

# **Die Bedeutung der Qualitätsinfrastruktur: Studie zu wirtschaftlichen und nicht-wirtschaftli- chen Wirkungen sowie Trendstudie Digitalisierung**

Endbericht

---

Ort: Karlsruhe, Berlin

Status: Endbericht

Datum: 21.03. 2025

## Impressum

---

### Die Bedeutung der Qualitätsinfrastruktur: Studie zu wirtschaftlichen und nicht-wirtschaftlichen Wirkungen sowie Trendstudie Digitalisierung

#### Projektleitung

**Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI**

Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe  
Knut Blind, [knut.blind@isi.fraunhofer.de](mailto:knut.blind@isi.fraunhofer.de)

#### Verantwortlich für den Inhalt des Textes

Knut Blind, [knut.blind@isi.fraunhofer.de](mailto:knut.blind@isi.fraunhofer.de); Ralph Gutknecht, [ralph.gutknecht@isi.fraunhofer.de](mailto:ralph.gutknecht@isi.fraunhofer.de); Martin Kirstgen, [martin.kirstgen@isi.fraunhofer.de](mailto:martin.kirstgen@isi.fraunhofer.de); Peter Neuhäusler, [peter.neuhaeusler@isi.fraunhofer.de](mailto:peter.neuhaeusler@isi.fraunhofer.de); Elna Schirmeister, [elna.schirmeister@isi.fraunhofer.de](mailto:elna.schirmeister@isi.fraunhofer.de); Torben Schubert, [torben.schubert@isi.fraunhofer.de](mailto:torben.schubert@isi.fraunhofer.de);

#### Verfasst im Auftrag von

**Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)**

Unter den Eichen 87, 12205 Berlin

Verantwortliche Redakteurin: Dr. Claudia Koch

Ein Projekt im Rahmen von QI-Digital, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

#### Veröffentlicht

#### Hinweise

Dieser Bericht einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Die Informationen wurden nach bestem Wissen und Gewissen unter Beachtung der Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis zusammengestellt. Die Autorinnen und Autoren gehen davon aus, dass die Angaben in diesem Bericht korrekt, vollständig und aktuell sind, übernehmen jedoch für etwaige Fehler, ausdrücklich oder implizit, keine Gewähr. Die Darstellungen in diesem Dokument spiegeln nicht notwendigerweise die Meinung des Auftraggebers wider.

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Ausgangslage, Zielsetzung und wichtige Vorarbeiten.....</b>	<b>10</b>
	<b>Abstract Teil 1: Die wirtschaftliche Bedeutung der Qualitätsinfrastruktur .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>Literaturanalyse .....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>Wirkmodell der Qualitätsinfrastruktur .....</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>Messansätze für die verschiedenen Elemente der QI.....</b>	<b>22</b>
4.1	Normung .....	22
4.2	Konformitätsbewertung .....	22
4.3	Akkreditierung .....	23
4.4	Metrologie.....	23
4.5	Marktüberwachung .....	24
<b>5</b>	<b>Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI .....</b>	<b>26</b>
5.1	Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI für die Wirtschaftsleistung.....	26
5.1.1	Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI für das BIP Deutschlands auf Basis eines Länderpanels	27
5.1.2	Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI für die Bruttowertschöpfung Deutschlands auf Basis eines Sektorpanels.....	35
5.2	Quantifizierung der Wirkung der QI auf Innovation.....	42
5.2.1	Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI auf Innovation auf Basis eines Länderpanels.....	42
5.2.2	Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI auf Innovation in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	48
5.3	Quantifizierung der Wirkungen der QI auf den Export.....	58
5.4	Zusammenfassung der ökonometrischen Analyse.....	65
<b>6</b>	<b>Quantifizierung der nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen der QI....</b>	<b>67</b>
6.1	Einleitung.....	67
6.2	Literaturanalyse .....	67
6.2.1	Normung .....	67
6.2.2	Konformitätsbewertung .....	68
6.2.3	Akkreditierung.....	69
6.2.4	Metrologie.....	70
6.2.5	Marktüberwachung .....	70
6.2.6	Qualitätsinfrastruktur.....	70
6.3	Methode .....	74
6.4	Ergebnisse .....	75
6.5	Schlussfolgerungen .....	80

<b>7</b>	<b>Qualitative Untersuchung der Qualitätsinfrastruktur Deutschlands .....</b>	<b>82</b>
7.1	Einleitung.....	82
7.2	Methode .....	82
7.3	Qualitätsinfrastruktur im Allgemeinen .....	84
7.3.1	Normung .....	85
7.3.2	Konformitätsbewertung .....	86
7.3.3	Akkreditierung.....	87
7.3.4	Metrologie.....	88
7.3.5	Marktüberwachung .....	90
7.3.6	Zusammenspiel der QI-Elemente in Deutschland .....	93
7.4	Qualitätsinfrastruktur im Maschinenbau .....	96
7.5	Qualitätsinfrastruktur in der Elektrotechnik.....	99
7.6	Qualitätsinfrastruktur in der Informations- und Kommunikationstechnik.....	103
7.7	Vergleichende Analyse der sektorspezifischen Qualitätsinfrastrukturen .....	106
7.8	Vergleich der qualitativen Erkenntnisse zur QI Deutschlands mit den Ergebnissen der quantitativen Analysen .....	109

## Abstract Teil 2: Implikationen der Digitalisierung für die Qualitätsinfrastruktur .... 111

<b>8</b>	<b>Implikationen der Digitalisierung für die Qualitätsinfrastruktur.....</b>	<b>112</b>
8.1	Ziel der Trendstudie.....	112
8.2	Methode .....	112
8.3	Szenario-Prozess .....	116
8.3.1	Workshop I: Identifikation von Schlüsselfaktoren .....	116
8.3.2	Konsistenzanalyse und Ausarbeitung der Rohszenarien.....	116
8.3.3	Workshop II (online): Validierung der Rohszenarien.....	117
8.4	Szenarien für die Qualitätsinfrastruktur 2035.....	118
8.4.1	Szenario Blau: "Digitaler Zwilling" als Katalysator der ökologischen Transformation .....	118
8.4.2	Szenario Lila: Blockbildung mit "kaltem Wirtschaftskrieg 2.0" .....	120
8.4.3	Szenario Rot: Back to the roots: Kriege und KI hemmen die digitale QI .....	121
8.4.4	Szenario Grün: AusgeDINT - Neue Player in der QI und fragmentierte Märkte .....	122
8.5	Ableitung strategischer Implikationen und Anknüpfungspunkte .....	123
8.5.1	Digitalisierung, technologische Transformation und Cybersicherheit.....	123
8.5.2	Gezielter Aufbau von Allianzen und Partnerschaften .....	125
8.5.3	Präsenz bei Stakeholdern und vertrauensbildende Maßnahmen.....	125

<b>9</b>	<b>Empfehlungen</b> .....	<b>126</b>
9.1	Empfehlungen für die Normung .....	126
9.2	Empfehlungen für die Konformitätsbewertung .....	127
9.3	Empfehlungen für die Akkreditierung .....	128
9.4	Empfehlungen für die Metrologie .....	128
9.5	Empfehlungen für die Marktüberwachung .....	129
9.6	Empfehlungen zur Interaktion der QI-Elemente.....	129
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>130</b>
<b>11</b>	<b>Annex 1: Literaturliste der Literaturrecherche</b> .....	<b>136</b>
<b>12</b>	<b>Annex 2: Informationen zum Szenarioworkshop Nr.1</b> .....	<b>147</b>
12.1	Workshopergebnisse zu den einzelnen Themen .....	147
12.1.1	Thema 1: Digitaler Produktpass .....	147
12.1.2	Thema 2: Künstliche Intelligenz (KI).....	148
12.1.3	Thema 3: Geopolitik .....	150
12.1.4	Thema 4: Funktionen und Akteure der digitalen QI .....	152

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Zeitreihe der Artikel zum Thema Qualitätsinfrastruktur.....	15
Abbildung 2	Länder, die in den Artikeln zum Thema Qualitätsinfrastruktur behandelt werden.....	16
Abbildung 3	Elemente der QI, die in den Artikeln behandelt werden.....	17
Abbildung 4	Wirkmodell der Qualitätsinfrastruktur.....	21
Abbildung 5	Konzeptioneller Rahmen des QI4SD-Index (Quelle: UNIDO, 2023).....	71
Abbildung 6	Arbeitsschritte zur Entwicklung der Zukunftsbilder.....	114
Abbildung 7	Konsistenzpfade als Grundgerüst für die Szenarien.....	117
Abbildung 8	Szenarien im Zukunftstrichter.....	118

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Indikatoren der QI und Quellen.....	24
Tabelle 2	Ökonomische Indikatoren und Quellen.....	25
Tabelle 3	Einfluss von Normen auf BIP auf Basis eines Länderpanels.....	28
Tabelle 4	Einfluss von Metrologienormen auf das BIP auf Basis eines Länderpanels.....	30
Tabelle 5	Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf das BIP auf Basis eines Länderpanels.....	31
Tabelle 6	Einfluss der Marktüberwachung auf das BIP auf Basis eines Länderpanels.....	32
Tabelle 7	Einfluss aller QI-Elemente auf das BIP auf Basis eines Länderpanels.....	34
Tabelle 8	Einfluss von Normen auf die BWS in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	36
Tabelle 9	Einfluss von Metrologienormen auf die BWS in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	37
Tabelle 10	Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf die BWS in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	38
Tabelle 11	Einfluss der Marktüberwachung auf die BWS in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	39
Tabelle 12	Einfluss der QI-Elemente auf die BWS in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	41
Tabelle 13	Einfluss von Normen auf Innovation auf Basis eines Länderpanels.....	43
Tabelle 14	Einfluss von Metrologienormen auf Innovation auf Basis eines Länderpanels.....	45
Tabelle 15	Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf Innovation auf Basis eines Länderpanels.....	46
Tabelle 16	Einfluss der Marktüberwachung auf Innovation auf Basis eines Länderpanels.....	47
Tabelle 17	Einfluss von Normen auf Produktinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	49
Tabelle 18	Einfluss von Normen auf Prozessinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	50
Tabelle 19	Einfluss von Metrologienormen auf Produktinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	52
Tabelle 20	Einfluss von Metrologienormen auf Prozessinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	53
Tabelle 21	Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf Produktinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	55
Tabelle 22	Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf Prozessinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	56
Tabelle 23	Einfluss von Marktüberwachung auf Produkt- und Prozessinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels.....	57

Tabelle 24	Einfluss von Normen auf Exporte auf Basis eines Länderpanels .....	59
Tabelle 25	Einfluss von Metrologie auf Exporte auf Basis eines Länderpanels .....	61
Tabelle 26	Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf Exporte auf Basis eines Länderpanels .....	63
Tabelle 27	Einfluss von Marktüberwachung auf Exporte auf Basis eines Länderpanels .....	64
Tabelle 28	Übersicht über alle Regressionsergebnisse .....	66
Tabelle 29	Liste der Indikatoren des QI4SD-Indizes (Allgemeine Indikatoren (G) und 3P Indikatoren (P)) (Quelle: UNIDO, 2023) .....	72
Tabelle 30	QI-Komponenten, Indikatoren und nicht-ökonomische Wirkungsdimensionen .....	74
Tabelle 31	Einfluss ausgewählter Normen auf Emissionen und Energie auf Basis eines Länderpanels .....	76
Tabelle 32	Einfluss ausgewählter Managementzertifikate auf Unfälle, Emissionen und Energie auf Basis eines Länderpanels .....	77
Tabelle 33	Einfluss der Metrologie, Akkreditierung, ausgewählter Normen und Managementzertifikate auf Unfälle, Emissionen und Energie auf Basis eines Länderpanels .....	79
Tabelle 34	Interviewte Institutionen in der qualitativen Analyse der Qualitätsinfrastruktur .....	83
Tabelle 35	Zusammenspiel der QI-Elemente .....	95
Tabelle 36	QI-Elemente im sektoralen Vergleich .....	108



## Akronyme

BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BNetzA	Bundesnetzagentur
BWS	Bruttowertschöpfung
CEN	Europäisches Komitee für Normung
DAkKS	Deutsche Akkreditierungsstelle
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMÜF	Deutsches Marktüberwachungsforum
DPP	Digitaler Produktpass
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EU	Europäische Union
GWK	Gemeinsame Wissenschaftskonferenz
IAF	International Accreditation Forum
ICSMS	Information and Communication System for Market Surveillance
IEC	Internationale Elektrotechnische Kommission
ISO	Internationale Organisation für Normung
KI	Künstliche Intelligenz
NLF	New Legislative Framework
NQI	National Quality Infrastructure
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt
QI	Qualitätsinfrastruktur
QI4SD	Quality Infrastructure for Sustainable Development
RAPEX	Rapid Exchange of Information System
SDG	Sustainable Development Goals
TBT	Technical Barriers to Trade
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

# 1 Ausgangslage, Zielsetzung und wichtige Vorarbeiten

---

Die Qualitätsinfrastruktur (QI) umfasst das System (öffentlicher und privater) Organisationen sowie Prozesse, dem einschlägigen Rechts- und Verwaltungsrahmen und Praktiken, die erforderlich sind, um Qualität, Sicherheit und Umweltverträglichkeit von Waren, Dienstleistungen und Verfahren zu unterstützen und zu verbessern. Sie umfasst Normung, Konformitätsbewertung, Akkreditierung, Metrologie und Marktüberwachung (UNIDO, 2018). In der Definition der UNIDO wird explizit die Verbindung der QI zur Regulierung herausgestellt. Innerhalb der Europäischen Union ist dieser Zusammenhang über 3.500 harmonisierte europäische Normen, die in europäischen Regulierungen und Direktiven im Rahmen des New Legislative Frameworks referenziert werden, mit dem New Approach nun über 30 Jahre etabliert (Blind, 2024).

Die QI ist der Grundpfeiler für Vertrauen in Produkte und Leistungen und trägt zum Schutz von Gesundheit und Umwelt bei sowie, eingebettet in den Europäischen Binnenmarkt und Rechtsrahmen, ganz wesentlich zum Funktionieren des Handels mit Waren und Leistungen und die Einbindung in das internationale Wertschöpfungs-system. Auch Innovation und Wissens- und Technologietransfer profitieren von Leistungen der QI (Koch und Mirtsch, 2023).

Dabei erfüllt jedes der QI-Elemente verschiedene Aufgaben und wirkt auf die Ziele der QI hin. Jedoch fehlt ein umfassendes konzeptionelles Modell der Wirkungen und Wechselwirkungen dieser Elemente. Trotz der Bedeutung der QI in der Praxis gibt es bisher nur wenige quantitativen Studien zur wirtschaftlichen Bedeutung ihrer Elemente – und keine Untersuchung zur QI insgesamt.

Während vor allem im Bereich der Normung und Standardisierung<sup>1</sup> zahlreiche sowohl theoretische als auch empirische Arbeiten durchgeführt wurden, konzentrierte sich die Forschung bezüglich der Konformitätsbewertung auf die Zertifizierung internationaler Managementsystemnormen. Dagegen gibt es nahezu keine Forschung zu den vielfältigen Wirkungen der Akkreditierung, Metrologie und Marktüberwachung. Folglich sind die Arbeiten zur Gesamtwirkung der Qualitätsinfrastruktur sehr generisch, berücksichtigen die Wechselwirkungen der verschiedenen QI-Elemente nicht und sind empirisch eher qualitativer Natur (Blind, 2015).

Jedoch hat die QI wichtige Implikationen für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, wenn man die zahlreichen Arbeiten zum Nutzen der Normung als einem Kernelement der QI in den letzten 20 Jahren betrachtet (ISO, 2021). Ferner zeigen weitere Arbeiten die handelsfördernden Wirkungen von Normen, aber auch Zertifizierungen (Swann, 2020) und der Akkreditierung (Blind et al., 2018). Vor kurzem wurde Normung auch in die von der GWK mit den außeruniversitären Forschungsgemeinschaften vereinbarten Transferkanäle aufgenommen (GWK, 2021). Ferner haben aktuelle Metaanalysen zu Technologietransferkanälen (Perkman et al., 2021) im Gegensatz zu früheren Arbeiten (Perkman et al., 2013) die Normung nun auch berücksichtigt. Normen spielen zudem eine wichtige Rolle für Innovationssysteme und Innovationsaktivitäten (ISO, 2022) und letztlich auch den Innovationserfolg von Unternehmen (Blind et al., 2022b). Hier ist auch die Konformitätsbewertung, insbesondere die Zertifizierung zu nennen (Manders et al., 2016). Weiterhin spielt die Metrologie vor allem im Bereich der Forschung und Entwicklung (Swann, 2009), aber letztlich auch für die gesamtwirtschaftliche Produktivität eine wichtige Rolle (Link, 2021). Schließlich hat die OECD (2022) in ihrer Analyse des deutschen Innovationssystems der QI ein separates Kapitel gewidmet.

Die wichtigen nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen der QI wurden in Fallstudien (Wiegmann et al., 2023) und einem wesentlich geringeren Rahmen mit Fokus auf die Rolle von Zertifizierungen

---

<sup>1</sup> Im Folgenden wird Normung bzw. Normen verwendet, da v.a. sie für die QI relevant sind.

auch quantitativ adressiert, wie z.B. bezüglich Umweltschutzes (Prakash und Potoski, 2014; Arocena et al., 2021) oder Sicherheit (Lim und Prakash, 2017).

Grundsätzlich steht die Wirkungsforschung bezüglich der QI vor der Herausforderung, dass neben einem fehlenden konzeptionellen Gesamtmodell, die Datenverfügbarkeit begrenzt ist und bestimmte Wirkungsdimensionen der QI zumindest nicht unmittelbar mit Daten abgebildet werden können. Deshalb ist auch eine Kombination verschiedener Methoden notwendig. Ferner werden komplexere Wirkungsdimensionen, wie die Nachhaltigkeitsziele, adressiert, wie z. B. im Bereich der Normung durch ISO, aber auch generell z. B. von der UNIDO mit dem Quality Infrastructure for Sustainable Development (QI4SD) Index (UNIDO, 2022). Schließlich spielt die Digitalisierung eine zunehmende Rolle für die einzelnen Elemente der QI (Normung: Blind und Hess 2018, Konformitätsbewertung: Koch et al. 2022; Metrologie: Hackel et al. 2017; Eichstädt et al. 2021) aber auch das Funktionieren der QI im Allgemeinen.

Im Rahmen dieser Studie wurden zunächst die ökonomischen Wirkungsdimensionen der QI und ihrer Einzelkomponenten, insb. im Hinblick auf Bruttowertschöpfung, Wirtschaftswachstum, Außenhandel, Innovation, und weitere Aspekte konzeptionell erfasst und quantifiziert. Dabei wurden sektorspezifische Besonderheiten berücksichtigt. Komplementär wurden auch ausgewählte nicht-ökonomische Wirkungsdimensionen der QI auf Basis der begrenzt verfügbaren Literatur quantitativ bestimmt. Diese quantitative Analyse wird ergänzt durch eine qualitative Untersuchung der QI Deutschlands, wobei sowohl auf die Interaktionen der verschiedenen QI-Komponenten eingegangen als auch auf die Besonderheiten ausgewählter Sektoren abgehoben wird.

Die Möglichkeiten der rasch voranschreitenden Digitalisierung für die QI und ihre einzelnen Komponenten wurden im Rahmen eines Szenarioansatzes identifiziert und bewertet. Hier wurden auf Basis von Schlüsselfaktoren vier Szenarien entwickelt, woraus dann strategische Implikationen und Anknüpfungspunkte abgeleitet wurden.

In einem abschließenden Kapitel wurden Empfehlungen differenziert nach den einzelnen Komponenten, aber auch speziell für verschiedenen Akteure und Institutionen auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse abgeleitet.

## Abstract

### Teil 1: Die wirtschaftliche Bedeutung der Qualitätsinfrastruktur

---

Die vorliegende Untersuchung bietet eine detaillierte Analyse hinsichtlich der wirtschaftlichen Bedeutung der Qualitätsinfrastruktur (QI) in Deutschland. Die QI umfasst die zentralen Elemente Normung, Konformitätsbewertung, Akkreditierung, Metrologie und Marktüberwachung. Diese Studie erforscht die Wechselwirkungen zwischen diesen Komponenten und deren Einfluss auf die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, Innovationen und den Export, aber auch auf nicht-wirtschaftliche Wirkungsdimensionen.

Im ersten Kapitel wird die Ausgangslage der QI skizziert, wobei der Fokus auf der Bedeutung einer effektiven QI für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft liegt. Während die Normung gut erforscht ist, besteht ein Mangel an Studien zu den Wirkungen der Konformitätsbewertung, Akkreditierung, Metrologie und Marktüberwachung. Auf Basis einer umfassenden Literaturrecherche wurde der aktuelle Stand der wissenschaftlichen Forschung erfasst. Die Studie hebt hervor, dass die QI wesentliche Implikationen für die wirtschaftliche Entwicklung, Innovationen und den Außenhandel hat, wobei die Normung im Fokus der Forschung in den letzten Jahrzehnten stand.

Das zweite Kapitel entwickelt ein Wirkmodell der QI, das die Zusammenhänge zwischen Normung, Konformitätsbewertung, Akkreditierung, Metrologie und Marktüberwachung und den jeweiligen Wirkungsdimensionen beschreibt.

Um die wirtschaftlichen und nicht-wirtschaftlichen Wirkungsdimensionen der QI in einem ökonometrischen Modell abbilden zu können, müssen für die Einzelkomponenten die entsprechenden Indikatoren identifiziert, definiert und deren Datenverfügbarkeit geprüft werden. Um die Ermittlung kausaler Effekte zu ermöglichen, werden dabei Verfahren der Paneldatenökonometrie verwendet. Dafür ist es notwendig, dass die QI-Indikatoren auch als Zeitreihen verfügbar sind. All diese Informationen fließen dann in das empirisch umsetzbare Wirkmodell ein, welches möglichst dem oben dargestellten theoretischen Wirkmodell entsprechen soll. Für die Durchführung einer umfassenden Wirkungsmessung der QI mit seinen verschiedenen Elementen werden auf verschiedene Datenquellen zurückgegriffen

#### Executive Summary: Ergebnisse

Für **die Einzelelemente der QI** sind die Datenverfügbarkeit als Grundlage für die Analyse und Auswertung – und entsprechend die Erkenntnisse – sehr verschieden.

- Für die Normung zeigen die Untersuchungen zum einen, dass die in der Vergangenheit in zahlreichen Studien herausgearbeitete Bedeutung der Normenbestände vor allem für die wirtschaftliche Entwicklung sich bestätigt hat. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass europäische Normen für bestimmte Sektoren und auch den Export eine zunehmend wichtigere Rolle spielen.
- Eine Annäherung an die Bedeutung der Metrologie über den Indikator metrologiespezifischer Normen zeigt, dass deren Einfluss grundsätzlich dem des gesamten Normenbestandes ähnelt. Metrologiepatente hingegen eignen sich nicht zur Messung der Wirkungen der Metrologie.
- Die Indikatorenverfügbarkeit für die Konformitätsbewertung zeigt sich sehr begrenzt. Für die großen Bereiche der Prüfungen, Kalibrierungen, Inspektionen oder Produktzertifizierungen liege keine Daten im erforderlichen Umfang vor. Dagegen trägt die grundsätzlich gute

Datenlage hinsichtlich der ISO-9001-Zertifizierungen dazu bei, den Einfluss der Konformitätsbewertung abzuschätzen. Die Ergebnisse stehen auch im Einklang mit früheren Studienergebnisse vor allem hinsichtlich ihres Einflusses auf den Außenhandel.

- Für die Wirkung der Akkreditierung zeigt der Indikator der Teilnahme am IAF-Forum in den Länderpanelanalysen eine signifikante Rolle. Eine Messung über die Ausgaben für die Deutsche Akkreditierungsstelle DAkkS im auf Deutschland fokussierten Sektormodell zeigen sich als nicht signifikant.
- Schließlich ist die Annäherung an die Marktüberwachung durch die in RAPEX gemeldeten Fälle durch die ambivalenten Ergebnisse kritisch zu bewerten.

Die Aussagekraft der Ergebnisse auf Basis der Länderpanels ist grundsätzlich höher als die der auf Deutschland fokussierten Sektormodelle, welche auch auf eine geringere Anzahl an Beobachtungen beruhen. Offensichtlich lassen sich die verschiedenen Komponenten der QI nur bedingt spezifischen Sektoren zuzuordnen.

Für die **Gesamtbedeutung der QI für die Wirtschaft in Deutschland**, lässt sich auf Basis des Länderpanels ableiten, dass ohne die QI als Ganzes für Deutschland ein Verlust von **7,8% des Bruttoinlandsproduktes** (BIP) zu verzeichnen wäre. Folglich hätte dies für die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2023 bei einem BIP von etwas über 4 Billionen Euro ungefähr einen Verlust von fast 320 Milliarden Euro bedeutet. Dieser ungewöhnlich hohe Wert passt jedoch gut in die Größendimensionen von Schätzungen früherer Studien zur Bedeutung der Konformitätsbewertung und Akkreditierung. Diesem hypothetischen Verlust stehen Kosten von 70 Milliarden Euro gegenüber, so dass die Hebelwirkung der QI ungefähr den Wert 5 hat und damit eine ähnliche Höhe ähnlicher Infrastrukturen.

Insgesamt stellen die durchgeführten Untersuchungen weltweit gesehen die ersten Versuche dar, die ökonomischen Wirkungsdimensionen zu quantifizieren. Die für Deutschland ermittelten Werte stehen auch im Einklang mit den Ergebnissen aus früheren Untersuchungen, die sowohl auf begrenzte Datenbasen als auch sehr starken Annahmen beruhen.

Neben den wirtschaftlichen Implikationen behandelt die Studie **die nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen der QI**, insbesondere im Hinblick auf die nachhaltigen Entwicklungsziele (SDGs).

- Zunächst bestätigen die Panelanalysen den positiven Einfluss von Umwelt- und Energienormen auf Luftverschmutzung und Energieverbrauch. Ferner werden die Resultate früherer Untersuchungen hinsichtlich des positiven Einflusses von ISO 9001 auf die Reduktion der Arbeitsunfälle als auch des Beitrages von ISO 14001 auf die Reduktion der Luftverschmutzung bekräftigt.
- Die nicht signifikanten Ergebnisse hinsichtlich der Metrologie sowohl für die meisten ökonomischen als auch nun für die ausgewählten nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen stellen eine Herausforderung dar. Offensichtlich sind weder die Teilmenge der Metrologienormen noch die Metrologiepatente geeignete Indikatoren. Zudem kann die Rolle der Metrologie im Gegensatz zur Implementierung von Normen oder der Zertifizierung nach Managementsystemstandards nicht einzelnen Unternehmen zugeordnet werden, so dass hier eine Mikrofundierung fehlt.
- Auch die Untersuchungen der nicht-ökonomischen Wirkungen der Marktüberwachung sind mit der Problematik geeigneter Datenverfügbarkeit konfrontiert. Die von den Ländern gemeldeten Fälle im RAPEX-System folgen keiner einheitlichen Strategie bzw. Systematik. Die für die Marktüberwachung aufgewendeten Ressourcen werden nicht oder unzureichend erfasst, so dass hieraus auch kein robuster Messansatz abgeleitet werden kann. Während

diese Argumentationen schon bei den ökonomischen Untersuchungen erwähnt wurden, könnten identifizierte gefährliche Produkte Unfällen mit Verbraucherprodukten zugeordnet werden. Jedoch liegen hierfür nicht die entsprechenden Daten vor (ANEC, 2020). Unternehmensspezifische Analysen zur Wirkung nicht regelkonformer oder gar gefährlicher Produkte könnten die für die anderen Elemente der Qualitätsinfrastruktur angeregte Untersuchungen ergänzen. Jedoch steht hier die Erfassung von Daten noch vor größeren Herausforderungen, weil hierzu die Bereitschaft der Unternehmen zur Datenbereitstellung aus Befürchtungen von Imageschäden sehr gering ist.

Zusammenfassend kann man von den vorliegenden Ergebnissen der **quantitativen Wirkungsuntersuchung** und der Identifikation der existierenden Datenlücken folgende Schlüsse ziehen: Da die ersten Ergebnisse zeigen, dass komplexes Zusammenspiel zwischen der Rolle von Normen und der Konformitätsbewertung existieren, sollten diese in zukünftigen politischen Initiativen berücksichtigt werden. Aber auch Unternehmen sollten diese Komplementaritäten in ihren Unternehmensstrategien miteinbeziehen. Mit dem Schließen von Datenlücken hinsichtlich der weiteren Elemente der Qualitätsinfrastruktur wird weitere empirische Evidenz zu den ökonomischen und nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen ermöglicht, die sowohl in staatlichen Initiativen als auch Unternehmensstrategien Berücksichtigung finden sollten.

Über eine **qualitative Analyse** wird zusätzlich die QI im Allgemeinen und in den spezifischen Sektoren Maschinenbau, Elektrotechnik und Informations- und Kommunikationstechnik vertiefend untersucht. Damit komplementiert sie die quantitativen Analysen, weil insbesondere auf die Interaktionen der verschiedenen QI-Elemente und sektorspezifische Besonderheiten eingegangen wird. Hierzu werden Eigenheiten der jeweiligen Branche auf Basis von Dokumenten und Experteninterviews herausgearbeitet. Die Interviews mit Experten zeigen, dass die QI in Deutschland gut strukturiert ist, jedoch vor Herausforderungen steht, die durch Kapazitätsengpässe und einer ausbaubaren Abstimmung der verschiedenen QI-Elemente bedingt sind.

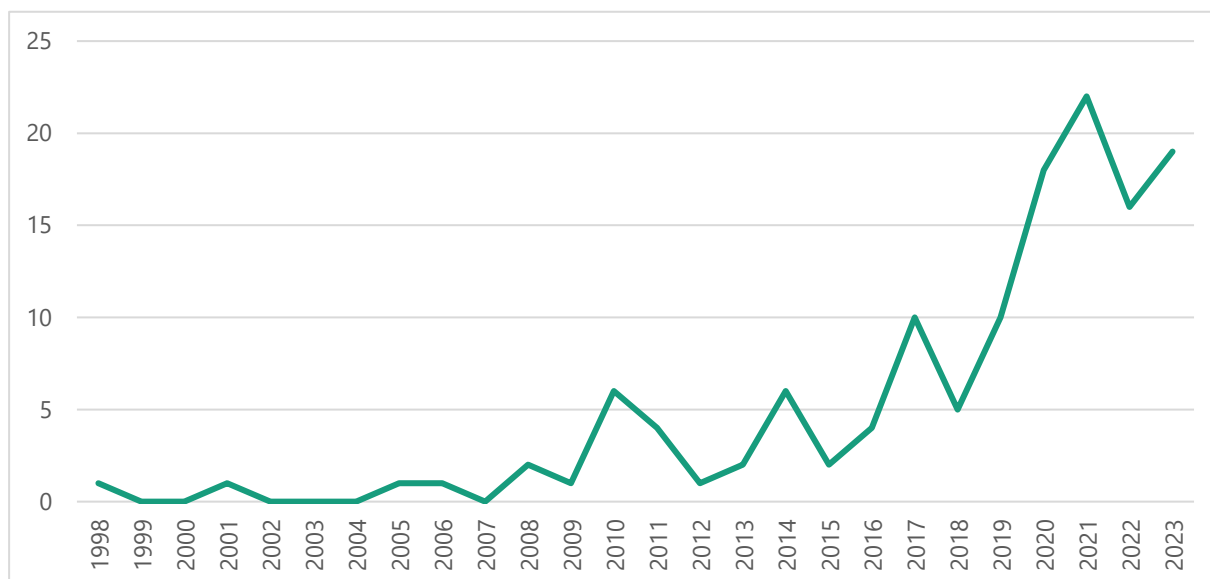
Insgesamt konnte die qualitative und sektorspezifische Analyse dazu beitragen einen großen Teil sowohl der signifikanten als auch der nicht signifikanten Regressionsergebnisse zu erklären und damit helfen das Bild der QI und seiner Komponenten zumindest zu ergänzen, aber nicht unbedingt zu vervollständigen.

