


Abbildung 18: Digitale Technologien

Die aus Sicht der Teilnehmer relevantesten Technologien sind Big Data / Advanced Analytics, IoT (inklusive Smart Metering da laut Definition keine eigenständige Technologie) sowie Mobile Computing. Auch das SAB sieht bei diesen Technologien eine hohe Relevanz und bewertet darüber hinaus auch das Cloud Computing sowie die Künstliche Intelligenz (KI) als hoch relevant. Zwar sehen die Teilnehmer bei der KI aktuell noch keine hohe Relevanz, sehen aber hier die am stärkste steigende Tendenz. Mit Abstand am wenigsten relevant und ebenfalls mit der am wenigsten stark steigenden Tendenz wird die Blockchain Technologie bewertet. Dies überrascht zunächst, da insbesondere diese Technologie sehr viel diskutiert wird. Die Deep-Dives haben jedoch gezeigt, dass viele Teilnehmer die aktuellen Möglichkeiten zur Applikation einer Blockchain für nicht sehr groß halten, sich jedoch vorstellen können, dass sich dies in Zukunft ändert, z.B. als Grundlage für P2P Energiehandel bzw. zur Automatisierung kleiner Transaktionen.

Ein weiteres Ergebnis der Deep-Dives ist, dass die Technologien noch um die Netzwerkprotokoll Technologie, mit dem Internet Protokoll (IP) als bekanntestes Protokoll erweitert werden können.

## 5. Digitalisierungsgrad der Energieerzeugung

### 5.1. Herleitung des Digitalisierungsgrades

Es wird ein gesamt Digitalisierungsgrad je Unternehmen errechnet. Dieser kann als erster Anhaltswert für den Status der Digitalisierungsaktivitäten genutzt werden.

Der Digitalisierungsgrad basiert auf den Fragen folgender drei Umfrageteile:

- Digitalisierungsmaßnahmen
- Anwendung digitaler Applikationen
- Selbsteinschätzung der digitalen Reife

Alle Fragen dieser Kategorien weisen die selbe Antwortstruktur auf. Diese besteht aus einer Bewertung über 4 Stufen, von Trifft nicht zu / wird nicht angewandt bis zu trifft voll zu / wird voll angewandt. Somit kann über alle Fragen das arithmetische Mittel ermittelt werden. Bei den Fragen zu Digitalisierungsmaßnahmen besteht darüber hinaus die Antwortoption „Enthaltung“, für die Berechnung des Digitalisierungsgrades werden diese Antworten nicht gewertet.

Alle drei Kategorien sollen gleich stark Einfluss auf den Digitalisierungsgrad haben. Die Kategorien beinhalten unterschiedlich viele Fragen, somit haben Fragen der selben Kategorie die selbe Gewichtung und Fragen unterschiedlicher Kategorien dementsprechend eine unterschiedliche Gewichtung. Die Fragen sind derart gewichtet, dass bei Beantwortung aller Fragen jede der drei Kategorien gleichstark den Digitalisierungsgrad beeinflusst. Während die Fragen zu Digitalisierungsmaßnahmen sowie die Selbsteinschätzung Pflichtfragen sind (alle Fragen wurden von allen Teilnehmern beantwortet), ist die Beantwortung der Fragen zur Anwendung von Applikationen optional (einige Teilnehmer haben nicht alle Fragen beantwortet). Da der Digitalisierungsgrad über alle beantworteten Fragen der drei Kategorien ermittelt wird, sinkt der Einfluss der Fragenkategorie Anwendung digitaler Applikationen je weniger Fragen in dieser Kategorie beantwortet sind. Beantwortet ein Teilnehmer beispielsweise nur die Hälfte der Fragen zu digitalen Applikationen, sinkt der Einfluss dieser Kategorie auf den Digitalisierungsgrad des Teilnehmers von  $1/3$  auf  $1/6$ .

### 5.2. Digitalisierungsgrad der Teilnehmer

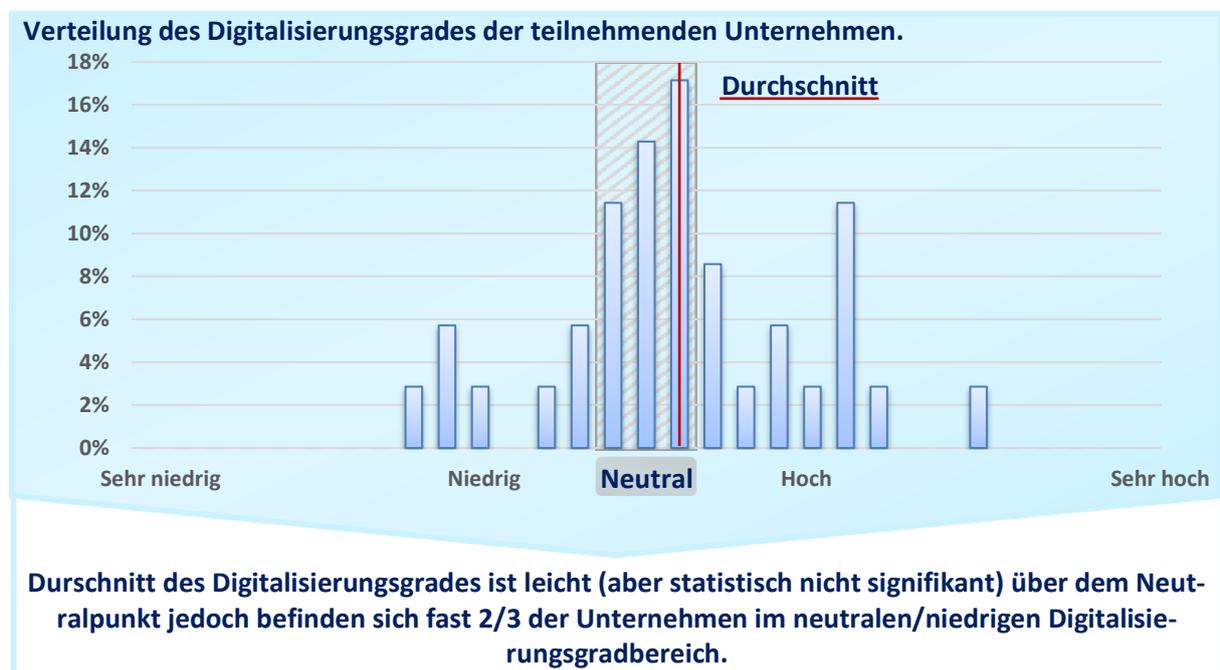


Abbildung 19: Verteilung der erreichten Digitalisierungsgrade

In Abbildung 19 ist die Verteilung der Digitalisierungsgrade der teilnehmenden Unternehmen dargestellt. Der Durchschnitt liegt knapp höher als der Neutralpunkt. Durch Berücksichtigung der Standardabweichung der Antwortverteilung entsteht um den Neutralpunkt zwischen „niedrig“ und „hoch“ ein Neutralbereich. Dieser ist in Abbildung 19 in grau gekennzeichnet. Der Durchschnitt liegt innerhalb des Neutralbereichs. Somit ist die leichte Tendenz des Durchschnittswertes in Richtung „hoch“ statistisch nicht relevant. Neben den 43% Teilnehmern im neutralen Bereich befinden sich weitere 20% im niedrigen und 37% im hohen Digitalisierungsgradbereich. Insgesamt sind also fast 2/3 der Unternehmen im neutralen/niedrigen Bereich. Bei diesen Unternehmen besteht in der Regel größerer Handlungsbedarf, um auf die Digitalisierung angemessen zu reagieren. Nicht jede Maßnahme und nicht jede Anwendung ist für jedes Unternehmen sinnvoll, insofern kann in der Theorie auch ein Unternehmen welches keinen hohen Digitalisierungsgrad erreicht bereits optimal aufgestellt sein. Die Auswertung der Antworten der einzelnen Unternehmen lässt allerdings vermuten, dass bei allen zumindest Handlungspotenzial besteht und bei vielen, wie oben beschrieben, Handlungsbedarf.

Wie bereits erwähnt wird der Digitalisierungsgrad aus den Antworten dreier Teilbereiche ermittelt. Abbildung 20 zeigt den Bewertungsdurchschnitt der drei Fragenkategorien.



Abbildung 20: Durchschnittliche Antworten je Digitalisierungsgradteilbereich

Der Bewertungsdurchschnitt der drei Fragenkategorien unterscheidet sich deutlich. Die Antworten zu Digitalisierungsmaßnahmen sind größtenteils im „positiven“ Bereich und erreichen so einen hohen Durchschnittswert. 2/3 der Antworten zu tatsächlichen digitalen Anwendungen zeigen hingegen einen niedrigen/sehr niedrigen Umsetzungsgrad, sodass der Durchschnitt ebenfalls eher niedrig ist. Die Selbsteinschätzung der Teilnehmer liegt im Durchschnitt um den Neutralpunkt und somit zwischen dem Durchschnitt der Maßnahmen und der Anwendungen. Eine ausführliche Diskussion der drei Teilbereiche des Digitalisierungsgrades befindet sich in den Abschnitten 0,7 und 8. Es bestehen kleine konzeptionelle Unterschiede in der Antwortstruktur der drei Themenbereiche. Nur bei den Fragen zu Maßnahmen ist Enthaltung eine Antwortoption. Die Fragen zu Anwendungen sind optional, während die Fragen zu Maßnahmen und die Selbsteinschätzung Pflichtfragen sind.

### 5.3. Korrelationen

Neben der Auswertung der direkten Beantwortung von Fragen der Umfrage liefert die Korrelationsanalyse eine zweite Ebene des Erkenntnisgewinns. So können Aussagen über Zusammenhänge getroffen werden. Wichtig ist, dass bei der Korrelationsanalyse keine Kausalitäten identifiziert oder diskutiert werden.

In Abbildung 21 ist eine Übersicht der Korrelationen zwischen wichtigen Faktoren in Form einer Matrix dargestellt. Die Farbe der Punkte zeigt, ob es sich um eine negative (Rot) oder positive (Grün) Korrelation handelt. Die Größe der Punkte wie auch deren Farbintensität zeigt die Stärke der Korrelation anhand des Korrelationskoeffizienten an. Informationen zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten finden sich in Abschnitt 2. Der blau markierte Bereich in Abbildung 21 kennzeichnet den Digitalisierungsgrad und die für dessen Berechnung herangezogenen Faktoren. Für

die Korrelation zwischen dem Digitalisierungsgrad und den von diesem abhängige Faktoren wird der Digitalisierungsgrad\* genutzt welcher in der Fußnote <sup>1</sup> beschrieben ist. Im nicht markierten weißen Bereich befinden sich die vom Digitalisierungsgrad unabhängigen Faktoren.

### Korrelationsmatrix

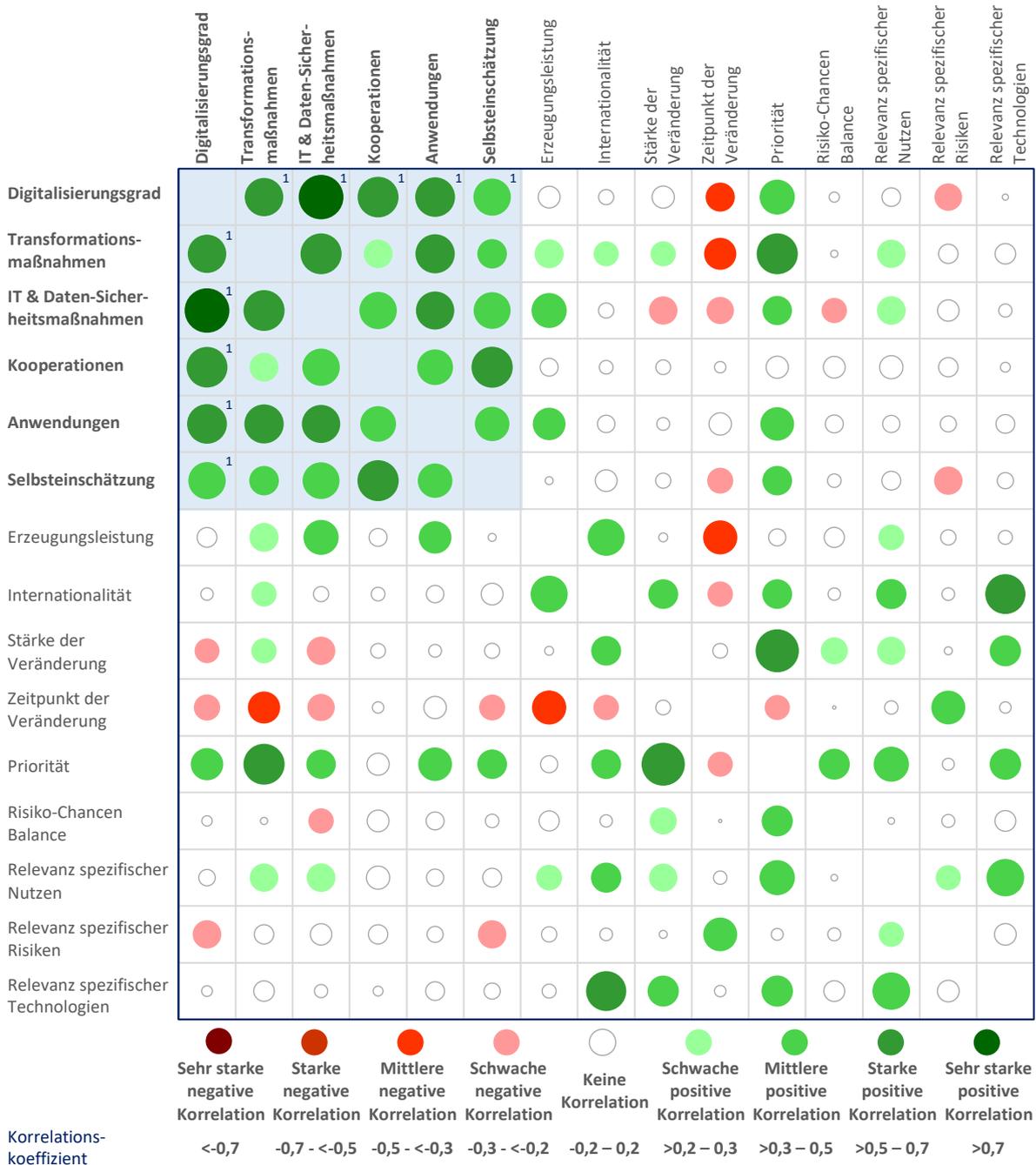


Abbildung 21: Übersicht der Korrelationen

Insgesamt kann für den Digitalisierungsgrad festgehalten werden, dass besonders Unternehmen, die der Digitalisierung eine höhere Priorität geben, größere Nutzen sehen und eine stärkere sowie frühere Veränderung erwarten einen höheren Digitalisierungsgrad erreichen.

<sup>1</sup> Digitalisierungsgrad\* wird genutzt. Bei allen Korrelationen zwischen dem Digitalisierungsgrad und den in blau markierten Faktoren ist zu berücksichtigen, dass diese Faktor selber Teil des Digitalisierungsgrades sind. Damit hierdurch keine Schein-Korrelation induziert wird, wird in diesen Fällen der Digitalisierungsgrad\* genutzt, welcher sich aus den übrigen Faktoren ausschließlich des zu korrelierenden Faktors berechnet und somit für jede dieser Korrelationen individuell ist.

Ausgewählte Korrelationseigenschaften werden im weiteren Verlauf dieses Abschnittes detaillierter dargestellt und diskutiert.

### 5.3.1. Korrelationen mit vom Digitalisierungsgrad unabhängigen Faktoren

Zunächst werden Korrelationen der vom Digitalisierungsgrad unabhängigen Faktoren mit dem Digitalisierungsgrad sowie mit weiteren Ergebnissen betrachtet. Wie in Abschnitt 2 beschrieben wird für die Korrelation von ordinalskalierten Antwortpaaren der Korrelationskoeffizient genutzt während für Antwortpaare von denen mindestens eine Antwort nominalskaliert ist die Abweichung vom Durchschnittswert als Indikator für Korrelationen genutzt wird. Die nominalskalierten Antworten beziehen sich fast ausschließlich auf die Fragen zum teilnehmenden Unternehmen und dem teilnehmenden Mitarbeiter. Hier kann keine Korrelation zwischen dem Digitalisierungsgrad und der Art des Unternehmens, den im Unternehmen abgebildeten Wertschöpfungsstufen, dem Land des Hauptsitzes oder der Position und Funktion des teilnehmenden Mitarbeiters identifiziert werden. Bezüglich der Erzeugungs- und Speichertechnologien ist zwar keine Korrelation zwischen dem Digitalisierungsgrad und konventionellen bzw. erneuerbaren Technologien erkennbar, jedoch stechen einige einzelne Technologien durch einen höheren Digitalisierungsgrad hervor. Diese sind Nuklear, Müllverbrennung, Wind Offshore und Batterien.

Die Korrelation mit den weiteren ordinalskalierten Antworten werden anhand der Abbildungen 21-28 diskutiert.

#### Installierte Erzeugungskapazität des Unternehmens

Unternehmen mit mehr Erzeugungskapazität geben der Digitalisierung eine höhere Priorität und erwarten die Veränderungen durchschnittlich früher. Es besteht jedoch insgesamt keine signifikante Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad und der installierten Erzeugungsleistung eines Unternehmens, siehe Abbildung 22. Dies trifft insbesondere auf die Nutzung von Kooperationen und die Selbsteinschätzung zu. Hingegen besteht eine mittlere Korrelation zwischen der Erzeugungsleistung und dem Umsetzungsgrad digitaler Anwendungen wie auch von IT & Daten-Sicherheitsmaßnahmen. Unternehmen mit mehr Erzeugungsleistung haben also bereits mehr digitale Anwendungen sowie IT & Daten-Sicherheitsmaßnahmen umgesetzt.