## 2 Literaturanalyse

Da der Ausgangspunkt der Studie zur Messung der Wirkungsweisen der Qualitätsinfrastruktur QI ist, haben wir eine grundlegende systematische Literaturrecherche durchgeführt, bei der wir zur Identifizierung von Artikeln den Suchbegriff "quality infrastructure" verwendet haben, der im Titel, in der Zusammenfassung und in den Schlüsselwörtern in der Datenbank Scopus oder Web of Science enthalten ist. Es wurde bewusst dieser Begriff verwendet, da es in dieser Studie um die Wirkung der QI insgesamt und nicht um die Wirkungen der Einzelteile geht, wie z. B. Normen und Standards. Hier existieren schon Übersichtsartikel, z. B. ISO (2021), auf deren Erkenntnisse bei der Entwicklung und empirischen Umsetzung des Wirkmodells zugegriffen wird.

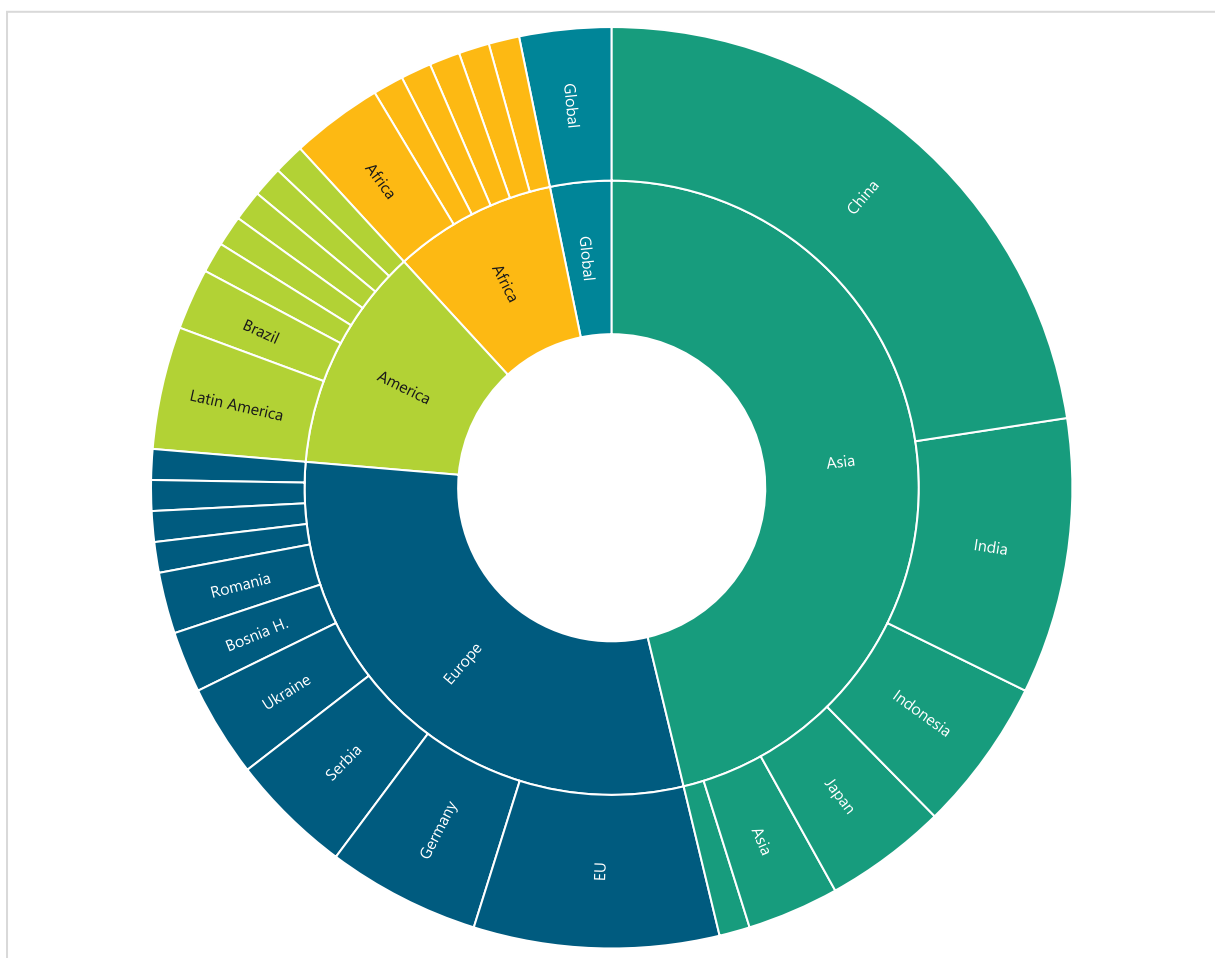
Die im Dezember 2023 abgeschlossene Suche ergab 473 Artikel in Scopus und 310 Artikel im Web of Science, wobei letztere fast komplett durch die Scopus-Recherche erfasst wurden. Die durch Google Scholar ermittelten Publikationen wurden auch cursorisch gesichtet, was aber zu keinem Mehrwert geführt hat. Nach Durchsicht der Titel und Abstracts blieben 132 relevante Artikel mit einem Erscheinungsjahr einschließlich 2023 für die Analyse übrig (siehe Anhang 1). Wir haben insbesondere zahlreiche Artikel ausgeschlossen, die sich auf Qualitätsinfrastruktur im Sinne von physischer Verkehrsinfrastruktur oder Qualitätsmanagement beziehen, vor allem im Gesundheitssektor. Die Zeitreihe in Abbildung 1 zeigt, dass die Zahl der veröffentlichten Artikel von einem sehr niedrigen Niveau im letzten Jahrzehnt deutlich angestiegen ist, aber sich weiterhin auf einem sehr geringen Niveau befindet und schon wieder stagniert.

**Abbildung 1** Zeitreihe der Artikel zum Thema Qualitätsinfrastruktur



In einem zweiten Schritt haben wir die untersuchten Länder kartiert, was für unsere Untersuchung relevant ist, da die nationale Qualitätsinfrastruktur von den institutionellen Gegebenheiten geprägt ist. Es ist offensichtlich, dass China die größte Aufmerksamkeit erhält, während die Vereinigten Staaten von Amerika nicht ein einziges Mal erwähnt werden. In Europa werden - mit Ausnahme Deutschlands - die osteuropäischen Länder viel häufiger analysiert als die westeuropäischen Länder.

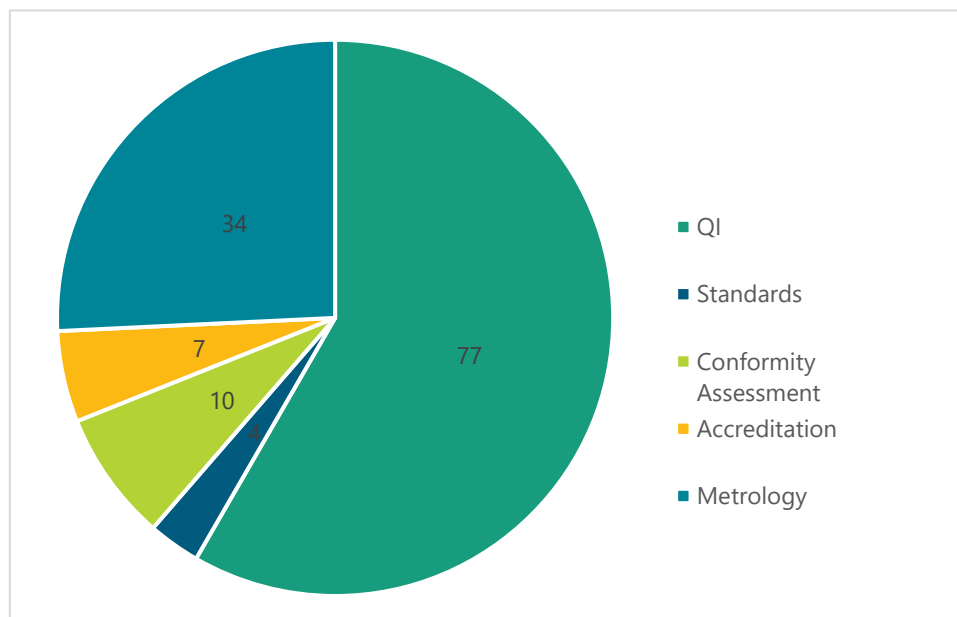
**Abbildung 2 Länder, die in den Artikeln zum Thema Qualitätsinfrastruktur behandelt werden**



In einem letzten Schritt haben wir die Artikel den Elementen der Qualitätsinfrastruktur zugeordnet. Fast zwei Drittel der Artikel behandeln die Qualitätsinfrastruktur als Ganzes. Überraschenderweise konzentriert sich fast ein Viertel der Artikel auf die Metrologie. Das weitaus prominentere Thema Normen und Standards wird dagegen in den über den Begriff Qualitätsinfrastruktur identifizierten Artikeln fast gar nicht explizit, sondern höchstens implizit im Kern aller Artikel behandelt. Das andere Querschnittsthema, die Regulierung, ist dagegen hauptsächlich in den Beiträgen über die Qualitätsinfrastruktur als solcher enthalten. Die Marktüberwachung schließlich wurde mit Ausnahme eines Artikels gar nicht erwähnt. Im Gegensatz dazu wurde die Regulierung häufig als Rahmenbedingung für die nationale Qualitätsinfrastruktur angesprochen, jedoch nicht als eigenständiges Element. Daher werden beide Elemente nicht gesondert ausgewiesen.



**Abbildung 3 Elemente der QI, die in den Artikeln behandelt werden**



In einem letzten Schritt haben wir die Artikel in jeder Kategorie überprüft und sie qualitativ verschiedenen Themen zugeordnet. Bei den Artikeln über Qualitätsinfrastrukturen stellen wir einerseits fest, dass sie sich auf bestimmte Länder oder Sektoren beziehen. Andererseits befassen sie sich mit den Wirkungsdimensionen der Qualitätsinfrastruktur, vor allem mit der wirtschaftlichen und regionalen Entwicklung, dem Handel und den ausländischen Direktinvestitionen. Hierbei handelt es sich fast ausnahmslos um Beschreibungen der Qualitätsinfrastruktur und ihre potentiellen Auswirkungen, die meistens nur mit qualitativen Beispielen unterlegt sind.

Die sehr wenigen spezifischen Beiträge zu Normen und Standards innerhalb der Artikel zu Qualitätsinfrastrukturen im Allgemeinen betrachten diese als Indikatoren, für das Benchmarking oder für Roadmaps. Die Artikel über die Konformitätsbewertung konzentrieren sich in erster Linie auf die Auswirkungen auf die wirtschaftliche Performanz in bestimmten Ländern oder Sektoren. Die Studien zur Akkreditierung konzentrieren sich ebenfalls entweder auf Länder oder auf Sektoren. Die Artikel über das Messwesen schließlich befassen sich oft mit mehreren Ländern. Es muss hervorgehoben werden, dass die Hälfte von ihnen digitale Themen berücksichtigt. Weitere Beiträge mit Energiebezug befassen sich mit Smart Meter und Solarzellen und sind damit vor allem technischer Natur.

In einem letzten Schritt wurden die verwendeten methodischen Ansätze, der auf Qualitätsinfrastruktur fokussierten Beiträge untersucht. Grundsätzlich zeichnen sich nahezu alle Publikationen dadurch aus, dass in ihnen das System der Qualitätsinfrastruktur und ihre Institutionen im Allgemeinen oder vor allem im nationalen, aber in wenigen Fällen auch im globalen Kontext beschrieben werden. Diese Beschreibungen werden mit einem oder auch weiteren methodischen Ansätzen kombiniert. Als gängigste Analysemethode werden in einem Viertel der Studien qualitative Fallstudien, die sich auf bestimmte Technologien und Sektoren beziehen, durchgeführt. Hierzu werden z.T. komplementär Experteninterviews, aber auch - meist sehr begrenzte - Umfragen durchgeführt. In nur zehn Prozent der Untersuchungen werden Indikatoren für die verschiedenen Elemente der Qualitätsinfrastruktur entwickelt und vorgestellt. Folglich werden meist nur deskriptive Statistiken erstellt. Statistische oder ökonometrische Analysen werden in der Regel nicht durchgeführt. Dagegen sind politikwissenschaftliche Analyse wiederum oft basierend auf Beschreibungen der nationalen Qualitätsinfrastruktur und ihren Komponenten wesentlich häufiger.

Insgesamt hat die Sichtung der Literatur zur Qualitätsinfrastruktur sowohl aus konzeptioneller, Daten- und Methodenperspektive ein noch sehr unterentwickeltes Bild der Forschungslandschaft ergeben. Folglich kann die für Deutschland durchzuführende Untersuchung nur sehr begrenzt vom vorhandenen Forschungsstand profitieren.

### 3 Wirkmodell der Qualitätsinfrastruktur

---

Während schon verschiedene Darstellungen zu QI, ihrer einzelnen Komponenten und deren Zusammenspiel publiziert wurden, existiert noch kein umfassendes Wirkmodell der QI.<sup>2</sup> Ausgehend zu existierenden Wirkmodellen zu Normen (z. B. Swann, 2010, European Commission, 2022), welche sowohl wirtschaftliche als auch weitere Wirkungsdimensionen, wie z. B. hinsichtlich Umwelt, Gesundheit und Sicherheit umfassen, werden die Erkenntnisse dieser Modelle zunächst integriert und um weitere Dimensionen, wie z.B. Nachhaltigkeit und Digitalisierung aktualisiert. Da Normen auch als Basis oder Kern der QI betrachtet werden können, werden sukzessiv sowohl weitere Elemente der QI als auch weitere Wirkungsdimensionen hinzugefügt bzw. existierende modifiziert. Z. B. können Konformitätsnachweise wie Zertifikate die Wirkung von Normen verstärken (Mirtsch et al., 2021), ebenso wie die Akkreditierung die Effekte von Zertifikaten erhöhen können (z. B. Blind et al., 2018).

Abbildung 1 stellt das Wirkmodell der QI mit seinen dunkel abgesetzten Komponenten dar. Kernelemente der QI sind die Normen, welche man in nationale, europäische und internationale Normen differenzieren kann. Sie haben in ihren Funktionen als Wissensquelle, Voraussetzung für Interoperabilität, Sicherstellung von Qualität und Vielfaltsreduktion (Swann, 2010) einen wichtigen Einfluss auf die Produktivität und damit die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, aber auch deren Innovationsfähigkeit. Ferner unterstützen sie die Gesundheit, Sicherheit und Umwelt und tragen zu den SDGs bei (Blind und Heß, 2023, Wiegmann et al. 2023).

Die Metrologie wird zum Teil durch Normen abgebildet, so dass sie ähnliche Funktionen hat, wie die Normen selbst. Jedoch identifiziert Swann (2009) neben positiven Produktivitäts- und Kostenreduktionseffekten, auch vorteilhafte Implikationen für Transaktionskosten und damit für die Schaffung neuer Märkte. Hinsichtlich Forschung und Entwicklung, aber auch Innovation spielt Metrologie eine wichtige Rolle, weil neue wissenschaftliche Erkenntnisse neuer oder angepasster Messansätze bedürfen, wie bereits Blind und Gauch (2009) in der Differenzierung der Funktionen verschiedener Normentypen für die Phasen des Forschungs- und Innovationszyklus herausgearbeitet haben. Insgesamt hat die Metrologie ähnliche ökonomische Implikationen wie Normen, verstärken aber nicht unbedingt deren Funktionen, sondern ist vielmehr auch als Grundlage für die Verfahren der Konformitätsbewertung hinsichtlich der in den Normen formulierten Anforderungen nötig.

In ihrer vielfältigen Ausprägung von Prüfungen, Inspektionen, Zertifizierungen und Kalibrierungen ermöglicht die Konformitätsbewertung den Nachweis ob die Anforderungen aus Normen erfüllt werden. In der Regel selbst auf Normen basierend erhöht sie damit die Transparenz (z. B. Rab und Brown, 2023) von Produkt- und Prozesseigenschaften, so dass Informationsasymmetrien zwischen den Marktteilnehmern abgebaut werden können. So sind es nach Boiral und Roy (2007) vor allem auch Kundenforderungen, die hinter der Zertifizierung nach Qualitätsmanagementnormen wie ISO 9001 stehen. Neben diesen externen marktgetriebenen Gründen gibt es auch interne Vorteile, wie die Verbesserung von Prozessen und damit der Produktivität und Produktqualität (Boiral und Roy, 2007). Jedoch sind neben diesen Vorteilen auch höhere Bürokratiekosten, fehlende Unterstützung durch Mitarbeitende und inzwischen auch die fehlende Glaubwürdigkeit des Auditprozesses zu nennen (Gyani, 2008). Die einschränkende Wirkung von Konformitätsbewertungsprozessen wird insbesondere für Innovationen betont, z. B. durch ISO 9001 im Literaturüberblick von Manders et al. (2016), vor allem hinsichtlich radikaler Innovationen (Clougherty und Grajek, 2023) oder auch kürzlich auch bezüglich ISO 14001 von Valero-Gil et al. (2023). Die Konformitätsbewertung neuerer

---

<sup>2</sup> Rab und Brown (2023) präsentieren erste Überlegungen dazu, aber ohne ein Modell zu präsentieren.

Managementsystemnormen, wie z. B. ISO 27001 zu IT-Sicherheit, haben ähnliche positive Wirkungen (Mirtsch et al., 2021) hinsichtlich Marktzugang und Signalling, aber zusätzlich auch den Charakter so genannter präventiver Innovation, analog zu Impfungen. Insgesamt sind also sowohl die positiven Wirkungen bei allen Managementsystemnormen als auch die negativen Aspekte, wie höherer bürokratischer Aufwand, unzureichende Expertise und kritische Reaktionen bei den Mitarbeitenden, ähnlich ausgeprägt. Gesamtwirtschaftlich wird der Konformitätsbewertung, die weit über die Zertifizierung von Managementsystemnormen hinausgeht, signifikante Beiträge zugeschrieben.<sup>3</sup>

Während es umfangreiche Literatur zu den Wirkungen der Zertifizierung gibt, gilt dies nicht für die Akkreditierung (siehe zu den Handlungswirkungen Blind et al. 2018). Die Akkreditierung der Konformitätsbewertungsstellen als Nachweis ihrer Kompetenz stärkt deren Glaubwürdigkeit bei den Unternehmen (Blind und Mangelsdorf, 2017) und damit die Qualitätssignalkwirkung ihrer vergebenen Konformitätsnachweise (Hudson und Jones, 2003). Unzuverlässige Zertifizierungsprozesse können einen wirtschaftlichen Verlust für die korrekt zertifizierten Unternehmen und Branchen verursachen, da ihre Investitionen in Qualitätszertifizierungen keine positive Rendite erzielen oder Transaktionskosten senken. Die Zuverlässigkeit und Unabhängigkeit von Konformitätsbewertungsstellen kann durch Akkreditierung, welche selbst auf einer Reihe von Normen basiert, sichergestellt werden.<sup>4</sup> Insgesamt zielt die Akkreditierung darauf ab, das Vertrauen in diese Einrichtungen der Qualitätsinfrastruktur zu stärken durch die Bewertung der Kompetenz von Organisationen, die Konformitätsbewertung durchführen. Sie ergänzt nicht, sondern verstärkt damit die Wirkungen der Konformitätsbewertung und letztlich damit auch der Normen. Abschätzungen zur gesamtwirtschaftlichen Bedeutung der Akkreditierung wurden für Deutschland vorgenommen (Technopolis & DIN, 2013), wobei letztlich nur eine Hebelwirkung von über ein Hundert im Vergleich zum Umsatz der Konformitätsbranche, welche die Deutsche Akkreditierungsstelle DAkkS mit umfasst, angenommen, aber kein Beitrag zur Gesamtwirtschaft berechnet wurde. Im Gegensatz dazu wurden von Frenz und Lambert (2014) der Preisaufschlag für akkreditierte Konformitätsbewertungsdienstleistungen ermittelt und berechnen insgesamt 295 Millionen Britische Pfund.

Die Marktüberwachung bezeichnet die objektive und unparteiliche Kontrolle durch die nationalen Marktüberwachungsbehörden, nachdem Produkte in Verkehr gebracht wurden. Konformitätsbewertung und Marktüberwachung sind in diesem Sinne komplementär, aber gleichermaßen notwendig, um den Schutz der betroffenen öffentlichen Interessen und das reibungslose Funktionieren des Binnenmarktes zu gewährleisten (z. B. Che und Niu, 2022). Gemäß Verordnung (EG) Nr. 765/2008 sind die nationalen Marktüberwachungsbehörden in der Europäischen Union verpflichtet, proaktiv die auf dem Markt bereitgestellten Produkte nach deren Inverkehrbringen, um den gesamten Lebenszyklus zu kontrollieren, sich auf nationaler Ebene zu koordinieren und auf EU-Ebene zusammenzuarbeiten. Diese Verordnung wird inzwischen durch die Verordnung über Marktüberwachung und die Konformität von Produkten (EU) 2019/1020 ergänzt. Letztlich sind die nationalen Marktüberwachungsbehörden befugt, Sanktionen zu verhängen, die bis zur Vernichtung von Produkten reichen. Mit der Marktüberwachung soll sichergestellt werden, dass die Produkte die geltenden Anforderungen hinsichtlich Gesundheits-, Verbraucher- und Umweltschutz im gesamten Binnenmarkt einhalten, damit aber auch unlauteren Wettbewerb zu unterbinden. Gleichzeitig soll sichergestellt werden, dass der freie Warenverkehr nicht unverhältnismäßig eingeschränkt wird. Während

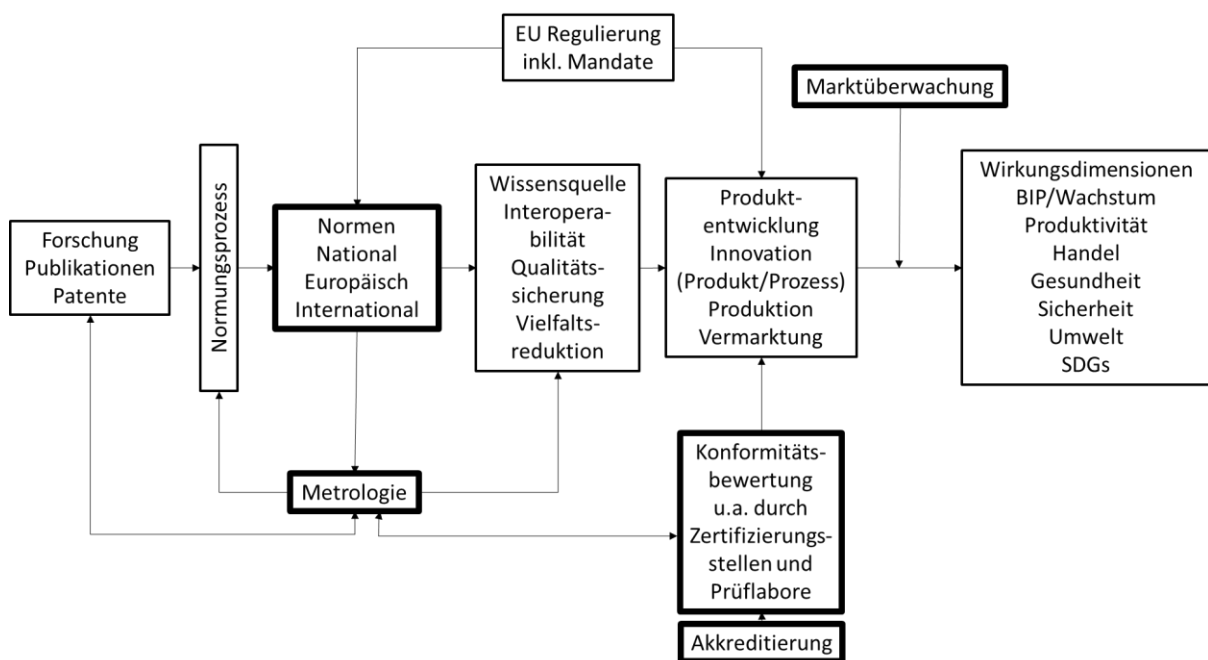
<sup>3</sup> Siehe für Österreich die vom Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ) herausgegebene Studie zur wirtschaftlichen Bedeutung der Akkreditierung für die österreichische Wirtschaft, die entgegen dem Titel den Beitrag der akkreditierten Konformitätsbewertung zur Gesamtwirtschaft beziffert. Für Deutschland berufen sich Technopolis & DIN (2013) darauf und unterstellen analog zur österreichischen Studie ähnliche Hebelwirkungen ausgehend vom Umsatz der Konformitätsbewertungsbranche. In einer Studie für Italien von ACCREDIA and Prometeia (2020) wird der Konformitätsbewertung ein signifikanter Anteil am Gesamtbeitrag der QI zugeschrieben.

<sup>4</sup> Hier sind bspw. ISO/IEC 17020 für Inspektionsstellen, ISO/IEC 17025 für Prüflaboratorien bzw. Kalibrierlaboratorien und ISO/IEC 17065 für Produktzertifizierungsstellen zu nennen.

es Untersuchungen zu Inzidenz zum Inverkehrbringen gefährlicher Produkte gibt (z. B. Klaschka, 2017), gibt es keine Studien zu den wirtschaftlichen und anderen Wirkungen der Marktüberwachung.

In Abbildung 1 sind die verschiedenen Komponenten der QI und ihre Wirkungsdimensionen entlang des Produktzyklus abgebildet. Aus dem Normungsprozess entstehen die verschiedenen Normen, welche innerhalb der Europäischen Union auch über Mandate initiiert, werden können.<sup>5</sup> Die Metrologie basiert entweder direkt auf Forschungsergebnissen oder auch auf Normen. Beide Komponenten sind eine Wissensquelle, sichern vor allem Qualität und sind damit Basis für erfolgreiche Innovationen. Wenn Produkte dann marktreif und produziert sind, kann deren Konformität mit den existierenden Normen geprüft werden. Wie schon oben ausgeführt können Managementprozesse, z. B. zur Qualitätssicherung, aber auch schon das Personal zertifiziert werden. Insgesamt umfasst die Konformitätsbewertung also nicht nur den Output, sondern auch den Input und die Unternehmensprozesse selbst. Die Akkreditierung verstärkt die Wirkung der Konformitätsbewertung und damit die Rolle der Normen. Nachdem Produkte in Verkehr gebracht sind, hat die Marktüberwachung komplementär zu Normen und Konformitätsbewertung die Aufgabe, sicherzustellen, dass solche Produkte, die gegen Gesundheits-, Arbeits-, Verbraucher- und Umweltschutz definiert durch harmonisierte Normen und rechtliche Vorgaben verstoßen, aus dem Markt entfernt werden.

**Abbildung 4 Wirkmodell der Qualitätsinfrastruktur**



<sup>5</sup> Regulierungen bzw. gesetzliche haben letztlich auch einen Einfluss auf das Inverkehrbringen von Produkten sowie Produktionsprozesse, werden im Weiteren aber nicht weiter berücksichtigt, weil sie nicht zur QI im engeren Sinne zugeordnet werden.

## 4 Messansätze für die verschiedenen Elemente der QI

---

Um die wirtschaftlichen und nicht-wirtschaftlichen Wirkungsdimensionen der QI in einem ökonomischen Modell abbilden zu können, müssen für die Einzelkomponenten die entsprechenden Indikatoren identifiziert, definiert und deren Datenverfügbarkeit geprüft werden. Um die Ermittlung kausaler Effekte zu ermöglichen, werden dabei Verfahren der Paneldatenökonomie verwendet. Dafür ist es notwendig, dass die QI-Indikatoren auch als Zeitreihen verfügbar sind. All diese Informationen fließen dann in das empirisch umsetzbare Wirkmodell ein, welches möglichst dem oben dargestellten theoretischen Wirkmodell entsprechen soll.

Für die Durchführung einer umfassenden Wirkungsmessung der QI mit seinen verschiedenen Elementen werden auf verschiedene Datenquellen zurückgegriffen.

### 4.1 Normung

Wieder ausgehend von Normen als dem zentralen Element der QI wird hier auf bewährte Ansätze zurückgegriffen, wie sie in zahlreichen Ländern in den letzten beiden Jahrzehnten umgesetzt wurden (siehe die Übersicht in ISO (2021), aktuell für die EU European Commission (2022) oder für eine Reihe von Schwellen- und Entwicklungsländern Cebr (2023)). Hierbei wird in der Regel auf den in einem Land von 1990 bis 2020 gültigen Bestand an Normen zurückgegriffen.<sup>6</sup> Die Daten wurden der Datenbank NAUTOS, der Nachfolgerin von PERINORM, entnommen.<sup>7</sup> Hierbei differenzieren wir jedoch zwischen nationalen, europäischen und internationalen Normen (Blind et al. 2018; Blind et al. 2022a). Schließlich werden auch die Normen mit Bezug zur Metrologie gesondert ausgewiesen (siehe auch unten unter Metrologie).<sup>8</sup>

Neben den für die Auswahl an Ländern nationalen Zeitreihen von 1990 bis 2010 werden für Deutschland auch sektorspezifische Zeitreihen von 1997 bis 2020 genutzt (Blind und Jungmittag, 2008). Die Sektorzuteilung von Normen übernimmt die Zuordnung aus der jüngsten Studie auf EU-Ebene (European Commission, 2022).<sup>9</sup>

### 4.2 Konformitätsbewertung

Grundsätzlich gibt es mehrere Optionen für die Messung der Konformitätsbewertung. Jedoch liegen nur für die Zertifizierung von internationalen Managementnormen entsprechende Daten auf Länder-, aber auch auf Sektorebene von der ISO mittels einer jährlich durchgeführten Umfrage unter den nationalen Akkreditierungsstellen vor.<sup>10</sup> Wir verwenden sowohl für das Länderpanel als auch das Sektorpanel die Anzahl der Firmenzertifizierungen nach ISO 9001, weil es sich hier um die

---

<sup>6</sup> Die folgenden Länder werden grundsätzlich im Länderpanel berücksichtigt: Österreich, Belgien, Bulgarien, Schweiz, Zypern, Tschechien, Deutschland, Dänemark, Estland, Spanien, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Griechenland, Ungarn, Irland, Italien, Kroatien, Litauen, Luxemburg, Lettland, Malta, Niederlande, Norwegen, Polen, Portugal, Rumänien, Slowakei, Slowenien, Schweden. Jedoch sind in NAUTOS die Normenbestände nur für 16 Länder erfasst.

<sup>7</sup> Siehe <https://www.beuth.de/de/normen-management/nautos>.

<sup>8</sup> Hierbei beziehen wir uns auf ICS 17 Metrologie, Messwesen, Angewandte Physik.

<sup>9</sup> Es handelt sich um die Sektoren, die in Tabelle 20 des Annexes der Studie aufgelistet sind, nämlich um Food and beverages, Chemical products, Electrical equipment, Machinery, Energy and utilities (including refined petroleum products), Ground transport, Air and space, Medical devices, Defence and Security und Digital Society and Technologies (ICT).

<sup>10</sup> Siehe <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>

Basismanagementsystemnorm handelt, auf den andere Managementsystemnormen aufbauen (z. B., Mirtsch et al., 2021).<sup>11</sup>

### 4.3 Akkreditierung

Die Akkreditierung kann grundsätzlich durch die Anzahl der akkreditierten Konformitätsbewertungsstellen wie Zertifizierungsstellen für Produkte oder Managementsysteme, Inspektionsstellen oder Prüflaboratorien erfasst werden (siehe auch Harmes-Liedtke und Oteiza, 2021). Jedoch liegen diese Informationen nicht als Zeitreihen vor. Um die Auswirkungen der Akkreditierung im Länderpanel zu operationalisieren, nutzen wir analog zu Blind et al. (2018) eine Dummy-Variable, die gleich Eins ist, wenn das Land eine international anerkannte Akkreditierungsstelle hat, d.h. die nationale Akkreditierungsstelle ist Unterzeichner des multilateralen Abkommens der global agierenden Akkreditierungsorganisationen International Accreditation Forum (IAF).<sup>12</sup>

Für das auf Deutschland fokussierte Sektorpanel nutzen wir entweder die Entwicklung der Beschäftigten oder des Umsatzes der Deutschen Akkreditierungsstelle DAkkS, die wir aus den verschiedenen Jahresberichten entnommen haben.<sup>13</sup> Jedoch ist hier keine Zuordnung nach Branchen möglich.

### 4.4 Metrologie

Hinsichtlich der Wirkungsdimensionen der Metrologie liegen vor allem bedingt durch die begrenzte Datenverfügbarkeit nur wenige Studien vor. Nach Kellermann (2019) unterscheidet man erstens die wissenschaftliche Metrologie, welche die Festlegung von Maßeinheiten, die Entwicklung neuer Messverfahren, die Realisierung von Messnormalen, die Übertragung der Rückverfolgbarkeit von Normen auf die Benutzer sowie die Festlegung und Pflege nationaler Messnormen umfasst. Zweitens befasst das gesetzliche Messwesen sich mit den Tätigkeiten, die sich aus den gesetzlichen Anforderungen in Bezug auf Messeinheiten, Messgeräte und Messverfahren ergeben. Schließlich beschäftigt sich das industrielle Messwesen mit der Anwendung von Messungen in Prozessen und stellt sicher, dass die Messinstrumente geeignet, kalibriert und auf ihre Qualität hin überprüft sind.

Folglich sind hinsichtlich der Metrologie auch verschiedene Indikatorenansätze heranzuziehen. Deshalb wird die wissenschaftliche Metrologie durch die für die Metrologie relevanten Normen abgebildet (siehe auch zu Normen oben).<sup>14</sup> Alternativ zu den Normen werden auch Metrologiepatente (transnationale Anmeldungen, siehe Frietsch und Schmoch, 2010) als Indikator für die wissenschaftliche Metrologie genutzt (siehe bereits Temple und Williamson, 2002).<sup>15</sup> Das industrielle Messwesen kann durch die Anzahl der akkreditierten Kalibrierlaboratorien, die in den DAkkS Jahresberichten seit 2018 erfasst werden, gemessen werden. Diese Informationen können jedoch aufgrund der zu kurzen Zeitreihe (noch) nicht verwendet werden. Da das gesetzliche Messwesen die rechtliche Grundlage darstellt und damit nur wenig variiert, wird hier auf einen separaten Indikator verzichtet.

<sup>11</sup> Korrelationsanalysen auf Basis aller im ISO-Survey erfassten Länder haben gezeigt, dass die Anzahl der im Jahr 2022 ausgegebenen Zertifikate für ISO 9001 sehr hoch mit den anderen Zertifikaten für Managementsystemnormen korrelieren, so dass diese als Proxy für die Zertifizierung und damit auch für die Konformitätsbewertung insgesamt dienen können.

<sup>12</sup> Informationen über die Unterzeichner des IAF MLA finden sich auf der IAF-Homepage ([www.iaf.nu](http://www.iaf.nu)).

<sup>13</sup> Siehe die Jahresberichte der DAkkS bis 2018 hier <https://www.dakks.de/de/berichte-der-dakks.html>. Die Informationen aus den Jahren davor bis zur Gründung der DAkkS wurden dem Bundesanzeiger entnommen.

<sup>14</sup> Siehe auch Choudhary et al. (2013).

<sup>15</sup> Es wird hierbei die WIPO35-Patentklassifikation (Schmoch, 2008) Feld 10 (Measurement) genutzt.

## 4.5 Marktüberwachung

Schließlich wird hinsichtlich der Marktüberwachung auf die Informationen aus den Jahresberichten des European Rapid Alert System for Dangerous Products (RAPEX) zurückgegriffen, da sonst keine quantitativen Informationen zur Marktüberwachung vorliegen (siehe auch European Commission 2022). Diese Informationen werden sowohl für das Länderpanel als auch im Aggregat für das deutsche Sektorpanel verwendet. Die in RAPEX gemeldeten Vorfälle sind kein optimaler Indikator. Angemessener wären wohl die Ressourcen, wie z. B. die Beschäftigten, die in der Marktüberwachung aktiv sind. Jedoch haben Recherchen ergeben, dass diese Informationen nur verstreut über die Bundesländer und nicht öffentlich vorliegen.<sup>16</sup> Deshalb werden die Informationen aus RAPEX genutzt, um den Indikatorensatz für die QI zu vervollständigen.

Tabelle 1 listet die für die Messung der verschiedenen Komponenten der QI verwendeten Indikatoren und ihre Quellen auf, während Tabelle 2 die ökonomischen Indikatoren und ihre Quellen enthält.

**Tabelle 1 Indikatoren der QI und Quellen**

Indikatoren	Abkürzung	Quelle
Number of international standards	ino	NAUTOS
Number of European standards	eno	NAUTOS
Number of national standards	nno	NAUTOS
Number of international ICS 17 standards	imetno	NAUTOS
Number of European ICS 17 standards	emtno	NAUTOS
Number of national ICS 17 standards	nmetno	NAUTOS
Number of ISO 9001 certificates	ISO9001zert	ISO Survey
IAF Membership	IAFmemb	IAF Homepage
Akkreditierungsbeschäftigung bzw. -umsatz	Akk	DAkKS Geschäftsberichte
Anzahl der Meldungen der Marktüberwachung	RAPEX	RAPEX

<sup>16</sup> In Technopolis & DIN (2013) wird von sechs Beschäftigten in der Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik berichtet und die Unterausstattung in der Marktüberwachung kritisiert.



**Tabelle 2      Ökonomische Indikatoren und Quellen**

<b>Indikatoren</b>	<b>Abkürzung</b>	<b>Quelle</b>
Number of transnational patent filings (inventor country)	pat	PATSTAT
Number of transnational patent filings (inventor country), in WIPO35F10 (Measurement)	metpat	PATSTAT
R&D (Research and development expenditure (% of GDP) *Population, total)	rd	World Bank (WDI)
Charges for the use of intellectual property, payments (BoP, current US\$)	lic	World Bank (WDI)
Private capital stock (constant 2015 US\$)/Net capital stock (constant 2015 US\$)	K / k	International Monetary Fund (IMF) & OECD STAN
Population, total (nur Ländermodell)	L / l	World Bank (WDI)
Number of employees, Persons, Thousands (nur Sektorenmodell)	L	OECD STAN
GDP (constant 2015 US\$) (BIP)	BIP	World Bank (WDI)
Value added, current prices, US Dollar, Millions (BWS)	BWS	OECD STAN
Nr. of innovative firms	inno	CIS
Nr. of innovative firms (only product innovations)	prodinno	MIP
Nr. of innovative firms (only process innovations)	processinno	MIP
Exports of goods and services (constant 2015 US\$)	ex	World Bank (WDI)
Imports of goods and services (constant 2015 US\$)	im	World Bank (WDI)
Educational attainment, at least completed short-cycle tertiary, population 25+, total (%)	edu	World Bank (WDI)

## 5 Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI

---

Ausgehend vom in Kapitel drei vorgestellten theoretischen Wirkmodell (siehe Abbildung 1) und den verfügbaren Indikatoren zu den Einzelkomponenten wird die wirtschaftliche Bedeutung der QI wie folgt näherungsweise geschätzt und quantifiziert.

### 5.1 Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI für die Wirtschaftsleistung

Dem Ansatz von Jungmittag et al. (1999) folgend, der in zahlreichen Studien repliziert (vgl. ISO 2021) und weiterentwickelt wurde (Blind und Jungmittag 2008; Blind et al. 2022a), basiert das Basismodell auf einer einfachen Cobb-Douglas-Produktionsfunktion:

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^\beta e^{\lambda t} \quad (1)$$

Im Zeitreihenmodell bezeichnet  $Y$  das Bruttoinlandsprodukt BIP bzw. die Bruttowertschöpfung,  $K$  das Kapital und  $L$  die Arbeit jeweils zum Zeitpunkt  $t$ . Der technische Fortschritt wird als Zeittrend in der Form  $A(t) = A_0 e^{\lambda t}$  modelliert. Die hochgestellten Ziffern  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\lambda$  stehen für die jeweiligen Produktionselastizitäten.<sup>17</sup> Wiederum Jungmittag et al. (1999) folgend wird der technische Fortschritt durch verschiedene Indikatoren abgebildet. Ein Maß für Innovation in der makroökonomischen Forschung sind F&E-Ausgaben, welche ein inputbasierter Ansatz sind. Sie führen jedoch nicht zwangsläufig zu einem Innovationsoutput, deshalb wird zusätzlich ein outputbasierter Messansatz auf Basis von Patenten hinzugezogen (siehe auch Blind und Schubert, 2023). Ferner tragen in einer Volkswirtschaft nicht nur Innovationen der inländischen Unternehmen zu technischem Fortschritt bei. Denn diese nutzen auch Technologien und Innovationen auch anderer im Ausland ansässigen Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Hierfür können Lizenzausgaben als Indikator herangezogen werden.

Zunächst ist für Messung der wirtschaftlichen Auswirkungen der QI der Bestand an Normen mit ihren im Wirkmodell skizzierten Wirkungsdimensionen ein zentraler Faktor. Da - im Gegensatz zu Patenten - das in Normen spezifizierte Wissen in der Regel nicht geschützt ist, stellen sie einen öffentlich verfügbaren Wissenspool dar, der theoretisch von allen Unternehmen, aber auch anderen Organisationen genutzt werden kann.

Um Gleichung (1) schätzen zu können, wird sie in ihre logarithmische Form umgewandelt. Kleinbuchstaben bezeichnen den natürlichen Logarithmus der Variablen, einschließlich  $a$  als Abschnittswert und  $u$  als Standardfehlerterm:

$$y_t = a_0 + \alpha k_t + \beta l_t + \lambda t + u_t \quad (2)$$

---

<sup>17</sup> Die Produktionselastizität ist die prozentuale Änderung der Outputmenge bei einer Änderung der Einsatzmenge eines Produktionsfaktors um einen infinitesimal kleinen Prozentsatz. Sie gibt also näherungsweise an, um wie viel Prozent sich der Output bei einer Inputerhöhung von 1 Prozent ändert.

Ersetzt man den Zeittrend durch die drei Indikatoren F&E-Ausgaben rd, Lizenzen lic und Normen no, so erhält man die Grundgleichung:

$$y_t = a_0 + \alpha k_t + \beta l_t + \lambda_1 rd_{t-1} + \lambda_2 pat_t + \lambda_3 lic_t + \lambda_4 no_t + u_t \quad (3)$$

Neben ihrer ökonomischen Funktion lassen sich die Normen auch hinsichtlich ihrer regionalen Reichweite klassifizieren. Im Allgemeinen kann man zwischen nationalen, regionalen und internationalen Normen unterscheiden. Nationale Normen werden vor allem von inländischen Marktteilnehmern erarbeitet und spiegeln somit das inländische technologische Wissen wider. Sie sind auf die heimische Wirtschaft zugeschnitten. Darüber hinaus gibt es regionale Normen, welche auf die Präferenzen bestimmter Wirtschaftsregionen, wie z. B. der EU, zugeschnitten sind. Internationale Normungsgremien veröffentlichen internationale Normen, welche den Konsens vor allem der auf dem Weltmarkt tätigen Akteure widerspiegeln.

Für die Schätzung wird die Normungsvariable in eine Variable für den Bestand an nationalen Normen nno, eine zweite Variable für den Bestand an europäischen Normen eno, und eine dritte Variable für internationale Normen, ino, differenziert.<sup>18</sup>

Unter Einbeziehung der Differenzierung der Normenbestände sieht die Regressionsgleichung, die zunächst nur die Normen enthält, aber dann um weitere Elemente der QI ergänzt wird, nun wie folgt aus:

$$y_t = a_0 + \alpha k_t + \beta l_t + \lambda_1 rd_{t-1} + \lambda_2 pat_t + \lambda_3 lic_t + \lambda_4 nno_t + \lambda_5 eno_t + \lambda_6 ino_t + u_t \quad (4)$$

### 5.1.1 Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI für das BIP Deutschlands auf Basis eines Länderpanels

In einem ersten Schritt wird die Quantifizierung auf Basis eines Länderpanelmodells vorgenommen, was auf Daten aus den in Fußnote 6 genannten Ländern i grundsätzlich für den Zeitraum von 1990 bis 2020 basiert:<sup>19</sup>

$$y_{it} = a_0 + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \lambda_1 rd_{it-1} + \lambda_2 pat_{it} + \lambda_3 lic_{it} + \lambda_4 nno_{it} + \lambda_5 eno_{it} + \lambda_6 ino_{it} + u_{it} \quad (5)$$

Während in den Einzelmodellen die verschiedenen Normenarten einen signifikanten positiven Einfluss auf das BIP haben, bleibt dieser im Gesamtmodell (Spalte 4) nur bei den nationalen Normen bestehen. Dieses auf den ersten Blick überraschende Ergebnis kann dadurch erklärt werden, dass für alle betrachteten Länder die übernommenen internationalen und europäischen Normen gelten, aber nur die nationalen Normen analog zu den Patentanmeldungen den Unterschied machen und damit das nationale BIP positiv beeinflussen können.

<sup>18</sup> In einer Studie zum Nutzen europäischer Normen wurde zwischen harmonisierten europäischen Normen und nicht harmonisierten europäischen Normen unterschieden (siehe auch European Commission, 2022). Diese Informationen liegen aber nicht auf Länderebene vor.

<sup>19</sup> In Einzelfällen sind die vorhandenen Zeitreihen auch kürzer.

Deshalb wurden die Bestände der drei Normentypen aufsummiert und in eine modifizierte Schätzgleichung integriert:

$$y_{it} = a_0 + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \lambda_1 rd_{it-1} + \lambda_2 pat_{it} + \lambda_3 lic_{it} + \lambda_4 sumno_{it} + u_{it} \quad (5a)$$

**Tabelle 3 Einfluss von Normen auf BIP auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log BIP	Log BIP	Log BIP	Log BIP	Log BIP
Log population	-0.23535*** (0.09041)	-0.22691** (0.09191)	-0.30622*** (0.08514)	-0.29238*** (0.09581)	-0.22433** (0.09111)
Log capital stock	0.18581*** (0.03765)	0.19489*** (0.03853)	0.18734*** (0.03732)	0.20182*** (0.03885)	0.17761*** (0.03741)
L.Log R&D exp.	-0.03409 (0.02389)	-0.02868 (0.02415)	-0.04906** (0.02431)	-0.04443* (0.02496)	-0.04018* (0.02402)
Log trans. patent appl.	0.17533*** (0.01423)	0.16862*** (0.01486)	0.18984*** (0.01503)	0.18339*** (0.01632)	0.17880*** (0.01428)
Log license payments	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)
Log stock intern. norms	0.01577* (0.00927)			-0.01898 (0.01879)	
Log stock eur. norms		0.01222* (0.00705)		0.01625 (0.01194)	
Log stock nat. norms			0.02778*** (0.01039)	0.03299** (0.01387)	
Log stock norms					0.01832* (0.00955)
Constant	28.53948*** (1.57681)	28.34109*** (1.61915)	29.69469*** (1.44560)	29.32198*** (1.66711)	28.42202*** (1.57206)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	347	347	347	347	347
R2	0.916	0.916	0.917	0.917	0.916
N_g	16	16	16	16	16

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Die signifikante Elastizität von 0,018 in Tabelle 3 bedeutet, dass ein hypothetischer Anstieg des Gesamtnormenbestandes von 10% von 2019 auf 2020 einen Beitrag von 0,18% des BIP in den im Panel integrierten Ländern ausmacht.

Um den Beitrag des Bestands der Normen zum BIP zu quantifizieren, kann man im Gegensatz zu den früheren Ansätzen basierend auf dem Wachstumsbeitrag (u.a. Jungmittag et al., 1999) den Ansatz von Blind und Schubert (2023) anwenden. Würde kein Land einen Bestand an Normen pflegen, (d. h. die Bestände würden um 100% reduziert), würde dies einen BIP-Verlust von 1,8% (-100%\*0,018) bedeuten. Für die Bundesrepublik wären dies in 2023 bei einem BIP von etwas über 4 Billionen Euro ungefähr 72 Milliarden Euro gewesen.<sup>20</sup>

Da in den letzten Jahren der Normenbestand im Vergleich zu früheren Perioden (Jungmittag et al., 1999, Blind et al., 2011, Blind et al., 2022a) nur noch leicht angestiegen ist und das Wirtschaftswachstum nur noch moderat gewachsen bzw. stagniert und in verschiedenen Krisenjahren sogar gesunken ist, haben wir uns entschlossen den ursprünglichen Quantifizierungsansatz nicht mehr zu verwenden. Denn dann hätte der Bestand an Normen in Rezessionsjahren einen signifikant negativen Beitrag zum Wirtschaftswachstum, was weder theoretisch gerechtfertigt ist noch empirisch auf Unternehmensebene beobachtet werden kann, sowohl was die Teilnahme an Normungsprozessen (Wakke et al. 2016) als auch die Implementierung von Standards angeht (z. B. Arocena et al., 2021). Stattdessen berechnen wir nun den Beitrag der Normen zum BIP insgesamt und nicht mehr zu seiner Veränderung, was die Robustheit der Ergebnisse erhöht, weil konjunkturelle Schwankungen oder Krisen nur noch bedingt die Schätzergebnisse beeinflussen.

Hinsichtlich der Metrologie können aus dem Gesamtbestand der Normen die nationalen, europäischen und internationalen Metrologie-relevanten Normen *metno* separiert werden, um damit auch die spezifische Wirkung der Metrologie abzuschätzen.<sup>21</sup>

$$y_{it} = a_0 + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \lambda_1 rd_{it-1} + \lambda_2 pat_{it} + \lambda_3 lic_{it} + \lambda_4 nmetno_{it} + \lambda_5 emetno_{it} + \lambda_6 inmetno_{it} + u_{it} \quad (6)$$

Hinsichtlich der Metrologienormen, welche weniger als 5% der gesamten Normen ausmachen, kann in Tabelle 4 wiederum gezeigt werden, dass die nationalen Metrologienormen einen signifikanten Einfluss auf das BIP haben, während die europäischen keinen und die internationalen Metrologienormen sogar einen negativen Einfluss aufweisen. In Summe haben die Metrologienormen jedoch keinen signifikanten Einfluss auf das BIP, so dass sie in der weiteren Analyse zu diesen Wirkungen der Elemente der QI nicht weiter berücksichtigt werden.<sup>22</sup>

<sup>20</sup> Im Jahr 2000 wurde der Nutzen der Normung am Wirtschaftswachstum, also der Veränderung des BIP, auf ungefähr 16 Milliarden Euro geschätzt (DIN, 2000). In einer Aktualisierung im Jahr 2011 lag der Beitrag zum Wirtschaftswachstum bei etwas über 13 Milliarden Euro (Blind et al., 2011). Bei einem BIP von 4 Billionen Euro wären dies bei einer Elastizität von 0,018 und einem Normenwachstum von 10% 7,2 Milliarden Euro im Fall von Deutschland. Dies ist ungefähr die Hälfte der in der DIN-Studie aus dem Jahr 2000 ermittelten Wert (DIN, 2000) und kann dadurch erklärt werden, dass die Ergebnisse der damaligen Studie auf langfristigen historischen Daten ausschließlich aus Deutschland beruhen, wo zum einen noch ein stärkeres Wachstum des Normenbestandes zu verzeichnen war als auch Deutschland durch seine aktive Teilnahme an Normungsgremien im Vergleich zu anderen Ländern einen stärkeren ökonomischen Nutzen ziehen konnte. In Blind et al. (2021) wurde analog der Beitrag von Software-Code zur Open-Source-Plattform GitHub bestimmt und eine ähnlich hohe Elastizität von 0.04 berechnet.

<sup>21</sup> Alternativ kann die wissenschaftliche Metrologie auch durch Metrologiepatente approximiert werden. Jedoch haben sich in den Regressions-schätzungen signifikant negative Koeffizienten ergeben, so dass dieser Ansatz nicht weiterverfolgt wurde.

<sup>22</sup> In einer Studie zur wirtschaftlichen Wirkung der Messinfrastruktur in Großbritannien finden Williams und Temple (2002) einen Beitrag der Forschungs- und Entwicklungsausgaben von 2% zum Bruttoinlandsprodukt. Hier handelt es sich aber um eine Querschnittsanalyse, die lediglich Korrelationen, aber keine Kausalitäten ableiten lassen.

**Tabelle 4 Einfluss von Metrologienormen auf das BIP auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log BIP	Log BIP	Log BIP	Log BIP	Log BIP
Log population	-0.30638*** (0.09137)	-0.26022*** (0.08816)	-0.23150*** (0.08733)	-0.29192*** (0.08938)	-0.28403*** (0.09136)
Log capital stock	0.17936*** (0.03760)	0.17790*** (0.03755)	0.17502*** (0.03724)	0.17238*** (0.03678)	0.17891*** (0.03776)
L.Log R&D exp.	-0.03346 (0.02409)	-0.02876 (0.02447)	-0.05813** (0.02533)	-0.05656** (0.02688)	-0.03505 (0.02416)
Log trans. patent appl.	0.17590*** (0.01428)	0.17150*** (0.01475)	0.18808*** (0.01485)	0.18895*** (0.01599)	0.17613*** (0.01432)
Log license payments	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)
Log stock intern. metr. norms	-0.00540 (0.00832)			-0.03483*** (0.01116)	
Log stock eur. metr. norms		0.00985 (0.00811)		0.01332 (0.00975)	
Log stock nat. metr. norms			0.02144*** (0.00816)	0.03608*** (0.01018)	
Log stock metr. norms					0.00047 (0.00794)
Constant	29.92730*** (1.55924)	29.06811*** (1.51657)	28.81190*** (1.47430)	29.89115*** (1.53016)	29.54280*** (1.55194)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	347	347	347	347	347
R2	0.915	0.915	0.917	0.919	0.915
N_g	16	16	16	16	16

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

In dieses durch die erwähnten zahlreichen früheren Studien bewährte Basismodell zur wirtschaftlichen Wirkung von Normen wird in einem weiteren Schritt die Konformitätsbewertung mit Hilfe der von ISO zur Verfügung gestellten Daten zu von akkreditierten Konformitätsbewertungsstellen vergebenen Zertifikaten für die internationale Qualitätsmanagementsystemnorm ISO 9001 angenähert

und zur Schätzung ihres Beitrages zum BIP verwendet.<sup>23</sup> Eine Differenzierung von Zertifikaten, die von akkreditierten bzw. nicht akkreditierten Konformitätsbewertungsstellen vergeben wurden, ist leider nicht möglich. Deshalb wird für die Messung der Akkreditierungswirkung der Eintritt in das IAF verwendet.

$$y_{it} = a_0 + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \lambda_1 rd_{it-1} + \lambda_2 pat_{it} + \lambda_3 lic_{it} + \lambda_4 ISO9001zert_{it} + \lambda_5 IAFmemb_{it} + u_{it} \quad (7)$$

**Tabelle 5 Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf das BIP auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)
	Log BIP	Log BIP	Log BIP
Log population	0.23039*** (0.06604)	0.16833** (0.06599)	0.22406*** (0.06483)
Log capital stock	0.23520*** (0.01599)	0.22319*** (0.01580)	0.24756*** (0.01590)
L.Log R&D exp.	0.00432 (0.01760)	0.00855 (0.01797)	0.01970 (0.01756)
Log trans. patent appl.	0.08395*** (0.01118)	0.09335*** (0.01102)	0.07683*** (0.01107)
Log license payments	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)
Log ISO 9001 cert.	0.06302*** (0.00793)		0.04905*** (0.00831)
Member IAF		0.13340*** (0.01871)	0.09332*** (0.01941)
Constant	20.02264*** (1.12187)	21.22942*** (1.10996)	19.92522*** (1.10116)
Year dummies	Yes	Yes	Yes
Observations	635	635	635
R2	0.860	0.857	0.865
N_g	30	30	30

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Sowohl die Anzahl der ISO-9001-Zertifikate als auch die Mitgliedschaft im IAF leisten einen signifikanten positiven Beitrag zum BIP (Tabelle 5). Die Stärke des Einflusses ist sogar höher als der der Normen. Analog zur Quantifizierung des wirtschaftlichen Beitrages des Normenbestandes kann

<sup>23</sup> Wir verwenden die Zeitreihen zu ISO 9001, weil sie sowohl länger in die Vergangenheit reichen und als auch ihre hohe Anzahl den generellen Charakter eines Landes hinsichtlich Konformitätsbewertung abbildet. Hier ist nochmals darauf hinzuweisen, dass für diese Schätzung ein wesentlich größeres Länderpanel zur Verfügung steht.

dies auch für die Konformitätsbewertung durchgeführt werden, d. h. die ISO-9001-Zertifizierungen würden gestoppt bzw. zurückgezogen sowie die IAF-Mitgliedschaften würden aufgehoben werden, würde dies einen BIP-Verlust von 4,9% (-100%\*\*0,049) bzw. 9,3% (-100%\*\*0,093) bedeuten. Für die Bundesrepublik wären dies in 2023 bei einem BIP von etwas über 4 Billionen Euro jeweils ungefähr fast 200 bzw. 400 Milliarden Euro.

Schließlich gilt es noch die Wirkung der Marktüberwachung zu berechnen. Wie oben ausgeführt, werden die Informationen aus RAPEX dafür genutzt, um damit letztlich alle Elemente der QI in der makroökonomischen Produktionsfunktion abzubilden.

$$y_{it} = a_0 + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \lambda_1 rd_{it-1} + \lambda_2 pat_{it} + \lambda_3 lic_{it} + \lambda_4 RAPEX_{it} + u_{it} \quad (8)$$

**Tabelle 6 Einfluss der Marktüberwachung auf das BIP auf Basis eines Länderpanels**

	(1)
	Log BIP
Log population	0.17583** (0.06819)
Log capital stock	0.21412*** (0.01666)
L.Log R&D exp.	-0.00551 (0.01846)
Log trans. patent appl.	0.11017*** (0.01102)
Log license payments	0.00000*** (0.00000)
Log RAPEX	0.00971*** (0.00252)
Constant	21.27979*** (1.15274)
Year dummies	Yes
Observations	635
R2	0.848
N_g	30

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Selbst die Marktüberwachung approximiert durch die Anzahl der im RAPEX-System erfassten Fälle hat einen signifikanten, wenngleich im Vergleich zu den Normen und der Konformitätsbewertung jedoch geringen Einfluss auf das BIP (siehe Tabelle 6). Analog zur Quantifizierung des wirtschaftlichen Beitrages des Normenbestandes, der Konformitätsbewertung und der Akkreditierung würde die Abschaffung der Marktüberwachung einen BIP-Verlust von 0,97% (-100%\*\*0,0097) bedeuten.



Für die Bundesrepublik wären dies im Jahr 2023 bei einem BIP von etwas über 4 Billionen Euro jeweils ungefähr fast 40 Milliarden Euro.

Während in die bisherigen Schätzgleichungen die verschiedenen Elemente der QI separat eingehen, werden in einer weiteren Regression bis auf die insignifikanten Metrologienormen alle Elemente gleichzeitig eingefügt, um den **Gesamteffekt der QI** bestimmen zu können.

$$y_{it} = a_0 + \alpha k_{it} + \beta l_{it} + \lambda_1 rd_{it-1} + \lambda_2 pat_{it} + \lambda_3 lic_{it} + \lambda_4 no_{it} + \lambda_5 ISO9001zert_{it} + \lambda_6 IAFmemb_{it} + \lambda_7 RAPEX_{it} + u_{it} \quad (9)$$

Analog zur Berechnung der Wirkungen der Einzelelemente der QI auf das BIP werden in der Gesamtberechnung die Summe der signifikanten Koeffizienten der QI-Elemente aufaddiert, so dass man – wie man in Tabelle 7 sieht - auf einen Wert von 0,078 kommt.<sup>24</sup> Würde man all diese Elemente der QI abschaffen, würde dies einen BIP-Verlust von 7,8% (-100%\*\*0,078) bedeuten. Folglich hätte dies für die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2023 bei einem BIP von etwas über 4 Billionen Euro ungefähr einen Verlust von fast 320 Milliarden Euro am BIP bedeutet. Dieser ungewöhnlich hohe Wert passt jedoch gut in die Größendimensionen von Schätzungen früherer Studien zur Bedeutung der Konformitätsbewertung und Akkreditierung. Denn die Studie von Technopolis & DIN aus dem Jahr 2013 im Auftrag des damaligen Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie schreibt der Konformitätsbewertung schon damals eine wirtschaftliche Bedeutung von 213 bis 357 Milliarden Euro in der Bundesrepublik Deutschland zu.

Parallel dazu kann man die Kosten der QI zusammenstellen. Zunächst beliefen sich nach Schöneberg (2020) in einer Branchenanalyse zur Laboranalytik deren Umsätze bereits im Jahr 2017 auf 22,5 Milliarden Euro. Ferner akkumulierten sich die Umsätze der Herstellung von Messinstrumenten und ähnlicher Produkte im Jahr 2023 schon auf über 40 Milliarden Euro.<sup>25</sup> Dazu kommen noch die knapp 9 Milliarden Euro Umsatz der vier größten Prüfdienstleister in Deutschland<sup>26</sup> hinzu. Für die Normung muss man die 0,6 Milliarden Euro Lohnkosten für die circa 30,000 in Deutschland aktiven Normungsexpert:innen auf Basis der Schätzungen der Studie der Europäischen Kommission (European Commission, S. 68)<sup>27</sup> zu den Kosten von DIN e. V. von 76 Millionen Euro<sup>28</sup> hinzuzählen. Schließlich gilt es noch den Umsatz der DAkKS von 43 Millionen Euro<sup>29</sup> jeweils im Jahr 2022 zu berücksichtigen. Insgesamt belaufen sich die Kosten auf über 72,2 Milliarden Euro.

Bei angenommenen gesamtwirtschaftlichen Hebelwirkungen solcher Infrastrukturen<sup>30</sup> von 5 kommt man auch auf über 360 Milliarden Euro, was in der Größenordnung des Ergebnisses aus der oben durchgeführten Regressionsanalyse liegt. Insgesamt erhält man mit dem durchgeführten Schätzansatz also durchaus plausible Werte für den gesamtwirtschaftlichen Beitrag der QI bzw. für den Verlust an BIP bei seinem Nichtvorhandensein.