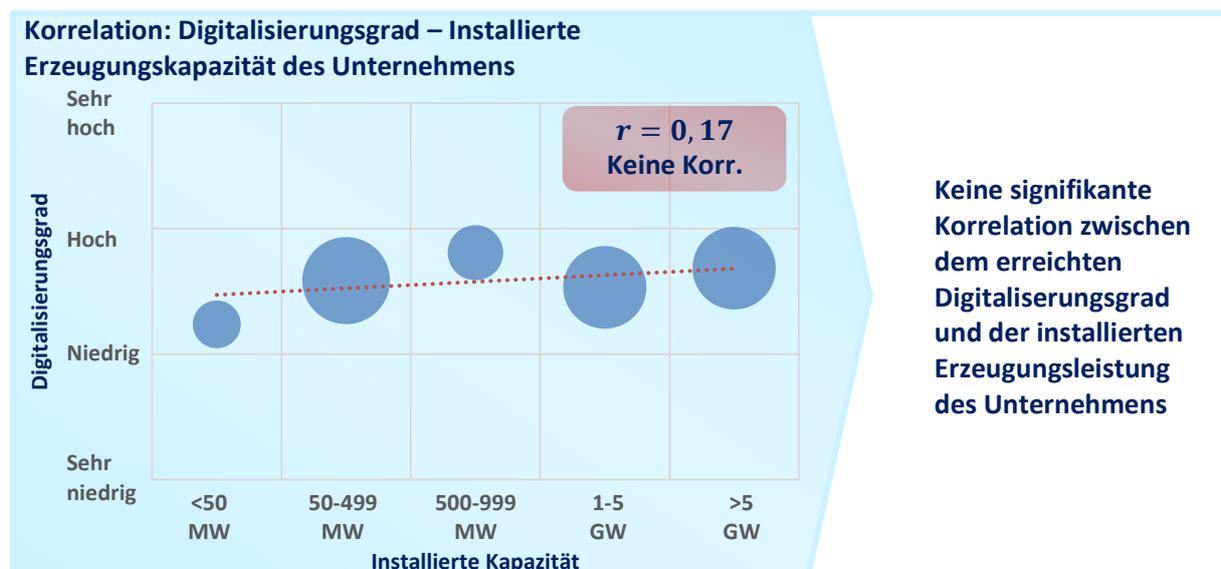


Abbildung 22: Korrelation Digitalisierungsgrad – Installierte Kapazität

#### Internationalität des Unternehmens

International agierende Unternehmen erwarten eine stärkere Veränderung durch die Digitalisierung, geben dieser eine höhere Priorität und schätzen sowohl die Nutzen als auch spezifische Technologien relevanter ein. Allerdings besteht keine signifikante Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisie-

ungsgrad und der Internationalität eines Unternehmens, siehe Abbildung 23. Dies gilt im Wesentlichen für alle Teilbereiche des Digitalisierungsgrades. Die Internationalität scheint also kein wesentlicher Einflussfaktor auf die Digitalisierungsaktivität von Unternehmen zu sein.

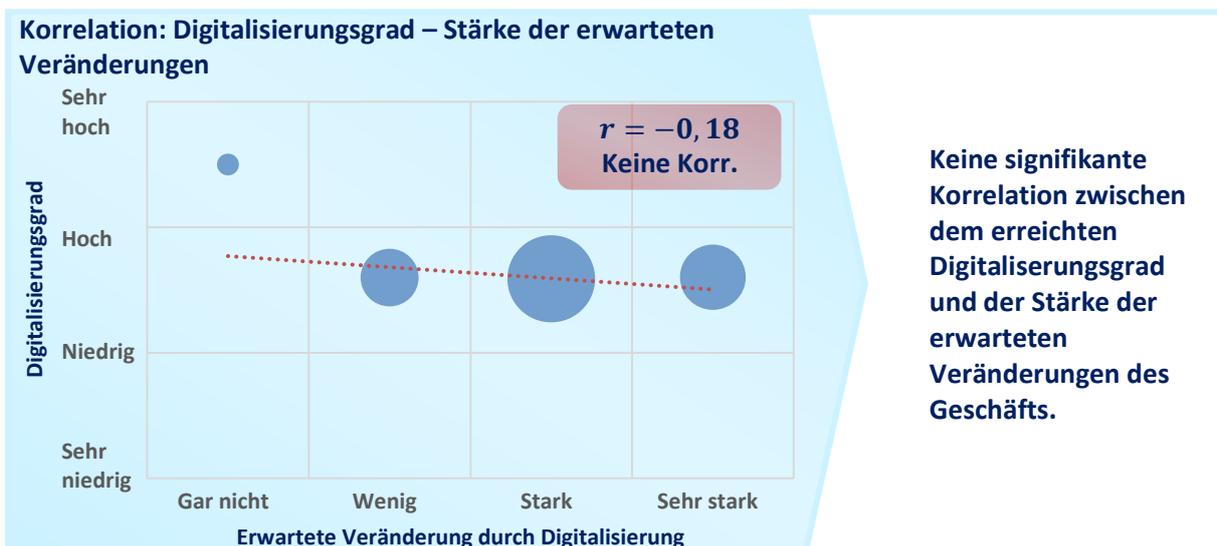


Abbildung 23: Korrelation Digitalisierungsgrad – Internationalität

### Stärke der Veränderung des Geschäfts durch Digitalisierung

Wie ein Unternehmen die Veränderungen einschätzt hängt weder von den im Unternehmen abgebildeten Wertschöpfungsstufen, der installierten Erzeugungskapazität noch vom Herkunftsland des Unternehmens ab. Es bestehen jedoch Unterschiede zwischen verschiedenen Unternehmensarten, verschiedenen Erzeugungstechnologien sowie der Internationalität. Industriekraftwerke schätzen die Veränderungen als geringer ein als Stadtwerke, welche recht große Veränderungen erwarten. Die unterschiedliche Einschätzung ist nachvollziehbar, da Industriekraftwerke weniger stark durch Veränderungen im gesamten Energiesystem betroffen sind.

Generell schätzen Unternehmen mit erneuerbarer Erzeugung sowie mit Energiespeicher/-umwandlungstechnologien die Veränderungen stärker ein als Unternehmen mit konventioneller Erzeugung. Weiterhin gilt, je internationaler ein Unternehmen agiert desto stärker werden die Veränderungen durch die Digitalisierung eingeschätzt. Konsequenterweise geben Unternehmen die eine stärkere Veränderung erwarten der Digitalisierung eine höhere Priorität und bewerten digitale Technologien als relevanter. Jedoch besteht zwischen der Stärke der erwarteten Veränderung und dem Digitalisierungsgrad keine signifikante Korrelation, siehe Abbildung 24.



### Zeitpunkt der erwarteten Veränderungen

Interessanter weise gehen insbesondere Unternehmen mit einer hohen installierten Erzeugungsleistung davon aus, dass die Veränderungen bereits in den kommenden 5 Jahren eintreten.

Die Unternehmensart, die vom Unternehmen abgedeckten Wertschöpfungsstufen, die Erzeugungstechnologien, das Land des Hauptsitzes etc. zeigen hingegen keine Korrelation zur Einschätzung wann die Digitalisierungsveränderungen anstehen. Es besteht aber eine mittlere negative Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad und dem erwarteten Zeitpunkt der Hauptveränderungen, siehe Abbildung 25. Unternehmen die die Veränderungen früher erwarten sind heute bereits höher digitalisiert. Dies gilt insbesondere für die Umsetzung von Maßnahmen zur digitalen Transformation wie beispielsweise Erstellen einer Digitalisierungsstrategie und Benennen von Verantwortlichkeiten. Jedoch besteht kein Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der erwarteten Veränderungen und dem Umsetzungsgrad konkreter digitaler Anwendungen.

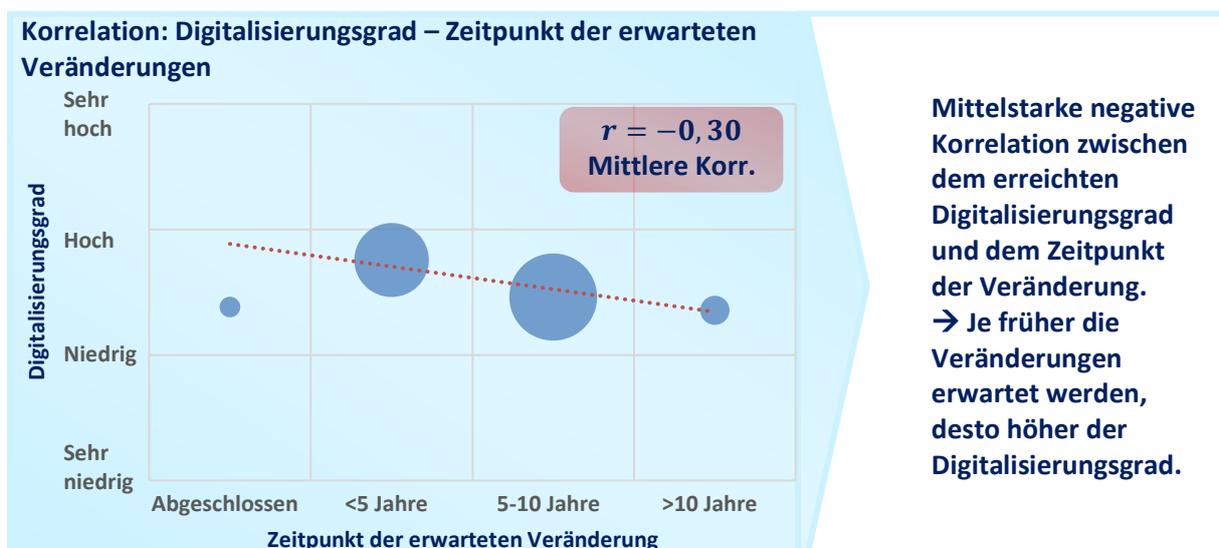


Abbildung 25: Korrelation Digitalisierungsgrad – Zeitpunkt der Veränderung

### Priorität der Digitalisierung

Wie bereits bei der mit der Priorität korrelierenden Einschätzung der Stärke der Veränderungen gilt auch hier: International agierende Unternehmen geben der Digitalisierung eine höhere Priorität und je höher die Digitalisierung priorisiert wird, desto relevanter werden die Nutzen der Digitalisierung sowie digitale Technologien bewertet. Weiterhin sehen Unternehmen die der Digitalisierung eine hohe Priorität geben die Risiko-Chancen Balance deutlich stärker auf der Chancen Seite, was insbesondere an einer höheren Bewertung der Nutzen liegt.

Es besteht eine mittlere Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad und der Priorität welche die Digitalisierung in Unternehmen einnimmt, siehe Abbildung 26. Je höher ein Unternehmen die Digitalisierung priorisiert, desto höher ist auch der erreichte Digitalisierungsgrad. Dies gilt insbesondere für die Maßnahmen zur digitalen Transformation, IT & Daten-Sicherheitsmaßnahmen, dem Umsetzungsgrad digitaler Anwendungen und der selbst eingeschätzten digitalen Reife.

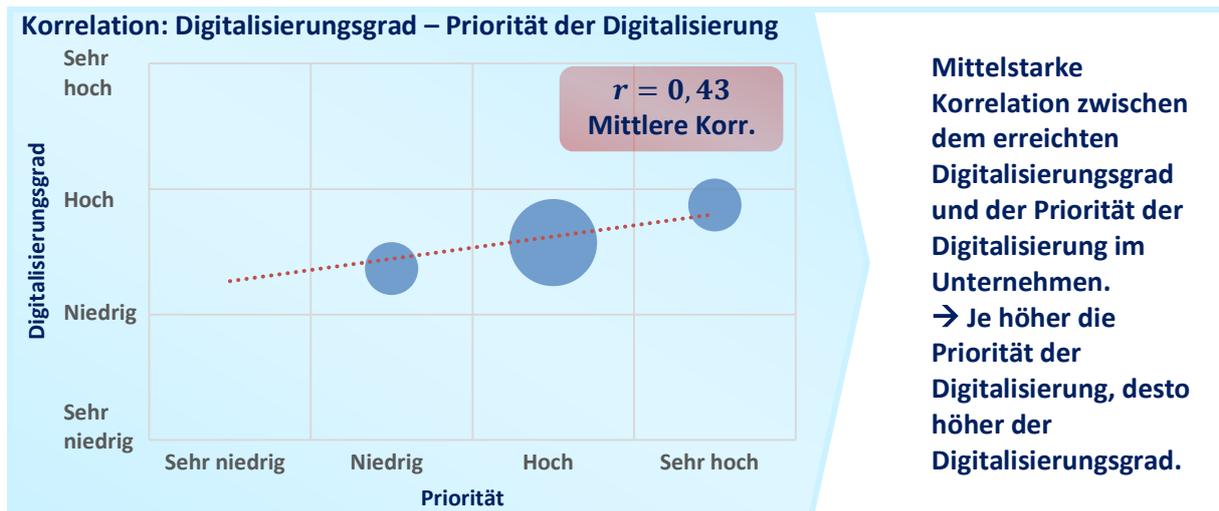


Abbildung 26: Korrelation Digitalisierungsgrad – Priorität der Digitalisierung

### Risiko-Nutzen Balance

Eine mittlere Korrelation zwischen der Positionierung auf der Risiko-Nutzen Balance und der Priorität kann identifiziert werden. Unternehmen die die Balance eher zugunsten der Nutzen sehen geben der Digitalisierung tendenziell eine höhere Priorität. Eine Abhängigkeit von der Art des Unternehmens, den Wertschöpfungsstufen, den Erzeugungstechnologien oder der installierten Kapazität besteht hingegen nicht. Es besteht ebenfalls keine Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad und der Positionierung auf der Risiko-Nutzen Balance, siehe Abbildung 27.

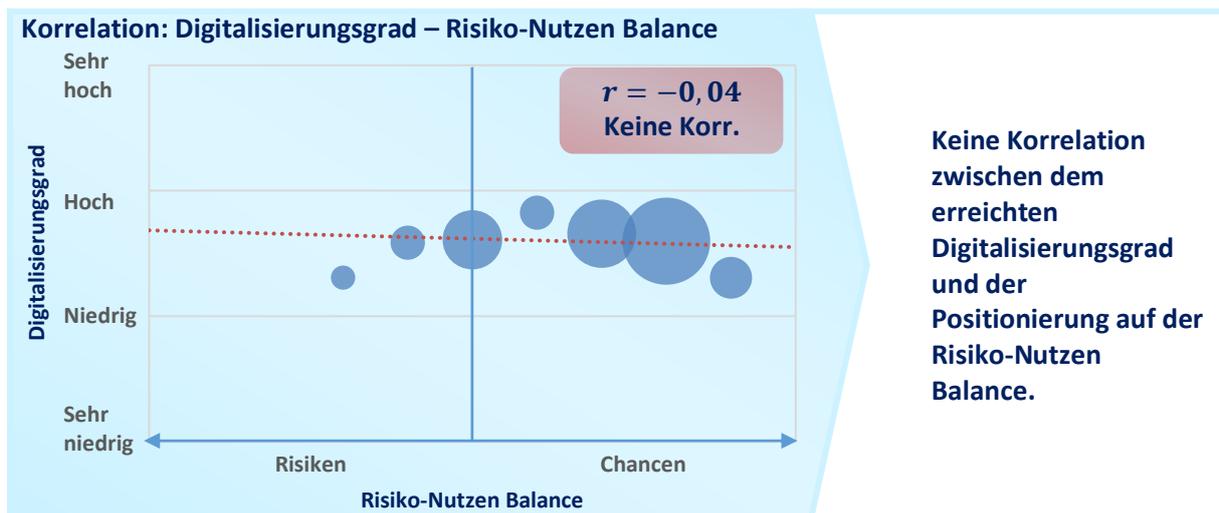


Abbildung 27: Korrelation Digitalisierungsgrad – Risiko-Nutzen Balance

### Relevanz spezifischer Nutzen

International agierende Unternehmen sowie solche, die der Digitalisierung eine hohe Priorität geben und digitale Technologien als höher relevant betrachten bewerten die Nutzen tendenziell positiver. Es besteht jedoch keine Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad und der Bewertung von Nutzen der Digitalisierung, siehe Abbildung 28.

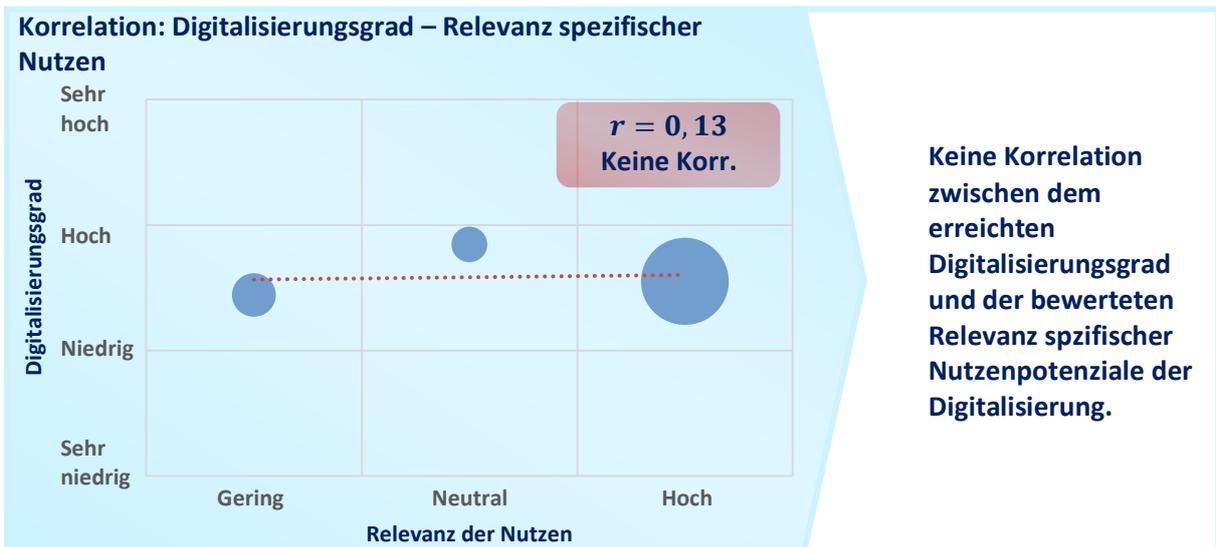


Abbildung 28: Korrelation Digitalisierungsgrad – Nutzen

### Relevanz spezifischer Hindernisse

Die Einschätzung der Relevanz von Risiken und Hindernissen weist wenige Korrelationen zu anderen Aspekten auf. Aufgrund einer mittel starken Korrelation zwischen der Bewertung der Risiken und dem Zeitpunkt der erwarteten Veränderungen gilt, dass je höher Risiken bewertet werden, desto weiter in der Zukunft erwarten Unternehmen die Veränderungen.

Es besteht ebenfalls eine schwache negative Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad und der Bewertung von Hindernissen und Risiken, siehe Abbildung 29. Unternehmen, die große Risiken und Hemmnisse sehen, haben einen niedrigeren Digitalisierungsgrad. Diese Korrelation beruht vorwiegend darauf, dass diese Unternehmen ihre eigene digitale Reife als geringer einschätzen. Zwischen der Bewertung von Risiken und dem Umsetzungsgrad von Digitalisierungsmaßnahmen und digitalen Anwendungen besteht keine signifikante Korrelation.