<sup>24</sup> Im Gegensatz zur Einzelberechnung der Bedeutung der Konformitätsbewertung und Akkreditierung haben wir ein wesentlich kleineres Sample, was den signifikant negativen Koeffizienten der ISO-9001-Zertifizierungen erklären kann. Inhaltlich lässt sich die negative Bedeutung der Konformitätsbewertung durch die ersten Anzeichen hin zu einer Dezertifizierung erklären (z. B. Clougherty und Grajek, 2023).

<sup>25</sup> <https://de.statista.com/prognosen/313814/herstellung-von-messinstrumenten-u-ae-umsatz-in-deutschland>

<sup>26</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/461084/umfrage/pruefdienstleister-in-deutschland-nach-umsatz/>

<sup>27</sup> Wir unterstellen 20 Arbeitstage für die Normung pro Experte zu einem Tagessatz von 1000€.

<sup>28</sup> <https://www.din.de/de/din-und-seine-partner/din-e-v/finanzierung>

<sup>29</sup> <https://www.dakks.de/de/berichte-der-dakks.html>

<sup>30</sup> Siehe auch Blind et al. (2021).

**Tabelle 7 Einfluss aller QI-Elemente auf das BIP auf Basis eines Länderpanels**

	(1)
	Log BIP
Log population	-0.34004*** (0.09360)
Log capital stock	0.18111*** (0.03728)
L.Log R&D exp.	-0.00725 (0.02408)
Log trans. patent appl.	0.16218*** (0.01584)
Log license payments	0.00000 (0.00000)
Log ISO 9001 cert.	-0.01756** (0.00871)
Member IAF	0.07738*** (0.01651)
Log RAPEX	-0.00894*** (0.00322)
Log stock norms	0.02716*** (0.00932)
Constant	30.06115*** (1.62758)
Year dummies	Yes
Observations	347
R2	0.924
N_g	16

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

## 5.1.2 Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI für die Bruttowertschöpfung Deutschlands auf Basis eines Sektorpanels

In einem zweiten Schritt wurde die Quantifizierung der Wirkungsdimensionen auf die Bruttowertschöpfung (BWS) auf Basis eines Sektorpanelmodells<sup>31</sup> für Deutschland vorgenommen (siehe Blind und Jungmittag 2008, European Commission 2022), was grundsätzlich auf Daten für den Zeitraum von 1990 bis 2020 basiert.

Hierbei ist aber einschränkend zu bemerken, dass eine sektorspezifische Differenzierung für Normen und Konformitätsbewertung möglich ist, aber nicht für Akkreditierung, Metrologie und vor allem die Marktüberwachung. Deshalb wird für die sektorspezifische Analyse zur Bestimmung des Einflusses der Normenbestände auf die Bruttowertschöpfung in den Sektoren  $j$  die folgende Regressionsgleichung 10 verwendet.

$$y_{jt} = a_0 + \alpha k_{jt} + \beta l_{jt} + \lambda_1 rd_{t-1} + \lambda_2 pat_{jt} + \lambda_3 lic_t + \lambda_4 nno_{jt} + \lambda_5 eno_{jt} + \lambda_6 ino_{jt} + u_{jt} \quad (10)$$

Die Ergebnisse in Tabelle 8 zeigen, dass internationale Normen keinen signifikanten Einfluss auf den sektorspezifische Bruttowertschöpfung haben. Die europäischen Normen beeinflussen die sektorspezifische Bruttowertschöpfung signifikant positiv, was im Einklang mit den Ergebnissen der EU-Studie zu den signifikanten Beiträgen des Bestands europäischer Normen zum Wirtschaftswachstum in 19 EU-Mitgliedstaaten ist (European Commission, 2022, S. 36). Dagegen haben die nationalen Normenbestände einen signifikant negativen Einfluss auf die sektorspezifische Bruttowertschöpfung.<sup>32</sup> Folglich ist die Summe der Normenbestände insignifikant. Die Erklärung für dieses Ergebnis liegt in der Selektion der Sektoren (European Commission, 2022, Figure 2, S. 34), in denen die europäischen Normenbestände eine starke und weiterhin zunehmende Rolle spielen, während die nationalen Normen inzwischen eine untergeordnete und eher rückläufige Bedeutung haben.<sup>33</sup>

<sup>31</sup> Siehe die aus der Studie der europäischen Kommission entnommenen Sektoreinteilung und Zuordnung der ICS-Klassen in Fußnote 9.

<sup>32</sup> Dieses Ergebnis bestätigt die Dichotomie der Effekte nationaler vs. europäischer Normen in einem Wachstumsmodell auf Basis eines Länderpanels in Blind et al. (2022a).

<sup>33</sup> In einer früheren Untersuchung auf Basis von 12 Sektoren für den Zeitraum von 1990 und 2001 haben Blind und Jungmittag (2008) noch positive Effekte nationaler Normen und insignifikante Wirkungen supranationaler Normen gefunden.

**Tabelle 8 Einfluss von Normen auf die BWS in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log BWS	Log BWS	Log BWS	Log BWS	Log BWS
Log employment	0.02356 (0.05834)	0.11661* (0.06759)	-0.00503 (0.05709)	0.12697* (0.06639)	0.01193 (0.06018)
Log capital stock	0.32503*** (0.08444)	0.19360** (0.09652)	0.42714*** (0.06633)	0.15586 (0.09743)	0.40105*** (0.06655)
L.Log R&D exp.	0.04746 (1.91214)	-0.08174 (1.87521)	-0.16617 (1.89826)	-0.19156 (1.83416)	-0.05405 (1.92299)
Log trans. patent appl.	0.04881*** (0.01232)	0.04244*** (0.01177)	0.05162*** (0.01236)	0.05462*** (0.01254)	0.04585*** (0.01289)
Log license payments	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)
Log stock intern. norms	-0.09040 (0.06132)			-0.04040 (0.06584)	
Log stock eur. norms		0.09353*** (0.03203)		0.11083*** (0.03547)	
Log stock nat. norms			-0.18032** (0.08527)	-0.26873*** (0.08586)	
Log stock norms					-0.02345 (0.07882)
Constant	6.89628 (28.19561)	8.58844 (27.67573)	9.67188 (28.02752)	12.50500 (27.06909)	7.19205 (28.37405)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	200	200	200	200	200
R2	0.931	0.933	0.932	0.937	0.930
N_g	8	8	8	8	8

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Zur Vervollständigung wurde auch der Einfluss der Metrologie approximiert durch die gesamten Normenbestände anhand der folgenden Regressionsgleich bestimmt, wobei Metrologienormen nicht bestimmten Sektoren zugeordnet werden können.

$$y_{jt} = a_0 + \alpha k_{jt} + \beta l_{jt} + \lambda_1 rd_{jt-1} + \lambda_2 pat_{jt} + \lambda_3 lic_t + \lambda_4 nmetno_t + \lambda_5 emetno_t + \lambda_6 inmetno_t + u_{jt} \quad (11)$$

**Tabelle 9 Einfluss von Metrologienormen auf die BWS in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log BWS	Log BWS	Log BWS	Log BWS	Log BWS
Log employment	0.00671 (0.05741)	0.00671 (0.05741)	0.00671 (0.05741)	0.00671 (0.05741)	0.00671 (0.05741)
Log capital stock	0.40307*** (0.06603)	0.40307*** (0.06603)	0.40307*** (0.06603)	0.40307*** (0.06603)	0.40307*** (0.06603)
L.Log R&D exp.	-3.89979 (2.55351)	-0.81581 (1.31083)	-2.09587* (1.10054)	-13.35253* (7.24309)	-3.44572 (2.12611)
Log trans. patent appl.	0.04449*** (0.01201)	0.04449*** (0.01201)	0.04449*** (0.01201)	0.04449*** (0.01201)	0.04449*** (0.01201)
Log license payments	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)
Log stock intern. metr. norms	6.45883 (6.72089)			17.21585 (10.41621)	
Log stock eur. metr. norms		2.00301 (2.08428)		-10.09027 (6.34614)	
Log stock nat. metr. norms			-6.25807 (6.51198)	-21.10267 (14.67784)	
Log stock metr. norms					12.74545 (13.26257)
Constant	22.26795 (16.88922)	9.46450 (26.25868)	75.51715 (49.11559)	266.32621* (157.80150)	-32.69409 (67.30268)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	200	200	200	200	200
R2	0.930	0.930	0.930	0.930	0.930
N_g	8	8	8	8	8

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

In Tabelle 9 zeigt sich, dass Metrologienormen in diesem Modell - im Gegensatz zum Länderpanelmodell - keinen Einfluss auf die Sektorumsätze haben. Eine Erklärung für die fehlende Signifikanz liegt in der auf europäische Normen fokussierte Selektion der Sektoren, wodurch die signifikante Bedeutung nationaler Metrologienormen verschwindet.

**Tabelle 10 Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf die BWS in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)	(2)	(3)
	Log BWS	Log BWS	Log BWS
Log employment	0.00671 (0.05741)	1.04819*** (0.17662)	1.04819*** (0.17662)
Log capital stock	0.40307*** (0.06603)	0.66377*** (0.15189)	0.66377*** (0.15189)
L.Log R&D exp.	-0.06207 (1.91748)	-4.83682** (2.31074)	-4.83682** (2.31074)
Log trans. patent appl.	0.04449*** (0.01201)	-0.00925 (0.01619)	-0.00925 (0.01619)
Log license payments	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)
Log ISO 9001 cert.	0.13301 (6.67048)		-10.30966*** (3.44907)
Log Turnover Accreditation		0.33177 (0.23881)	0.33177 (0.23881)
Constant	5.67413 (100.26647)	62.18917** (30.13301)	176.38809*** (64.57946)
Year dummies	Yes	Yes	Yes
Observations	200	104	104
R2	0.930	0.664	0.664
N_g	8	8	8

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

In einem nächsten Schritt wurde der allgemeine Einfluss der Konformitätsbewertung, approximiert durch die sektorspezifischen ISO-9001-Zertifizierungen, und der Akkreditierung, gemessen durch die jährlichen Umsätze der DAkkS, bestimmt.<sup>34</sup>

$$y_{jt} = a_0 + \alpha k_{jt} + \beta l_{jt} + \lambda_1 rd_{jt-1} + \lambda_2 pat_{jt} + \lambda_3 lic_t + \lambda_4 ISO9001zert_{jt} + \lambda_5 Akk_t + u_t \quad (12)$$

<sup>34</sup> Alternativ kann man die Zahl der Beschäftigten verwenden, aber diese korrelieren nahezu vollständig mit den Umsätzen der DAkkS.

Während die Akkreditierung – wie in Tabelle 10 zeigt - keinen signifikanten Effekt auf die Bruttowertschöpfung in den betrachteten Sektoren hat, dreht sich der zunächst nicht signifikant positive Effekt der Zertifizierung ins Negative. Letzterer Effekt sollte nicht überinterpretiert werden, weil sich in diesem Modell der Beobachtungszeitraum verkürzt hat (beginnend erst 2009 mit der DAkKS-Gründung) und es dadurch bedingt zu Schätzabweichungen kommen kann.

In einem letzten Schritt wurde der Einfluss der Marktüberwachung approximiert durch die in Deutschland erfassten Fälle auf die sektorspezifische Bruttowertschöpfung anhand der folgenden Gleichung bestimmt.

$$y_{jt} = a_0 + \alpha k_{jt} + \beta l_{jt} + \lambda_1 rd_{jt-1} + \lambda_2 pat_{jt} + \lambda_3 lic_t + \lambda_4 RAPEX_t + u_{it} \quad (13)$$

Auch hier zeigt sich in Tabelle 11 kein signifikanter Einfluss mehr, was auch dadurch erklärt werden kann, dass viele in RAPEX gemeldete Fälle Spielzeug und andere Produkte betreffen, die für die selektierten Sektoren nur eine geringe Rolle spielen.

**Tabelle 11 Einfluss der Marktüberwachung auf die BWS in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)
	Log BWS
Log employment	0.00671 (0.05741)
Log capital stock	0.40307*** (0.06603)
L.Log R&D exp.	-0.94892 (1.22484)
Log trans. patent appl.	0.04449*** (0.01201)
Log license payments	0.00000 (0.00000)
Log RAPEX	-0.25276 (0.26302)
Constant	21.55355 (17.27576)
Year dummies	Yes
Observations	200
R2	0.930
N_g	8

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Während in den bisherigen Schätzgleichungen die verschiedenen Elemente der QI separat eingehen, werden in einer weiteren Regression bis auf die Metrologie (aufgrund deren insignifikanten Indikators der Metrologienormen) alle Elemente gleichzeitig eingefügt, um den Gesamteffekt der QI auf die sektorspezifische Bruttowertschöpfung bestimmen zu können.

$$y_{jt} = a_0 + \alpha k_{jt} + \beta l_{jt} + \lambda_1 rd_{t-1} + \lambda_2 pat_{jt} + \lambda_3 lic_t + \lambda_4 no_{it} + \lambda_5 ISO9001zert_{jt} + \lambda_6 Akk_t + \lambda_7 RAPEX_t + u_{it} \quad (14)$$

Im Gesamtmodell, in das alle Komponenten der QI mit Ausnahme der Metrologie einfließen, hat – wie Tabelle 12 zeigt – letztlich nur die Marktüberwachung gemessen durch alle Meldungen bei RAPEX einen negativen Einfluss auf die Bruttowertschöpfung in den betrachteten Sektoren, während alle anderen Komponenten der QI keine signifikanten Koeffizienten aufweisen. Der negative Effekt der RAPEX-Meldungen sollte vorsichtig interpretiert werden, weil diese Meldungen nicht auf der Sektorebene vorliegen und daher approximierend nur die Gesamtzahl pro Jahr inkludiert werden konnte. Dies kann die Ergebnisse verzerren. Letztlich ist nur noch einmal auf den positiven Einfluss auf die Bruttowertschöpfung der ausgewählten Sektoren in Deutschland in der auf die europäischen Normen fokussierten Regression hinzuweisen, was im Einklang mit den Ergebnissen der EU-Studie aus dem Jahr 2022 steht (European Commission, 2022).



**Tabelle 12 Einfluss der QI-Elemente auf die BWS in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(5)
	Log BWS
Log employment	1.00484*** (0.18600)
Log capital stock	0.68574*** (0.15500)
L.Log R&D exp.	-0.03377 (0.80902)
Log trans. patent appl.	-0.01096 (0.01639)
Log license payments	0.00000 (0.00000)
Log ISO 9001 cert.	-1.02097 (2.34320)
Log Turnover Accreditation	-0.09171 (0.12250)
Log RAPEX	-0.37392** (0.18222)
Log stock norms	0.18366 (0.24121)
Constant	10.62753 (27.59065)
Year dummies	Yes
Observations	104
R2	0.667
N_g	8

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

## 5.2 Quantifizierung der Wirkung der QI auf Innovation

Da auch der Beitrag der QI und ihrer Komponenten zu Produkt- und Prozessinnovationen zu betrachten ist, werden Panelregressionen auf Basis von Zeitreihen zu Daten von Ländern und Sektoren angelehnt an Blind (2012) zu Wirkung von Regulierung auf Innovation durchgeführt.

### 5.2.1 Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI auf Innovation auf Basis eines Länderpanels

In einem ersten Schritt wird als abhängige Variable die länderspezifische Anzahl der Unternehmen mit Produkt- und Prozessinnovationen *inno* aus dem Community Innovation Survey genutzt.

In einem ersten Schritt wird die Quantifizierung auf Basis eines Länderpanelmodells vorgenommen, was auf Daten aus den in Fußnote 6 genannten Ländern für den Zeitraum von 1993 bis 2020 basiert.

Unter Einbeziehung der Differenzierung der Normenbestände und der Länder *i* sieht die finale Regressionsgleichung nun wie folgt aus:

$$inno_{it} = a_i + \alpha ex_{it} + \beta im_{it} + \lambda_1 edu_{it} + \lambda_2 rd_{it-1} + \lambda_3 pat_{it} + \lambda_4 lic_{it} + \lambda_5 nno_{it} + \lambda_6 eno_{it} + \lambda_7 ino_{it} + u_{it} \quad (15)$$

Insgesamt zeigen die Regressionsergebnisse in Tabelle 13 signifikant negative Einflüsse der Bestände internationaler Normen auf die Anzahl der Innovatoren in den betrachteten EU-Mitgliedsstaaten. Da internationale Normen für alle national und global aktive Unternehmen zugänglich sind, stellen sie keine exklusive Wissensquelle dar. Die nationalen und europäischen Normenbestände haben keinen signifikanten Einfluss. In der EU-Studie aus dem Jahr 2022 (European Commission, 2022) wurde lediglich eine Korrelationsanalyse durchgeführt, wo lediglich für Prozessinnovationen ein signifikanter Koeffizient gefunden wurde.

Offensichtlich haben Normen als Informationsquelle keinen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Innovatoren, weil sie keine exklusive Wissensquelle darstellen. Ferner werden Normen durchaus auch als Innovationsbarrieren wahrgenommen, wie Untersuchungen auf Basis von Unternehmensbefragungen zeigen konnten (Blind et al., 2017). Insgesamt entfalten sie keine positive, aber auch keine negativen Innovationswirkungen gemessen durch die Anzahl der Innovatoren. Jedoch ist anzumerken, dass die aktive Teilnahme an der Erstellung von Normen durchaus positiv für die Innovationsperformanz von Unternehmen ist (Blind et al., 2022b).<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Blind und Münch (2024) verwenden FuE-Ausgaben und Patentanmeldungen als Innovationsindikatoren und finden für ein größeres Panel von OECD-Ländern internationale Normen einen positiven Einfluss, während nationale Normen Innovation eher bremsen.

**Tabelle 13 Einfluss von Normen auf Innovation auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log #innova- tive firms	Log #innova- tive firms	Log #innova- tive firms	Log #innova- tive firms	Log #innova- tive firms
Log exports	-0.07044 (0.26274)	-0.16881 (0.30578)	-0.27388 (0.25387)	-0.21599 (0.29756)	-0.18250 (0.25965)
Log imports	0.71317** (0.28761)	0.82314** (0.31431)	0.84610*** (0.28125)	0.76434** (0.30820)	0.76278** (0.30213)
Log share tert. educ. empl.	0.08633 (0.23209)	0.09491 (0.23972)	0.05556 (0.23710)	0.03504 (0.23416)	0.08754 (0.23678)
Log R&D exp.	-0.50027** (0.20139)	-0.39677* (0.20322)	-0.31594 (0.20018)	-0.43388** (0.20607)	-0.43740** (0.20394)
Log trans. patent appl.	-0.01981 (0.12073)	-0.02927 (0.12409)	-0.06852 (0.12716)	-0.05055 (0.12550)	-0.01668 (0.12345)
Log license pay- ments	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)
Log stock intern. norms	-0.24884** (0.12289)			-0.32767** (0.15454)	
Log stock eur. norms		-0.03644 (0.08229)		0.08400 (0.10121)	
Log stock nat. norms			-0.16052 (0.12713)	-0.14953 (0.12552)	
Log stock norms					-0.20937 (0.19368)
Constant	0.95705 (6.00380)	-2.40783 (5.91334)	0.15180 (6.23791)	4.16350 (6.38792)	1.75829 (7.12551)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	102	102	102	102	102
R2	0.759	0.746	0.751	0.767	0.749
N_g	16	16	16	16	16

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Zur Vervollständigung der Analyse wurde auch der Einfluss der Metrologienormen auf die Anzahl der Innovatoren mit der folgenden Regressionsgleichung bestimmt.

$$\begin{aligned}
 inno_{it} = a_i + \alpha ex_{it} + \beta im_{it} + \lambda_1 edu_{it} + \lambda_2 rd_{it-1} + \lambda_3 pat_{it} + \lambda_4 lic_{it} \\
 + \lambda_5 nmetno_{it} + \lambda_6 emetno_{it} + \lambda_7 imetno_{it} + u_{it} \quad (16)
 \end{aligned}$$

Hier findet sich – wie Tabelle 14 zeigt - zumindest für den Bestand an europäischen Metrologienormen ein signifikant positiver Einfluss, wenngleich dieser für den Gesamtbestand nicht zu beobachten ist.

**Tabelle 14 Einfluss von Metrologienormen auf Innovation auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log #innova- tive firms	Log #innova- tive firms	Log #innova- tive firms	Log #innova- tive firms	Log #innova- tive firms
Log GDP	1.33586*** (0.37255)	1.36588*** (0.36774)	1.27923*** (0.38699)	1.20417*** (0.39713)	0.17284 (0.20313)
L.Log R&D exp.	-0.34392*** (0.12033)	-0.24481** (0.12167)	-0.29478** (0.11752)	-0.26336** (0.12634)	0.03692 (0.07332)
Log trans. patent appl.	-0.14116 (0.11451)	-0.17822 (0.10933)	-0.17258 (0.11157)	-0.14714 (0.11434)	-0.12752** (0.05294)
Log license pay- ments	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)
Log stock intern. metr. norms	-0.05413 (0.12484)			-0.20947 (0.14792)	
Log stock eur. metr. norms		0.07579 (0.05239)		0.10528* (0.05934)	
Log stock nat. metr. norms			-0.05567 (0.08419)	-0.06746 (0.09195)	
Log trans. patent appl. (metrology)					0.01086 (0.02937)
Constant	-20.90638** (9.74860)	-23.36244** (9.47294)	-19.83504** (9.96980)	-17.59632 (10.64211)	4.57262 (5.25542)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	186	186	186	186	350
R2	0.238	0.247	0.239	0.257	0.075
N_g	16	16	16	16	30

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

In einem weiteren Schritt wurde der Einfluss der Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf Innovation anhand der folgenden Regressionsgleichung bestimmt.

$$\begin{aligned}
 inno_{it} = & a_i + \alpha ex_{it} + \beta im_{it} + \lambda_1 edu_{it} + \lambda_2 rd_{it-1} + \lambda_3 pat_{it} + \lambda_4 lic_{it} \\
 & + \lambda_5 ISO9001zert_{it} + \lambda_6 IAFmemb_{it} + u_{it}
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

**Tabelle 15 Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf Innovation auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)
	Log #innova- tive firms	Log #innova- tive firms	Log #innova- tive firms
Log exports	-0.42769** (0.21065)	-0.45742** (0.21132)	-0.43733** (0.21470)
Log imports	0.32891 (0.20278)	0.34512* (0.20112)	0.32946 (0.20343)
Log share tert. educ. empl.	0.26522** (0.11071)	0.27237** (0.11023)	0.26580** (0.11108)
Log R&D exp.	0.00585 (0.10925)	0.00451 (0.10961)	0.00846 (0.11008)
Log trans. patent appl.	-0.14832** (0.06863)	-0.15096** (0.06866)	-0.14898** (0.06890)
Log license pay- ments	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	-0.00000 (0.00000)
Log ISO 9001 cert.	0.05140 (0.05670)		0.04057 (0.07107)
Member IAF		0.09926 (0.13289)	0.04231 (0.16643)
Constant	11.01061*** (3.54730)	11.56677*** (3.62608)	11.24638*** (3.67746)
Year dummies	Yes	Yes	Yes
Observations	192	192	192
R2	0.653	0.653	0.654
N_g	29	29	29

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Weder die Konformitätsbewertung, deren Quantifizierung lediglich auf Zertifikate zu Management-systemnormen basiert, noch die Akkreditierung haben einen positiven Einfluss auf Innovation, wie Tabelle 15 zeigt. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den ambivalenten Ergebnissen der Metastudie von Manders et al. (2016) zu den Innovationswirkungen von ISO 9001 und der jüngsten Untersuchung von Clougherty und Grajek (2023) zur Dezertifizierung von Unternehmen vor allem mit radikalen Innovationen.

Schließlich wurde der Einfluss der Marktüberwachung auf die Anzahl der Innovatoren anhand der folgenden Regressionsgleichung bestimmt.

$$inno_{it} = a_i + \alpha ex_{it} + \beta im_{it} + \lambda_1 edu_{it} + \lambda_2 rd_{it-1} + \lambda_3 pat_{it} + \lambda_4 lic_{it} + \lambda_5 RAPEX_{it} + u_{it} \quad (18)$$

Wiederum zeigt sich in Tabelle 16 kein signifikanter Einfluss der Marktüberwachung.

**Tabelle 16 Einfluss der Marktüberwachung auf Innovation auf Basis eines Länderpanels**

	(1)
	Log #innovative firms
Log exports	-0.44284** (0.21303)
Log imports	0.35895* (0.20133)
Log share tert. educ. empl.	0.27627** (0.11093)
Log R&D exp.	-0.00904 (0.10838)
Log trans. patent appl.	-0.15034** (0.06891)
Log license payments	-0.00000 (0.00000)
Log RAPEX	-0.00042 (0.01194)
Constant	11.03335*** (3.58931)
Year dummies	Yes
Observations	192
R2	0.652
N_g	29

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Insgesamt haben die verschiedenen Elemente der QI keinen oder hinsichtlich des Bestandes internationaler Normen sogar einen negativen Einfluss auf die Anzahl der Innovatoren in den betrachteten Ländern. Dies reflektiert, dass Normen, aber auch die Konformitätsbewertung sowohl positive als auch negative Implikationen für Innovation haben können, die daher kommen, dass Normung zum einen durch die Standardisierungswirkung Diffusionsprozesse beschleunigen aber gleichzeitig auch Möglichkeitsräume einschränken. Diese theoretische Überlegung ist im Einklang mit den Ergebnissen aktueller Untersuchungen auf Unternehmensebene. Jedoch gilt es nochmals zu unterstreichen, dass die aktive Teilnahme an Normungsprozessen die Innovationsleistung von Unternehmen steigert.

## 5.2.2 Quantifizierung der Wirkungsdimension der QI auf Innovation in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels

In einem zweiten Schritt wurde die Quantifizierung der Wirkungsdimensionen der QI auf Produkt- und Prozessinnovatoren auf Basis eines Sektorpanelmodells<sup>36</sup> für Deutschland vorgenommen, was auf Daten für den Zeitraum von 2000 bis 2020 basiert.

Hierbei ist wiederum einschränkend zu bemerken, dass eine sektorspezifische Differenzierung für Normen und Konformitätsbewertung möglich ist, aber nicht für Akkreditierung, Metrologie und die Marktüberwachung. Deshalb wird für die sektorspezifische Analyse zur Bestimmung des Einflusses der Normenbestände auf die Anzahl der Produktinnovatoren in den Sektoren  $j$  die folgende Regressionsgleichung umgesetzt.

$$\begin{aligned} \text{prodinno}_{jt} = & a_j + \alpha \text{ex}_{jt} + \beta \text{im}_{jt} + \lambda_1 \text{edu}_t + \lambda_2 \text{rd}_t + \lambda_3 \text{pat}_{jt} + \lambda_4 \text{lic}_t \\ & + \lambda_5 \text{nno}_{jt} + \lambda_6 \text{eno}_{jt} + \lambda_7 \text{ino}_{jt} + u_{jt} \end{aligned} \quad (19)$$

Die Regressionsergebnisse in Tabelle 17 zeigen, dass sich der Bestand an europäischen Normen signifikant negativ auf die Anzahl der Produktinnovatoren auswirkt, während die anderen Bestände nicht signifikant sind.<sup>37</sup> Eine Erklärung für dieses Ergebnis kann darin liegen, dass ein wesentlicher Anteil der europäischen Normen auf Regulierungen verweist, die vor allem in innovativen Sektoren einen negativeren Einfluss auf die Innovationsperformanz von Unternehmen haben (Blind et al., 2017). In der Summe haben die Normenbestände jedoch keinen signifikanten, aber damit auch keinen negativen Einfluss auf die Anzahl der Produktinnovatoren.

<sup>36</sup> Siehe die aus der Studie der europäischen Kommission entnommenen Sektoreinteilung und Zuordnung der ICS-Klassen in Fußnote 9.

<sup>37</sup> In der EU-Studie wurde zwischen verschiedenen Regulierungsbereichen und -effekten unterschieden, aber in der Regel keine signifikanten Korrelationen oder keine Wirkung identifiziert.



**Tabelle 17 Einfluss von Normen auf Produktinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log #product innovators	Log #product innovators	Log #product innovators	Log #product innovators	Log #product innovators
Log exports	-7.01353 (4.29622)	-7.33808* (4.26203)	-7.17710 (4.31802)	-7.13017* (4.25024)	-7.26382* (4.34058)
Log imports	-3.90577 (4.52580)	-3.04011 (4.48496)	-3.47553 (4.53886)	-3.53224 (4.48134)	-3.29525 (4.57869)
Log share tert. educ. empl.	-9.96995*** (3.08565)	-9.48413*** (3.05851)	-9.72324*** (3.09678)	-9.77376*** (3.05413)	-9.62324*** (3.11831)
Log R&D exp.	-3.75508 (3.10739)	-4.25279 (3.08340)	-3.98198 (3.12052)	-4.02508 (3.07693)	-4.06697 (3.14443)
Log trans. patent appl.	-0.03491 (0.07281)	0.02252 (0.07207)	-0.00014 (0.07148)	0.00027 (0.07433)	0.00079 (0.07651)
Log license payments	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)
Log stock intern. norms	0.28583 (0.20723)			0.30442 (0.20734)	
Log stock eur. norms		-0.33604* (0.18530)		-0.34148* (0.18888)	
Log stock nat. norms			-0.29897 (0.31317)	-0.14225 (0.31612)	
Log stock norms					-0.11957 (0.33078)
Constant	394.39646*** (133.72115)	388.59491*** (132.68482)	393.00095*** (134.45813)	393.22545*** (132.29385)	390.32083*** (135.04557)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	112	112	112	112	112
R2	0.508	0.515	0.502	0.530	0.498
N_g	7	7	7	7	7

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

**Tabelle 18 Einfluss von Normen auf Prozessinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log #process innovators	Log #process innovators	Log #process innovators	Log #process innovators	Log #process innovators
Log exports	-19.39365*** (4.54930)	-19.36011*** (4.53742)	-19.37908*** (4.50402)	-19.31476*** (4.53716)	-19.44704*** (4.55028)
Log imports	1.99998 (4.79241)	1.89037 (4.77476)	2.00817 (4.73437)	1.81753 (4.78387)	2.12989 (4.79989)
Log share tert. educ. empl.	-16.20342*** (3.26742)	-16.26002*** (3.25614)	-16.20491*** (3.23018)	-16.30649*** (3.26030)	-16.13285*** (3.26896)
Log R&D exp.	-3.84083 (3.29044)	-3.75778 (3.28263)	-3.87173 (3.25494)	-3.74022 (3.28465)	-3.91276 (3.29634)
Log trans. patent appl.	0.00514 (0.07710)	-0.00443 (0.07673)	0.02092 (0.07456)	0.00750 (0.07935)	0.01326 (0.08021)
Log license payments	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)
Log stock intern. norms	0.02864 (0.21943)			-0.02362 (0.22134)	
Log stock eur. norms		0.12761 (0.19727)		0.18321 (0.20164)	
Log stock nat. norms			-0.42706 (0.32666)	-0.48747 (0.33746)	
Log stock norms					-0.06535 (0.34676)
Constant	598.30541*** (141.59836)	598.84754*** (141.25839)	600.90857*** (140.25007)	602.31615*** (141.22473)	597.62251*** (141.56981)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	112	112	112	112	112
R2	0.829	0.830	0.832	0.834	0.829
N_g	7	7	7	7	7

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Analog zum Einfluss der Normenbestände auf die Anzahl der Produktinnovatoren wurde auch ihr Einfluss auf die Prozessinnovatoren geschätzt.

$$\begin{aligned} processinno_{jt} = a_j + \alpha ex_{jt} + \beta im_t + \lambda_1 edu_t + \lambda_2 rd_t + \lambda_3 pat_{jt} + \lambda_4 lic_t \\ + \lambda_5 nno_{jt} + \lambda_6 eno_{jt} + \lambda_7 ino_{jt} + u_{jt} \end{aligned} \quad (19a)$$

Jedoch zeigen die durchgeführten Regressionen keinerlei signifikante Ergebnisse (siehe Tabelle 18).

Um den Einfluss der Metrologie auf die Anzahl der Produkt- bzw. Prozessinnovatoren zu bestimmen, wurde die folgenden Regressionen für die verschiedenen Normenbestände durchgeführt.

$$\begin{aligned} prodinno_{jt} = a_j + \alpha ex_{jt} + \beta im_t + \lambda_1 edu_t + \lambda_2 rd_t + \lambda_3 pat_{jt} + \lambda_4 lic_t \\ + \lambda_5 nmetno_t + \lambda_6 emetno_t + \lambda_7 imetno_t + u_{jt} \end{aligned} \quad (20)$$

$$\begin{aligned} processinno_{jt} = a_j + \alpha ex_{jt} + \beta im_t + \lambda_1 edu_t + \lambda_2 rd_t + \lambda_3 pat_{jt} + \lambda_4 lic_t \\ + \lambda_5 nmetno_t + \lambda_6 emetno_t + \lambda_7 imetno_t + u_{jt} \end{aligned} \quad (20a)$$

Hier zeigt sich in Tabellen 19 und 20, dass sich der Bestand der internationalen Metrologienormen positiv sowohl für die Anzahl der Produkt- als auch Prozessinnovatoren auswirkt, während die europäischen und nationalen Normenbestände darauf einen signifikant negativen Einfluss haben, so dass die Summe aller Normenbestände unvorteilhaft ist. Die Struktur dieser Ergebnisse ähnelt dem der Gesamtbestände an Normen, zeichnet sich aber durch wesentlich signifikantere Ergebnisse aus.

**Tabelle 19 Einfluss von Metrologienormen auf Produktinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log #product innovators	Log #product innovators	Log #product innovators	Log #product innovators	Log #product innovators
Log exports	39.53742*** (14.86994)	17.28413** (8.31142)	-23.69829*** (7.32494)	31.94707** (12.31473)	-192.7771*** (60.13233)
Log imports	-27.46832** (10.86394)	-20.82404** (8.90415)	4.37708 (3.77789)	-27.39409** (10.88355)	89.45119*** (27.43283)
Log share tert. educ. empl.	11.13519** (4.45431)	-0.79630 (1.76531)	-19.86698*** (6.06158)	6.57470** (2.70743)	-99.63182*** (31.34033)
Log R&D exp.	10.54341** (4.96519)	-12.41800*** (4.56498)	-7.13910** (3.49092)	-5.33074** (2.51532)	-70.76500*** (22.25909)
Log trans. patent appl.	-0.00941 (0.07078)	-0.00941 (0.07078)	-0.00941 (0.07078)	-0.00941 (0.07078)	-0.00941 (0.07078)
Log license payments	-0.00000*** (0.00000)	0.00000** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	-0.00000** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)
Log stock intern. metr. norms	28.00488*** (8.94794)			9.73257*** (3.39859)	
Log stock eur. metr. norms		-18.28219*** (5.84140)		-15.01968*** (4.96685)	
Log stock nat. metr. norms			-19.13017*** (6.11235)	3.23449* (1.64585)	
Log stock metr. norms					- 161.72875*** (51.67451)
Constant	- 707.11464*** (255.87271)	367.55744*** (128.45587)	830.18462*** (260.81690)	-84.14476 (51.91914)	5401.77703** * (1710.75856)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	112	112	112	112	112
R2	0.497	0.497	0.497	0.497	0.497
N_g	7	7	7	7	7

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

**Tabelle 20 Einfluss von Metrologienormen auf Prozessinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log #process innovators	Log #process innovators	Log #process innovators	Log #process innovators	Log #process innovators
Log exports	22.34796 (15.57991)	2.46460 (8.70825)	-34.15327*** (7.67467)	32.99670** (12.90270)	-185.2255*** (63.00336)
Log imports	-19.41538* (11.38264)	-13.47869 (9.32928)	9.03855** (3.95827)	-28.69187** (11.40319)	85.05243*** (28.74261)
Log share tert. educ. empl.	2.44269 (4.66699)	-8.21812*** (1.84959)	-25.25781*** (6.35100)	6.78709** (2.83670)	-96.52784*** (32.83668)
Log R&D exp.	9.11003* (5.20226)	-11.40604** (4.78293)	-6.68933* (3.65759)	-2.27133 (2.63542)	-63.53919*** (23.32185)
Log trans. patent appl.	0.00769 (0.07416)	0.00769 (0.07416)	0.00769 (0.07416)	0.00769 (0.07416)	0.00769 (0.07416)
Log license payments	-0.00000 (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000*** (0.00000)
Log stock intern. metr. norms	25.02241*** (9.37516)			14.16898*** (3.56086)	
Log stock eur. metr. norms		-16.33517*** (6.12030)		-15.68305*** (5.20400)	
Log stock nat. metr. norms			-17.09284*** (6.40418)	8.99649*** (1.72443)	
Log stock metr. norms					- 144.50495*** (54.14173)
Constant	-383.15154 (268.08943)	577.07002*** (134.58903)	990.42829*** (273.26968)	- 184.22014*** (54.39804)	5075.15484** (1792.43923)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	112	112	112	112	112
R2	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829
N_g	7	7	7	7	7

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

In einem weiteren Schritt wird der Einfluss der Konformitätsbewertung und der Akkreditierung sowohl auf die Anzahl der Produkt- als auch der Prozessinnovatoren mit Hilfe der folgenden Regressionsgleichungen bestimmt:

$$\begin{aligned} \text{prodinno}_{jt} = & a_j + \alpha \text{ex}_{jt} + \beta \text{im}_{jt} + \lambda_1 \text{edu}_t + \lambda_2 \text{rd}_t + \lambda_3 \text{pat}_{jt} + \lambda_4 \text{lic}_t + \lambda_5 \text{ISOZert}_{jt} \\ & + \lambda_6 \text{Akk}_t + u_{jt} \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \text{processinno}_{jt} = & a_j + \alpha \text{ex}_{jt} + \beta \text{im}_{jt} + \lambda_1 \text{edu}_t + \lambda_2 \text{rd}_t + \lambda_3 \text{pat}_{jt} + \lambda_4 \text{lic}_t + \lambda_5 \text{ISOZert}_{jt} \\ & + \lambda_6 \text{Akk}_t + u_{jt} \end{aligned} \quad (21a)$$

Sowohl die Konformitätsbewertung als auch die Akkreditierung haben einen signifikant positiven Einfluss sowohl auf die Anzahl der Produkt- als auch Prozessinnovatoren, wie die Tabellen 21 und 22 zeigen. Nur bei der gleichzeitigen Betrachtung dreht sich der zunächst positive Effekt der Zertifizierung ins Negative für den seit der DAkKS-Gründung auf 2009 bis 2021 reduzierten Untersuchungszeitraum. Hier kann wiederum auf die ambivalenten Ergebnisse der Metastudie von Manders et al. (2016) zu den Innovationswirkungen von ISO 9001 und der jüngsten Untersuchung von Clougherty und Grajek (2023) zur Dezertifizierung von innovativen Unternehmen hingewiesen werden.

**Tabelle 21 Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf Produktinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)	(2)	(3)
	Log #product innovators	Log #product innovators	Log #product innovators
Log exports	-5.25110 (4.26126)	-69.72319*** (18.18484)	32.43626*** (10.98475)
Log imports	-5.68989 (4.96876)	77.57331*** (20.34285)	-55.31729*** (17.75584)
Log share tert. educ. empl.	-9.69273*** (3.09232)	-66.29336*** (17.74171)	21.71756*** (7.53612)
Log R&D exp.	-2.23716 (3.04083)	-163.72703*** (44.52163)	91.75972*** (28.81251)
Log trans. patent appl.	-0.00941 (0.07078)	-0.10086 (0.08482)	-0.10086 (0.08482)
Log license payments	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	-0.00000*** (0.00000)
Log ISO 9001 cert.	2.32500*** (0.74287)		3.99298*** (1.10271)
Log Turnover Accreditation		20.24540*** (5.52731)	-11.54184*** (3.71389)
Constant	347.33940*** (123.47372)	2064.42759*** (557.95675)	-625.83983*** (205.12565)
Year dummies	Yes	Yes	Yes
Observations	112	91	91
R2	0.497	0.516	0.516
N_g	7	7	7

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

**Tabelle 22 Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf Prozessinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)	(2)	(3)
	Log #process innovators	Log #process innovators	Log #process innovators
Log exports	-17.67067*** (4.46472)	-73.58091*** (20.65240)	42.76736*** (12.47531)
Log imports	0.04370 (5.20599)	72.43879*** (23.10324)	-78.90884*** (20.16519)
Log share tert. educ. empl.	-16.16709*** (3.23997)	-64.91944*** (20.14914)	35.31522*** (8.55872)
Log R&D exp.	-2.30944 (3.18602)	-142.27387*** (50.56291)	148.69716*** (32.72217)
Log trans. patent appl.	0.00769 (0.07416)	-0.04293 (0.09633)	-0.04293 (0.09633)
Log license payments	0.00000*** (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	-0.00000*** (0.00000)
Log ISO 9001 cert.	2.07740*** (0.77834)		4.54756*** (1.25234)
Log Turnover Accreditation		17.49888*** (6.27733)	-18.70325*** (4.21784)
Constant	559.00516*** (129.36901)	2042.01714*** (633.66770)	-1021.89859*** (232.95981)
Year dummies	Yes	Yes	Yes
Observations	112	91	91
R2	0.829	0.858	0.858
N_g	7	7	7

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

In einem letzten Schritt wird der Einfluss der Marktüberwachung sowohl auf die Anzahl der Produkt- als auch der Prozessinnovatoren mit Hilfe der folgenden Regressionsgleichungen bestimmt:

$$prodinno_{jt} = a_j + \alpha ex_{jt} + \beta im_{jt} + \lambda_1 edu_t + \lambda_2 rd_t + \lambda_3 pat_{jt} + \lambda_4 lic_t + \lambda_5 RAPEX_t + u_{jt} \quad (22)$$

$$processinno_{jt} = a_j + \alpha ex_{jt} + \beta im_{jt} + \lambda_1 edu_t + \lambda_2 rd_t + \lambda_3 pat_{jt} + \lambda_4 lic_t + \lambda_5 RAPEX_t + u_{jt} \quad (22a)$$



Sowohl hinsichtlich der Anzahl der Produkt- als auch Prozessinnovatoren übt die Marktüberwachung laut Tabelle 23 einen negativen Einfluss auf die Anzahl der Produkt- und Prozessinnovatoren aus, was jedoch eher ein statistischer Effekt ist.

**Tabelle 23 Einfluss von Marktüberwachung auf Produkt- und Prozessinnovatoren in Deutschland auf Basis eines Sektorpanels**

	(1)	(2)
	Log #product innovators	Log #process innovators
Log exports	-28.88793*** (8.72717)	-38.79022*** (9.14386)
Log imports	60.99494*** (18.46979)	59.62672*** (19.35164)
Log share tert. educ. empl.	21.59756*** (7.64362)	11.79084 (8.00857)
Log R&D exp.	-16.21546*** (5.53010)	-14.79908** (5.79414)
Log trans. patent appl.	-0.00941 (0.07078)	0.00769 (0.07416)
Log license payments	-0.00000*** (0.00000)	-0.00000 (0.00000)
Log RAPEX	-4.16818*** (1.33179)	-3.72427*** (1.39538)
Constant	-693.26965*** (251.67553)	-370.78101 (263.69185)
Year dummies	Yes	Yes
Observations	112	112
R2	0.497	0.829
N_g	7	7

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

### 5.3 Quantifizierung der Wirkungen der QI auf den Export

Neben den Auswirkungen der QI auf die wirtschaftliche Entwicklung ist vor allem ihr Einfluss auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit und damit auf Handelsströme relevant (siehe zu Normen und Zertifikaten die Übersicht von Swann (2010) und speziell zu Akkreditierung Blind et al. (2018)).

Das Schätzmodell zur Ermittlung der Auswirkungen der QI Deutschlands auf Handel folgt Blind et al. (2021) und ist wie folgt definiert. Die abhängige Variable nimmt die Werte der Exporte  $ex$  an. Es wird ein Modell der Handelsströme der Länder  $i$  in die übrige Welt (ROW) zum Zeitpunkt  $t$  geschätzt, welche unter Berücksichtigung von Kontrollvariablen durch die verschiedenen Komponenten der QI erklärt werden.

In einem ersten Schritt wird der Einfluss der Normenbestände auf den Export mit der Hilfe der folgenden Schätzgleichung bestimmt:

$$ex_{it} = a_i + \lambda_1 gdp_{it} + \lambda_2 gdpWorld_t + \lambda_3 rd_{it} + \lambda_4 rdWorld_t + \lambda_5 pat_{it} + \lambda_6 lic_{it} + \lambda_7 nno_{it} + \lambda_8 eno_{it} + \lambda_9 ino_{it} + u_{it} \quad (23)$$

Die Ergebnisse der Schätzungen in Tabelle 24 bestätigen die in früheren Untersuchungen gefundenen positiven Einflüsse internationaler Normen (z. B. Swann, 2010), aber auch europäischer Normen (Blind et al., 2018), während die Bestände nationaler Normen insignifikant bleiben. Bei der gemeinsamen Analyse aller drei Normenbestandstypen bleiben die europäischen Normen positiv signifikant, während sich die ursprünglich positive Wirkung internationaler Normen ins Negative dreht. Dies kann damit erklärt werden, dass diese Normen nicht als europäische Normen übernommen wurden und damit möglicherweise Handelsbarrieren für die Exporte der betrachteten europäischen Länder darstellen, welche vor allem innerhalb der EU getätigt werden.<sup>38</sup>

Die Summe der Exportwirkungen der verschiedenen Normenbestände neutralisiert sich folglich. Jedoch ist eine Aufsummierung durch die unterschiedlichen Wirkungsweisen theoretisch nicht gerechtfertigt.

<sup>38</sup> Die EU-Studie aus dem Jahr 2022 zeigt, dass nur ungefähr die Hälfte der europäischen Normen identisch mit den internationalen Normen sind (European Commission, 2022, S. 72/73).

**Tabelle 24 Einfluss von Normen auf Exporte auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log exports	Log exports	Log exports	Log exports	Log exports
Log GDP	1.28996*** (0.10847)	1.23128*** (0.10460)	1.33179*** (0.10843)	1.24598*** (0.10349)	1.30604*** (0.11015)
Log GDP (World)	2.26736 (41.24192)	2.16269 (39.74341)	2.74244 (41.60356)	2.97248 (39.23459)	2.61209 (41.51069)
Log R&D exp.	-0.04876 (0.04786)	-0.01101 (0.04675)	-0.06343 (0.04913)	-0.01004 (0.04828)	-0.06125 (0.04794)
Log R&D exp. (World)	-1.52174 (29.36313)	-1.39762 (28.29628)	-1.82877 (29.62050)	-1.86460 (27.93338)	-1.73104 (29.55455)
Log trans. patent appl.	0.17209*** (0.03257)	0.13705*** (0.03206)	0.17752*** (0.03582)	0.12505*** (0.03567)	0.17660*** (0.03292)
Log license pay- ments	0.00000** (0.00000)	0.00000** (0.00000)	0.00000** (0.00000)	0.00000** (0.00000)	0.00000** (0.00000)
Log stock intern. norms	0.03943** (0.01656)			-0.09737*** (0.03363)	
Log stock eur. norms		0.06319*** (0.01147)		0.11464*** (0.01998)	
Log stock nat. norms			0.00605 (0.01893)	0.02003 (0.02450)	
Log stock norms					0.02045 (0.01663)
Constant	-54.37753 (787.14059)	-52.01854 (758.53884)	-64.64237 (794.04234)	-69.33159 (748.83870)	-61.71487 (792.26873)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	360	360	360	360	360
R2	0.930	0.935	0.929	0.937	0.929
N_g	16	16	16	16	16

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

In einem weiteren Schritt wird der Einfluss der Metrologie durch die entsprechenden Normenbestände auf den Export mit der Hilfe der folgenden Schätzgleichung bestimmt:

$$ex_{it} = a_i + \lambda_1 gdp_{it} + \lambda_2 gdpROW_{it} + \lambda_3 rd_{it} + \lambda_4 rdWorld_t + \lambda_5 pat_{it} + \lambda_6 lic_{it} + \lambda_7 nmetno_{it} + \lambda_8 emetno_{it} + \lambda_9 imetno_{it} + u_{it} \quad (24)$$

Hier zeigen sich in Tabelle 25 letztlich nur die europäischen Metrologienormen signifikant positiv für den Export, was sich u.a. durch ihre frühzeitige Abstimmung auf europäischer Ebene basierend durch gemeinsame Forschungsprogramme zur Metrologie erklären lässt.<sup>39</sup>

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die europäischen Normenbestände inklusive der Metrologienormen einen positiven Einfluss auf die Exportströme haben und damit im Einklang mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen stehen (z. B. Blind et al., 2018a).

---

<sup>39</sup> In einer Querschnittsanalyse auf Basis von Daten aus dem Jahr 2002 zeigen Choudhary et al. (2013), dass Metrologienormen einen signifikanten Einfluss auf bilaterale Handelsströme zwischen EU-Ländern haben.

**Tabelle 25 Einfluss von Metrologie auf Exporte auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log exports	Log exports	Log exports	Log exports	Log exports
Log GDP	1.33286*** (0.10807)	1.29377*** (0.10850)	1.33014*** (0.11004)	1.29918*** (0.11042)	1.35271*** (0.10889)
Log GDP (World)	2.70328 (41.60275)	2.35442 (41.28503)	2.67539 (41.60555)	2.18252 (41.34277)	2.62658 (41.54656)
Log R&D exp.	-0.05997 (0.04804)	-0.03554 (0.04892)	-0.06338 (0.04973)	-0.02272 (0.05315)	-0.05929 (0.04798)
Log R&D exp. (World)	-1.81375 (29.62009)	-1.53925 (29.39390)	-1.78146 (29.62210)	-1.42068 (29.43520)	-1.76506 (29.58006)
Log trans. patent appl.	0.17221*** (0.03293)	0.15599*** (0.03348)	0.17552*** (0.03438)	0.14839*** (0.03753)	0.17301*** (0.03281)
Log license pay- ments	0.00000** (0.00000)	0.00000** (0.00000)	0.00000** (0.00000)	0.00000** (0.00000)	0.00000** (0.00000)
Log stock intern. metr. norms	0.00470 (0.01431)			-0.01322 (0.02022)	
Log stock eur. metr. norms		0.03345** (0.01497)		0.04382** (0.01790)	
Log stock nat. metr. norms			0.00397 (0.01569)	-0.00690 (0.02101)	
Log stock metr. norms					-0.01360 (0.01386)
Constant	-63.69791 (794.02484)	-56.71572 (787.96207)	-63.26411 (794.07885)	-53.56567 (789.06294)	-62.57592 (792.95262)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	360	360	360	360	360
R2	0.929	0.930	0.929	0.930	0.929
N_g	16	16	16	16	16

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

In einem weiteren Schritt wird der Exporteinfluss der Konformitätsbewertung und der Akkreditierung auf Basis der folgenden Schätzgleichung bestimmt:

$$ex_{it} = a_i + \lambda_1 gdp_{it} + \lambda_2 gdpWorld_t + \lambda_3 rd_{it} + \lambda_4 rdWorld_t + \lambda_5 pat_{it} + \lambda_6 lic_{it} + \lambda_7 ISO9001zert_{it} + \lambda_8 IAFmemb_{it} + u_{it} \quad (25)$$

Sowohl die Konformitätsbewertung gemessen mit der Anzahl der ISO-9001-Zertifikate als auch die Akkreditierung angenähert durch die IAF-Mitgliedschaft haben einen positiven Einfluss auf den Exporterfolg, wie Tabelle 26 zeigt. Diese Ergebnisse passen sowohl in das von Swann (2010) zusammengestellte Gesamtbild der überwiegend positiven Einflüsse der ISO-9001-Zertifikate als auch zu den Ergebnissen der einzigen Studie zum exportunterstützenden Einfluss der Akkreditierung von Blind et al. (2018b). Lediglich bei der gemeinsamen Betrachtung beider Komponenten verlieren beide ihre signifikanten Koeffizienten, was an Multikollinearität liegen kann.

**Tabelle 26 Einfluss von Konformitätsbewertung und Akkreditierung auf Exporte auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)
	Log exports	Log exports	Log exports
Log GDP	1.02934*** (0.06132)	1.03202*** (0.06114)	1.02584*** (0.06137)
Log GDP (World)	4.51019 (34.52115)	3.23884 (34.52430)	3.58632 (34.51756)
Log R&D exp.	-0.04793 (0.02932)	-0.04710 (0.02934)	-0.04581 (0.02936)
Log R&D exp. (World)	-2.87032 (24.57785)	-2.00224 (24.57980)	-2.23470 (24.57489)
Log trans. patent appl.	0.16444*** (0.01944)	0.16900*** (0.01923)	0.16564*** (0.01946)
Log license payments	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000 (0.00000)
Log ISO 9001 cert.	0.01863* (0.01103)		0.01343 (0.01186)
Member IAF		0.04837* (0.02794)	0.03588 (0.03004)
Constant	-93.45664 (658.86491)	-68.64010 (658.93195)	-75.40425 (658.80439)
Year dummies	Yes	Yes	Yes
Observations	659	659	659
R2	0.914	0.914	0.914
N_g	30	30	30

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

In einem letzten Untersuchungsschritt wird der Einfluss der Marktüberwachung auf die Exportströme mit Hilfe dieser folgenden Schätzgleichung bestimmt:

$$ex_{it} = a_i + \lambda_1 gdp_{it} + \lambda_2 gdpWorld_t + \lambda_3 rd_{it} + \lambda_4 rdROW_{it} + \lambda_5 pat_{it} + \lambda_6 lic_{it} + \lambda_7 RAPEX_{it} + u_{it} \quad (26)$$

Hier zeigt sich in Tabelle 27 jedoch ein signifikant negativer Einfluss. Der zunehmende Verstoß gegen europäische Regulierungen und Normen gemessen durch in RAPEX erfasste Fälle hemmt offensichtlich Exporte. Eine Erklärung könnte darin liegen, dass die zunehmende Identifikation gefährlicher Importprodukte durch Gegenmaßnahmen der Importländer kompensiert werden und damit eigene Exporte hemmen können.

**Tabelle 27 Einfluss von Marktüberwachung auf Exporte auf Basis eines Länderpanels**

	(1)
	Log exports
Log GDP	1.03713*** (0.06079)
Log GDP (World)	3.63547 (34.43944)
Log R&D exp.	-0.05950** (0.02939)
Log R&D exp. (ROW)	-2.24971 (24.51972)
Log trans. patent appl.	0.16704*** (0.01921)
Log license payments	0.00000 (0.00000)
Log RAPEX	-0.00969** (0.00403)
Constant	-76.70286 (657.30574)
Year dummies	Yes
Observations	659
R2	0.914
N_g	30

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Da zahlreiche Elemente der QI keine signifikanten oder ambivalenten Wirkungen auf die Exportströme haben, wird darauf verzichtet ein Gesamtmodell zu schätzen.



## 5.4 Zusammenfassung der ökonometrischen Analyse

In der folgenden Tabelle 28 werden die Ergebnisse der über sechzig Regressionen dargestellt. Die Untersuchungen zeigen zum einen, dass die in der Vergangenheit in zahlreichen Studien (ISO, 2021) herausgearbeitete Bedeutung der Normenbestände vor allem für das BIP sich in unseren Untersuchungen bestätigt hat. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass hier europäische Normen für bestimmte Sektoren und auch den Export eine zunehmend wichtigere Rolle spielen. Der Einfluss der Metrologienormen ähnelt grundsätzlich dem des gesamten Normenbestandes, während die Metrologiepatente sich nicht zur Messung der Wirkungen der Metrologie eignen.

Dagegen trägt die grundsätzlich gute Datenlage hinsichtlich der ISO-9001-Zertifizierungen dazu bei, den Einfluss der Konformitätsbewertung abzuschätzen, wenngleich anzumerken ist, dass bspw. der viel umfangreichere Prüfbereich aufgrund fehlender Daten, nicht erfasst werden konnte. Die Ergebnisse stehen auch im Einklang mit früheren Studienergebnissen vor allem hinsichtlich ihres Einflusses auf den Außenhandel (Swann, 2010). Während die Teilnahme am IAF-Forum in den Länderpanelanalysen eine signifikante Rolle spielt, sind die Ausgaben für die Deutsche Akkreditierungsstelle DAkkS im auf Deutschland fokussierten Sektormodell nicht signifikant. Schließlich ist die Annäherung der Marktüberwachung durch die in RAPEX gemeldete Fälle durch die ambivalenten Ergebnisse kritisch zu bewerten.

Die Aussagekraft der Ergebnisse auf Basis der Länderpanels ist grundsätzlich höher als die der auf Deutschland fokussierten Sektormodelle, welche auch auf eine geringere Anzahl an Beobachtungen beruhen. Offensichtlich lassen sich die verschiedenen Komponenten der QI nur bedingt spezifischen Sektoren zuzuordnen. Nur bei den Prozessinnovationen zeigen sich signifikante, meist positive Zusammenhänge, was sich auch theoretisch begründen lässt, während Produktinnovationen nur bedingt von den Elementen der QI profitieren, was im Einklang mit den ambivalenten Ergebnissen aus früheren Studien steht (z. B. Manders et al., 2016).

Insgesamt stellen die durchgeführten Untersuchungen weltweit gesehen die ersten Versuche dar, die ökonomischen Wirkungsdimensionen zu quantifizieren. Die für Deutschland ermittelten Werte stehen auch im Einklang mit den Ergebnissen aus früheren Untersuchungen, die sowohl auf begrenzte Datenbasen als auch sehr starken Annahmen beruhen.

**Tabelle 28 Übersicht über alle Regressionsergebnisse**

	Länder-panel	Sektor-panel	Länder-panel	Sektor-panel	Sektor-panel	Länder-panel
QI Komponenten	BIP	BWS	Innovative Firmen	Prod inno	Process inno	Export
nno	+++ / ++	-- / ---	(-) / (-)	(-) / (-)	(-)	(+) / (+)
eno	+ / (+)	+++ / +++	(-) / (+)	- / -	--- / +	+++ / +++
ino	+ / (-)	(-) / (-)	-- / --	(+) / (+)	+++ / +++	++ / ---
sumno	+	(-)	(-)	(-)	+++	(+)
nmetno	+++ / +++	(-) / (-)	(-) / (-)	(-) / (-)	--- / +++	(+) / (-)
emetno	(+) / (+)	(+) / (-)	(+) / +	(+) / (+)	--- / ---	++ / ++
imetno	(-) / ---	(+) / (+)	(-) / (-)	(+) / (-)	+++ / +++	(+) / (-)
sum-metno	(+)	(+)	(-)	(-)	+++	(-)
ISO9001	+++ / +++	(+) / ---	(+) / (+)	+++ / +++	+++ / +++	+ / (+)
IAF/Akk	+++ / +++	(+) / (+)	(+) / (+)	+++ / (---)	+++ / (---)	+ / (+)
RAPEX	+++	(-)	(-)	---	---	--
Gesamtmodell	sumno +++ ISO9001 -- IAF +++ RAPEX ---	sumno (+) ISO9001 (-) Akk (-) RAPEX --				

## 6 Quantifizierung der nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen der QI

---

### 6.1 Einleitung

Während in der Literatur und Kapitel 5 vor allem auf die wirtschaftlichen und quantifizierbaren Wirkungsdimensionen der QI abgehoben wurde, zeichnet sich die QI auch durch ihre Implikationen für nicht unmittelbar wirtschaftliche Aspekte aus. Inzwischen gibt es Ansätze die Beziehung zwischen Normen und den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (SDGs) zu untersuchen (European Commission, 2022), welche zeigen, dass sich SDG-Indikatoren verbessern, wenn die Zahl der relevanten Normen steigt. Ferner haben schon vorher Lim & Prakash (2017) und Prakash & Potoski (2014) ökonomische Methoden angewandt, um die Implikationen von Managementssystemnormen für Umwelt- und Gesundheitsaspekte zu quantifizieren.

Im Folgenden wird zunächst die noch begrenzte Literatur zur Quantifizierung der nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen entlang der einzelnen QI-Komponenten vorgestellt. Darauf aufbauend wird ein integrativer Schätzansatz zur Messung der Implikationen der QI für die Entwicklung ausgewählter SDG-Indikatoren entwickelt und umgesetzt. Jedoch schließt Kapitel 6 mit einer kritischen Diskussion der Quantifizierbarkeit der nicht-ökonomischen Wirkungsdimension der QI.

### 6.2 Literaturanalyse

#### 6.2.1 Normung

Die Analyse der nicht-ökonomischen Wirkung von Normen hat erst in den letzten Jahren Fahrt aufgenommen, was insbesondere durch die Verbindung von ISO Normen mit den SDGs weiter vorangetrieben wurde. In dieser Folge haben Blind & Heß (2023) die in Deutschland aktiven Normungsexpert:innen nach ihrer Einschätzung des potenziellen Beitrags von Normen zur Erreichung der SDGs gefragt. Die Befragungsergebnisse zeigen, dass insbesondere formale Normen als positiver Beitrag zur Erreichung der SDGs wahrgenommen werden. Am stärksten ausgeprägt ist diese positive Wahrnehmung bei Normen, die mit Gesetzen verbunden sind, wie etwa harmonisierte europäische Normen. Differenziert man nach den SDGs, dann wird von Normen der größte Einfluss auf die Erreichung von SDG 5 „Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen“, SDG 9 „Industrie, Innovation und Infrastruktur“, dem die ISO auch mit Abstand die meisten ihrer Normen zuordnet, und SDG 3 „Gesundheit und Wohlergehen“ zugesprochen. Hinsichtlich der anderen SDGs unterscheiden sich die Werte nur geringfügig. Lediglich können Normen wohl nur bedingt zur Friedenssicherung, Armuts- und Hungerbekämpfung beitragen.

Wiegmann et al. (2023) haben in ihrer Analyse der nicht-ökonomischen bzw. sozialen Wirkungsweisen von Normen neben einer Sichtung der Literatur zu den zertifizierbaren Managementnormen ISO 9001 und ISO 14001, die unter Konformitätsbewertung behandelt werden, eine Reihe von Fallstudien durchgeführt. Neben einer Dokumentenanalyse wurden hierzu Interviews mit Stakeholdern durchgeführt, um letztlich qualitative Aussagen sowohl zu ihren potenziellen Beiträgen zu sozialen Wirkungsdimensionen als auch den SDGs abzuleiten.