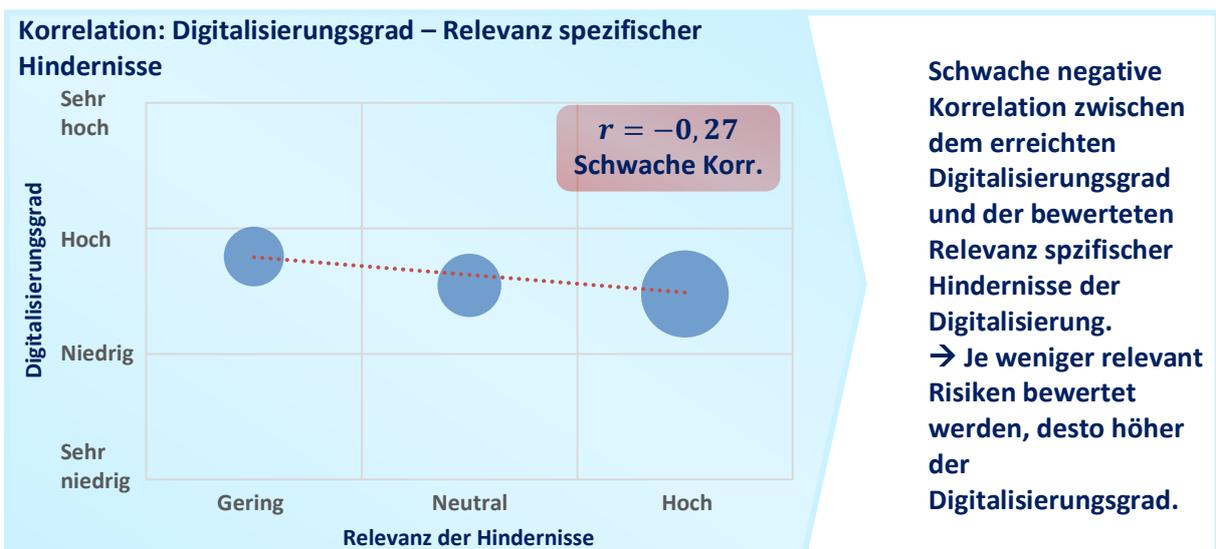


Abbildung 29: Korrelation Digitalisierungsgrad – Hindernisse

### 5.3.2. Korrelationen mit vom Digitalisierungsgrad abhängigen Faktoren

Bei allen nachfolgenden Korrelationen ist zu berücksichtigen, dass der korrelierende Faktor selber Teil des Digitalisierungsgrades ist. Damit hierdurch keine Schein-Korrelation induziert wird, wird der Digitalisierungsgrad\* genutzt welcher sich aus den übrigen Faktoren ausschließlich des zu korrelierenden Faktors berechnet und somit für jede Korrelationsdarstellung individuell ist.

Der Digitalisierungsgrad setzt sich zusammen aus den drei Faktoren 1) Digitalisierungsmaßnahmen (in Abbildung 21 nochmals unterteilt in Transformation, IT & Daten-Sicherheit und Kooperation), 2) Nutzung von digitalen Applikationen und 3) Selbsteinschätzung der digitalen Reife. Der Digitalisierungsgrad\* für die Korrelation mit den Digitalisierungsmaßnahmen setzt sich also beispielsweise zusammen aus den Antworten zu digitalen Applikationen und der Selbsteinschätzung.

In Abbildung 21 wird ersichtlich, dass die stärksten Korrelationen zwischen den Teilbereichen des Digitalisierungsgrades bestehen (oben links in Abbildung 21, mit blauem Hintergrund). Diese Faktoren haben zumeist eine mittlere bis starke Korrelation zueinander wie auch eine starke bis sehr starke Korrelation zum Digitalisierungsgrad\*.

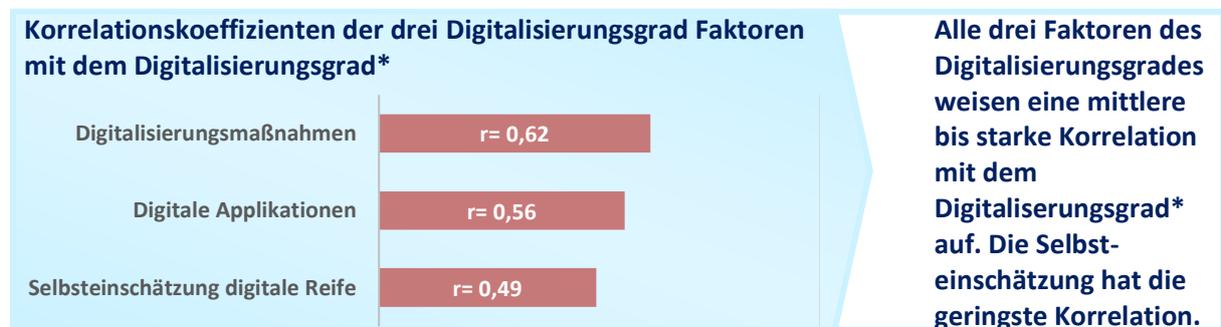


Abbildung 30: Korrelation Digitalisierungsgrad\* – Teilbereiche des DG

Wie in Abbildung 30 zu sehen ist, weisen alle drei Faktoren, welche zur Berechnung des Digitalisierungsgrades genutzt werden, eine mittlere bis starke Korrelation zum Digitalisierungsgrad\* auf, wobei die Selbsteinschätzung die geringste Korrelation erzielt.

### Digitalisierungsmaßnahmen

Unternehmen, die der Digitalisierung eine höhere Priorität geben haben einen höheren Umsetzungsgrad der Digitalisierungsmaßnahmen. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Umsetzungsgrad der Digitalisierungsmaßnahmen und unternehmens- bzw. mitarbeiterspezifischen Faktoren wie Unternehmensart, Erzeugungstechnologie, Erzeugungskapazität, Land des Hauptsitzes oder der Funktion und Position des teilnehmenden Mitarbeiters kann nicht identifiziert werden.

Es besteht jedoch eine starke Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad\* und dem Umsetzungsgrad von Digitalisierungsmaßnahmen, siehe Abbildung 31. Unternehmen, die die Digitalisierungsmaßnahmen weitergehend umgesetzt haben, schätzen ihre eigene digitale Reife nicht nur höher ein, sondern haben auch mehr digitale Anwendungen implementiert.

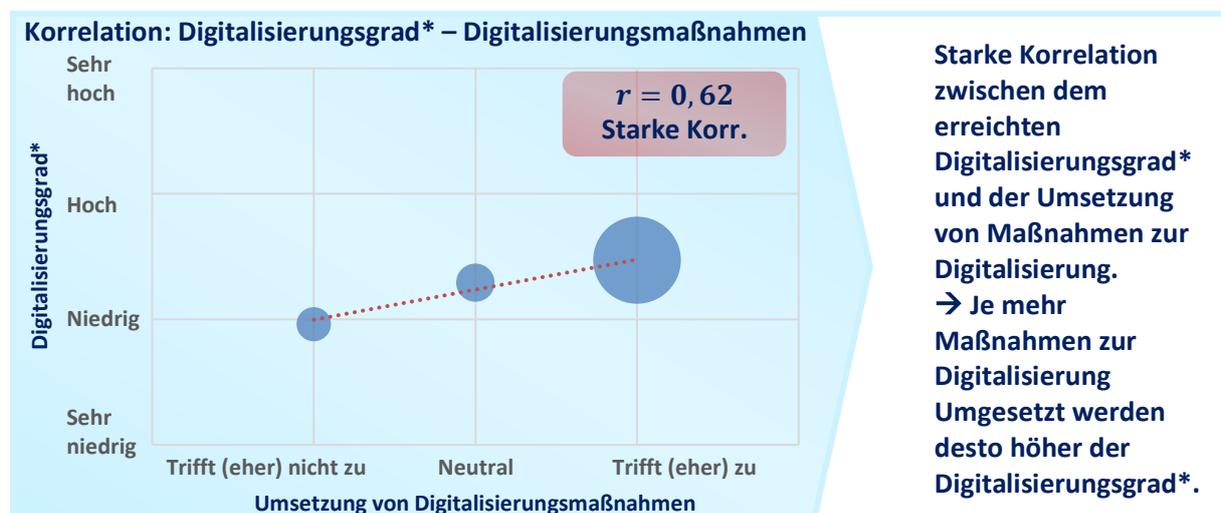


Abbildung 31: Korrelation Digitalisierungsgrad\* – Digitalisierungsmaßnahmen

Die Digitalisierungsmaßnahmen setzen sich zusammen aus den Transformationsmaßnahmen, den IT & Daten-Sicherheitsmaßnahmen sowie Kooperationen. Im Folgenden werden diese drei Aspekte nochmals einzeln betrachtet.

### Transformationsmaßnahmen

Unternehmen, die der Digitalisierung eine hohe Priorität geben und die Veränderungen eher früher erwarten haben bereits einen höheren Umsetzungsgrad der Transformationsmaßnahmen erreicht. Es besteht eine starke Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad\* und dem Umsetzungsgrad von Transformationsmaßnahmen, siehe Abbildung 32. Hierbei gilt, dass Unternehmen, die die Transformationsmaßnahmen weitgehend umgesetzt haben, ebenfalls einen höheren Umsetzungsgrad bei digitalen Anwendungen erreichen. Besonders wichtige Maßnahmen zur digitalen Transformation, i.e. mit starker Korrelation zu einem hohen Digitalisierungsgrad\* sind das Erstellen und Kommunizieren einer Digitalstrategie, das klare Benennen von Verantwortlichkeiten und das Schaffen von dedizierten Digitalisierungsstellen.

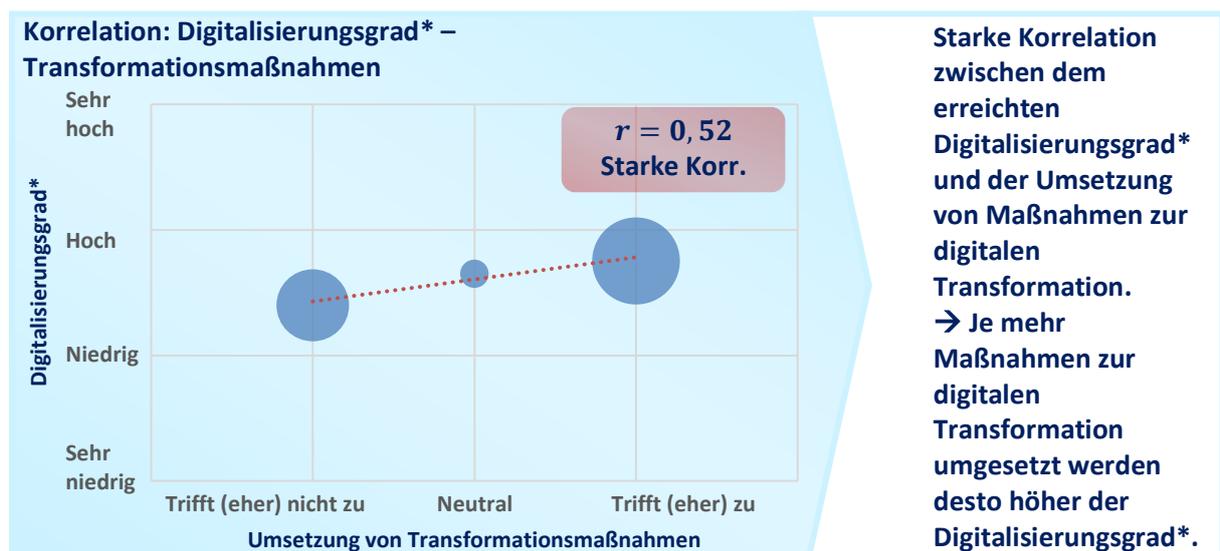


Abbildung 32: Korrelation Digitalisierungsgrad\* – Transformationsmaßnahmen

### IT- / Datensicherheitsmaßnahmen

Theoretisch besteht eine sehr starke Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad\* und dem Umsetzungsgrad von IT & Daten-Sicherheitsmaßnahmen, siehe Abbildung 33. Durch die sehr geringe Anzahl an Antworten im Bereich „Trifft (eher) nicht zu“ kann jedoch keine belastbare Aussage über eine Korrelation getroffen werden. Auffällig ist aber, dass Unternehmen, welche IT- und Datensicherheitsmaßnahmen eher nicht umgesetzt haben, auch einen niedrigen Digitalisierungsgrad\* haben. Weiterhin zeigen die Antworten, dass ein besonders starker Zusammenhang ( $r = 0,79$ ) zwischen dem Digitalisierungsgrad\* und dem Vorhandensein von konkreten Aktionsplänen für den Fall eines entdeckten Hackerangriffs besteht.

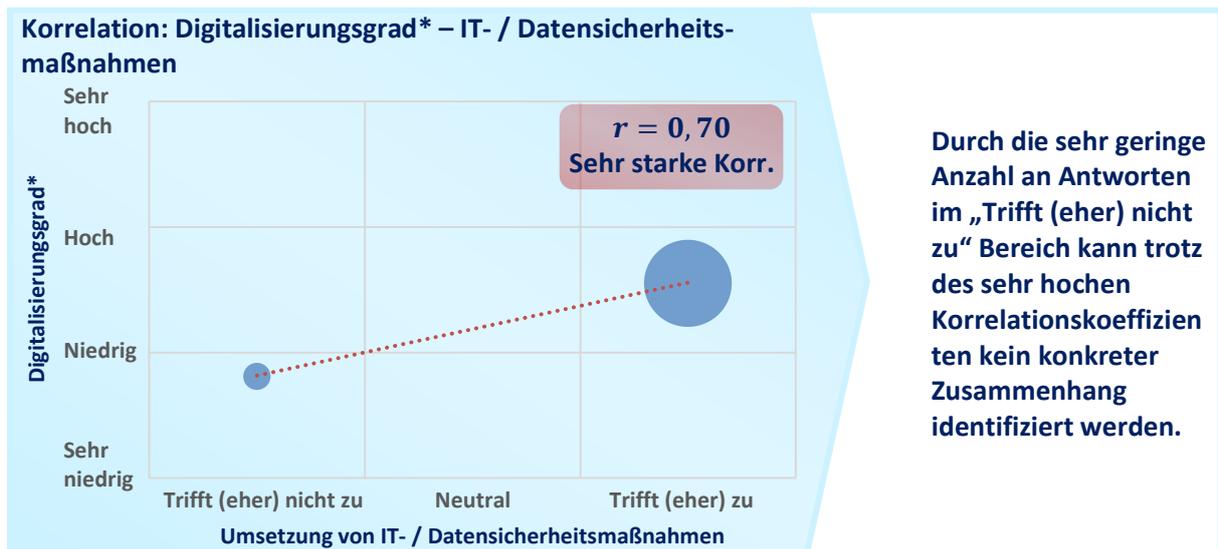


Abbildung 33: Korrelation Digitalisierungsgrad\* – IT-/Datensicherheitsmaßnahmen

**Kooperationen**

Es besteht eine starke Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad\* und der Nutzung von Kooperationen, siehe Abbildung 34. Hierbei gilt, dass Unternehmen, die vermehrt Kooperationen nutzen insbesondere ihre eigene digitale Reife höher einschätzen aber auch einen höheren Umsetzungsgrad bei digitalen Anwendungen erreichen. Besonders wichtige Kooperationspartner, i.e. mit einer starken Korrelation zu einem hohen Digitalisierungsgrad\* sind Unternehmensberatungen, Software- / IT-Hersteller, Verbände sowie Startups.

Es bestehen jedoch keine weiteren Korrelationen mit den weiteren vom Digitalisierungsgrad unabhängigen Faktoren wie Erzeugungskapazität, Internationalität oder Priorisierung der Digitalisierung.

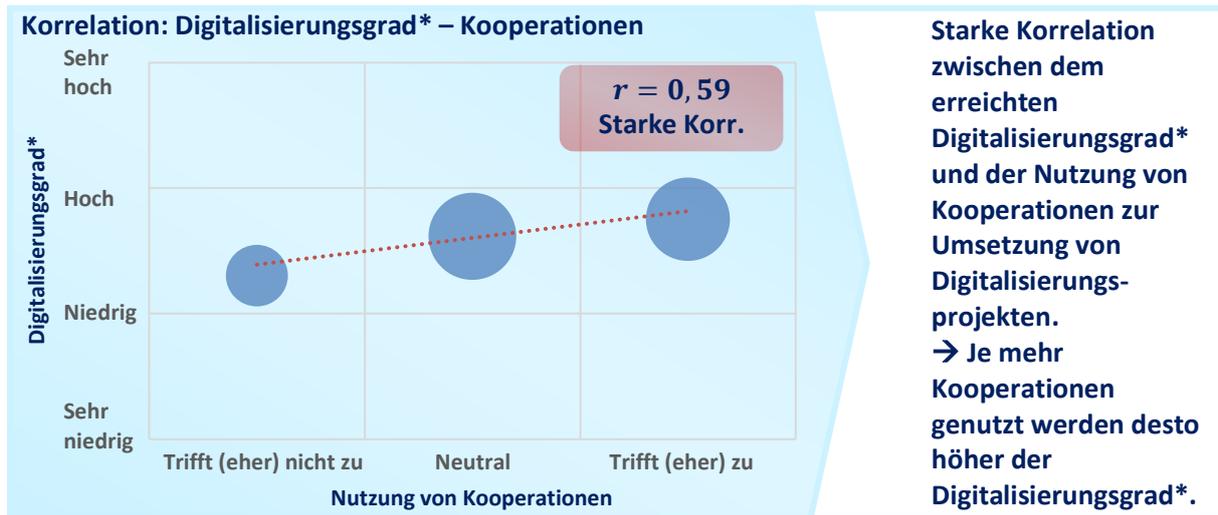
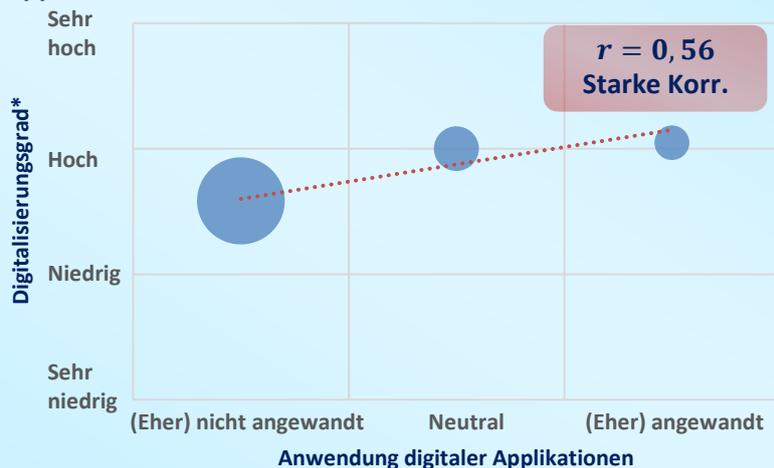


Abbildung 34: Korrelation Digitalisierungsgrad\* – Kooperationen

**Anwendung digitaler Applikationen**

Es zeigt sich, dass besonders Unternehmen mit einer großen installierten Erzeugungsleistung sowie Unternehmen welche der Digitalisierung eine hohe Priorität geben bereits einen höheren Umsetzungsgrad bei digitalen Anwendungen erreicht haben. Kein signifikanter Zusammenhang kann hingegen bezogen auf unternehmens- bzw. mitarbeiterspezifischen Faktoren wie Unternehmensart, Erzeugungstechnologie, Land des Hauptsitzes oder der Funktion und Position des teilnehmenden Mitarbeiters erkannt werden. Es besteht eine starke Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad\* und dem Umsetzungsgrad von digitalen Anwendungen, siehe Abbildung 35. Diese Korrelation trifft auf alle Teilbereiche des hier angewandten Digitalisierungsgrades\* zu, i.e. Transformationsmaßnahmen, IT & Daten-Sicherheitsmaßnahmen, Kooperationen und die Selbsteinschätzung der digitalen Reife.