In einem quantitativen Ansatz im Rahmen der Studie zur Rolle europäischer Normen (European Commission, 2022) wurden deren Bestände in bestimmten ICS-Klassen mit ausgewählten Indikatoren einer Auswahl von SDGs zugeordnet. Insgesamt finden die Autoren signifikant positive Korrelationen zwischen der Entwicklung der europäischen Normen und ausgewählter SDG-Indikatoren, wie dem Anteil an erneuerbaren Energien oder dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Dies Zusammenhänge bleiben

auch bestehen, wenn man die Korrelationen um Kontrollvariablen, wie dem Pro-Kopf-BIP, ergänzt. Es gilt anzumerken, dass die Ergebnisse dieser Korrelationsanalysen nicht den kausalen Schluss zulassen, dass mehr europäische Normen zwangsläufig zur Erreichung der SDGs führen werden. Hierzu müssten in Regressionsanalysen Instrumentenvariablen eingefügt werden, die mögliche Scheinkorrelationen aufdecken, oder es müssten die Situationen vor und nach der Einführung bestimmter Normen im Rahmen von Differenz-von-Differenzen-Ansätzen miteinander verglichen werden, um kausale Schlüsse ableiten zu können. Dennoch sind die Ergebnisse relevant, da sie ein systematisches Muster in Bezug auf die Entwicklung europäischer Normen und relevanter SDG-Indikatoren erkennen lassen.

## 6.2.2 Konformitätsbewertung

Während die Studien zu den nicht-wirtschaftlichen Wirkungsdimensionen der Normung sehr begrenzt sind, wurden in den letzten Jahren umfangreiche Untersuchungen zur Rolle der Konformitätsbewertung. So weist Kaarls (2006) darauf hin, dass harmonisierte Prüfverfahren Lebensmittelsicherheit, aber auch Patienten- und Umweltschutz positiv beeinflussen. Umfangreich ist jedoch vor allem die Studienlage zur Zertifizierung nach den internationalen Managementsystemstandards ISO 9001 und ISO 14001.

### 6.2.2.1 ISO 9001

Wiegmann et al. (2023) haben 139 wissenschaftliche Publikationen zu den Wirkungen von ISO 9001 gesichtet, die zwischen 2001 und 2022 publiziert wurden. Die Studienergebnisse beziehen sich entweder auf organisatorische Ebene oder auf Makroebene, aus einzelnen Ländern (sowohl Industrials als auch Entwicklungsländer) oder vergleichen die Ergebnisse über mehrere Länder hinweg. Sie decken auch eine große Vielfalt von Industriezweigen ab. Die meisten Studien versuchen die ökonomischen Wirkungen von ISO 9001 quantitativ zu erfassen. Wiegmann et al. (2023) identifizieren nur vier Studien (Albulescu et al., 2016; Chiarini, 2016; Lim und Prakash, 2017; Sin et al., 2021), die sich auf nicht-ökonomische, gesellschaftliche Auswirkungen konzentrieren, was sich auch mit einer früheren Übersicht von Castka und Corbett (2013) deckt. Diese strukturelle Verteilung hat sich bei den ca. 50 Publikationen, die in 2023 und 2024 zu ISO 9001 publiziert wurden und im Web of Science erfasst sind, auch nicht geändert. Wiegmann et al. (2023) unterscheiden ferner zwischen Studien, die die direkten Auswirkungen der Implementierung von ISO 9001 untersuchen, und solchen zu den Auswirkungen der ISO 9001-Zertifizierung. Ein Viertel der Publikationen untersucht die Auswirkungen der Einführung von ISO 9001, wie z. B. die Verbesserung der organisatorischen Effizienz im öffentlichen Sektor (To et al., 2011), verbesserte Abläufe in Krankenhäusern (Ritchie et al., 2019) und die Unterstützung von Unternehmen bei der Teilnahme an öffentlichen Ausschreibungen für Bauprojekte (Ng et al., 2012). Jedoch konzentrieren sich die meisten Arbeiten auf die Auswirkungen der ISO 9001-Zertifizierung. Dazu gehören die vier Studien zu den nichtwirtschaftlichen gesellschaftlichen Auswirkungen (Albulescu et al., 2016; Chiarini, 2016; Lim und Prakash, 2017; Sin et al., 2021), die sowohl auf der Makro- als auch auf der Organisationsebene ansetzen. Lim und Prakash (2017) zeigen, dass Länder mit einer größeren von ISO 9001-zertifizierten Unternehmen niedrigere Unfallraten am Arbeitsplatz haben. Sie erklären dies mit der Notwendigkeit gut konzipierter interner Prozesse bei der Umsetzung von ISO 9001, die zu einer sichereren Arbeitsumgebung beitragen. Jedoch finden Albulescu et al. (2016) keine Auswirkungen der ISO-9001-Zertifizierung auf die Arbeitsproduktivität in den EU-27-Ländern. Auf der Organisationsebene untersuchten Sin et al. (2021) Arbeitnehmer im malaysischen Gastgewerbe: Mitarbeiter von ISO-9001-zertifizierten Unternehmen sind nachhaltigkeitsbewusster als ihre Kollegen in nicht zertifizierten Unternehmen. Chiarini (2016) zeigt für italienische Kommunalverwaltungen, dass diejenigen mit ISO-9001-

Zertifizierung ein höheres Bewusstsein der Mitarbeiter für die Bedürfnisse der Bürger und eine höhere Bürgerzufriedenheit haben. Allerdings schneiden ISO-9001 zertifizierte Kommunalverwaltungen bei der Bürgerbeteiligung schlechter ab und werden als bürokratischer wahrgenommen. In einem letzten Schritt ordnen Wiegmann et al. (2023) die Studien den SDGs zu, empfehlen aber auch weitere Untersuchungen in anderen Ländern und Organisationen, um diese Zuordnung zu validieren.

### 6.2.2.2 ISO 14001

Im Jahr 2018 haben Boiral et al. (2018) ein erstes Reviewpaper unter anderem zu den Wirkungsweisen von ISO 14001 auf Basis von 94 Publikationen veröffentlicht. In der Regel finden sie einen positiven Einfluss von ISO 14001 auf die Reduktion von Abfall, aber auch von Emissionen und Luftverschmutzung und folglich den Verbrauch von Energie und anderen Ressourcen. Umweltrisiken werden durch ISO 14001 auch reduziert. Fünf Jahre später haben Wiegmann et al. (2023) 68 Studien, die zwischen 2000 und 2022 publiziert wurden, in ihre Analyse der Wirkungen von ISO 14001 miteinbezogen. Fast zwei Drittel der Publikationen berichten über Erkenntnisse auf der Ebene der Organisation, während knapp ein Drittel die Länderebene adressiert, wobei sowohl Industrie- als auch Entwicklungsländer abgedeckt oder mehrere Länder umfasst werden. Ferner wird eine Vielzahl von Industriesektoren untersucht. Analog zu den Studien hinsichtlich ISO 9001 versuchen die meisten Studien die Implikationen von ISO 14001 zu quantifizieren. Die meisten Studien befassen sich mit Umweltauswirkungen oder den wirtschaftlichen Konsequenzen für Unternehmen, 15% mit beiden Bereichen. Die Einführung von ISO 14001 oder die Erlangung einer Zertifizierung nach ISO 14001 tragen zur Verbesserung der wirtschaftlichen oder umweltbezogenen Performanz der Unternehmen bei. Mehrere Studien zeigen, dass ISO 14001 in der Regel einen positiven Einfluss auf das Umweltmanagement (z. B. Einhaltung von Regulierungen) und Auswirkungen auf die Umwelt (z. B. Luftverschmutzung oder Energie- und Ressourcenverbrauch) haben (siehe bereits Castka und Corbert, 2013 und Boiral et al., 2018). Hier sind vor allem die Studien von Prakash und Potoski (2014) und Garrido et al. (2019) explizit zu erwähnen. Jedoch zeigt auch fast ein Drittel der Studien ambivalente Ergebnisse. Grundsätzlich spielen externe und interne Faktoren eine wichtige Rolle für die Wirkung von ISO 14001. Fast zwei Drittel der Publikationen untersuchen die Auswirkungen der Umsetzung von ISO 14001 in Kombination mit einer Zertifizierung. Lediglich sechs Analysen befassen sich mit nicht-umweltbezogenen gesellschaftlichen Auswirkungen der ISO 14001, wie das Bewusstsein für Umweltfragen, aber auch Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz und die Entwicklung von Mitarbeitern, aber auch den Beziehungen zu externen Stakeholdern.

Analog zu Ikram et al. (2021) und Horry et al. (2022) ordnen Wiegmann et al. (2023) die nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen von ISO 14001 vor allem den umweltrelevanten SDGs zu, fordern jedoch auch zusätzliche Untersuchungen ein, um den Zusammenhang noch weiter zu validieren.

### 6.2.2.3 Weitere Managementsystemstandards

Neuere zertifizierbare Managementsystemstandards, wie ISO/IEC 27001 für Informationssicherheit und ISO 50001 für Energie, haben sicherlich das Potenzial auch nachhaltigkeitsbezogene Wirkungen zu entfalten. Jedoch liegen hier noch wenige Untersuchungen vor, die sich in der Regel ausschließlich auf die wirtschaftlichen Wirkungsdimensionen konzentrieren.

## 6.2.3 Akkreditierung

Zu den nicht-ökonomischen Wirkungen der Akkreditierung gibt es keine unmittelbaren Studien. Jedoch werden in der Studie von ACCREDIA and Prometeia (2020) durch den Fokus auf akkreditierte

Konformitätsbewertungsstellen auch die Wirkungsdimensionen der Akkreditierung mitefasst. In einem separaten Kapitel werden die Wirkungen der Umwelt-, Energie- und diverser Sicherheitszertifizierungen adressiert und mit Hilfe verschiedener meist auf Unternehmensdaten basierten Ansätze quantifiziert. Jedoch zeigen Ramkissoon und Nisi (2024) in ihrer Untersuchung von Wirkungsanalysen der Akkreditierung, dass diese Forschung sehr spezifisch für wenige Länder ist und für andere Länder durch die nicht gegebene Datenverfügbarkeit aktuell nicht umsetzbar ist.

Erste qualitative Untersuchungen (z. B. Panagiotidou et al. 2014) auf Basis von Interviews zeigen, dass die Akkreditierung analog zur Zertifizierung nach ISO 9001 das Qualitätsbewusstsein der Mitarbeitenden fördert, was neben positiven wirtschaftlichen Implikationen, sich auch positiv auf die Gesellschaft auswirken kann.

Insgesamt steht nicht nur die wirtschaftliche, sondern auch die soziale Wirkungsanalyse hinsichtlich Akkreditierung erst am Anfang.

## 6.2.4 Metrologie

Während schon die Untersuchungen der wirtschaftlichen Implikationen der Metrologie sehr begrenzt sind, konnten durch die Literaturrecherche keine Studien identifiziert werden, die sich auf die sozialen Wirkungsdimensionen bzw. SDGs konzentriert haben.

## 6.2.5 Marktüberwachung

Obwohl es Ziel der Marktüberwachung ist, sicherzustellen, dass Produkte den jeweils geltenden Gesundheits-, Verbraucher- und Umweltschutzanforderungen entsprechen, wurden zu diesen Wirkungsdimensionen noch keine wissenschaftlichen Untersuchungen durchgeführt. Lediglich Gheorghiu et al. (2021) erfassen die Einschätzung der rumänischen Verbraucher insbesondere zur Wirksamkeit der Marktüberwachung zum Verbraucherschutz. Analog zur Metrologie findet sich im Web of Science bisher noch keine Publikation zur Marktüberwachung und den SDGs.

## 6.2.6 Qualitätsinfrastruktur

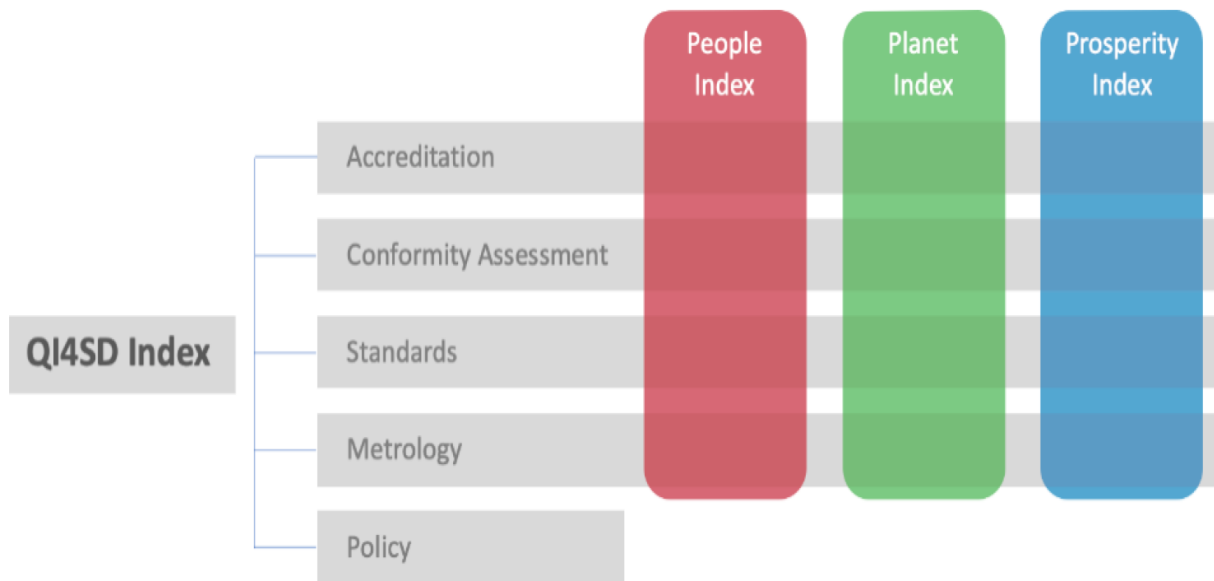
Während es keine wissenschaftliche Literatur zu den sozialen Implikationen der Qualitätsinfrastruktur als Ganzes gibt, wurde im Jahr 2023 von der Organisation der Vereinten Nationen für industrielle Entwicklung (UNIDO) in Zusammenarbeit mit Partnerorganisationen des International Network on Quality Infrastructure (INetQI) der Quality Infrastructure for Sustainable Development (QI4SD) Index entwickelt und publiziert.<sup>40</sup>

Der QI4SD-Index umfasst eine Reihe von Indikatoren, die sowohl den allgemeinen Entwicklungsstand der QI eines Landes als auch hinsichtlich deren Unterstützung der SDGs erfassen soll. Der QI4SD-Index ist nach den fünf Dimensionen Metrologie, Normung, Konformitätsbewertung, Akkreditierung und Politik strukturiert und enthält 36 Indikatoren. Der QI4SD-Index soll auch den Stand der QI in den Säulen People, Planet und Prosperity (3P) widerspiegeln, wobei auf Daten zu sozialen, ökologischen bzw. wirtschaftlichen Aspekten zurückgegriffen wird. Der QI4SD-Index soll eine Informationslücke schließen, indem er explizit den Entwicklungsstand der QI analog zum Global Quality Infrastructure Index (GQII) (siehe den Vergleich in Harmes-Liedtke und Ramkissoon, 2024) misst vor dem Hintergrund ihrer Eignung für einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung.

---

<sup>40</sup> <https://hub.unido.org/qi4sd/>

**Abbildung 5 Konzeptioneller Rahmen des QI4SD-Index (Quelle: UNIDO, 2023)**



Die Auswahl der Indikatoren für jede Dimension erfolgte nach einer Literaturrecherche und Diskussionsrunden mit INetQI-Partnerorganisationen. Anschließend wurden Daten gesammelt, wo immer dies möglich war, in der Regel durch INetQI-Organisationen, da es keine zentralisierten Statistiken über QI gibt. Die Indikatoren wurden anhand von Kriterien wie Relevanz, Mehrwert, Datenverfügbarkeit und anderen geprüft. Die Daten für die politische Dimension wurden mit Hilfe einer speziellen Umfrage zur Qualitätspolitik erhoben, die von der Internationalen Organisation für Normung (ISO) im Jahr 2021 gestartet wurde.

Die sich daraus ergebenden endgültigen Indikatoren wurden zum QI4SD-Index aggregiert. Das Ergebnis ist eine Liste von 36 Indikatoren, die 137 Länder weltweit abdecken. Die Indikatoren des Rahmens sind in Tabelle 29 aufgeführt. Für jedes Land gibt es neben den Indikatordaten auch Bewertungen für jede Dimension der QI sowie einen Gesamtindexwert. Zusätzlich gibt es für jedes Land eine Punktzahl, die den Stand der QI in den Säulen People, Planet und Prosperity widerspiegelt, wobei Daten zu sozialen, ökologischen bzw. wirtschaftlichen Fragen verwendet werden. Diese Werte werden anhand einer Teilmenge der Indikatoren in den Dimensionen Normen, Akkreditierung, Konformitätsbewertung und Messwesen berechnet, da für die Dimension Politik keine ausreichend detaillierten Daten verfügbar waren.

Wenngleich die den 3P, vor allem People und Planet, zugeordneten Indikatoren eine Verbindung zu den sozialen Implikationen assoziieren, kann angesichts fehlender Zeitreihen lediglich von Korrelationen und nicht von Kausalitäten ausgegangen werden. Ferner ist nicht transparent, wie die den 3P zugeordneten Indikatoren genau definiert sind. Letztlich stellt der QI4SD-Index aktuell nur einen konzeptionellen Rahmen zur Verfügung, der erst einmal mit Daten gefüllt und dann frühestens in 10 Jahren die Datengrundlage für Wirkungsanalysen bilden kann.

**Tabelle 29 Liste der Indikatoren des QI4SD-Indizes  
(Allgemeine Indikatoren (G) und 3P Indikatoren (P)) (Quelle: UNIDO, 2023)**

Dimension	Name	Description	Unit	Organization	Type	Weight
Accreditation	Scopes of IAF accreditation bodies	Number of scopes for the IAF Multilateral Recognition Arrangement mapped into the 3Ps.	Number	IAF	P	1
	Signatory to the IAF MLA	Existence of an accreditation body that is a signatory to the IAF Multilateral Recognition Arrangement.	Yes/no	IAF	G	1
	Scopes of ILAC accreditation bodies	Number of scopes for the ILAC Mutual Recognition Arrangement mapped into the 3Ps.	Number	ILAC	P	1
	Signatory to the ILAC MRA	Existence of an accreditation body that is a signatory to the ILAC Mutual Recognition Arrangement.	Yes/no	ILAC	G	1
Conformity	Membership of IEC conformity assessment systems	Country membership in the four IEC conformity assessment systems (IECEE, IECEx, IECRE, IECQ), range 0 to 4.	Number	IEC	G	1
	Number of IECEE certificates recognised	Number of IECEE certificates present in country.	Number	IEC	G	1
	Number of recognised certificates (IQNet)	Number of recognised certificates from IQNet database mapped into 3Ps.	Number	IQNet	P	0.5
	Membership of IQNet	Level of involvement in IQNet, location of head, subsidiary offices and origin of Certification Bodies.	Composite score	IQNet	G	1
	Number of recognised certificates (ISO)	Number of recognised certificates from ISO database mapped into 3Ps.	Number	ISO	P	0.5
Metrology	Participation in CIPM Consultative Committees	Sum of overall participation in ten Consultative Committees, range 0 to 20.	Number	BIPM	G	1
	Participation in key and supplementary comparisons	Sum of the scores for the key and supplementary comparisons.	Number	BIPM	G	1
	Number of CMCs	Total number of Calibration and Measurement Capacities (CMCs) in any area mapped into 3Ps.	Number	BIPM	P	0.5
	Breadth of CMCs	Total breadth of Calibration and Measurement Capacity (CMC) types with at least one capacity mapped into 3Ps	Number of types	BIPM	P	0.5
	Membership of BIPM	Membership of BIPM, range 0 to 2.	Categorical	BIPM	G	1
	Membership of OIML	Membership of OIML, range 0 to 2.	Categorical	OIML	G	1
	OIML-CS - number of services offered	Number of OIML Certification System (CS) services offered.	Number	OIML	G	0.5
	OIML-CS - number of services recognised	Number of OIML Certification System (CS) services recognised.	Number	OIML	G	0.5
	Involvement in OIML project groups	Number of project groups for which each country is a convener (C), participating member (P) and observer (O).	Composite score	OIML	G	1



Policy	Participation in capacity building programmes	Participated in capacity building programmes related to QI from BIPM, OIML, ISO, WTO in the last two years, range 0 to 4.	Number of types	UNIDO/ISO	G	1
	Quality Policy in place	National or regional Quality Policy in place, a policy for developing and sustaining effective QI.	Yes/no	UNIDO/ISO	G	1
	Dimensions of QI addressed by Quality Policy	QI dimensions (Metrology, Standards, Accreditation, Conformity Assessment) addressed by the Quality Policy or regulatory framework, range 0 to 4.	Number	UNIDO/ISO	G	1
	Support and funding for Quality Policy	Governmental support, including funding, stipulated in the Quality Policy or in the regulations and directions supporting QI.	Yes/no	UNIDO/ISO	G	1
	Government/political endorsement for Quality Policy	Development and implementation of the Quality Policy being endorsed by the political level or led by the highest level of government.	Yes/no	UNIDO/ISO	G	1
	Government approval of Quality Policy	Quality Policy approved by government or regional country grouping.	Yes/no	UNIDO/ISO	G	1
	Stakeholder involvement of Quality Policy	Involvement of stakeholders from the private and public sectors, consumers, producers in the Quality Policy process.	Yes/no	UNIDO/ISO	G	1
	Consideration of diversity in Quality Policy	Gender balance and other diversity aspects considered in the Quality Policy process.	Yes/no	UNIDO/ISO	G	1
	Implementation plan for Quality Policy	Presence of implementation plan for the national Quality Policy, i.e. a plan that sets out the steps for achieving the policy objectives.	Yes/no	UNIDO/ISO	G	1
	Monitoring and evaluation for Quality Policy	Mechanism(s) for monitoring and/or evaluating the implementation/outcomes of the Quality Policy.	Yes/no	UNIDO/ISO	G	1
	Reviewing and updating for Quality Policy	Mechanism(s) for periodically reviewing and updating the Quality Policy.	Yes/no	UNIDO/ISO	G	1
Standards	Adopted ISO standards	ISO standards that had been adopted into national legislation and mapped into the 3Ps.	Number	ISO	P	1
	Adopted IEC standards	IEC standards that have been adopted and mapped into the 3Ps.	Number	IEC	P	1
	Membership of IEC	Membership of the IEC, range 0 to 3.	Categorical	IEC	G	1
	Participation in IEC technical committees	IEC technical committees (TCs) participation mapped into the 3Ps.	Number	IEC	P	1
	Membership of ISO	Membership of the ISO, range 0 to 3.	Categorical	ISO	G	1
	Participation in ISO technical committees	ISO technical committees (TCs) participation.	Number	ISO	G	1
	Membership of ITU	Composite score of membership of ITU.	Composite score	ITU	G	1

### 6.3 Methode

Vor dem Hintergrund der gesichteten Literatur, aber auch angesichts der verfügbaren Daten haben wir folgenden methodischen Ansatz entwickelt und auf Basis des Länderpanels umgesetzt. In Tabelle 30 sind die QI-Komponenten, spezifische Indikatoren und die untersuchten nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen abgeleitet von den SDGs dargestellt.<sup>41</sup>

**Tabelle 30 QI-Komponenten, Indikatoren und nicht-ökonomische Wirkungsdimensionen**

QI Komponente	Indikatoren	Wirkungsdimensionen
Normung	ausgewählte Normenklassen: ICS 13 Umweltschutz, Gesundheitsschutz, Sicherheit ICS 27 Energietechnik und Wärmeübertragungstechnik	SDG-Indikatoren: Log CO2 emissions per GDP in 2017 PPP-\$ Share renewable energy consumption PM 2.5 annual air pollution exposure Energy intensity
Konformitätsbewertung	ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001	SDG-Indikatoren: Log injury rate Log CO2 emissions per GDP in 2017 PPP-\$ Share renewable energy consumption PM 2.5 annual air pollution exposure
Akkreditierung	IAF-Mitgliedschaft	SDG-Indikatoren: Log injury rate Log CO2 emissions per GDP in 2017 PPP-\$ Share renewable energy consumption PM 2.5 annual air pollution exposure
Metrologie	Metrologiepatente Metrologienormen	SDG-Indikatoren: Log injury rate Log CO2 emissions per GDP in 2017 PPP-\$ Share renewable energy consumption PM 2.5 annual air pollution exposure
Marktüberwachung	RAPEX	Log injury rate

<sup>41</sup> Die SDG-Indikatoren stammen aus der „World Bank Sustainable Development Goals (SDGs) Database“ ([https://databank.worldbank.org/source/sustainable-development-goals-\(sdgs\)](https://databank.worldbank.org/source/sustainable-development-goals-(sdgs))). Lediglich die Injury Rate stammt aus der Reihe „Statistics on safety and health at work“ der ILOSTAT (<https://ilostat ilo.org/topics/safety-and-health-at-work/>).

Der Schätzansatz berücksichtigt die Untersuchungen zu den ökonomischen Wirkungen, aber auch die Analysen in der Studie zu europäischen Normen (European Commission, 2022). Die folgende Regressionsgleichung umfasst alle berücksichtigten QI-Komponenten und wurde auf Basis des Länderpanels geschätzt.

$$SDGind_{it} = a_i + \lambda_1 gdp_{it} + \lambda_2 capstock_{it} + \lambda_3 rdint_{it} + \lambda_4 expshare_{it} + \lambda_5 edu_{it} + \lambda_6 std_{it} + \lambda_7 cert_{it} + \lambda_8 IAFmemb_{it} + \lambda_9 metr_{it} + \lambda_9 RAPEX_{it} + u_{it} \quad (27)$$

Analog zur Studie der Europäischen Kommission zur Wirkung europäischer Normen (European Commission, 2022) werden als Kontrollvariablen das GDP pro Kopf, der Kapitalstock pro Kopf, die FuE-Intensität, die Exportquote und der Bildungsstand verwendet.

## 6.4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Regressionen dargestellt entsprechend der verschiedenen QI-Komponenten.

Tabelle 31 zeigt, dass der Bestand an energiebezogenen Normen weder Einfluss auf Emissionen noch auf Energieintensität oder den Anteil der erneuerbaren Energien hat, was ggf. durch ihre breite Definition erklärt werden kann. Eine engere Definition würde jedoch die Anzahl relevanter Normen so stark reduzieren, dass eine Panelregression nicht mehr zu aussagekräftigen Ergebnissen führen würde. Jedoch reduziert der Bestand an Umweltnormen signifikant die um das BIP kontrollierten CO<sub>2</sub>-Emissionen, aber ist positiv mit der Feinstaubbelastung assoziiert.<sup>42</sup> Ebenso treiben die Umweltnormen die Energieintensität gemessen als das Verhältnis des gesamten Energieverbrauchs eines Landes zu seinem Bruttoinlandsprodukt (BIP). Hierfür sind eventuell auch Selektionseffekte verantwortlich, weil Länder mit hoher Energieintensität eher einen Bedarf an der Einführung von Umweltnormen sehen. Gleichzeitig zeigt sich, dass die Umweltnormen den Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch erhöhen. Dieses Ergebnis passt zu ihrem positiven Einfluss auf die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

In Tabelle 32 sind die Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses der Konformitätsbewertung aufgezeigt. Zum einen reduziert die Zertifizierung nach ISO 9001 signifikant die Arbeitsunfallzahlen.<sup>43</sup> Dieses Ergebnis bestätigt die Resultate von Lim und Prakash (2017). Während der Bestand an Umweltnormen nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen signifikant reduziert und sogar positiv mit der Feinstaubbelastung korreliert, vermindern die Zertifikate nach ISO 14001 beide Emissionsindikatoren signifikant.<sup>44</sup> Dieses Resultat ist konsistent mit den Untersuchungsergebnissen von Prakash und Potoski (2014) Jedoch gehen zunehmende Zertifizierungen dieses Umweltmanagementsystems mit geringeren Anteilen an erneuerbaren Energien einher. Ein Grund für dieses widersprüchliche Ergebnis wäre, dass Staaten mit steigenden Umweltmanagementsystemen einen geringen Anreiz haben könnten, ihren Anteil an erneuerbaren Energien zu erhöhen. Umgekehrt haben Staaten mit guten Konditionen, erneuer-

<sup>42</sup> PM 2.5 in Tabelle 31 bezeichnet Partikel in der Luft mit einem Durchmesser von 2,5 Mikrometern oder kleiner. Die jährliche Luftverschmutzungsbelastung bezieht sich auf die durchschnittliche Konzentration dieser Partikel in der Luft über ein Jahr hinweg. Sie wird in Mikrogramm pro Kubikmeter (µg/m<sup>3</sup>) gemessen und ist wichtig für die Beurteilung der Luftqualität und der potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen auf Menschen.

<sup>43</sup> Die ILO definiert diese Variable als "Cases of fatal occupational injury by economic activity, ISIC-Rev.4: Total".

<sup>44</sup> Inzwischen gibt es seit 2011 auch die Möglichkeit sich nach ISO 50001, einem Energiemanagementsystem, zertifizieren zu lassen. Die Anzahl dieser Zertifikate ist aber noch nicht signifikant mit den energiebezogenen Variablen korreliert, weil auch die Anzahl der Beobachtungen bzw. die Länge der Zeitreihen noch unterkritisch sind.

bare Energien auszubauen, einen geringeren Druck Umweltmanagementsysteme weiter auszubauen. Jedoch tragen Umweltnormen zum Ausbau erneuerbarer Energien bei, so dass hier eine substitutive Beziehung zwischen Normung und Konformitätsbewertung existiert.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse zum Beitrag der Normung und der Konformitätsbewertung zu nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen durchaus signifikante positive Beiträge, wobei die Zertifizierungen durchgehend vorteilhaft sind, während Umweltnormen ambivalente Ergebnisse zeigen und energiebezogene Normen insignifikant bleiben.