### Korrelation: Digitalisierungsgrad\* – Anwendung digitaler Applikationen



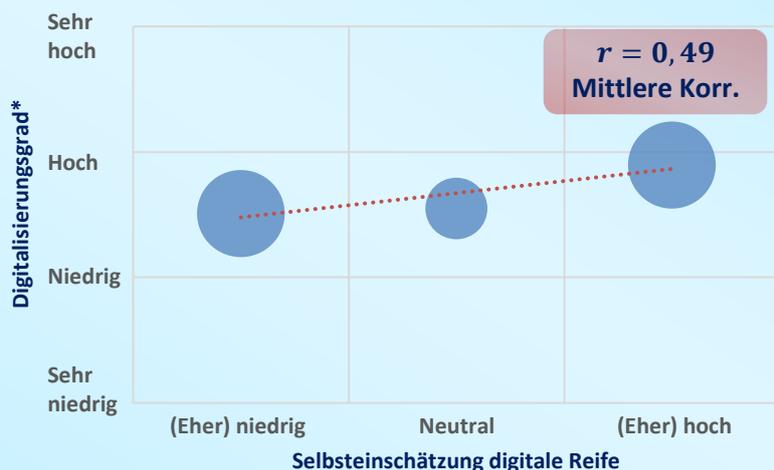
Starke Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad\* und der Nutzung von digitalen Applikationen.  
 → Je mehr digitale Applikationen genutzt werden, desto höher der Digitalisierungsgrad\*.

Abbildung 35: Korrelation Digitalisierungsgrad\* – Digitale Applikationen

### Selbsteinschätzung digitale Reife

Es besteht eine mittlere Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad\* und der Selbsteinschätzung der digitalen Reife, siehe Abbildung 36. Unternehmen, welche ihre eigene digitale Reife höher einschätzen haben in der Tat einen höheren Umsetzungsgrad bei Digitalisierungsmaßnahmen, insbesondere Kooperationen sowie bei digitalen Anwendungen. Die Korrelation nimmt in ihrer Tendenz über die 6 Stufen der digitalen Reife zu, bei Stufe 1 besteht weniger Korrelation zwischen ermitteltem Digitalisierungsgrad\* und der Selbsteinschätzung, auf den folgenden Stufen besteht eine stärkere Korrelation.

### Korrelation: Digitalisierungsgrad\* – Selbsteinschätzung digitale Reife



Mittlere Korrelation zwischen dem erreichten Digitalisierungsgrad\* und der selbst eingeschätzten digitalen Reife.  
 → Je höher die eigene digitale Reife eingeschätzt wird, desto höher der Digitalisierungsgrad\*.

Abbildung 36: Korrelation Digitalisierungsgrad\* – Selbsteinschätzung Reife

## 6. Digitalisierungsmaßnahmen

Als einer der drei Faktoren des Digitalisierungsgrades wird der aktuelle Stand sowie die Tendenz bis 2025 einiger Digitalisierungsmaßnahmen erhoben. Die Digitalisierungsmaßnahmen können dabei in drei Kategorien (siehe Abbildung 37) unterteilt werden.



Abbildung 37: Durchschnittliche Antworten Digitalisierungsmaßnahmen

In Abbildung 37 wird ersichtlich, dass insbesondere die Maßnahmen zur IT- und Datensicherheit bereits relativ weitgehend umgesetzt sind während die Transformationsmaßnahmen und Kooperationen durchschnittlich im Bereich zwischen „Trifft eher nicht zu“ und „Trifft teilweise zu“ landen. Der höhere Umsetzungsgrad der IT- und Datenschutzmaßnahmen ist konsistent mit der Ansicht der Teilnehmer, dass die IT- und Datensicherheit das größte Risiko der Digitalisierung ist, siehe Abbildung 17. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass mehrere der bewerteten Maßnahmen im Bereich IT- und Datenschutz (siehe Abbildung 39) für einen Teil der Teilnehmer rechtlich vorgeschrieben sind und somit in diesen Fällen (in der Theorie) die Antwort „Trifft voll zu“ sein sollte.

Der relativ geringe durchschnittliche Umsetzungsgrad der Transformationsmaßnahmen zeigt dringenden Handlungsbedarf. Die abgefragten Maßnahmen sind zumeist initiale und grundlegend wichtige Schritte für eine erfolgreiche digitale Transformation. Versäumnisse hier können potenziell zu Verzögerungen, Mehraufwand und zu weniger erfolgreichen digitalen Anwendungen führen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse je Frage in den drei Bereichen diskutiert. Die kompletten Antwortverteilungen je Frage finden sich im Anhang, Abbildungen Abbildung 47-Abbildung 49.

### 6.1. Digitale Transformation

Im Folgenden werden die Ergebnisse einzelner Maßnahmen zur digitalen Transformation diskutiert. Die detaillierten Ergebnisse je Frage befinden sich im Anhang, Abbildung 47.

Im Durchschnitt sind alle in Abbildung 38 dargestellten Maßnahmen zur digitalen Transformation im Bereich zwischen „Trifft eher nicht zu“ bis „Trifft teilweise zu“ bewertet. Die einzige Ausnahme stellen hier die im Mittelfristplan enthaltenen Investitionen in die Digitalisierung dar, welche von 80% der Teilnehmer mit „Trifft voll zu“ bzw. „Trifft teilweise zu“ und somit im Durchschnitt leicht über „Trifft teilweise zu“ bewertet sind. Zwar sind Investitionen nicht zwangsläufig für alle digitalen Anwendungen notwendig, insbesondere zu Beginn der digitalen Transformation muss jedoch häufig zunächst die Grundlage in Form von Hardware, Systemen und Kompetenzen geschaffen werden. Investitionen sind (in den meisten Fällen) eine notwendige Voraussetzung für eine digitale Transformation, jedoch ist darüber hinaus ein Kulturwandel notwendig. Für die Bestandteile eines digitalen Kulturwandels gibt es keine allgemeingültige Definition. Insofern sind hier mit dem Erstellen einer Digitalstrategie, der Kommunikation dieser, dem Benennen von Verantwortlichkeiten, dem Nutzen von agilen Arbeitsweisen und dem Sichern von Kompetenzen durch neue Stellen einige grundlegende Teilaspekte betrachtet. Andere eher soziopsychologische Aspekte wie etwa die Einstellung der Belegschaft gegenüber der Digitalisierung lassen sich nicht in sinnvoller Weise durch eine einzelne Person in Form einer Umfrage bewerten. Der Umsetzungsgrad der hier bewerteten Maßnahmen ist mit etwas geringer als „Trifft teilweise zu“ relativ gering bewertet und macht somit Handlungsbedarf sichtbar. So stimmen beispielsweise nur 14% der Teilnehmer voll zu, eine Digitalstrategie zu haben. Andererseits geben auch nur 11% an, keine zu haben. Bezüglich der Benennung von Verantwortlichkeiten geben zwar nur 3% an, diese

gar nicht benannt zu haben, aber weitere 40% geben an, diese eher nicht benannt zu haben. Hier besteht also bei vielen Unternehmen klarer Nachholbedarf.

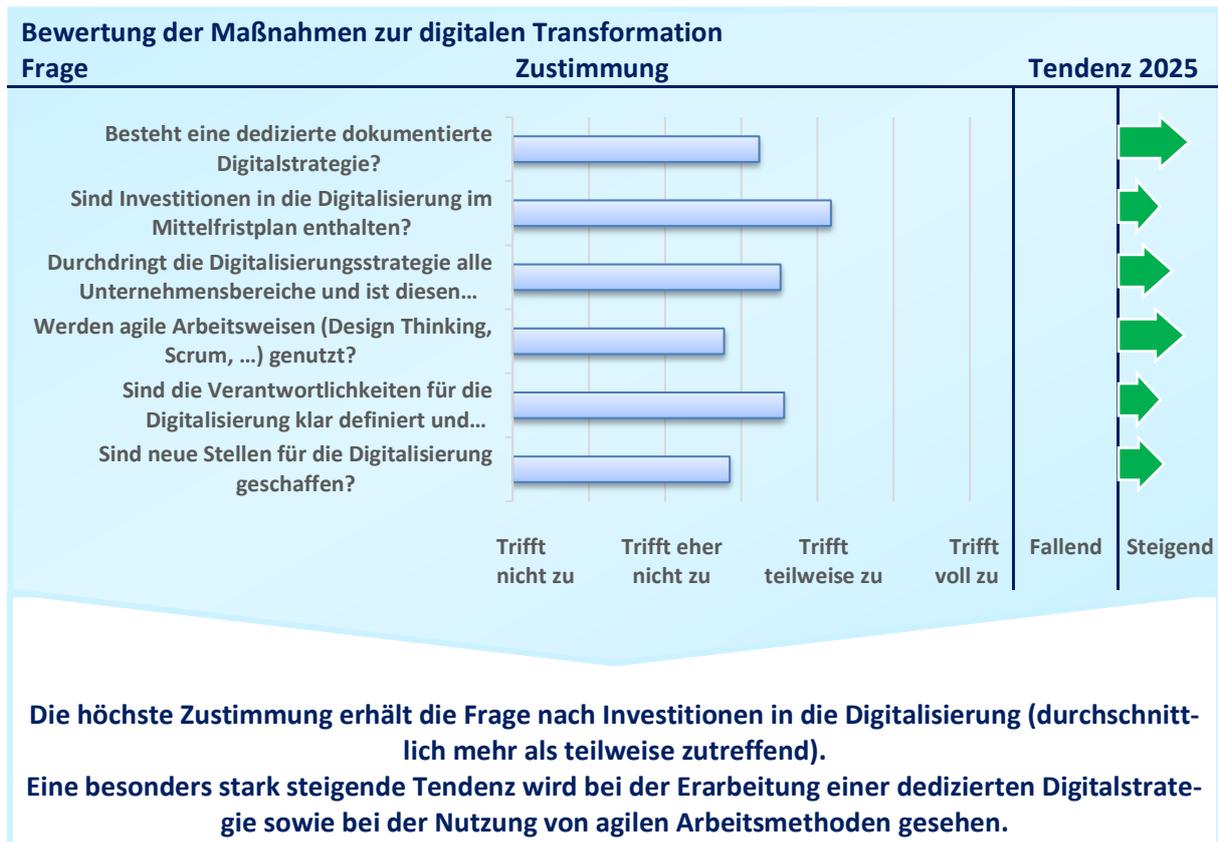


Abbildung 38: Maßnahmen der digitalen Transformation

Bei der Erarbeitung der Digitalstrategie sowie der Identifizierung und Priorisierung konkreter Anwendungen gehen die meisten im Deep-Dive befragten Teilnehmer in einem zweistufigen Bottom-up zu Top-down Verfahren vor. Hierbei werden Möglichkeiten in der Organisation durch Mitarbeiter identifiziert und innerhalb eines Management-Experten Gremiums priorisiert. Die Umsetzung geschieht in der Folge wieder durch die Linienorganisation, unter Umständen mit Unterstützung weiterer Bereiche. In den meisten Fällen sind die Verantwortlichkeiten für die Digitalisierung nahe oder sogar in der Linienorganisation platziert.

Darüber hinaus bedarf es bei der Umsetzung von digitalen Anwendungen der richtigen Kompetenzen sowie häufig neuer agiler Arbeitsmethoden. Jedoch sind das Schaffen neuer Stellen und die Anwendung agiler Arbeitsweisen durchschnittlich eher als „eher nicht zutreffend“ bewertet. Insbesondere bei der Bewertung der agilen Arbeitsweisen geben über 50% der Teilnehmer an, solche nicht oder eher nicht zu nutzen (bei 11% Enthaltungen).

Selbstverständlich ist nicht jede der bewerteten Maßnahme für jedes Unternehmen sinnvoll. Insgesamt kann jedoch festgehalten werden, dass erste wichtige Schritte bereits gegangen sind, dass im Durchschnitt aber weiterhin Handlungsbedarf besteht, um eine gute Grundlage für eine digitale Transformation zu schaffen.

Die stärkste steigende Tendenz sehen die Teilnehmer bei der Erstellung der Digitalstrategie und der Anwendung agiler Arbeitsweisen. Dies gibt einen Hinweis auf die zukünftige Priorisierung der Maßnahmen durch die Unternehmen.

## 6.2. IT-/Datensicherheit

Im Folgenden werden die Ergebnisse einzelner Fragen zur IT- und Datensicherheit diskutiert. Die detaillierten Ergebnisse je Frage befinden sich im Anhang, Abbildung 48.

Während die erste Frage in Abbildung 39 eine Einschätzung der Gefährdung der IT- und Datensicherheit darstellt sind die darauf folgenden Fragen Bewertungen des Umsetzungsgrades von Maßnahmen zur Verbesserung der IT- und Datensicherheit.

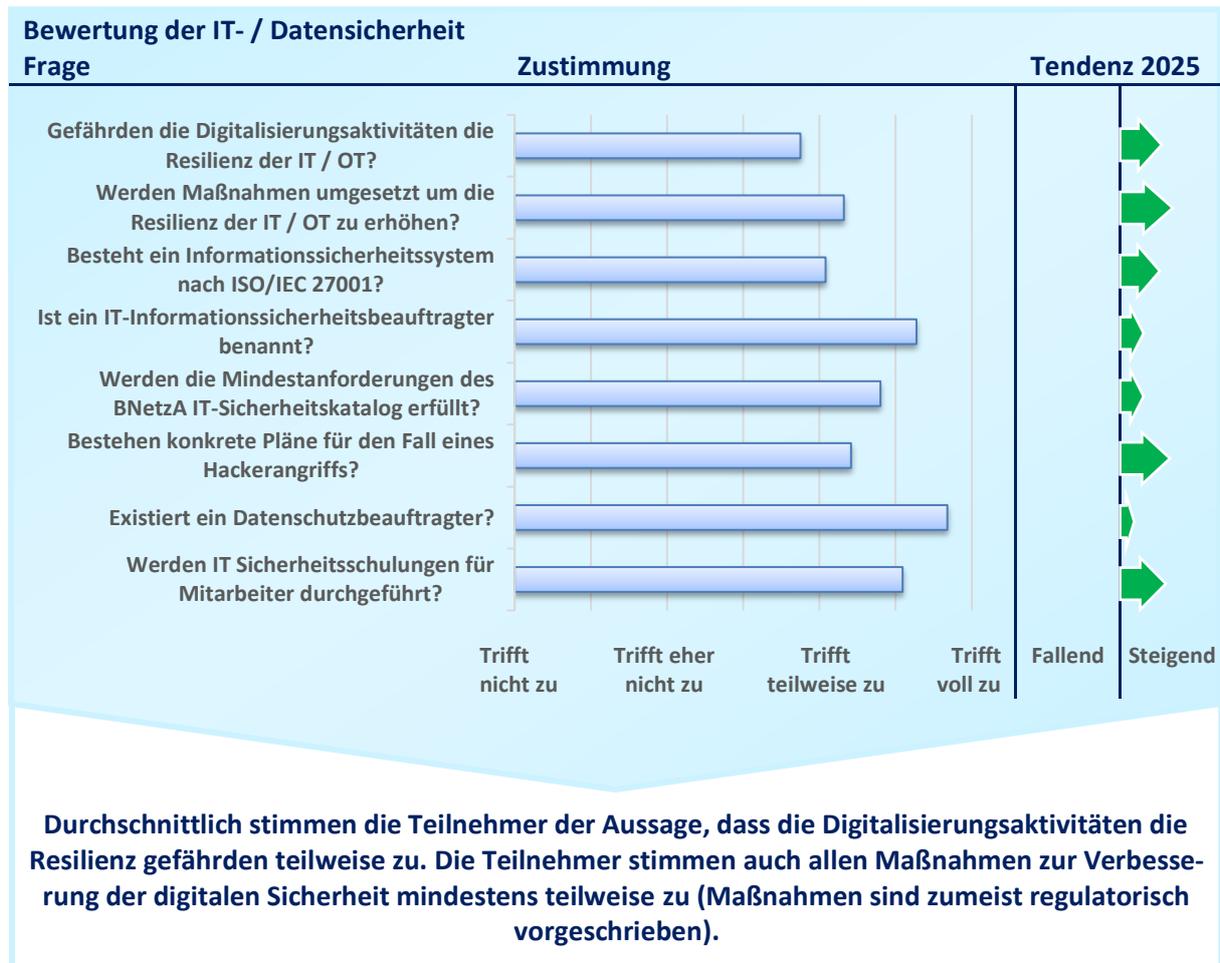


Abbildung 39: Maßnahmen zu IT-/Datensicherheit

Die durchschnittliche Bewertung der Teilnehmer, dass die Digitalisierungsaktivitäten teilweise die Resilienz der IT / OT (information technology / operational technology) gefährdet, ist konsistent mit der in Abbildung 17 dargestellten Bewertung, dass die IT- und Datensicherheit ein hohes Risiko darstellt. Die Zustimmung zu den IT- und Datensicherheitsmaßnahmen liegt durchweg höher als die Zustimmung zur Aussage, dass die Digitalisierungsaktivitäten die Resilienz gefährdet. Dies deutet einerseits darauf hin, dass das Risiko durchaus ernst genommen wird und Gegenmaßnahmen getroffen werden, ist aber andererseits auch dem Umstand geschuldet, dass viele der Maßnahmen für viele der Teilnehmer rechtlich verpflichtend sind. Jedoch lassen die Ergebnisse auch teilweise bei den für einige Teilnehmer rechtlich bindenden Maßnahmen Handlungsbedarf vermuten, wie zum Beispiel beim Informationssicherheitsmanagementsystem (ISMS) nach ISO/IEC 27001. Dieses muss laut BNetzA Sicherheitskatalog von allen „Betreibern von Energieanlagen, die durch die BSI-Kritis Verordnung als Kritische Infrastruktur bestimmt wurden und an ein Energieversorgungsnetz angeschlossen sind“ bis Ende März 2021 implementiert und zertifiziert sein. Aktuell geben jedoch erst 26% der Teilnehmer an, dieses voll umgesetzt zu haben, 28% können keine Antwort geben und 46% haben das ISMS teilweise bis gar nicht umgesetzt. Positiv ist zu bewerten, dass in den Deep-Dive Interviews der Großteil der Teilnehmer angab, zur Identifizierung von möglichen IT Schwachstellen externe Expertise von z.B. Gutachtern, Software Herstellern, Anlagenbauern sowie Behörden einzubeziehen.

### 6.3. Kooperationen

Im Folgenden werden die Ergebnisse einzelner Fragen zu Kooperationen diskutiert. Die detaillierten Ergebnisse je Frage befinden sich im Anhang, Abbildung 49.

In Abbildung 40 ist ersichtlich, dass die Nutzung von Kooperationen mit den verschiedenen Kooperationspartnern sehr unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Kooperationen mit Software und IT-Herstellern werden am häufigsten, also durchschnittlich mehr als teilweise genutzt.

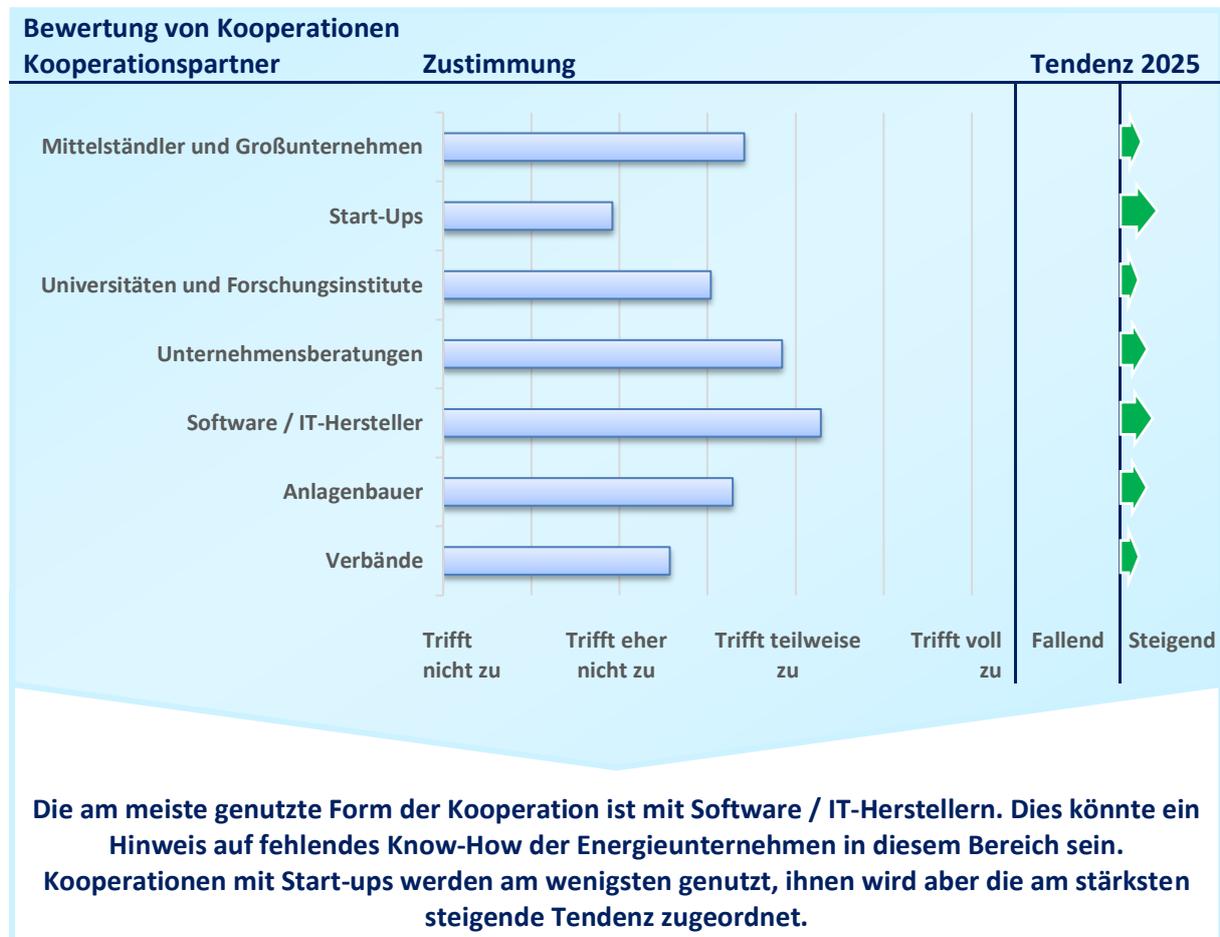


Abbildung 40: Kooperationen

Software und IT-Hersteller werden in der Regel für die konkrete Entwicklung und Umsetzung von digitalen Applikationen einbezogen. Die starke Nutzung von Kooperationen in diesem Gebiet könnte darauf hinweisen, dass Unternehmen des Energiesektors das hierfür notwendige Know-How nicht selber haben. Dies muss aber kein Nachteil sein, da sich die Technologie, das benötigte Wissen und die benötigten Fähigkeiten teilweise schnell weiterentwickeln und durch Kooperationen einfacher neuste Entwicklungen einbezogen werden können. Weiterhin werden am zweithäufigsten Kooperationen mit Unternehmensberatungen eingegangen. Diese werden häufig zur Unterstützung bei der digitalen Transformation genutzt. Auch hier besteht anscheinend teilweise Unsicherheit wie das Thema Digitalisierung angegangen werden sollte. Aktuelle werden Kooperationen mit Start-ups am wenigsten genutzt. Jedoch wird diesen die am stärkste steigende Tendenz zugeordnet. Kooperationen mit Start-ups bieten einerseits Zugang zu sehr innovativen Lösungen in sich schnell ändernden Märkten sind aber insbesondere für Energieunternehmen welche noch nicht viel eigene Kompetenz in dem jeweiligen Bereich aufgebaut haben sehr schwer zu beurteilen und somit risikobehaftet. Direkte Kooperationen mit Verbänden werden ebenfalls eher weniger genutzt jedoch wird gerne auf bereits durch Verbände erarbeitete Ergebnisse zurückgegriffen. So wurde in den Deep-Dives das KKS und RDS-PP® Kennzeichnungssystem als sehr hilfreich zum Austausch von Informationen zwischen Systemen sowie zum Erstellen von strukturierten systemübergreifenden Datenbanken erwähnt. Weiterhin wurde im Hinblick auf Verbände

beispielsweise angeregt eine Digitalisierungsleitlinie analog zur Kraftwerksleitlinie zu erarbeiten und Standards zur Bewertung von IT-Anbietern und konkreten Angeboten zu erstellen.

Den Angaben zu Kooperationen kann natürlich nicht entnommen werden um was für eine Art der Kooperation es sich handelt. Insofern ist hier davon auszugehen, dass darunter sowohl bezahlte Services (wie z.B. Engagieren einer Unternehmensberatung) wie auch gemeinschaftliche Kooperationen z.B. zur gemeinsamen Entwicklung von Anwendungen fallen.

## 7. Anwendung digitaler Applikationen

Die Umsetzung digitaler Anwendungen ist letztendlich der Grund für alle vorherigen Digitalisierungsaktivitäten. Digitale Anwendungen basieren hierbei auf digitalen Technologien und unterscheiden sich von diesen insofern, als dass eine Anwendung direkt einen Nutzen generiert während Technologien selbst noch keinen Nutzen haben. Natürlich bilden manche Anwendungen auch die Grundlage für weitere, komplexere Anwendungen. Bei den bewerteten Anwendungen handelt es sich um eine Auswahl basierend auf umfangreichen Literaturrecherchen, siehe [3]. Trotzdem können im Einzelfall Anwendungen nicht aufgeführt sein, insbesondere da der Fokus auf Anwendungen mit Relevanz für Erzeuger liegt.

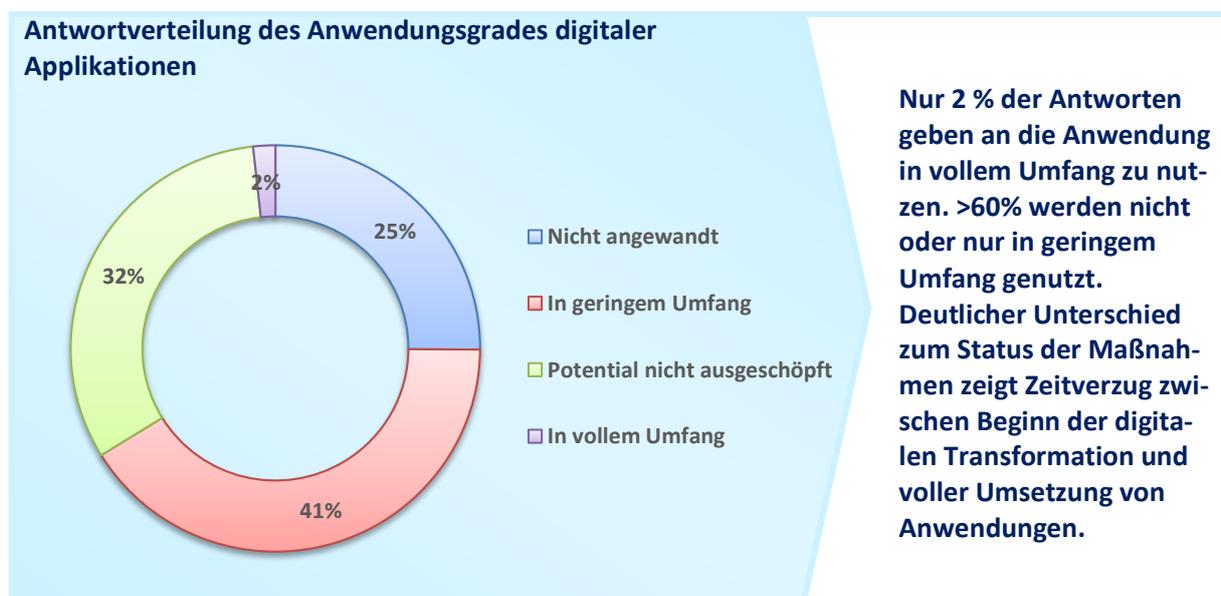


Abbildung 41: Antwortverteilung zur Anwendung digitaler Applikationen

Auffällig in Abbildung 41 ist, dass lediglich 2% der Antworten angeben, dass Applikationen in vollem Umfang genutzt werden während 25% der Antworten bei „nicht angewandt“ liegen. Insgesamt sind über 60% der Antworten im Bereich „Nicht / nur in geringem Umfang angewandt“. Insbesondere die geringe Anzahl an Antworten „In vollem Umfang angewandt“ stellt einen deutlichen Unterschied zu der Antwortverteilung der Maßnahmen der Digitalisierung dar. Es stellt sich die Frage warum der Umsetzungsgrad der Applikationen deutlich geringer ist. Sehr wahrscheinlich handelt es sich hier um einen zeitlichen Versatz zwischen dem Beginn der digitalen Transformation und dem tatsächlichen vollumfänglichen Nutzen von digitalen Anwendungen. Mit dem zeitlichen Versatz zwischen Maßnahmen und Anwendungen korreliert der zeitliche Versatz zwischen Investitionen in die Digitalisierung und Nutzen durch die Digitalisierung. Dieser Effekt, kombiniert mit dem in Abbildung 17 hoch bewerteten Hindernis der fehlenden (finanziellen) Ressourcen stellt ein ernstzunehmendes Problem für viele Energieunternehmen dar.

Andererseits zeigen  $\frac{3}{4}$  der Antworten, dass Anwendungen zumindest in irgendeiner Form, und wenn auch nur als Testprojekt genutzt werden. Dies zeigt die hohe Aktivität und Innovationsbereitschaft der Energieunternehmen bezogen auf die Digitalisierung und lässt eine Implementierungswelle digitaler Anwendungen in den kommenden Jahren erwarten.

In Abbildung 42 sind die Ergebnisse je abgefragter digitaler Anwendung dargestellt.

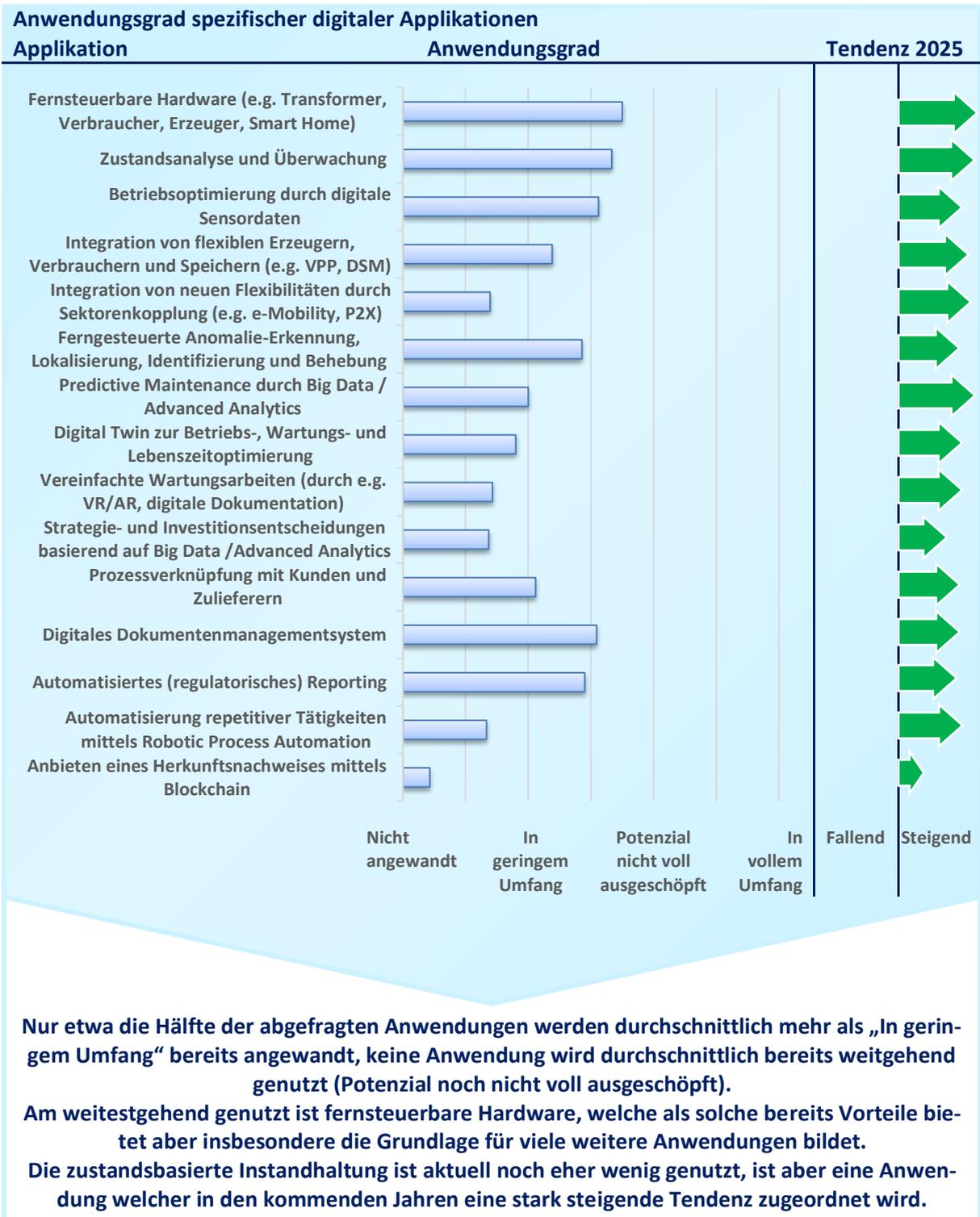


Abbildung 42: Anwendung digitaler Applikationen

Die drei Anwendungen mit dem höchsten Umsetzungsgrad sind (in abnehmender Reihenfolge): ferngesteuerte Hardware, Zustandsanalyse und Überwachung und Betriebsoptimierung durch digitale Sensordaten. Die abnehmende Reihenfolge ist bedingt durch die aufeinander aufbauende Natur der Anwendungen. Zunächst wird die notwendige Hardware in Form von Smart Devices bzw. Sensoren und Datenverbindungen installiert, basierend auf dieser können Komponenten und Systeme überwacht werden und durch aktive Eingriffe kann anschließend die Betriebsführung optimiert werden. Eine wei-

tere Anwendung welche in Teilen auf den drei zuvor beschrieben aufbaut ist die ferngesteuerte Anomalie Erkennung, Identifizierung, Lokalisierung und Behebung. Die Umfrageteilnehmer geben auch für diese Anwendung einen, im Vergleich zu anderen Anwendungen, bereits vergleichsweise hohen Umsetzungsgrad an. Weiterhin basiert auch die zustandsbasierte Instandhaltung (Predictive Maintenance) in Teilen auf der Reihe an zuvor beschriebenen Anwendungen. Voraussetzung für die zustandsbasierte Instandhaltung ist eine gute Datenbasis durch eine Vielzahl an digitalen Sensoren sowie Fähigkeiten im Bereich Big Data / Advanced Analytics und häufig ebenfalls KI. Durch die deutlich höhere Komplexität dieser Anwendung ist der aktuelle Umsetzungsgrad eher gering. Ein langfristiges Ziel dieser Reihe an digitalen Anwendungen kann die Etablierung eines Digitalen Zwillings (Digital Twin) sein. Ein digitaler Zwilling ist ein virtuelles Abbild einer physischen Anlage oder eines Assets wie z. B. einer Windkraftanlage oder einer Stromerzeugungsanlage mit Dampfturbine. Das virtuelle Modell basiert zum einen auf physikalischen Berechnungen und zum anderen auf einem durch reale Sensordaten maschinell lernenden Datenmodell. So können Anlagen und Prozesse nicht nur in Echtzeit überwacht werden, sondern auch Vorhersagen für zukünftige Entwicklungen getroffen und verschiedene Handlungsoptionen simuliert werden. Eine detaillierte Beschreibung des digitalen Zwillings und seiner Anwendungskonzepte für den Bereich der Dampfversorgung findet sich im Abschlussbericht des VGB-Projekts 429 "DIGI STEAM" [6]. Für Unternehmen mit Erzeugerfokus scheinen diese Anwendungen, welche die Kernprozesse der Erzeugung, Wartung und Betrieb, beeinflussen eine besonders hohe Wichtigkeit zu haben bzw. als Door-Opener für die Digitalisierung zu fungieren. Weiterhin gibt es zwei weitere Anwendungen welche einen vergleichsweise höheren Umsetzungsgrad erreichen. Diese Anwendungen sind das digitale Dokumentenmanagementsystem sowie automatisiertes Reporting. Beide Anwendungen wirken eher auf die unterstützenden Funktionen und Prozesse. Die mit Abstand am wenigsten stark genutzte Anwendung ist der Herkunftsnachweis mittels Blockchain. Hierbei handelt es sich um die Möglichkeit mittels Blockchain (oder anderer Ledger Technologien) Zertifikate für beispielsweise erneuerbare oder regionale Stromerzeugung peer-to-peer vom Erzeuger direkt an den Endkunden zu übermitteln.

Anhand der bewerteten Tendenz kann ein Eindruck gewonnen werden welche Anwendungen aus Sicht der Teilnehmer zukünftig eine wichtige Rolle spielen werden. Mit Ausnahme des Herkunftsnachweises bewerten die Teilnehmer die Tendenz aller Anwendungen als deutlich steigend. Die Anwendungen mit der am stärksten steigenden Tendenz ist ferngesteuerte Hardware, Zustandsanalyse und Überwachung, Predictive Maintenance und die Integration neuer Flexibilitäten.

Für jede Anwendung sind ebenfalls durch die Teilnehmer die jeweils erwarteten Nutzen angegeben. Die über alle Anwendungen gemittelten Nutzen sind in Abbildung 43 dargestellt.