**Tabelle 31 Einfluss ausgewählter Normen auf Emissionen und Energie auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Log CO2 emissions per GDP in 2017 PPP-\$	PM 2.5 annual air pollution exposure	Energy intensity	Share renewable energy consumption
Stock environ. standards	-0.12900** (0.05147)	1.74580*** (0.65900)	1.08104*** (0.23980)	12.49880*** (1.36637)
Stock energy standards	0.05147 (0.04576)	0.52978 (0.47599)	0.22598 (0.20963)	-1.55851 (1.21470)
Share ter. educ. empl.	0.00728*** (0.00220)	0.03986 (0.02828)	0.03367*** (0.01012)	-0.19204*** (0.05834)
GDP per capita const. \$	-0.00003*** (0.00000)	-0.00008* (0.00005)	-0.00016*** (0.00002)	0.00032*** (0.00010)
Export share of GDP	0.00000*** (0.00000)	0.00000 (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	-0.00000*** (0.00000)
Capital stock per GDP	4915846.53139 (5167652.974)	2.92337e+08*** (76734849.43)	1.05011e+08*** (23910422.42)	3.98784e+08*** (1.37185e+08)
R&D intensity	147083.5367** (62563.66528)	-4334432.99*** (875106.738)	511363.16842 (375490.272)	802214.63166 (1660873.989)
Constant	-0.85853** (0.43106)	-2.68574 (6.32557)	-3.14441 (2.13152)	-64.51771*** (11.44335)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	272	144	260	272
R <sup>2</sup>	0.909	0.886	0.802	0.875
N_g	16	16	16	16

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

**Tabelle 32 Einfluss ausgewählter Managementzertifikate auf Unfälle, Emissionen und Energie auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Log injury rate	Log CO2 emissions per GDP in 2017 PPP-\$	PM 2.5 annual air pollution exposure	Share renewable energy consumption
Log ISO 9001 cert.	-0.14861*** (0.05070)			
Share ter. educ. empl.	-0.01756*** (0.00614)	0.00350* (0.00187)	-0.01208 (0.01772)	-0.22214*** (0.04385)
GDP per capita const. \$	0.00000 (0.00001)	-0.00002*** (0.00000)	0.00001 (0.00002)	0.00002 (0.00005)
Export share of GDP	-0.00000 (0.00000)	0.00000* (0.00000)	-0.00000** (0.00000)	-0.00000*** (0.00000)
Capital stock per GDP	209956.15506 (539286.7309)	-585656.238*** (205928.0009)	-1229669.0523 (1913057.106)	5163601.68372 (4824535.416)
R&D intensity	-189738.21650 (126087.6312)	164911.1860*** (42576.03479)	-749540.6846** (325210.4869)	504250.16181 (997482.5512)
Log ISO 14001 cert.		-0.03757*** (0.00960)	-0.20254** (0.08064)	-1.04717*** (0.22493)
Constant	-9.80426*** (0.37631)	-1.31898*** (0.12827)	15.33344*** (1.11706)	40.21206*** (3.00505)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	483	486	256	486
R <sup>2</sup>	0.592	0.839	0.874	0.783
N_g	29	28	28	28

Standardfehler in Klammern; \* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

In einem weiteren Untersuchungsschritt wurde auch der Einfluss der Metrologie gemessen anhand der Metrologiepatente mit einbezogen.<sup>45</sup> Analog zu den Analysen zu den ökonomischen Wirkungsdimensionen zeigen die Ergebnisse in Tabelle 33, dass die Metrologie keinen signifikanten Einfluss hat.<sup>46</sup> Ferner ist die Akkreditierung, gemessen durch die IAF-Mitgliedschaft, entweder insignifikant oder sogar negativ bezüglich der CO2-Emissionen und der Energieintensität. Dies bedeutet, dass

<sup>45</sup> Die Bestände der Metrologienormen zeigen auch keinen signifikanten Einfluss.

<sup>46</sup> Die Rolle der Marktüberwachung wurde auch geprüft, aber hier konnten auch keine signifikanten Ergebnisse identifiziert werden.

die IAF-Mitgliedschaften positiv mit der Reduzierung der Energieintensität korrelieren, was sich dadurch erklären lässt, dass die Zertifizierungen vor allem bezüglich Umweltmanagementsystemen in diesen Ländern stringenter umgesetzt werden und damit eine höhere Wirksamkeit haben. In diesem Gesamtmodell trägt auch die Gesamtsumme der energie- und umweltbezogenen Normen zum einen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion und zum anderen zur Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien bei. Während die Anzahl der ISO 9001 Zertifikate im Gesamtmodell weiterhin zur Reduktion der Arbeitsunfälle beiträgt, ist der Umfang an ISO 14001 Zertifizierungen sowohl negativ mit der Energieintensität als auch dem Anteil erneuerbarer Energien korreliert, aber nicht mit den Indikatoren der Luftverschmutzung. Der kontraintuitive Zusammenhang mit den erneuerbaren Energien wurde oben schon erläutert. Zusätzlich geht eine zunehmende Umweltmanagementzertifizierung mit einer sinkenden Energieintensität einher.

**Tabelle 33 Einfluss der Metrologie, Akkreditierung, ausgewählter Normen und Managementzertifikate auf Unfälle, Emissionen und Energie auf Basis eines Länderpanels**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Log injury rate	Log CO2 emissions per GDP in 2017 PPP-\$	PM 2.5 annual air pollution exposure	Energy intensity	Share renewable energy consumption
Log trans. patent appl. (metrology)	0.04810 (0.03384)	-0.01738 (0.01520)	-0.20942 (0.23258)	-0.03662 (0.06859)	-0.36248 (0.45268)
Log ISO 9001 cert.	-0.15363*** (0.05817)				
Member IAF	0.00611 (0.11068)	-0.10942*** (0.03165)	-1.01773 (0.83175)	-0.6306*** (0.14284)	-1.26619 (0.94241)
Share ter. educ. empl.	-0.01809*** (0.00618)	0.00713*** (0.00211)	0.01028 (0.03391)	0.01799* (0.00934)	- 0.26752*** (0.06288)
GDP per capita const. \$	0.00000 (0.00001)	-0.00002*** (0.00000)	-0.00008 (0.00005)	- 0.00015*** (0.00002)	0.00016 (0.00010)
Export share of GDP	-0.00000 (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	-0.00000 (0.00000)	0.00000*** (0.00000)	-0.0000*** (0.00000)
Capital stock per GDP	141633.17994 (543666.12177)	7289020.97204 (4996655.79642)	2.57219e+08*** (86636429.63050)	19142521.78775 (22069404.96278)	-3.4909e+07 (1.48773e+08)
R&D intensity	-215896.9* (127729.2)	-48149.555 (78125.79)	-4474322*** (967670.9)	658909.7* (348141.1)	940069.01 (2326157)
Stock energy and environ. standards		-0.15637*** (0.05012)	1.19982 (0.73497)	0.04375 (0.22168)	7.01776*** (1.49225)
Log ISO 14001 cert.		-0.00832 (0.01498)	0.00550 (0.20007)	-0.5139*** (0.06837)	-1.5057*** (0.44596)
Constant	-9.93175***	-0.19512	7.86429	12.0252***	-4.42318

	(0.39476)	(0.54438)	(8.33473)	(2.40621)	(16.20871)
Year dummies	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	483	252	136	249	252
$R^2$	0.594	0.918	0.886	0.860	0.872
N_g	29	15	15	15	15

## 6.5 Schlussfolgerungen

Diese erstmaligen Untersuchungen zum Einfluss aller Komponenten der Qualitätsinfrastruktur auf nicht-ökonomische Wirkungsdimensionen lassen folgende Schlüsse zu.

Zunächst bestätigen die Panelanalysen hinsichtlich des Einflusses von Umwelt- und Energienormen auf Luftverschmutzung und Energieverbrauch zumindest partiell die Korrelationsanalysen zwischen europäischen Normen und ausgewählten SDG-Indikatoren der Studie der europäischen Kommission (European Commission, 2022). Hier muss ein Kompromiss zwischen der Zuordnung von sehr spezifischen Normenklassen zu den SDGs, die sehr geringe und damit erratische Werte generiert, und der von uns gewählten aggregierten Herangehensweise gefunden werden.

Ferner bestätigen die Ergebnisse auf Basis des Länderpanels die Resultate früherer Untersuchungen hinsichtlich des positiven Einflusses von ISO 9001 auf die Reduktion der Arbeitsunfälle als auch des Beitrages von ISO 14001 auf die Reduktion der Luftverschmutzung. Während diese Untersuchungen von Lim und Prakash (2017) bzw. Prakash und Potoski (2014) auch auf Basis von Länderpanels und den Daten zu ISO-Zertifikaten durchgeführt wurden, kommen die auf Basis von Unternehmensinformationen umgesetzten Studie von ACCREDIA and Prometeia (2020) auch zum Schluss, dass zertifizierte Unternehmen einen positiven Beitrag zur Reduktion der Umweltbelastung und des Energieverbrauches beitragen. Hier werden die Effekte sogar quantifiziert. Die in Italien einmalige Datenlage ist sicherlich auch für Deutschland anzustreben, damit dann sowohl sektorspezifische Analysen als auch Untersuchungen möglich werden, die dann auch weitergehende kausale Schlüsse zulassen. Ferner erlauben diese Daten, dann auch Untersuchungen zur Rolle der Akkreditierung, indem zwischen von akkreditierten und nicht-akkreditierten Stellen vergebene Zertifikate unterschieden werden können.

Die nicht signifikanten Ergebnisse hinsichtlich der Metrologie sowohl für die meisten ökonomischen als auch nun für die ausgewählten nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen stellen eine noch größere Herausforderung dar. Offensichtlich sind weder die Teilmenge der Metrologienormen noch die Metrologiepatente geeignete Indikatoren.<sup>47</sup> Ferner kann die Rolle der Metrologie im Gegensatz zur Implementierung von Normen oder der Zertifizierung nach Managementsystemstandards nicht einzelnen Unternehmen zugeordnet werden, so dass hier eine Mikrofundierung fehlt. Hier kann durch die Umsetzung des digitalen Kalibrierscheins in Zukunft jedoch eine Datenlage mit unternehmensspezifischen Informationen geschaffen werden, so dass dann auch die Metrologie analog zur Normung und Konformitätsbewertung auf der Mikroebene untersucht werden kann. Jedoch kann von einer verbesserten Datenlage nicht darauf geschlossen werden, dass signifikante ökonomische und nicht-ökonomische Wirkungen identifiziert werden können.

<sup>47</sup> Hinsichtlich der nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen könnte man sich auf feinere Unterklassen bei Patenten und Normen, z. B. hinsichtlich CO<sub>2</sub>-Reduktion, fokussieren. Jedoch werden die zu erwartende Treffer erratische Zeitreihen generieren, die wiederum robuste Schätzergebnisse verhindern.



Ferner sind die Untersuchungen der auch nicht-ökonomischen Wirkungen der Marktüberwachung mit der Problematik konfrontiert, dass die von den Ländern gemeldeten Fälle im RAPEX-System keiner einheitlichen Strategie bzw. Systematik folgt. Die für die Marktüberwachung aufgewendeten Ressourcen werden nicht oder unzureichend erfasst, so dass hieraus auch kein robuster Messansatz abgeleitet werden kann. Während diese Argumentationen schon bei den ökonomischen Untersuchungen erwähnt wurden, könnten die Identifikation gefährlicher Produkte Unfällen mit Verbraucherprodukten zugeordnet werden. Jedoch liegen hierfür nicht die entsprechenden Daten vor (ANEC, 2020). Unternehmensspezifische Analysen zur Wirkung nicht regelkonformer oder gar gefährlicher Produkte könnten, die für die anderen Elemente der Qualitätsinfrastruktur angeregte Untersuchungen ergänzen. Jedoch steht hier die Erfassung von Daten noch vor größeren Herausforderungen, weil hierzu die Bereitschaft der Unternehmen zur Datenbereitstellung aus Befürchtungen von Imageschäden sehr gering sein dürfte.

Zusammenfassend kann man von den vorliegenden Ergebnissen und der Identifikation der existierenden Datenlücken folgende Schlüsse ziehen. Da die ersten Ergebnisse zeigen, dass komplementäre Beziehungen zwischen der Rolle von Normen und der Konformitätsbewertung existieren, sollten diese in zukünftigen politischen Initiativen berücksichtigt werden. Aber auch Unternehmen sollten diese Komplementaritäten in ihren Unternehmensstrategien miteinbeziehen. Mit dem Schließen von Datenlücken hinsichtlich der weiteren Elemente der Qualitätsinfrastruktur wird weitere empirische Evidenz zu den ökonomischen und nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen geschaffen, die sowohl in staatlichen Initiativen als auch Unternehmensstrategien Berücksichtigung finden sollten.

## 7 Qualitative Untersuchung der Qualitätsinfrastruktur Deutschlands

---

### 7.1 Einleitung

Während die Ergebnisse der ökonometrischen Untersuchungen sowohl der ökonomischen als auch der nicht-ökonomischen Wirkungsdimensionen zwar schon robuste Ergebnisse hervorgebracht, aber auch einige Fragen offen gelassen haben, ist komplementär dazu auch eine qualitative Untersuchung auf Basis von Interviews mit Vertretern der verschiedenen Elemente der QI ergänzt um weitere Informationen durchgeführt worden. Ziel dieser Interviews war es zum einen die Elemente der QI noch näher qualitativ zu beleuchten, vor allem diejenigen bei denen die aktuelle Datenlage nicht zufriedenstellend ist. Ferner hängen die Effektivität und die Effizienz der QI vom Zusammenspiel ihrer Komponenten ab. Diese Interaktionen konnten wiederum bedingt durch die lückenhafte Datenlage ökonometrisch nicht analysiert werden. Schließlich haben die auf Basis des deutschen Sektorpanels durchgeführten Panelregressionen wenig signifikante Ergebnisse hervorgebracht. Deshalb macht es auch Sinn in Analogie zu früheren Studien (European Commission, 2022, Technopolis & DIN, 2013, VDI/VDE Innovation, 2017) Interviews mit sektorspezifischen Vertretern der QI-Komponenten durchzuführen, um Besonderheiten herauszuarbeiten. Hierbei wurde sich auf die bedeutenden Branchen des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) konzentriert, welche sich durch überdurchschnittliche Normungsaktivitäten als Basis der QI auszeichnen.

### 7.2 Methode

Im Rahmen der Präsentation des ersten Entwurfs des Zwischenberichts wurden Fallstudien für den Maschinenbau, die Elektrotechnik und die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) vereinbart, denen aber ein qualitative der QI im Allgemeinen vorangestellt wurde.<sup>48</sup> Aufbauend auf den schon vorliegenden Untersuchungen, die Teilaspekte der QI auch sektorspezifisch untersucht haben (Technopolis & DIN, 2013, VDI/VDE Innovation, 2017), wurde eine Interviewleitfaden entwickelt und mit dem Auftraggeber abgestimmt. Im Nachgang wurden Experten für die einzelnen QI-Komponenten bzw. Sektoren identifiziert. Insgesamt wurden über 50 Experten angefragt. Letztlich wurden 20 Interviews mit ca. 25 Interviewpartnern zwischen April und November 2024 durchgeführt (siehe Tabelle 34). Ein paar wenige Interviewpartner haben lediglich schriftliche Stellungnahmen abgegeben. Neben den Interviews wurden auch Regulierungen, Strategiedokumente von Organisationen, aber auch Studien ausgewertet und in die Analyse mit einbezogen.

Die Kapitel beleuchten die verschiedenen Elemente der QI, wobei auch die aktuellen Probleme und mögliche Herausforderungen mitberücksichtigt werden. Letztlich wurde auch auf die Interaktionen zwischen den verschiedenen QI-Elementen eingegangen, um das Bild abzurunden. Das Kapitel schließt mit einer vergleichenden Analyse der drei näher betrachteten Sektoren im Kontext der QI im Allgemeinen.

---

<sup>48</sup> Für die anvisierten Bereiche Chemie und erneuerbare Energien konnten nicht hinreichend QI-Experten identifiziert werden. Stattdessen wurde für die QI im Allgemeinen eine qualitative Untersuchung durchgeführt.

**Tabelle 34 Interviewte Institutionen in der qualitativen Analyse der Qualitätsinfrastruktur**

<b>Bereich</b>	<b>Institution</b>
QI	BDI
Konformitätsbewertung	TÜV Süd AG
Konformitätsbewertung	Deutscher Verband Unabhängiger Prüflaboratorien
Akkreditierung	DAkkS
Metrologie	PTB
Metrologie	Landesbetrieb Mess- und Eichwesen Niedersachsen (MEN)
Marktüberwachung	BMWK
Marktüberwachung	BMAS
Marktüberwachung	BAM
QI Maschinenbau	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
Normung Maschinenbau	VDMA (NAM)
Konformitätsbewertung Chemie	BASF
Akkreditierung Maschinenbau	DAkkS
Marktüberwachung Maschinebau	VDMA
QI (Normen) Elektrotechnik	ZVEI
Normung Elektrotechnik	DKE
Konformitätsbewertung Elektrotechnik	Prüflabor
Akkreditierung Elektrotechnik	DAkkS
QI (IKT)	BITKOM
Normung IKT	IBM

## 7.3 Qualitätsinfrastruktur im Allgemeinen

Aufbauend auf dem sogenannten „Neuen Konzept“ (New Approach) aus dem Jahre 1985 und seiner Ergänzung durch den „Global Approach“ aus dem Jahr 1993, welcher für den europäischen Binnenmarkt grundlegende Anforderungen, insbesondere Sicherheit und Gesundheit, festlegt, wurde 2008 der neue Rechtsrahmen „New Legislative Framework“ (NLF) von der Europäischen Union verabschiedet.<sup>49</sup> Er regelt die Vermarktung und Überwachung von Produkten im Europäischen Binnenmarkt, wobei die Pflicht zur Erfüllung dieser Konformitätsanforderungen bei den Unternehmen liegt. Der NLF bildet damit auch den Rechtsrahmen für die Qualitätsinfrastruktur in Deutschland, der durch den Normenvertrag zwischen der Bundesregierung und DIN e. V., dem Akkreditierungsgesetz und Messwesengesetz ergänzt wird.

Hinsichtlich der generellen Bewertung der QI Deutschlands im europäischen und globalen Kontext wird auf die durch "Made in Germany" signalisierte Qualität hingewiesen, die immer noch ein entscheidendes Merkmal ist. Die deutsche QI hat im internationalen Vergleich starke und gewachsene Strukturen, die auf den etablierten Institutionen basieren. Hier wurde auch angemerkt, dass der Staat in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern nur begrenzt in die Entscheidungen der QI-Institutionen eingreift und damit deren Funktionieren nicht beeinträchtigt.

Theoretisch ist das Konzept der QI sehr leistungsfähig, was aber darauf beruht, dass die Industrie ein hohes und intrinsisch motiviertes Qualitätsbewusstsein hat, was in der betrieblichen Realität auch umgesetzt wird. Andere Länder, wie China, haben inzwischen zunehmend steigende Qualitätsanforderungen, die sie auch realisieren. Die wachsenden Regulierungsanforderungen haben die ausgeprägte Qualitätskultur in der Wirtschaft herausgefordert. Auf Versuche, die regulativen Vorgaben zu umgehen und entsprechende Verstöße folgen weitere Regulierungen. Diesem Teufelskreis kann die Industrie nur durch ein gestärktes Qualitätsbewusstsein und tatsächlich realisierte Qualität begegnen. Hohe Qualität wird aber zunehmend als Kostenfaktor gesehen, wobei die Kosten der aufgedeckten Verstöße letztlich wesentlich höher sind. Der mit der QI verbundene Aufwand wird zunehmend vor allem der Industrie als bürokratische Belastung wahrgenommen.

Ferner ist noch auf weitere strukturelle Spannungsverhältnisse hinzuweisen. Zum einen reduziert die Zersplitterung der Zuständigkeiten, vor allem durch die föderale Struktur in der Bundesrepublik Deutschland, die Effektivität und die Effizienz der QI. Zum anderen unterliegt die QI dem - in Teilen - Zielkonflikt zwischen der Unterstützung der Wirtschaft und einem starken Verbraucher- oder Umweltschutz. Deshalb sind ein intensiver Austausch und eine zielorientierte Zusammenarbeit innerhalb und zwischen den QI-Elementen notwendig.

Eine weitere Herausforderung ist die dynamische Entwicklung neuer Technologien, wie Künstliche Intelligenz. Diese Technologien sind zum Teil bereits in neuen Produkten integriert. Jedoch ist die QI noch nicht darauf eingestellt. Letztlich sind neue Strukturen notwendig, um die Dynamik und Agilität der QI zu erhöhen. Hier schlagen sich zunehmend die begrenzten personellen Kapazitäten nieder, die hinsichtlich der Normung schon explizit erfasst wurden (Blind et al., 2024). Auch von Seiten der Politik müsse auf diese Herausforderungen reagiert werden, indem bspw. die entsprechenden Institutionen mit notwendigen Ressourcen ausgestattet werden.

Ferner wird die QI nicht in allen Bereichen als sehr transparent wahrgenommen, bspw. hinsichtlich Informationsflüssen und Zuständigkeiten. Insbesondere zeigt sich bei der Digitalisierung, dass transparente Prozesse notwendig sind.

<sup>49</sup> Es ist darauf hinzuweisen, dass deshalb der Begriff der Qualitätsinfrastruktur in der Europäischen Union eher unbekannt ist.

### 7.3.1 Normung

Seit dem Abschluss des Normenvertrags im Jahr 1975 fungieren zwei Institutionen als wichtigste nationale Normungsorganisationen im Auftrag der deutschen Bundesregierung: das Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN) und die Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE). DIN e.V. ist eine öffentlich-private Partnerschaft, deren Hauptaufgabe darin besteht, konsensbasierte Normen zu entwickeln, die den Anforderungen des Marktes entsprechen. Bei DIN wird die Arbeit von der Normungsabteilung koordiniert, die sich auf fünf Schlüsselbereiche konzentriert: (1) Bauwerke, (2) Wasser, Luft, Technik und Ressourcen, (3) Industrie und Informationstechnik, (4) Leben und Umwelt sowie (5) Prozessmanagement und Normung. Darüber hinaus hat DIN mehrere thematische Kommissionen eingerichtet, die die Aktivitäten innerhalb eines bestimmten Normungsbereichs koordinieren. Die Hauptarbeit bei der Entwicklung von Normen wird jedoch von den DIN-Normen-Ausschüssen geleistet, in denen technische Expert:innen aus Industrie, Forschung und weiteren interessierten Kreisen zusammenkommen, um Normen in bestimmten Bereichen zu entwickeln. Diese Ausschüsse sind meist permanent, können aber auch für einen begrenzten Zeitraum eingerichtet werden. Einige arbeiten nicht innerhalb des DIN, sondern im Rahmen von externen Normenausschüssen in Branchenverbänden.

DKE, eine Abteilung des Verbands der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE), ist für die Entwicklung von Normen und Sicherheitsvorschriften in den Bereichen Elektrotechnik, Elektronik und IT zuständig. DIN e.V. und DKE sind gemeinnützige Organisationen, die sich größtenteils durch den Verkauf von Normen finanzieren (OECD, 2022).<sup>50</sup>

DIN e. V. vertritt die Interessen Deutschlands als deutsches Mitglied bei CEN und ISO, während die DKE das deutsche Mitglied in der IEC und bei CENELEC ist und dort die deutschen Interessen vertritt. CEN und CENELEC sind Dachorganisationen der nationalen Normungsorganisationen Europas, den internationalen Normungsorganisationen ISO und IEC gehören als Mitglieder die nationalen Normungsorganisationen weltweit an. DIN e.V. und DKE zeichnen sich durch ein sehr starkes Engagement sowohl auf der europäischen als auch der internationalen Ebene aus. Die für den Telekommunikationsbereich zuständigen Normungsorganisationen ETSI auf der europäischen Ebene und ITU auf der internationalen Ebene weisen eine andere Organisationsform und Mitgliederstruktur auf, insofern als Unternehmen und andere Organisationen dort direkt Mitglieder sind.

Die Normung als elementare Komponente der QI wird sowohl im europäischen als auch internationalen Kontext immer noch als wettbewerbsfähig angesehen (siehe bereits Bundesverband der Deutschen Industrie, 2017). Aus Sicht der Industrie ist dies dadurch gegeben, weil sie wirtschaftsgetrieben und wirtschaftsgetragen ist.

Große Herausforderungen für die deutsche QI bestehen vor allem in der Expert:innengewinnung in der Normung, welche durch die anstehende Verrentung eines signifikanten Anteils der Expert:innen an Bedeutung gewinnen wird (siehe der aktuelle demographische Verteilung in Blind et al., 2024). Aktuell wird auch die Finanzierung der Normung, d.h. das auf dem Verkauf von Normen basierende Geschäftsmodell der Normungsorganisationen, nach dem EuGH-Urteil vom 5. März 2024 in Frage gestellt. Speziell werden die Verzögerungen bei der Listung harmonisierter Normen im Europäischen Amtsplatz, insbesondere in der Bauproduktebranche, als problematisch wahrgenommen. Zumal das im Jahr 2016 ergangene Urteil des EuGH zu harmonisierten Normen im Bereich der Bauproduktenrichtlinie (C-613/14) harmonisierte technische Normen dem europäischen Produktrecht zuordnet (VDI/VDE, 2017), was vom BDI (2017) kritisch kommentiert wurde.

<sup>50</sup> Für den Vertrieb der DIN-Normen ist die DIN MEDIA GmbH zuständig. DKE vertreibt seine Normen durch den VDE-Verlag. Softwaredienstleistungen bietet DIN e. V. durch die DIN SOLUTIONS GmbH an.

### 7.3.2 Konformitätsbewertung

Schon die Studie von Technopolis & DIN (2013) hat im Markt für Konformitätsbewertung eine komplexe Akteurskonstellation von Unternehmen, über Konformitätsbewertungsstellen, Befugnis erteilenden Behörden und der nationalen Akkreditierungsstelle, der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS), identifiziert. Hierbei wird schon Jahr 2010 von über 5.000 Konformitätsbewertungsunternehmen mit fast 90.000 Beschäftigten und einem Umsatz von über € 6 Mrd. ausgegangen. Inzwischen sind aktuell im Jahr 2024 bei der DAkkS über 6.000 Organisationen registriert.

Deutschland hat eine gut ausgeprägte und robuste Konformitätsbewertungsbranche, die sich sowohl im europäischen als auch im globalen Kontext positiv auszeichnet. Das Erfahrungswissen und die ausgeprägte Spezialisierung in verschiedenen Bereichen sind wesentliche Stärken. Vorteilhaft ist auch die weitgehende Koordination und enge Vernetzung der Konformitätsbewertung, die auch als die Schnittstelle zur Wirtschaft angesehen wird, mit den anderen QI-Elementen. Die Prüflabore und Zertifizierungsstellen sind Dienstleister und helfen Unternehmen beim nationalen und internationalen Marktzugang, aber auch um Produktivität und Exporterfolg u.a. durch die Sicherung der Produktqualität zu steigern. Auf der anderen Seite sind sie der verlängerte Arm des Staates bei den Schutzbereichen Gesundheit, Boden, Wasser, Luft, indem sie die Regulatory Compliance ihrer Kunden signalisieren.

Allerdings gibt es Herausforderungen, insbesondere in dynamischen Bereichen, wo die starke Spezialisierung Deutschlands als zu langsam wahrgenommen wird. In anderen europäischen Ländern gibt es Konformitätsbewertungsstellen, die ihre Dienste für alle Themenbereiche anbieten, wobei diese Breite z. T. zu Lasten der Qualität gehen kann. Zudem setzen andere, auch private Organisationen eigenen Standards, die nicht unbedingt untereinander abgestimmt sind, was zu Friktionen führt. Insbesondere wird angemerkt, dass die Normung in Deutschland im Bereich Nachhaltigkeit im Hintertreffen sei, so dass auch die Konformitätsbewertung im Nachteil ist, weil Methodenstandards von anderen Organisationen entwickelt werden. Hier treten zunehmend Wirtschaftsprüfungsunternehmen in den Markt ein und erreichen marktbeherrschende Positionen. Bei den digitalen Themen gibt es für die etablierten Konformitätsbewertungsstellen keine weiteren Mitbewerber. Jedoch haben die großen in den USA ansässigen Digitalunternehmen auf jeden Fall das Potenzial, den Markt für Konformitätsbewertungen zu dominieren und damit auch europäische Standards ignorieren zu können.

Die Wirkung der Konformitätsbewertung auf die wirtschaftliche Entwicklung ist erheblich, da Vertrauen und Synergien geschaffen werden, die Wettbewerbsvorteile ermöglichen. Gleichzeitig ist die Konformitätsbewertung nötig, um Schutzziele bezüglich Gesundheit, Sicherheit und Umwelt zu gewährleisten, da die Marktakteure diese oft nicht von alleine verfolgen.

Insgesamt zeigt sich, dass die Konformitätsbewertung in Deutschland gut organisiert ist, jedoch sind Anpassungen und stärkere Vernetzung erforderlich, um den zukünftigen Herausforderungen gerecht zu werden. Ferner befürworten Wirtschaftsvertreter eine von der Wirtschaft getragene Konformitätsbewertung und stehen behördlichen Produktzulassungsverfahren sehr kritisch gegenüber, welche i.M.n. nur im Kontext von EU-Vorschriften zum Zuge kommen sollten (Bundesverband der Deutschen Industrie, 2017). Denn damit sei eine schnelle Platzierung neuer Produkte am Markt sichergestellt, was auch die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie unterstützte.

Die Nachhaltigkeitsprüfung durch Wirtschaftsprüfer fordert zunehmend die etablierten Konformitätsbewertungsstellen heraus. Jedoch ist zum Teil dort die notwendige Expertise nicht vorhanden, so dass die Prozesse lange dauern. Darunter leiden vor allem kleine Unternehmen, da Wirtschaftsprüfer kein großes Interesse haben an Nachhaltigkeitsprüfungen für dieses Kundensegment. Jedoch

benötigt diese Unternehmensgruppe die entsprechenden Nachweise für Kunden, aber auch Investoren. Durch diesen Engpass wird deren Marktentwicklung gehemmt. Weitere Herausforderungen sind sowohl Greenwashing als auch Betrugsfälle in diesem Segment der Konformitätsbewertung.

Weiterhin wird das Einzelsachverständigenwesen in Deutschland immer noch unterstützt. Dies kann insofern kritisch werden, weil Einzelpersonen im Vergleich zu größeren Konformitätsbewertungsstellen eventuell mit einer höheren Wahrscheinlichkeit Fehler machen. Deshalb ist in anderen Ländern ein organisiertes Prüfwesen etabliert.

Damit ist abschließend festzustellen, dass die Konformitätsbewertung in Deutschland sich durch einen zunehmenden Wettbewerb und neue Akteure auszeichnet, wobei hier hohe Personalkosten zunehmend einen Standortnachteil darstellen.

### 7.3.3 Akkreditierung

Die Hauptaufgabe der Akkreditierung besteht darin, die Kompetenz von den Organisationen zu bewerten, die Konformitätsbewertungen durchführen. Damit wird deren, aber auch das Vertrauen in die QI im Allgemeinen gestärkt. Die Akkreditierung trägt damit zum besseren Funktionieren von Märkten bei, weil die Nachfrage- und Angebotsseite auf die Zuverlässigkeit und Kompetenz ihrer Vertragspartner und auf die Eigenschaften der gehandelten Waren und Dienstleistungen vertrauen können. Da die Akkreditierung die Glaubwürdigkeit von Prüfberichten und Zertifikaten erhöht, können vor allem Hersteller von hochwertigen Produkten und Dienstleistungen entsprechend höhere Preise erzielen. Dies gilt auch für innovative Produkte und Dienstleistungen, die möglicherweise noch höheren Risiken, aber Informationsasymmetrien unterliegen. Damit kann auch die Akkreditierung stärkere Anreize für innovationsbezogene Investitionen unterstützen.

Nach der Reform des Akkreditierungswesens ist die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) seit 2009 der alleinige Dienstleister für Akkreditierungen in Deutschland. Die DAkkS wurde als gemeinnützige Gesellschaft mit beschränkter Haftung gegründet. Sie gehört zu je einem Drittel dem Bund, den Ländern und dem Bund der Deutschen Industrie (BDI) und arbeitet im öffentlichen Interesse.

Über die multilateralen Abkommen mit der European Cooperation for Accreditation (EA), International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) und International Accreditation Forum (IAF) ist die internationale Anbindung der DAkkS sichergestellt. Somit bietet es aus Sicht der meisten Akteure insgesamt ein konsistentes, effizientes, zugleich aber auch völlig hinreichendes Instrument zur Kompetenzfeststellung von Konformitätsbewertungsstellen (Bundesverband der Deutschen Industrie, 2017). Die Harmonisierung der Anforderungen an die Akkreditierung auf der nationalen Ebene und bei EA, ILAC und IAF muss weiter vorangetrieben werden, ohne dass die Qualität nicht darunter leidet. Hier ist nicht ausreichend, dass alle Partner den gleichen Anforderungen zustimmen, sondern diese auch gleich auslegen und in Vollzug bringen.