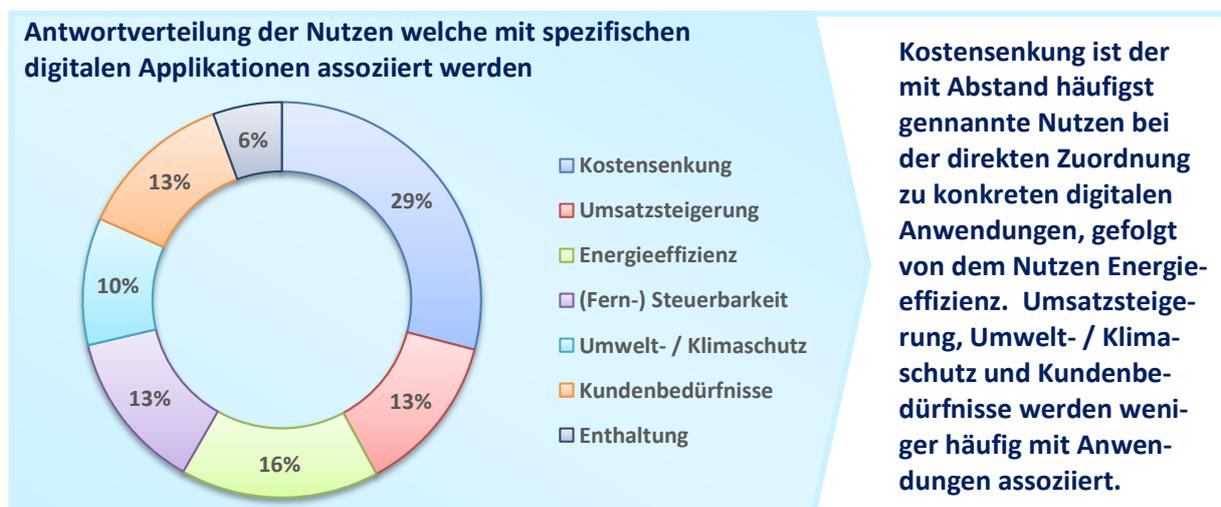


Abbildung 43: Gemittelter Nutzen digitaler Applikationen

Der einzige Nutzen welcher deutlich häufiger Anwendungen zugeordnet wird ist die Kostensenkung. Bereits die zweit und dritt häufigst genannten Nutzen, Energieeffizienz und (Fern-)Steuerbarkeit

werden lediglich etwa halb so häufig mit Anwendungen assoziiert. Es zeigt sich also, dass zumindest in der aktuellen Phase die Kostensenkung der Haupttreiber zur Umsetzung von digitalen Anwendungen ist. Umsatzsteigerung, Umwelt- / Klimaschutz und Kundenbedürfnisse werden hingegen deutlich weniger häufig Anwendungen zugeordnet. Der Vergleich mit Abbildung 16 welche eine nicht-anwendungsspezifische Bewertung von Nutzen beinhaltet zeigt, wie bereits in Abschnitt 0 diskutiert, eine weitestgehend konsistente Einschätzung der Nutzen, unabhängig ob diese allgemein oder für spezifische Anwendungen bewertet werden.

In Abbildung 44 sind die Nutzen je Anwendung dargestellt.

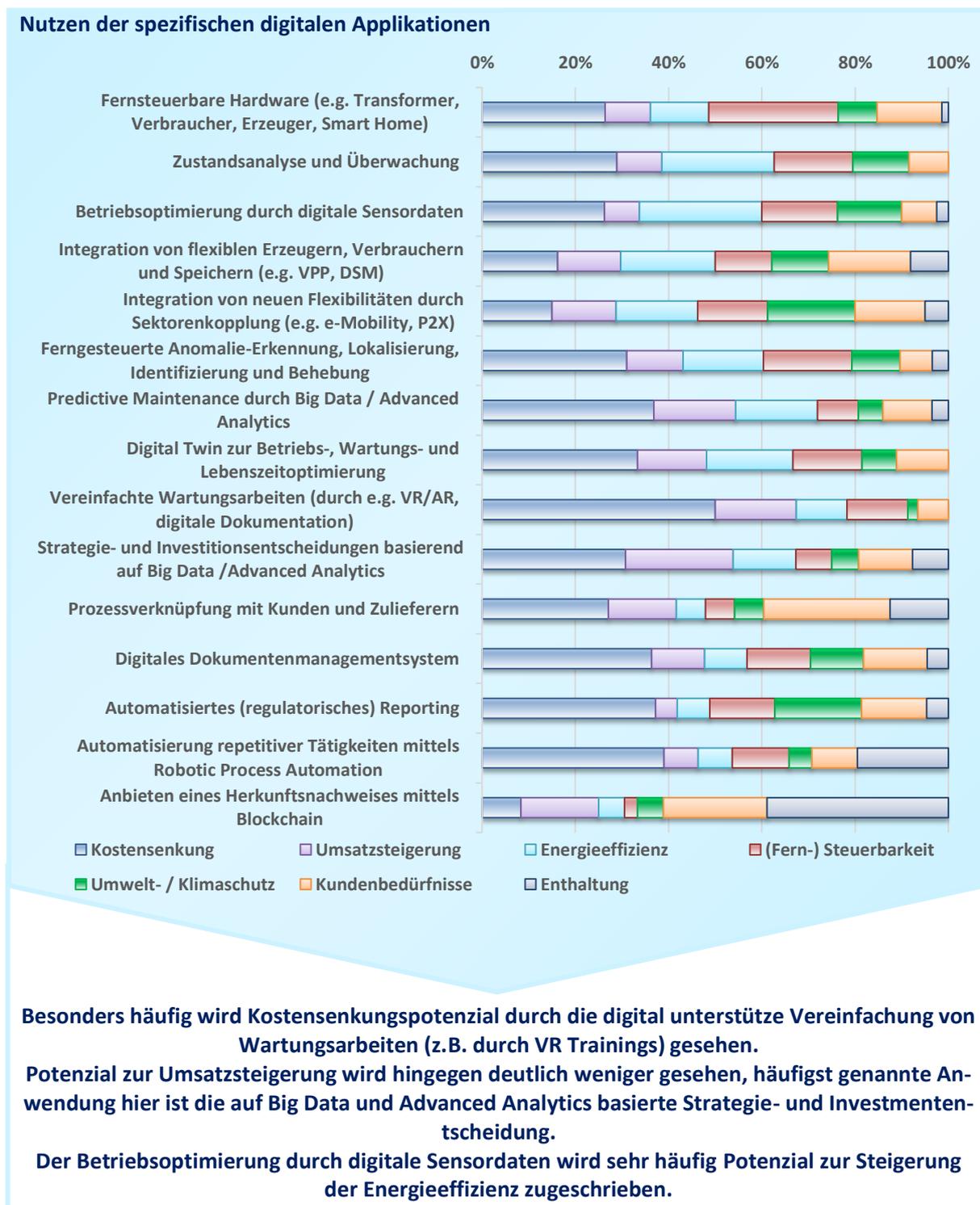


Abbildung 44: Nutzen spezifischer digitaler Applikationen

Die Darstellung in Abbildung 44 gibt lediglich die prozentuale Verteilung der Häufigkeit der Nennung der Nutzen an. Wie groß ein einzelner Nutzen oder sogar die Summe der Nutzen einer spezifischen Anwendung ist wird nicht dargestellt und war nicht Teil der Umfrage.

Insgesamt zeigt die Übersicht der Nutzen je digitaler Anwendung, dass alle Anwendungen ein recht breites Spektrum an Nutzen haben. Jede der Anwendungen ist durch die Teilnehmer jeder Nutzen zugeordnet, lediglich in unterschiedlich starken Ausprägungen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass viele digitale Anwendungen nach der Implementierung neben dem intendierten Nutzen weitere Vorteile bieten.

Wie schon in der Übersicht in Abbildung 43 dargestellt ist der Nutzen Kostensenkung der im Mittel und bei vielen spezifischen Anwendungen der am häufigst genannte Nutzen. Einen besonders großen Anteil am Gesamtnutzen hat die Kostensenkung bei den Anwendungen Vereinfachte Wartungsarbeiten (kürzere Wartungsdauer, weniger Stillstandzeiten), Predictive Maintenance (weniger unvorhergesehene Stillstandzeiten, geringerer Bedarf an Ersatzteilen), Automatisierung von Reporting und anderer repetitiver Tätigkeiten (geringerer Arbeitsaufwand) sowie dem digitalen Dokumentenmanagement (geringerer Arbeitsaufwand). Neben den aufgeführten wichtigsten Wirkweisen der Kostensenkung pro Anwendung bestehen noch zahlreiche weitere. Der zweitwichtigste Nutzen, die Energieeffizienz wird insbesondere den Anwendungen Betriebsoptimierung (weniger Verluste von Erzeugung bis Verbrauch) und Zustandsanalyse und Überwachung (schnellere Reaktion auf unerwünschte Zustände und Ergebnisse) zugeordnet. Umsatzsteigerung wird insbesondere der Anwendung Strategie- und Investitionsentscheidungen basierend auf Big Data /Advanced Analytics Analysen zugeschrieben, Kundenbedürfnisse werden besonders durch die Prozessverknüpfung mit Kunden und Zulieferern erfüllt und der Umwelt- und Klimaschutz wird besonders durch die Integration neuer Flexibilitäten sowie (überraschender Weise) die Automatisierung von Reportings unterstützt.

## 8. Selbsteinschätzung der digitalen Reife

### 8.1. Erläuterung des 6-stufigen Reife Modells

Die Forschungs- und Ausbildungseinrichtung FIR an der RWTH Aachen hat ein Reifegradmodell der Digitalisierung und Industrie 4.0 entwickelt und im Rahmen der acatech Studie [4] veröffentlicht. Teil des Reifegradmodells ist ein 6-stufiger Entwicklungspfad. Die sechs Entwicklungsstufen sind in Abbildung 45 dargestellt und beschrieben. In [4] werden die ersten beiden Stufen der Digitalisierung zugeordnet und die Stufen 3-6 der Industrie 4.0. Da der Begriff Digitalisierung im Kontext dieser Umfrage aber breiter als die Umwandlung von analog zu digital und Vernetzung gefasst wird (siehe Definition unter Abschnitt 1) werden im folgenden alle 6 Stufen als Teil der Digitalisierung betrachtet.

Stufen	Beschreibung	Nutzen
1	<b>Computerisierung</b> <i>Erfassen digitaler Daten</i> Isolierte Umwandlung, Erfassung und Verarbeitung von digitalen Daten, Schaffung digitaler Schnittstellen für Maschinen und Anlagen, z. B. digitale Sensoren.	Digitale Daten stehen (lokal) zur Verfügung.
2	<b>Konnektivität</b> <i>Verbinden von Datenquellen</i> Verknüpfung digitaler Komponenten zu Netzwerken (IoT), Schaffung von Schnittstellen zwischen isolierten Systemen, z. B. über das Internet Protocol. Management der Zugriffsrechte.	Anlagen können ferngesteuert werden, Daten stehen den relevanten Nutzern zur Verfügung.
3	<b>Sichtbarkeit</b> <i>Sehen was passiert</i> Erzeugung eines digitalen Modells des vernetzten Unternehmens („digitaler Schatten“), Einsicht in Prozesse in Echtzeit. Konsolidierung der Daten zu einem „Single Point of Truth“.	Der Ist-Zustand und historische Daten sind in Echtzeit ablesbar.
4	<b>Transparenz</b> <i>Verstehen warum es passiert</i> Aufdeckung von Wirkungszusammenhängen durch neue datengetriebene Analyseverfahren, z. B. Big Data.	Wirkzusammenhänge werden verstanden.
5	<b>Prognosefähigkeit</b> <i>Wissen was passieren wird</i> Vorhersagbarkeit von Entwicklungen, Störungen und Planabweichungen, Ableitung von Handlungsempfehlungen („digitaler Zwilling“), z. B. zur vorausschauenden Wartung.	Vorhersagen können getroffen werden, Verschiedene Szenarien können simuliert werden zur Entscheidungsunterstützung
6	<b>Adaptierfähigkeit</b> <i>Selbst-optimierende Systeme</i> Automatische Steuerung und Selbstoptimierung komplexer Prozesse, Einsatz selbstlernender Systeme.	Maßnahmen können präventiv getroffen werden. Systeme steuern sich selbst.

Abbildung 45: 6-stufiges Modell der digitalen Reife basierend auf [4]

Unterschiede ergeben sich ebenfalls in der Zielsetzung des Modells sowie der Anwendung. Während die in [4] präsentierte und in [5] in der Zementindustrie angewandte Methodik die Zielsetzung hat über

eine Status-quo Analyse und einer Zielbilddefinition notwendige Aktionen zu identifizieren und dies zu einer digitalen Roadmap zu kombinieren, wird im Rahmen der DigiPoll@Energy Umfrage der 6-stufige Entwicklungspfad rein für die Status-quo Analyse genutzt. Insofern unterscheidet sich auch das methodische Vorgehen. Während in [5] die Reife je Stufe durch eine Reihe von Sub-Fragen ermittelt wird, wird hier die Bewertung der subjektiven Einschätzung des Teilnehmers überlassen. Die detaillierteren Fragen werden hingegen getrennt von der Selbsteinschätzung in Abschnitt 0 und 7 gestellt. So kann ein Vergleich zwischen Selbstwahrnehmung, dem Umsetzungsgrad von Digitalisierungsmaßnahmen und der Implementierung von digitalen Anwendung getroffen werden.

Die sechs Entwicklungsstufen werden in der Regel sequentiell durchlaufen, sie sind also aufeinander aufbauend. Trotzdem muss nicht für jede Anwendung die sechste Stufe erreicht werden. Viele Anwendungen entfalten bereits auf vorherigen Stufen ihren Nutzen.

## 8.2. Ergebnisse der Selbsteinschätzung

Die Teilnehmer bewerten ihre eigene digitale Reife zwischen sehr niedrig und sehr hoch entlang der 6 Entwicklungsstufen. Dies geschieht sowohl übergeordnet, für das gesamte Unternehmen als auch spezifisch für einzelne Kernprozesse der jeweiligen Bereiche der teilnehmenden Personen. Da der Großteil der Teilnehmer einen Erzeugerfokus hat, sind trotz einer Vielzahl von Antworten für Prozesse anderer Wertschöpfungsstufen e.g. Netz, Handel, etc. nur für die Erzeugerprozesse Wartung und Betrieb genügend Antworten für eine statistische Auswertung vorhanden. Insgesamt bestehen keine statistisch relevanten Unterschiede zwischen den Bewertungen der digitalen Reife des gesamten Unternehmens, der Erzeugerprozesse Wartung und Betrieb sowie den gemittelten Antworten der weiteren Prozesse und Wertschöpfungsstufen. In Abbildung 46 ist somit das Mittel über alle Antworten dargestellt.

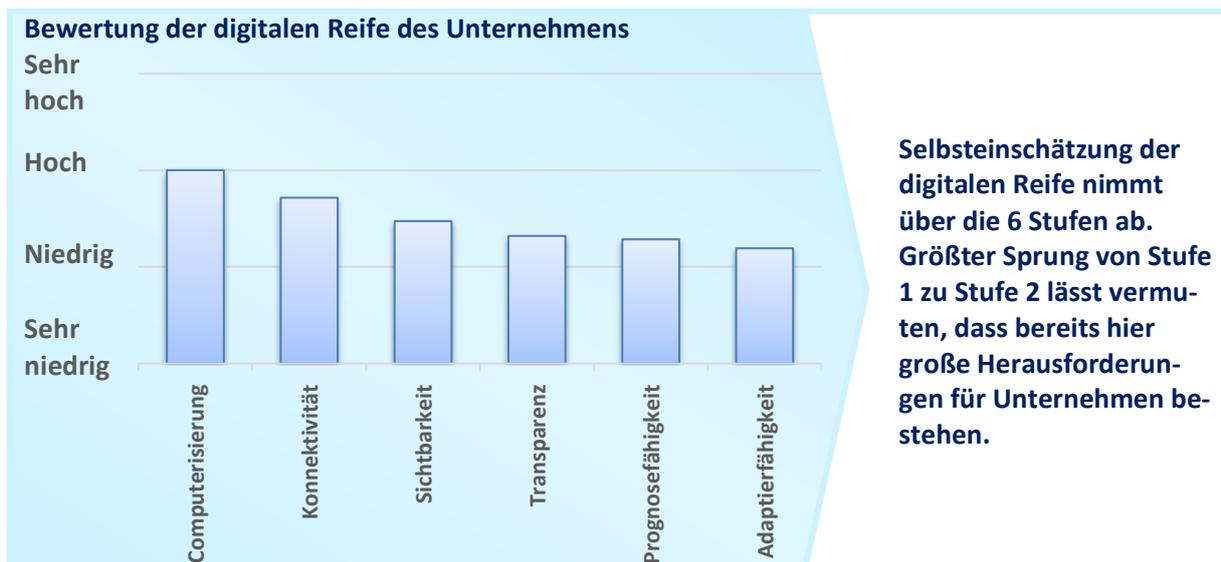


Abbildung 46: Durchschnittliche digitale Reife

Die Selbsteinschätzung nimmt, wie erwartet über die sechs Entwicklungsstufen ab. Während die Reife der Computerisierung (Umwandlung von analog zu digital) noch als hoch eingeschätzt wird, sehen die Teilnehmer bei der letzten Stufe, der Adaptierfähigkeit eher eine niedrige Reife. Der größte Sprung besteht bereits zwischen Stufe eins und Stufe zwei, also beim Schritt nach erfolgter Umwandlung von analog zu digital hin zur Vernetzung der nun digital erhobenen Daten. Dies beinhaltet sowohl die Einbindung von digitalen Komponenten wie etwa Sensoren und IoT Devices in Netzwerke als auch das Kreieren von Datenbanken zur Sammlung und Verarbeitung der anfallenden Daten. Der große Sprung in der Bewertung der Reife lässt vermuten, dass hier bereits größere Schwierigkeiten für Energieunternehmen bestehen. Basierend auf den Deep-Dive Interviews scheint die größte Herausforderung zu sein, Daten unterschiedlicher Systeme, technische wie ökonomische in einer Datenbank zusammen zu

fassen. Hier bestehen neben informationstechnischen Schwierigkeiten an Systemschnittstellen ebenfalls IT- und Datensicherheitsbedenken, insbesondere für Unternehmen der kritischen Infrastruktur. Weiterhin kann auch eine erhöhte Informationstransparenz bei Mitarbeitern auf Ablehnung stoßen. Weiterhin gab der Großteil der Deep-Dive Interviewpartner an, dass bei der Verknüpfung technischer Systeme das vom VGB definierte KKS und RDS-PP® Kennzeichnungssystem bereits heute sehr hilfreich ist. Das Kennzeichnungssystem kann insbesondere dabei hilfreich sein, Daten in strukturierter Form zu speichern, sodass die Visualisierung und Auswertung der Daten in den Schritten drei und vier deutlich vereinfacht wird. Als problematisch wird wahrgenommen, dass der Aufwand der Schritte 1 und 2, je nach Startpunkt und Voraussetzungen, recht hoch ist während die Nutzen der Anwendungen auf diesen beiden Stufen noch im Vergleich zu den Folgestufen eher limitiert ist.

## 9. Anwendungsbeispiele

Um Digitalisierungsaktivitäten, insbesondere Digitale Anwendungen etwas greifbarer zu machen wurden im Rahmen der Deep-Dives reale Anwendungsbeispiele der jeweiligen Unternehmen diskutiert und dokumentiert.

EDF



**Beschreibung**



Durch die Bestimmung kritischer Ersatzteile und deren Ausstattung mit RFID-Chips werden zuverlässig MTBF (Mean Time Between Failures) Daten erhoben und in einen „Optimizer“ gespeist (aktuell statische Algorithmen; KI ist in Arbeit). Reparatur- und Ausfallzeiten werden ebenfalls als Input für die Optimierung gesammelt. In einem nächsten Schritt werden alle kritischen Ersatzteile direkt oder indirekt überwacht. IoT Sensoren messen relevante Größen und schließen so den Kreis für ein aktives Anlagenmanagement.

**Optispare**



**Anwendungsgebiet**

- Wartung
- Asset Management



**Digitale Technologien**

- RFID
- Simulation des Lebenszyklus



**Nutzen**

- Geringere Turbinen Ausfallzeiten
- Höhere Verfügbarkeit von Ersatzteilen
- Wirtschaftliche Optimierung des Ersatzteil Managements



**Kooperationen**

- EDF R&D
- Maximo IBM

**Startpunkt**



Die Identifizierung von kritischen Ersatzteilen und die Festlegung des Lagerbestandes wurde von Werksleitern durchgeführt. Der Ausgangspunkt des Projektes war die Motivation Kenntnis zu haben, wo sich kritische Ersatzteile befinden und anschließend den Bedarf an Ersatzteilen mit dem Wartungsbudget ab zu stimmen.

**Vorgehen**

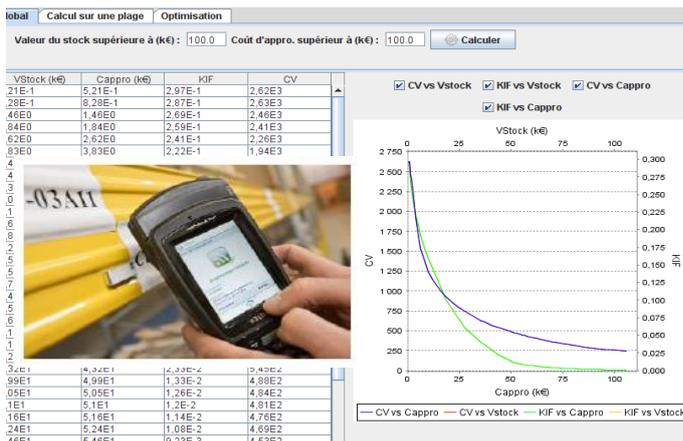


Zunächst wurden die RFID-Chips für die Echtzeit-Bestandsüberwachung flächendeckend angewandt. Dann ein „Optimizer“ programmiert, welcher für jedes Ersatzteil unter Berücksichtigung eines Jahresbudgets einen Zielbestand vorgibt. Für weiterreichende Optimierungen, wurden die Ersatzteil Informationen mit Daten über Lagerbewegungen (basierend auf RFID-Chips), Reparatur- und Ausfallzeiten und den wirtschaftlichen Wert der Ersatzteile angereichert.

**Ergebnis**



Im ersten Schritt wurde eine bessere Lebenszyklusbewertung von kritischen Ersatzteilen erreicht. Im zweiten Schritt wurde eine wirtschaftliche Optimierung des Ersatzteilmanagements erreicht. Mit Blick auf die Zukunft rückt das Asset Life Cycle Management basierend auf multiplen Sensoren und den von diesen gesammelten Informationen in den Fokus.



**Best practices**



- Die Lokalisierung von kritischen Ersatzteilen kann durch RFID-Chips erheblich verbessert werden
- Technische Faktoren wie Reparatur- und Ausfallzeiten müssen realistisch sein UND die wirtschaftliche Optimierung muss berücksichtigt werden

**Beschreibung**



Bestimmte Wartungsarbeiten sowie die Betreuung kritischer Systeme erfordern die Präsenz von Experten. Diese Experten sind häufig schwer verfügbar und oft geographisch von den Anlagen getrennt. Das Problem besteht insbesondere bei Wartungen von Anlagen im Ausland und wird durch die aktuellen Reisebeschränkungen aufgrund von COVID19 verstärkt. Die **Smart Glasses** fungieren als "ferngesteuertes Auge" des Experten und unterstützen Interaktionen in Echtzeit, erfüllen Anforderungen an Schärfe und Farbwiedergabe und basieren auf einer sicheren Verbindung.

## Smart Glasses



**Anwendungsgebiet**

- Wartung
- Experten Begutachtung



**Digitale Technologien**

- Smart glasses
- VPN / Verschlüsselung



**Nutzen**

- Höhere Verfügbarkeit der Experten
- Niedrigere Betriebs- und Wartungskosten
- Niedrigere Reisekosten und -risiken



**Kooperationen**

- Flexthings

**Startpunkt**



Hochqualifizierte Experten in zentralen Büros müssen reisen, um Anlagen rund um den Globus zu begutachten. Dies schränkt die Anzahl der Anlagen ein, die begutachtet werden können. Der Ausgangspunkt war die Frage, wie die Zuverlässigkeit und Leistung kritischer Systeme unter Berücksichtigung des Drucks zur Optimierung der Wartungskosten verbessert werden kann.

**Vorgehen**



Bei der Implementierung der Technologie wurde die schnelle Entwicklung hin zu kleinen sowie kostengünstigen hochauflösenden Kameras genutzt. Durch VPN-Verbindungen konnte eine sichere Videoübertragung fast überall verfügbar gemacht werden. Der letzte Schritt war die Einrichtung "virtueller Expertenräume", in denen verschiedene Wissensträger, wie z.B. Experten in der Unternehmenszentrale, Wartungstechniker in Zwillingsanlagen, Hersteller und auch Auszubildende zusammengeführt werden.

**Ergebnis**



**Smart Glasses** mit langer Batterielaufzeit, ausgelegt für ATEX Bedingungen (EX-Bereiche) sowie hohe Temperatur- und Feuchtigkeitsbereiche, können die physische Anwesenheit von Experten ersetzen. Virtuelle Räume bieten einer großen Anzahl von Personen an verschiedenen Orten die Möglichkeit, an der Begutachtung teilzunehmen. Der daraus resultierende Vorteil ist, dass mehr Anlagen von hoch-qualifizierten Experten enger betreut werden, wodurch die Betriebs- und Wartungskosten gesenkt werden können. Weiterhin müssen weniger Reisen unternommen werden, was die Gesundheits- & Sicherheitsrisiken sowie die Reisekosten verringert.



**Best practices**



- Fernüberwachung kann Reisen (mit allen Nebeneffekten wie Gesundheits- und Sicherheitsrisiken, Kosten, CO2-Emissionen) teilweise ersetzen
- Trainees können mit Experten in Projekten zusammengebracht werden

# Dispatch Center

**Description**



The central dispatch center draws data from different technical control systems as well as from financial and resource planning systems and provides remote access to this information based on access rules. Besides the monitoring capabilities, it offers the function to remotely control hydro generation units.



**Impact area**

- Hydro generation
- Asset management



**Digital technologies**

- IoT



**Benefits**

- Remote control
- Cost reduction



**Cooperations**

- IT software and hardware providers

**Starting point**



Many technical systems as well as financial and resource planning systems were not interconnected, thus many processes required manual actions e.g. printing and signing of work permissions, orders, report creation.

**Approach**



The technical requirements for the central dispatch system solution were defined and the implementation is carried out in cooperation with an IT provider / consultancy. Connections to all relevant systems are currently being established. In some cases data had to be digitized first. The digitizing of data was performed automatic where possible (“smart scan”) and manual where necessary. The technical systems draw data from IoT devices and digital sensors.

**Result**



Due to the central dispatch center, processes would be interconnected and digital data would be exchanged. At this stage of implementation many processes already are to a large extent digital e.g. work order/permit, contractor management, technical log books, financial reporting, procurement, trading. Besides that, remote control functionality of the physical assets will greatly improve. Water levels and generation parameters already can be remotely monitored. Next step will be to include controlling possibilities too. Taking into account the worldwide COVID19 pandemic situation, a remotely controlled dispatch center with clearly defined access rights is our respective solution. Overall, an efficiency increase and a cost decrease in many impacted processes certainly will be achieved.

Going forward the next step will be to perform more analysis on the collected data and develop data based applications such as for preventive maintenance.



**Best practices**



- A thorough analysis of which technical and non-technical system the central dispatch system needs to connect to is necessary upfront to ensure interoperability
- Technical requirements to connect systems need to be discussed early with IT responsables

# EnBW — EnBW

## Beschreibung



Asset RADAR ermöglicht eine vorausschauende Wartung einschließlich Lebenszyklusoptimierung und optimierter Ressourcenplanung für die gesamte Anlagenflotte.

# Asset RADAR



## Anwendungsgebiet

- Erneuerbare Energien
- Betrieb und Wartung



## Digitale Technologien

- Big Data
- Künstliche Intelligenz



## Nutzen

- Anomalieerkennung
- Effizienzsteigerung
- Kostenreduzierung
- Umsatzsteigerung



## Kooperationen

- -

## Startpunkt



Ein zentrales Datenmanagementsystem für konsolidierte Betriebsdaten mit einer leistungsfähigen Schnittstelle boten eine gute Ausgangsbasis für die Datenanalyse.

## Vorgehen



1. Entwicklung und Implementierung einer Datenanalyse sowie KI-Umgebung
2. Verbesserung der Datenqualität als Grundlage für weitere Analysen zur Optimierung des Betriebs und zur Entscheidungsunterstützung
3. Automatisierung der Diagnostik zur Qualitätssteigerung und Kostensenkung
4. Einbindung weiterer Funktionen wie zustands- und lastbasierte Ressourcenplanung und Lebenszyklusoptimierung

## Ergebnis



Das Ergebnis ist ein proaktives Fehleranalysesystem zur Erkennung von sich anbahnenden Fehlern. Das System nutzt eine künstliche Intelligenz (KI), um die Qualität der Vorhersagen zu verbessern, basierend auf den Betriebsdaten. Dadurch wird eine vorausschauende Wartung erreicht, die nicht nur aufkommende Ausfälle identifiziert, sondern auch die Ressourcenplanung verbessert, die Lebensdauer der Anlage optimiert und Entscheidungshilfen bietet.

## Best practices



- Ein gutes Datenmanagement ist für jede datengetriebene Anwendung unerlässlich
- Die Datenbasis muss zu Beginn nicht perfekt sein, sie kann iterativ erweitert und verbessert werden
- Signifikante Kostensenkung und Umsatzsteigerung rechtfertigen die Vorabinvestition
- Cloud Computing ermöglicht eine gezielte Skalierung
- Ständige Weiterentwicklung ist notwendig, da sich die Möglichkeiten der Technologie ständig erweitern (KI)
- Deep Learning braucht eine gute Strukturierung/Dokumentation des Schadens



**Beschreibung**



Im Rahmen des VGB-Forschungsprojektes 429 – DigiSteam wurden die Auswirkungen der digitalen Transformation mit speziellem Fokus auf den Bereich der Dampferzeugung für die Prozessindustrie und die Wärme- und Energiebereitstellung untersucht. Ziel war es Methoden und Möglichkeiten, die zur fortschreitenden Digitalisierung dieses Industriesektors beitragen können, zu identifizieren und Herausforderungen, potenzielle Effekte und Chancen durch deren Anwendung zu beschreiben.

**DIGI STEAM**



**Anwendungsgebiet**

- Dampferzeugung
- Betrieb und Wartung
- Energieerzeugung
- Energieintensive Industrie



**Digitale Technologien**

- Soft Sensors
- Big Data
- Modellierung und Optimierung
- Informationsmodelle



**Nutzen**

- Anomalieerkennung
- Effizienzsteigerung
- Kostenreduzierung
- Entscheidungsunterstützung



**Kooperationen**

- Anwendungsnahe Grundlagenforschung der TU Wien

**Startpunkt**



Neuartige Digitalisierungsmethoden erreichen einen Reifegrad für die industrielle Umsetzung, was viele Chancen aber auch Probleme mit sich bringt. Als besonders zukunftsträchtiges Werkzeug, um die Digitalisierung handhaben und nutzen zu können, gilt der Digitale Zwilling (Digital Twin - DT). Damit Unternehmen bei der Gestaltung und Umsetzung eines DT in der Praxis unterstützt werden können, bedarf es konkreter Anwendungskonzepte, die den DT in eine Struktur einbinden, in der das Zusammenspiel zwischen realer und digitaler Welt ersichtlich wird und der Nutzen dieses Konzepts dadurch sichergestellt werden kann.

**Vorgehen**

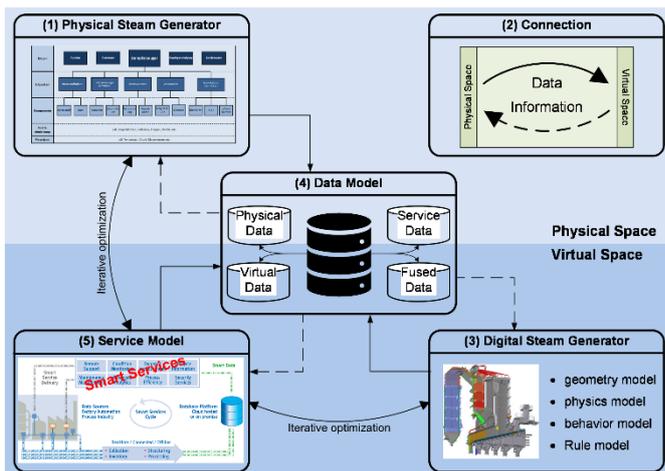


Aufbauend auf der Erfassung theoretischer Grundlagen sowie grundlegender Definitionen in den Themengebieten Digitalisierung und DT wurde eine Adaption eines fünfdimensionalen Modells für einen DT eines Dampferzeugers (5D-DT) präsentiert, bestehend aus physikalischem Dampferzeuger, Kommunikationsmodell, virtuellem Dampferzeuger, Datenmodell und Servicemodell.

**Ergebnis**



Eine große Herausforderung ist die Gewährleistung der Interoperabilität zwischen Diensten und die Notwendigkeit, verschiedene Systeme und Geräte zu einer zentralen Wissensbasis zu verbinden. Mit einem 5D-DT Ansatz können die sonst oft isolierten Dienste ihr volles Potential ausschöpfen, indem die Kommunikation der Komponenten ermöglicht und eine gemeinsame Wissensbasis geschaffen wird.



**Best practices**



- Skalierbares 5D-DT Konzept für schrittweise Steigerung des Systemumfangs
- Smart Services können integriert werden
- Informationsmodell für konsistente und effizientes Datenmanagement

## 10. Ausblick und VGB Aktivitäten

Die Umfrage DigiPoll@Energy ist im Auftrag des VGB durchgeführt um den Status Quo sowie die Aussichten der Digitalisierung unter VGB Mitgliedern zu ermitteln. Dieses Wissen dient dem VGB um seine Mitglieder mit zielgerichteten Angeboten und Aktivitäten bestmöglich zu unterstützen.

Bereits heute können VGB Mitglieder auf wichtige Unterstützungsmöglichkeiten hinsichtlich der Digitalisierung zurückgreifen. Formate wie etwa der DigiDay und der Cyber-Security Day ermöglichen einen bereichs- und unternehmensübergreifenden Wissens- und Erfahrungsaustausch. Weiterhin bestehen spezifische Angebote für einzelne Erzeugungstechnologien, wie etwa das Hydro-Digitalisierungsbarometer und die Datenbank für Windenergieanlagen WIPPEX.

Weiterhin soll basierend auf den Ergebnissen der DigiPoll@Energy Umfrage sowie den Deep-Dive Interviews das VGB Angebot angepasst sowie erweitert werden. Mögliche Erweiterungen und Anpassungen sind:

- Erleichterung des Austausches in den Technical Committees (TCs) durch Erweiterung der TCs mit Digitalisierungsthemen
- Einbinden von Experten verschiedener Bereiche und Organisationen wie IT, Software & Hardware Unternehmen und Start-ups bei Veranstaltungen wie DigiDay zusätzlich zu Leittechnikern.
- Klären von Definitionen und Grundverständnissen, Abgrenzung Digitalisierung zu Leittechnik
- Erstellen einer Digitalisierungsleitlinie für technische und organisatorische Aspekte der Digitalisierung z.B. Datenformate, Datenspeicher, Transformationswege
- Definieren von Standards für Beschaffung von Hard- & Software (Vergleichbar mit bisherigen Standards für Beschaffung von Kraftwerkstechnik)
- Aufrüsten des KKS und RDS-PP® mit weiteren Digitalisierungselementen. z. B. in Kooperation mit Tipware da Kennzeichnungssysteme bisher sehr hilfreich zum Verknüpfen von Systemen sind (z.B. Anbindung SAP)

Die Ergebnisse der Umfrage wie auch die potentiellen neuen VGB Angebote und Aktivitäten werden im Rahmen des VGB DigiDay 2021 den Mitgliedern präsentiert und in diesem Rahmen diskutiert.

Es besteht die Option die Umfrage im zeitlichen Abstand von 2 Jahren zu wiederholen. Durch die erneute Abfrage des Status Quo und des Ausblicks können Veränderungen und Entwicklungen identifiziert werden. Dies verbessert weiterhin das Verständnis der Dynamik der Digitalisierung und führt so zu einer kontinuierlichen Optimierung der VGB Aktivitäten.

Wenn Sie weitere Fragen oder Anregungen zum Projekt oder zu den VGB-Digitalisierungsaktivitäten haben, wenden Sie sich bitte an Frau Sabine Polenz ([sabine.polenz@vgb.org](mailto:sabine.polenz@vgb.org)) und Thomas Eck ([thomas.eck@vgb.org](mailto:thomas.eck@vgb.org)).

## 11. Glossar

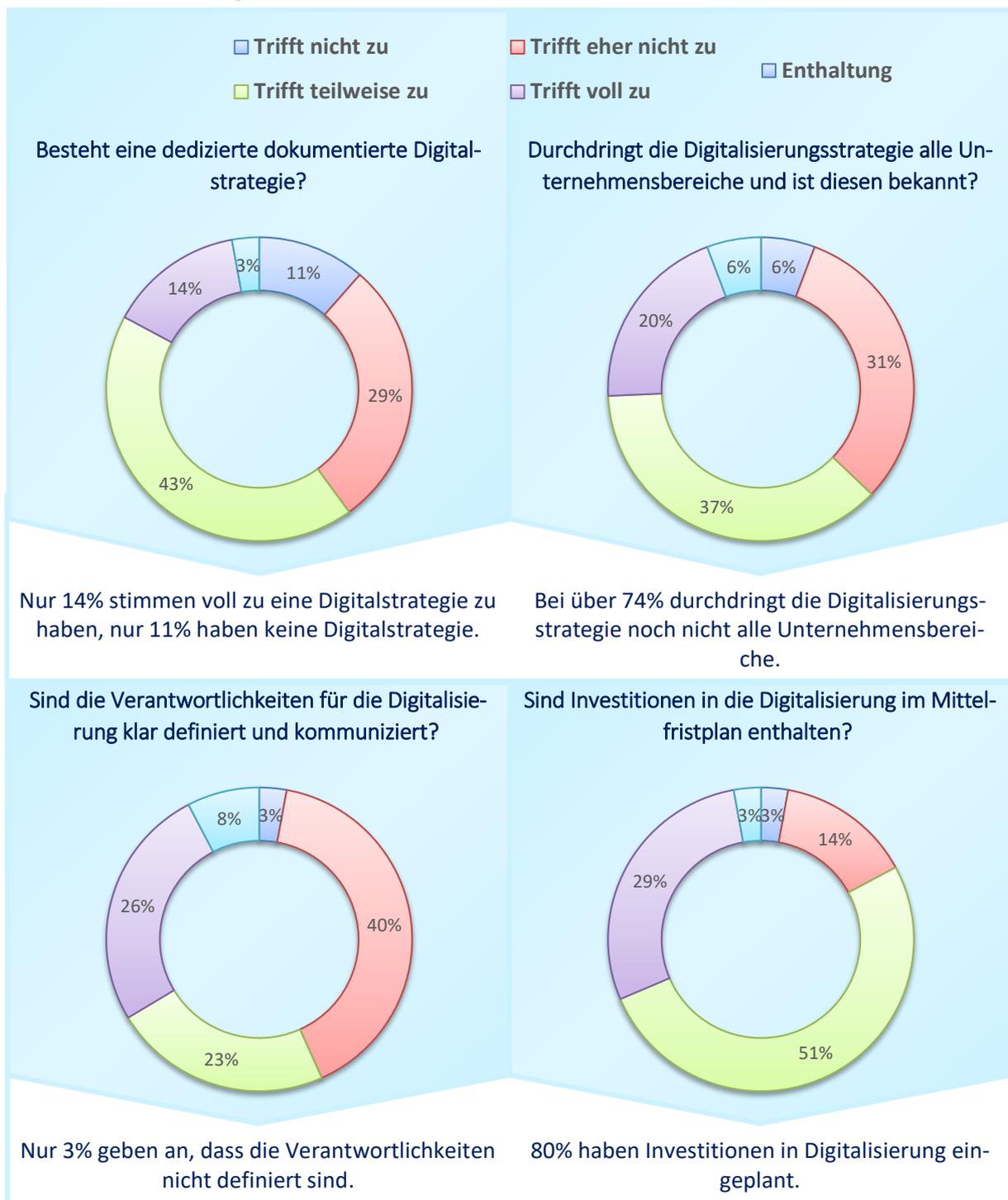
DSM	Demand Side Management
ICT	Information & Communication Technology
IoT	Internet of Things
IP	Internet protocol
ISMS	Information Security Management System
IT	Information technology
KI	Künstliche Intelligenz
OT	Operational technology
P2P	peer-to-peer
P2X	Power-to-X
RPA	Robotic Process Automation
SAB	Scientific Advisory Board
TC	Technical Committee
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VPP	Virtual Power Plant

## 12. Referenzen

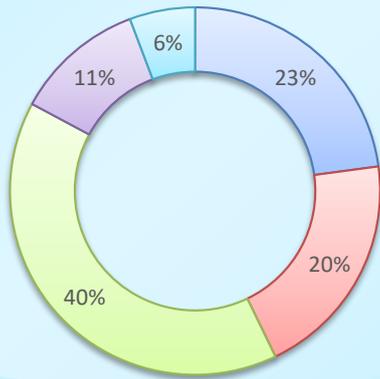
- [1] P. Weigel and K. Görner, “DigiPoll@Energy 2020 Digitalization in the Energy Sector – Status-quo, outlook and need for action,” *VGB POWERTECH*, no. 11 (2020), pp. 38–44, 2020.
- [2] Google Trends, “Digitalization searches worldwide 2010-2020,” Dec. 16, 2020. <https://trends.google.de/trends/explore?date=2010-01-01%202020-12-16&q=digitalization> (accessed Dec. 16, 2020).
- [3] P. Weigel and M. Fishedick, “Review and Categorization of Digital Applications in the Energy Sector,” *Applied Sciences*, vol. 9, no. 24, 2019, doi: 10.3390/app9245350.
- [4] G. Schuh, R. Anderl, J. Gausemeier, M. ten Hompel, and W. Wahlster, “Industrie 4.0 Maturity Index – Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten (acatech STUDIE).” München: Herbert Utz Verlag, 2017, Accessed: Aug. 12, 2020. [Online]. Available: <https://www.acatech.de/publikation/industrie-4-0-maturity-index-die-digitale-transformation-von-unternehmen-gestalten/>.
- [5] RWTH Aachen University, “Industrie 4.0 in der Zementindustrie Status quo und Perspektiven.pdf,” 2019. Accessed: Jun. 11, 2019. [Online]. Available: <https://cloud.vdz-online.de/index.php/s/7FBcaeZ3anYNGEp>.
- [6] R. Hofmann, L. Kasper, T. Bacher, and F. Birkelbach, “DIGI STEAM Digitalization possibilities and the potential of the Digital Twin for steam supply systems,” TU Wien, VGB research project 429, 2020.
- [7] Bundesnetzagentur, “Kraftwerksliste,” 2020. [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html) (accessed Sep. 10, 2020).
- [8] J. Bortz and Schuster, Christof, *Statistik: für Human- und Sozialwissenschaftler*, 7th ed. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.
- [9] Strategic Energy Technology Information System, “Digitalisation of the Energy sector,” *SETIS Magazine*, no. No. 17-05/2018, p. 32, May 2018.
- [10] S. Ramchurn, P. Vytelingum, A. Rogers, and N. R. Jennings, “Putting the ‘Smarts’ into the Smart Grid: A Grand Challenge for Artificial Intelligence,” *Communications of the ACM*, vol. 55, pp. 86–97, 2012.
- [11] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft, “Strategiepapier: Digitalisierung in der Energiewirtschaft,” Jun. 2015. Accessed: Feb. 14, 2018. [Online]. Available: <http://www.bdew.de/service/anwendungshilfen/strategiepapier-digitalisierung-der-energiewirtschaft/>.
- [12] International Energy Agency and OECD, *Digitalization & energy*. Paris: OECD, 2017.
- [13] O. D. Doleski, Ed., *Herausforderung Utility 4.0: wie sich die Energiewirtschaft im Zeitalter der Digitalisierung verändert*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017.

## 13. Anhang

### 13.1. Einzelfragen zu Transformationsmaßnahmen, Abschnitt 6.1

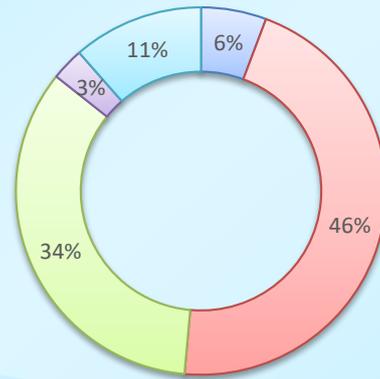


Sind neue Stellen für die Digitalisierung geschaffen?



Keine klare Tendenz, nur 11% haben neue Stellen geschaffen, bei 23% trifft dies nicht zu.

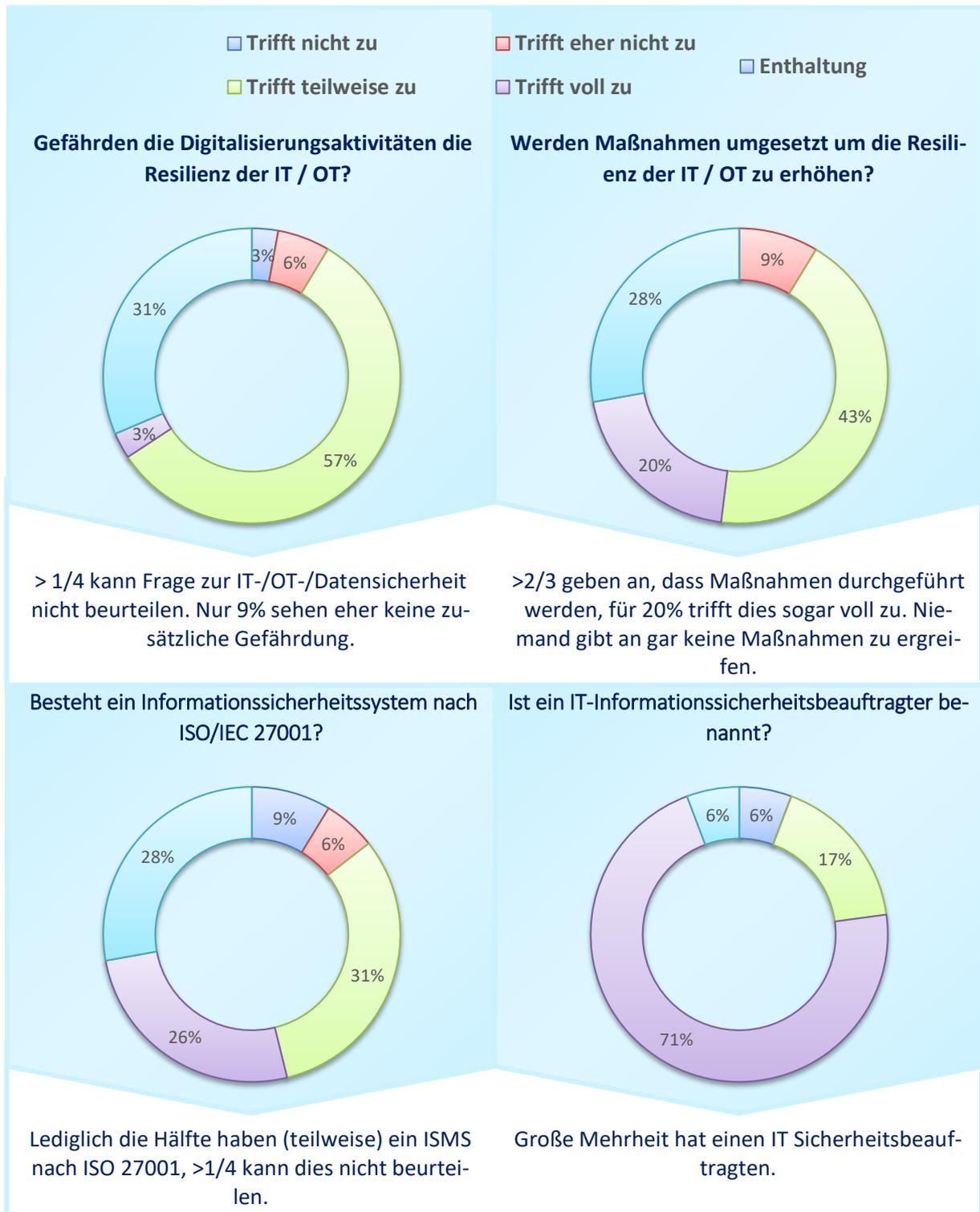
Werden agile Arbeitsweisen (Design Thinking, Scrum, ...) genutzt?



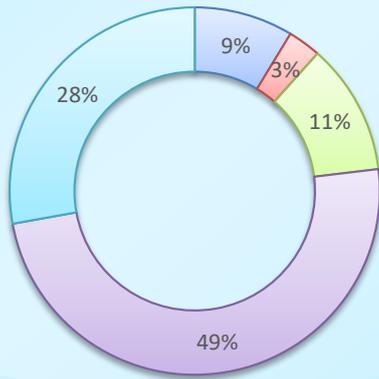
>50% nutzen kaum agile Arbeitsweisen.

Abbildung 47: Fragen zur Herangehensweise der digitalen Transformation

## 13.2. Einzelfragen zu IT- und Datensicherheit und Maßnahmen

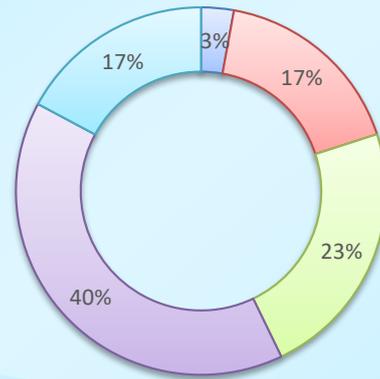


Werden die Mindestanforderungen des BNetzA IT-Sicherheitskatalog erfüllt?



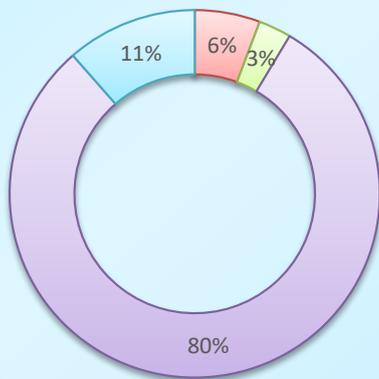
Knapp 50% erfüllen voll die Anforderungen des BNetzA IT-Sicherheitskatalogs, >1/4 kann dies nicht beurteilen.

Bestehen konkrete Pläne für den Fall eines Hackerangriffs?



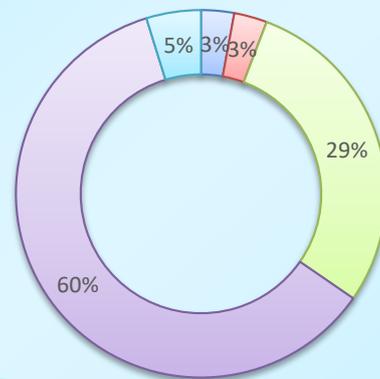
Bei fast 2/3 bestehen (zumindest teilweise) Pläne für den Fall eines Hackerangriffs.

Existiert ein Datenschutzbeauftragter?



Etwa 80% haben einen Datenschutzbeauftragten.

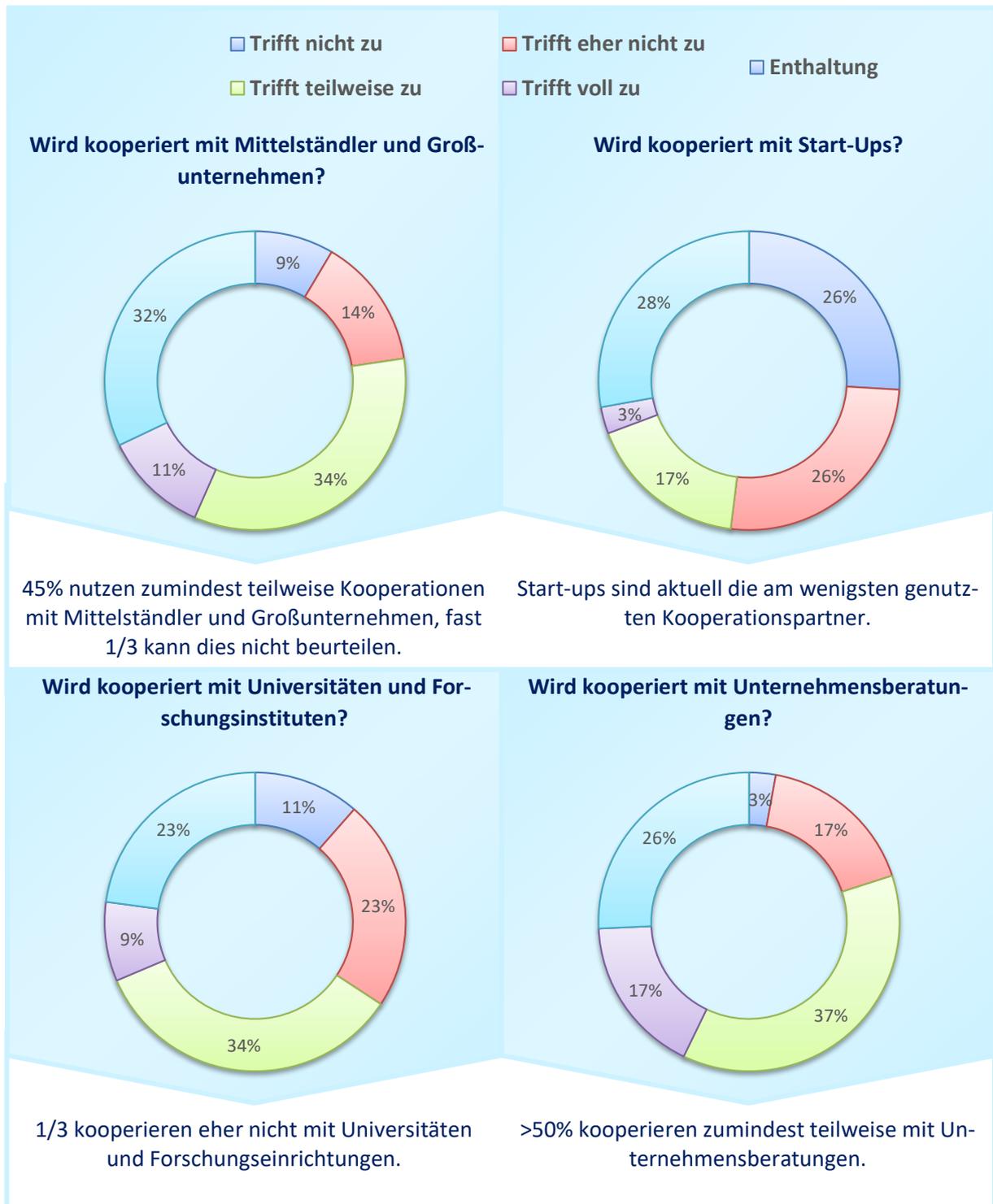
Werden IT Sicherheitsschulungen für Mitarbeiter durchgeführt?



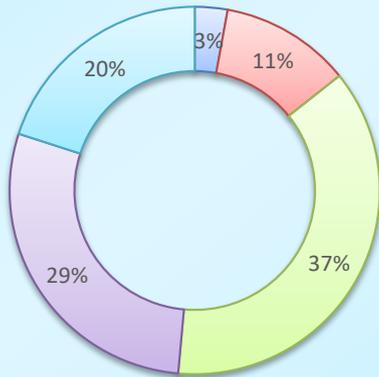
Fast 90% führen (zumindest teilweise) IT-Sicherheitsschulungen durch.

Abbildung 48: Fragen zur IT- und Datensicherheit sowie diesbezüglichen Maßnahmen

### 13.3. Einzelfragen zu Kooperationen

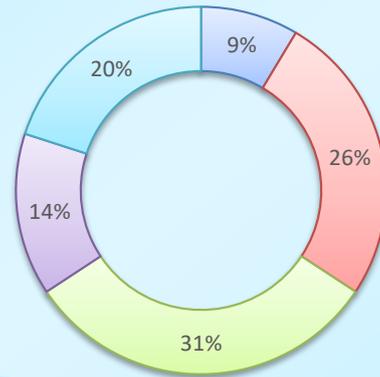


### Wird kooperiert mit Software / IT-Hersteller?



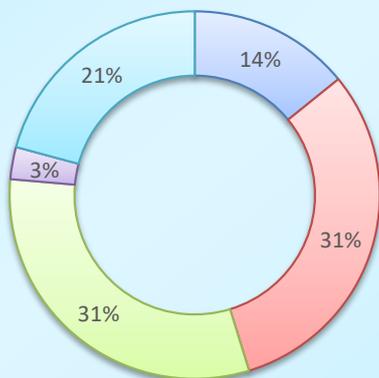
2/3 kooperieren zumindest teilweise mit Software- und IT-Herstellern. Meistgenutzte Kooperation.

### Wird kooperiert mit Anlagenbauer?



45% nutzen zumindest teilweise Kooperationen mit Anlagenbauern

### Wird kooperiert mit Verbänden?



1/3 kooperieren zumindest teilweise mit Verbänden.

Abbildung 49: Fragen zu Kooperationen