Die Akkreditierung reduziert Prüfkosten, weil damit keine Doppelprüfung der Konformitätsbewertungsstellen notwendig ist, trägt aber vor allem zum Vertrauen der Marktteilnehmer in die Qualitätsinfrastruktur und damit auch in die Qualität und Sicherheit der gehandelten Waren und Dienstleistungen bei (Technopolis & DIN, 2013). Deshalb profitieren bspw. von akkreditierten Konformitätsbewertungsstellen zertifizierte Unternehmen von der Akkreditierung durch einen Zugang zu bestimmten Kundensegmenten und auch geringere Versicherungsprämien. Jedoch hat dieses Vertrauen in den letzten Jahren, u.a. durch den Diesel-Skandal und ähnliche Vorfälle bei Medizinprodukten gelitten, in denen die Konformitätsbewertung ihren Aufgaben nicht gerecht geworden ist. Dennoch wird die Akkreditierung Deutschlands im europäischen und globalen Vergleich immer noch im oberen Drittel gesehen, wenngleich nach Meinung einiger Akteure die ursprüngliche Konzeption der QI aktuell nicht mehr umfassend umgesetzt wird.

Im Gegensatz zu den zahlreichen im Wettbewerb stehenden Akteuren in der Konformitätsbewertung hat die DAkkS bei der Akkreditierung durch ihre Gründung im Jahr 2009 eine dominierende Rolle und muss aber – bspw. durch einen strategischen Ansatz - gestärkt werden, um angesichts begrenzter Ressourcen und zunehmender Herausforderungen einen möglichen Qualitätsverlust abzuwenden. Hierzu könnte auch ihr Werkzeugkasten ausgeweitet und ihre Unabhängigkeit gestärkt werden. Hier ist auch anzumerken, dass das von der DAkkS angebotene Vollsortiment bei hinreichender Kapazität auch dafür sorgt, dass Konformitätsbewertungsstellen sich nicht im Ausland akkreditieren müssen bzw. auch ausländische Stellen die Dienstleistungen der DAkkS nutzen können. Schließlich erlaubt die Zuständigkeit für alle Themenfelder auch eine schnellere Reaktion auf die Nachfrage nach neu aufkommenden Themen. Jedoch wird von den Prüflaboren beklagt, dass die DAkkS auch wegen Kapazitätsengpässen gerade in neuen Prüfgebieten zu langwierige Akkreditierungsprozesse hat, so dass letztlich diese Märkte in Deutschland gar nicht erschlossen werden. Aufgrund dieser Kapazitätsengpässe wenden sich Prüflabore u.a. auch an Länderbehörden, um eine Notifizierung zu erhalten, was die zentrale Rolle der DAkkS auf nationaler Ebene in Frage stellt.

Für bestimmte Bereiche, wie die Datensicherheit, nimmt das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik die Rolle des Akkreditierers ein. Hier werden von der weiteren Entwicklung der Künstlichen Intelligenz, aber auch der verabschiedeten EU-Regulierung (AI-Act) weitere Implikationen für das Portfolio der Akkreditierung erwartet, zumal wenn Deutschland hier in Zukunft eine führende Rolle einnehmen möchte.

Ferner gibt es aus Sicht der Industrie einen Verbesserungsbedarf in der Akkreditierung, dem durch entsprechende Regelanpassungen entsprochen werden kann. Jedoch gibt es auch schon Verbesserung des Angebots, indem durch das DAkkS-Portal, eine leistungsfähige Struktur geschaffen wurde.

Letztlich ist auch die Akkreditierung von einem zunehmend dynamischen Umfeld betroffen, indem die DAkkS auch Konkurrenz dadurch erfährt, weil auch andere Standards in Konkurrenz zu ISO 17000 umgesetzt werden. Ferner wird auf europäischer Ebene die Akkreditierung nicht von allen EU-Staaten auf dem gleichen Qualitätsniveau umgesetzt, was zu Verzerrungen im Markt führen kann, zumal auch nicht unbedingt nach ISO 17000 akkreditiert wird. Deshalb fordert die deutsche Industrie (BDI, 2017), dass zur Sicherstellung eines einheitlichen Kompetenzniveaus in Europa durch die Akkreditierung die gleichen normativen Grundlagen herangezogen werden und die Akkreditierung gegenseitig anerkannt wird. Denn damit werden Friktionen im Binnenmarkt reduziert und Doppelprüfungen vermieden, zumal der DAkkS im Vergleich zu den Akkreditierungsstellen in den anderen Ländern ein höheres Anspruchsniveau unterstellt wird. Ferner sollten die spezifischen Belange der kleinen im Vergleich zu den großen Konformitätsbewertungsunternehmen besser entsprochen werden. Schließlich muss die Transformation der deutschen Volkswirtschaft durch die QI und damit auch die Akkreditierung aktiv begleitet werden. Trotz der Fortschritte bei der Antragstellung über das Akkreditierungsportal ist Deutschland bei der Digitalisierung von Akkreditierungsverfahren noch nicht so weit vorangeschritten, weil Dokumente, wie Bescheide und Urkunden, noch nicht digital verarbeitet und übermittelt werden können.

### 7.3.4 Metrologie

Über zwanzig Verordnungen und Gesetze regeln die Metrologie in Deutschland (OECD, 2022). Das Mess- und Eichgesetz bildet dabei eine wesentliche Grundlage. Sie legt im deutschen Recht Anforderungen fest, die für Messgeräte einzuhalten sind, um dem Stand der Technik zur Gewährleistung richtiger Messergebnisse und Messungen zu entsprechen. Die Mess- und Eichverordnung ergänzt das Mess- und Eichgesetz. Ferner ist das deutsche Einheiten- und Zeitgesetz zu nennen.



In Deutschland sind zwei Bundesanstalten im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klima (BMWK) für die Metrologie sowie die damit verbundene Forschung und Dienstleistung zuständig. Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) ist als nationales Metrologieinstitut für die Entwicklung und Verbreitung von Maßeinheiten in den Diensten von Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft verantwortlich. Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) führt Forschungs- und Prüfarbeiten durch, um die technische Sicherheit von Produkten und Prozessen zu gewährleisten und so Menschen, Umwelt und Sachgüter zu schützen. Sie ist designiertes Institut im Bereich "Metrologie in der Chemie" und stellt bspw. Referenzmaterialien zur Verfügung..

In Deutschland wurde die Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB in enger Zusammenarbeit zwischen Staat, Wirtschaft und Wissenschaft auf- und ausgebaut. Die PTB ist für alle drei Bereiche der wissenschaftlichen, gesetzlichen und industriellen Metrologie zuständig. Bis zum Jahr 2024 listete Deutschland über 1.500 international anerkannte Kalibrier- und Messkapazitäten in der Datenbank der BIPM.<sup>51</sup>

Grundsätzlich ist die Metrologie aus Sicht der PTB in Deutschland gut aufgestellt. Sie bildet die Grundlage für Berechnungen im Bau- und Energiebereich, aber auch für Steuerberechnungen. Neben der Einbindung der Metrologie in den NLF<sup>52</sup> über harmonisierte Metrologienormen, ist auch die Metrologieforschung bspw. im Rahmen von EU-Förderprogrammen eine wesentliche Leistung. Denn der Bedarf an neuen Messmethoden fordert die Metrologie heraus. Jedoch wird dieses Potenzial der Metrologieforschung noch nicht voll ausgeschöpft, zumal eine exzellente Forschung in diesem Bereich auch einen Standortvorteil hinsichtlich Qualität bedeuten kann, der die Nachteile durch die hohen Lohnkosten in Deutschland kompensieren könnte. Eine weitere Herausforderung ist die schleppende Digitalisierung des Messwesens. Hier wurden u.a. durch die Initiative QI-Digital Fortschritte erzielt, aber noch nicht alle Potenziale erschlossen. Hier zeigt sich, dass die notwendige Transparenz der Prozesse noch nicht immer gegeben ist und auch bei den Zuständigkeiten noch Unklarheit herrscht.

Die Bedeutung der Metrologie kann man nicht direkt quantifizieren. Indirekt könnten bspw. die Einnahmen zu Energie- und Stromsteuern als Indikatoren herangezogen werden. Grundsätzlich können Produkte nur produziert werden, wenn die relevanten Parameter gemessen werden können. Und letztlich schränken die Grenzen der Metrologie die ökonomischen Entwicklungsoptionen ein. Damit ist die Wirkung der Metrologie sehr umfangreich.

Zur Quantifizierung ihrer Wirkungen kann man auch folgenden Ansatz heranziehen. Aktuell sind circa 150 Messgeräte im geregelten Bereich erfasst und mehr als 130 Millionen Messgeräte sind im Markt, die letztlich von der PTB geprüft wurden. Komplementär dazu schafft Metrologie Vertrauen. Ferner trägt die Metrologie auch zur Erreichung der Schutzziele bei, z. B. beim Ausbau erneuerbarer Energie, wie Windkraftanlagen.

Insgesamt kann die PTB die messtechnischen Infrastrukturen voranbringen und durch intelligente Messsysteme auch einen Beitrag zur Digitalisierung leisten. Die PTB ist auch eine Konformitätsbewertungsstelle für das gesetzliche Messwesen und für Kalibrier- und Prüflabore, wofür es aktuell keine weiteren Anbieter in Deutschland gibt.<sup>53</sup> Jedoch kreierte dieses Dienstleistungsangebot ein Spannungsverhältnis zu den Forschungsambitionen der PTB, zumal die Personalgewinnung und -haltung zunehmend schwierig geworden sind und gleichzeitig ein Stellenabbau trotz zunehmender Anzahl von Themen gefordert wird. Eine weitere Herausforderung ist der gesetzliche Auftrag der

---

<sup>51</sup> Siehe <https://www.bipm.org/kcdb/cmc/statistics/public>.

<sup>52</sup> Im Bereich des zu entwickelnden Batteriepasses gibt es jedoch Parallelentwicklungen, die nicht alle im Einklang mit dem NLF stehen.

<sup>53</sup> Durch diese enge Zusammenarbeit der Metrologie mit den Konformitätsbewertungsstellen wird für ein einheitliches und qualitativ hochwertiges Arbeiten der Konformitätsbewertungsstellen gesorgt.

PTB bzgl. der Ausführungen von Gesetzen, der nicht mit weiteren Aufgaben überlastet werden sollte.

Jedoch kann festgehalten werden, dass die Metrologie eng mit den anderen Organisationen der QI vernetzt ist. Zum einen sind PTB und BAM in allen Normungsorganisationen gut vertreten und aktiv. Ferner existieren ein intensiver Austausch mit den Konformitätsbewertungsstellen und eine enge Kooperation mit der Akkreditierung, d.h. vor allem der DAkkS. Hier sehen sich PTB und BAM als fachlich beratende Organisationen. Schließlich stehen beide Organisationen in einem engen Kontakt mit dem Regelsetzer, i.S. der Fachaufsicht des BMWK. Bei Konflikten werden gemeinsame Gespräche mit allen Betroffenen geführt, um einen Konsens hinsichtlich der Spezifizierung abstrakter gesetzliche Anforderung zu spezifizieren. Denn es ist eine vertrauensvolle Zusammenarbeit aller Akteure und Organisationen notwendig, um im Außenraum keinen Vertrauensverlust zu riskieren.

### 7.3.5 Marktüberwachung

Die Hauptaufgabe der marktüberwachenden Behörden besteht in der Ermittlung von Marktteilnehmern und Produkten, die den in Deutschland und der EU gültigen gesetzlichen Vorgaben nicht entsprechen (siehe auch OECD, 2022). Daher schützt die Marktüberwachung zunächst die Verbraucher vor potenziell gefährlichen und unsachgemäßen Produkten, aber fördert indirekt damit auch den fairen Wettbewerb unter den Unternehmen. Denn sie unterliegen alle den gleichen Regeln, deren Einhaltung durch die Marktüberwachung kontrolliert wird.

In Deutschland wird die Marktüberwachung föderal organisiert, wobei auf Bundesebene zwei Einrichtungen koordinieren: Die Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik (ZLS)<sup>54</sup> überwacht die Produktmärkte und hat eine koordinierende Funktion hinsichtlich der Marktüberwachungstätigkeiten auf Bundesländerebene, z. B. auch als Geschäftsstelle des Arbeitskreises der Geräteuntersuchungsstellen der Länder. Bei Verdachtsfällen gibt sie ihre Befugnis an die jeweiligen für Konformitätsbewertungen zuständigen Stellen weiter, die dann die entsprechenden Produktkontrollen durchführen. Die ZLS ist auch für den Austausch mit den marktüberwachenden Institutionen aus den Mitgliedstaaten der EU und für administrative Aufgaben im Zusammenhang mit dem europäischen Informations- und Kommunikationssystem ICSMS zuständig. Schließlich fungiert sie als Ansprechpartner für die Zollbehörden, vor allem hinsichtlich der Risikobeurteilung bei problematischen Produkten.

Die Überwachung der mit Energie, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen verbundenen Märkte, aber auch der zugehörigen Infrastrukturen steht in der Verantwortung der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA). Die BNetzA ist eine selbständige Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des BMWK. Sie ist aber auch für einige Aufgabenbereiche der Fachaufsicht des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) zuständig. Ihre Hauptaufgaben bestehen in der Förderung des Wettbewerbs durch Regulierung in den Zuständigkeitsbereichen und der Gewährleistung eines diskriminierungsfreien Netzzugangs zu fairen Bedingungen, aber auch in der Sicherstellung der Einhaltung der Vorschriften der entsprechenden Gesetze, d.h. des Telekommunikations-, des Post- und des Energiewirtschaftsgesetzes.

Die Verordnung (EG) Nr. 765/2008 setzt den europäischen Rechtsrahmen für die Marktüberwachung. In Deutschland liegt die Verantwortung für sektorübergreifende Fragen und Rechtsakte des europäischen Binnenmarktes, einschließlich der Marktüberwachung, beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (siehe BMWK, 2022, für weitere Details zur Marktüberwachungsstrategie und weiteren relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen).

<sup>54</sup> Der Auftrag der ZLS leitet sich aus einer im Jahr 1993 getroffenen Vereinbarung der 16 Bundesländer ab. Die ZLS ist aber eine obere Landesbehörde, die im für Umwelt und Verbraucherschutz zuständigen Landesministerium des Freistaats Bayern angesiedelt ist.

Für spezifische Produktsektoren definiert im Produktsicherheitsgesetz sind unterschiedliche Bundesministerien zuständig. Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) ist für neun Binnenmarkt Richtlinien zuständig, die um den Cyber Resilience und den Artificial Intelligence Act erweitert werden. Das Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) betreut den Sektor „Pyrotechnische Gegenstände“ und das Bundesministerium für Gesundheit (BMG) den Sektor „Medizinprodukte“. In der Regel sind die Bundesländer für die Durchführung der Marktüberwachung verantwortlich. Diese benennen Marktüberwachungsbehörden und statten sie mit den notwendigen Ressourcen, wie qualifiziertem Personal und Sachmitteln, aus. Für bestimmte Produktsektoren, darunter Elektrogeräte gemäß der EMV-Richtlinie, Funkanlagen, Schiffsausrüstung sowie Kraftfahrzeuge und Zugmaschinen, übernehmen jedoch Bundesbehörden die Vollzugsaufgaben.

Im Jahr 2018 wurde das Deutsche Marktüberwachungsforum (DMÜF) gegründet, das sich unter anderem mit den sektorübergreifenden Themen der Marktüberwachung befasst. Im DMÜF sind Vertreter von bundes- und länderübergreifenden Gremien mit Vollzugsbefugnissen in der Marktüberwachung sowie von Bundesministerien vertreten. Diese decken alle Produktsektoren und harmonisierten Rechtsvorschriften im europäischen Binnenmarkt ab, die im Rahmen der VO (EU) 2019/1020 bzw. dem Gesetz zur Marktüberwachung und zur Sicherstellung der Konformität von Produkten (Marktüberwachungsgesetz – MüG) aus dem Jahr 2021 relevant sind. Durch diese Verordnung erhält die Marktüberwachung weitere Befugnisse und Verfahrensrechte. Ferner findet der elektronische Geschäftsverkehr und der Online-Handel eine verstärkte Berücksichtigung. Zu den Wirtschaftsakteuren zählen deshalb künftig neben Herstellern, Händlern und Einführern/Importeuren auch sog. Fulfillment-Dienstleister. Dies sind natürliche oder juristische Personen, die im Rahmen einer Geschäftstätigkeit mindestens zwei der folgenden Dienstleistungen anbieten: Lagerhaltung, Verpackung, Adressierung und Versand von Produkten, an denen sie kein Eigentumsrecht haben, wobei bestimmte Postdienste und Frachtverkehrsdienstleistungen ausgenommen sind.

„Safety Gate“ ist das EU-Schnellwarnsystem für gefährliche Non-Food-Produkte und löst das bisherige RAPEX-System (Rapid Exchange of Information System) ab.<sup>55</sup> In Deutschland wird die nationale Kontaktstelle von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) geleitet, die die Kommunikation zwischen nationalen Marktüberwachungsbehörden, der Europäischen Kommission und den Mitgliedstaaten sicherstellt. Die BAuA bietet auch einen Informationsdienst für die Öffentlichkeit an und veröffentlicht relevante Meldungen in der Datenbank „Gefährliche Produkte“. Sie prüft Meldungen auf Vollständigkeit und leitet validierte Informationen an die EU-Kommission weiter. Zudem können Länder bei der Bearbeitung von Meldungen zusammenarbeiten, um spezifische Marktüberwachungsaufträge gezielt weiterzugeben. Die Europäische Kommission hat zudem das ICSMS (Information and Communication System for Market Surveillance) entwickelt, um Informationen zu Marktüberwachung und Verstößen gegen EU-Vorschriften zu erfassen und auszutauschen. In Deutschland ist die Implementierung von ICSMS in nahezu allen Produktsektoren abgeschlossen.

Grundsätzlich werden in der Marktüberwachung zwei Vorgehensweisen unterschieden. Reaktive Marktüberwachung erfolgt als Reaktion auf externe Informationen, wie Safety-Gate-Meldungen, Unfälle oder Beschwerden. Hierbei werden aktuelle Ereignisse recherchiert und gegebenenfalls notwendige Maßnahmen zur Marktüberwachung eingeleitet. Aktive Marktüberwachung hingegen bezieht sich auf geplante und organisierte Aktivitäten, die ohne äußeren Anlass durchgeführt werden. Diese Aktionen basieren auf sektoralen Marktüberwachungsstrategien und können langfristige Projekte zu bestimmten Produkten oder Bereichen, wie Messen oder Internet, umfassen. Da die Häufigkeit der Stichprobenziehungen durch die Marktüberwachungsbehörden europäisch nicht ver-

<sup>55</sup> Siehe hier weitere Details: <https://interoperable-europe.ec.europa.eu/collection/rapex>.

bindlich und einheitlich konkretisiert ist und weniger für Performanzmessung, sondern zur Rechtfertigung der Ressourcen für die Marktüberwachung genutzt wird, fordert die deutsche Industrie hier eine Harmonisierung und Konkretisierung. Während europäisch lediglich auf „Angemessenheit“ verwiesen wird, bietet das Deutsche Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) einen „Richtwert von 0,5 Stichproben pro 1.000 Einwohner und Jahr“ (Bundesverband der Deutschen Industrie, 2017). In der Realität finden z. B. im Bereich der gesetzlich geregelten Messgeräte und Fertigpackungen Kontrollen statt, wobei der Umfang der Kontrollen in den einzelnen Bundesländern aber sehr unterschiedlich ist. Insgesamt stehen auch hierfür eher wenig Personalressourcen bereit, wobei keine genauen Informationen darüber vorliegen, weil die Gewerbeaufsicht implizit auch die Funktionen der Marktüberwachung übernimmt. Aufgrund langjähriger Erfahrung werden aber zielgerichtete Schwerpunktaktionen bundesweit durchgeführt, so dass in den Bereichen, von denen bekannt ist, dass es häufig Vorfälle gibt, auch regelmäßig untersucht werden. Schließlich wird aus Industrie-, aber auch Expertensicht die unzureichend mit Ressourcen ausgestatteten Marktüberwachung durch den hohen Online-Handel zunehmend herausgefordert (siehe auch European Commission, 2022b).

In der Praxis wird die Marktüberwachung in Deutschland vor allem aufgrund der föderalen Strukturen als stark fragmentiert wahrgenommen, zumal diese hinsichtlich der großen amerikanischen und chinesischen Plattformunternehmen zunehmend inadäquat wahrgenommen werden. Im Deutsche Marktüberwachungsforum wird zwar ein kontinuierlicher Austausch organisiert, der aber ausbaufähig und für die Bewältigung der aktuellen Herausforderungen wohl nicht ausreichend ist. Theoretisch sehen die Interviewten die in Deutschland durch den Staat getragene Marktüberwachung gut aufgestellt, insb. hinsichtlich Korruptionsprävention und weil die dort tätigen Personen gut ausgebildet und damit generell in der Lage sind, in ihren Entscheidungen die Interessen zwischen dem freien Warenverkehr und der Einhaltung der diversen Schutzziele gut gegeneinander abzuwägen. Aber die Abstimmung zwischen den Rechtsbereichen ist unzureichend, wengleich das DMÜF versucht hier einen Austausch und eine abgestimmte Interpretation hinsichtlich der konkurrierenden Schutzziele herzustellen. Ferner treffen die Maßnahmen der Marktüberwachung meist die in der EU ansässigen Wirtschaftsakteure, während die Verstöße eher von Unternehmen außerhalb verursacht werden. Hierzu wird angeregt, der Praxis Chinas zu folgen und die Marktüberwachung durch die Zollbehörden an den Außengrenzen durchzuführen. Ferner könnten bilaterale Abkommen mit China dazu beitragen, die Importe von nicht regelkonformen Produkten bereits im Ursprungsland zu verhindern.

Derzeit gelangen trotz der existierenden Regelungen und Prozesse Produkte, die den Anforderungen nicht entsprechen, in den Binnenmarkt.<sup>56</sup> Hier versteht sich die Marktüberwachung als Sicherheitsnetz. Jedoch ist die Herausforderung, dass die Bereiche und Produktgruppen, für die Marktüberwachung erforderlich ist, sich ständig ausdehnen, ohne dass die zuständigen Behörden angemessen mit Personal und Ressourcen ausgestattet werden.

Die Marktüberwachungsbehörden haben eine klar zugewiesene Rolle im QI-Kontext bzw. im Europäischen Binnenmarkt, den sie durch das Unterstützen gleicher Rahmenbedingungen für alle Wirtschaftsakteure und Marktteilnehmer fördern sollen. In der Praxis kann dieses Ziel und ein hohes Schutzniveau für Verbraucher im Zusammenwirken mit den anderen QI-Elementen weitestgehend verwirklicht werden. Begrenzte Ressourcen- und strukturbedingte Defizite der Marktüberwachung gefährden jedoch die Effektivität des QI-Systems hinsichtlich Umwelt- und Verbraucherschutzes, aber auch die Sicherstellung gleicher Wettbewerbsbedingungen vor allem inländischer Unternehmen im Vergleich zu großen ausländischen Wettbewerbern.

---

<sup>56</sup> Zahlreiche nicht-konforme Produkte erfordern keine Konformitätsbewertung durch eine entsprechende Stelle sondern nur eine Herstellerselbsterklärung. Daneben sind auch andere Szenarien realistisch, bei denen es zu nicht-konformen Produkten kommt, ohne dass dies auf eine fehlerhafte bzw. ineffiziente Konformitätsbewertung zurückgeht.

Neue Technologien und Instrumente, wie KI, Web Mining und die Digitalisierung von Dokumenten, aber auch der Digitale Produktpass (DPP) können die Effektivität der Marktüberwachung erhöhen (European Commission, 2022b). Es wird aber auch darauf hingewiesen, dass die schon jetzt vorliegenden Daten aus der Konformitätsbewertung von den Akteuren der Marktüberwachung, z. B. der Lebensmittelüberwachung, nicht genutzt werden, obwohl dies zu einer Effizienzsteigerung beitragen könnte. Deshalb können neue Ansätze wie der DPP nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn Interoperabilität, Maschinenlesbarkeit und einfacher Datenaustausch gewährleistet sind. Die Erfahrungen mit existierenden Systemen, wie z.B. ICSMS, werden aber eher als ernüchternd wahrgenommen. Schließlich sehen die Experten, dass die anstehende Digitalisierung inklusive der Künstlichen Intelligenz insbesondere für die föderal zergliederte Marktüberwachungslandschaft, eine besondere Herausforderung darstellt, welcher nur durch zusätzliche Ressourcen bewältigt werden kann.

### 7.3.6 Zusammenspiel der QI-Elemente in Deutschland

Das Zusammenspiel aller Komponenten der QI wird rechtlich grundsätzlich durch den NLF organisiert. Ferner gibt es für all diese Kooperation mehr oder weniger staatsvertragliche gesetzliche Grundlagen, wie die Verordnung 765/2019 zur Akkreditierung.

Die leistungsfähige Normung stellt die Basis für die QI dar, worauf die Konformitätsbewertung basiert, deren Qualität durch die Akkreditierung sichergestellt wird. Ein guter Indikator für das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten ist die Zusammensetzung der Normungsgremien, in denen nicht nur Industrievertreter und weitere Organisationen gelistet im Anhang 3 der NLF-Regulierung 1025/2012 aktiv sind, sondern auch Vertreter der Konformitätsbewertungsorganisationen, der Akkreditierung und der Marktüberwachung. Die Metrologie hat ihre eigenen technischen Komitees in der Normung, so dass hier eine adäquate Repräsentanz gegeben ist.

Im Folgenden werden beginnend mit der **Normung** die Interaktionen der verschiedenen Komponenten vorgestellt und auf Basis der Aussagen der interviewten Expert:innen bewertet. Im Detail sind Konformitätsbewertungsstellen adäquat mit durchschnittlich über 5% der Expert:innen in der Normung bei DIN und DKE vertreten (siehe z. B. Blind und Heß, 2023), zumal Normen Grundlage für viele Zertifizierungsprogramme darstellen. Hier wird jedoch angemerkt, dass kleine Konformitätsbewertungsstellen – wie viele andere KMU auch - nicht die Ressourcen haben, um sich effektiv an der Normung zu beteiligen. Es gibt auch kritische Stimmen, die Zertifizierungsorganisationen Eigeninteressen unterstellen, die zum Teil am Marktbedarf vorbeigehen. So sind ISO 26000 für Corporate Social Responsibility und ISO 56000 zum Innovationsmanagement in der deutschen Industrie durchaus umstritten. Dagegen ist die Akkreditierung, schon bedingt durch die Fokussierung auf die DAkkS und ihre begrenzten Ressourcen nur mit wenigen Expert:innen in der Normung aktiv. Die PTB als Vertreter der Metrologie, aber auch die BAM sind sehr stark in der Normung vertreten. Neben der Anzahl der in der Normung aktiven PTB-Experten:innen ist als weitere empirische Evidenz darauf hinzuweisen, dass die PTB die Institution ist, deren wissenschaftliche Publikationen am häufigsten in ISO-Normen zitiert werden (Blind und Fenton, 2022). Demgegenüber wird die Marktüberwachung als Sicherheitsnetz wahrgenommen, wenn in der Normung bestimmte Aspekte nicht regelkonform adressiert werden, was sich an Widersprüchen gegen eine Norm bzw. gegenüber der Vermutungswirkung ablesen lässt. Grund dafür ist, dass die Rolle der Marktüberwachung im Bereich der Normung nicht angemessen wahrgenommen wird.

Wendet man sich der **Konformitätsbewertung** zu, dann wird hinsichtlich der Akkreditierung, die in einem hoheitlichen und monopolistischen Kontext ihre Dienstleistungen anbietet, angemerkt, dass vor allem in dynamischen Bereichen die Reaktionszeiten im Vergleich zu einer Wettbewerbssituation etwas länger sind. Konkret bedeutet dies, dass Vorschläge hinsichtlich neuer Programme nicht zügig beschieden werden. Ferner wird in einem Interview angemerkt, dass die Akkreditierung den Konformitätsbewertungsstellen keinen unmittelbaren Vorteil bringe. Dies steht im Widerspruch

zur modellierten Wirkung hinsichtlich Transparenz- und Vertrauensbildung und Sicherung der Qualität in der Konformitätsbewertung, sowie zu empirischen Untersuchungen aus Italien (ACCREDIA and Prometeia, 2020), so dass die mittelbare und schwer quantifizierbare Wirkung schwer zurechenbar scheint. Andererseits zeigen sich aber auf der makroökonomischen Ebene in der Tat insig-nifikante Effekte für die Handelsströme zwischen entwickelten Volkswirtschaften (Blind et al., 2018).

Die **Metrologie** ist Gegenstand zahlreicher Normen, die wiederum die Basis für die Konformitätsbewertung, also insbesondere bspw. die Verfahren der Kalibrier- und Prüflabore, darstellen, wobei hierbei vor allem auch die Konformitätsbewertung für das gesetzliche Messwesen zu nennen ist. Die besondere Stärke der Zusammenarbeit zwischen Metrologieinstitut und den Konformitätsbe-wertungsstellen zeigt sich insbesondere im Deutschen Kalibrierdienst (DKD), dem Forum der PTB für die akkreditieren Kalibrierlaboratorien. In neuen Themenfeldern wie der Künstlichen Intelligenz und der Nachhaltigkeit spielen weitere Messkriterien eine wichtige Rolle, die nicht alleine von den für die Metrologie zuständigen entwickelt werden können, weil hier auch qualitative und ethische Aspekte zu berücksichtigen sind. Eine Stärkung der Kooperation vielfältiger Akteure ist entspre-chend nötig. Mit der Marktüberwachung gibt es wenig Konflikte, weil die Konformitätsbewertung eine staatsentlastende Funktion hat. Die Marktüberwachung selbst versteht sich als ein Sicherheits-netz für den Fall, dass es mit der Konformitätsbewertung nicht hinreichend effektiv war. Hier wurde explizit auf die gute Koordination mit der Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik (ZLS) für den geregelten Bereich, z. B. das Produktsicherheitsgesetz (ProdSG), hingewiesen.

Da sowohl die PTB als auch die BAM im Akkreditierungsbeirat vertreten sind, ist hier eine enge Koordination gegeben. Ferner hat sich die Kooperation zwischen Akkreditierung und Marktüber-wachung auch durch die Repräsentanz des BMAS als Gast im Akkreditierungsbeirat kontinuierlich verbessert.

Während die o.g. Elemente der QI alle bereits während der Produktentstehung zentrale Rollen ein-nehmen, operiert die Marktüberwachung primär erst mit auf dem Markt befindlichen Produkten. Wichtig ist dabei der Informationsaustausch und die Interaktion mit den weiteren QI-Elementen. Da z. B. die Konformitätsbewertungsstellen neuartige Produkte prüfen, die später durch Marktüber-wachungsbehörden geprüft werden, brauchen letztere sowohl Informationen zur Konformitätsbe-wertung als auch zu den zugrundeliegenden Normen. Hier ist anzumerken, dass die Marktüber-wachung hierfür sowohl an Normungsprozessen beteiligt ist als auch im engen Austausch steht mit den Konformitätsbewertungsstellen, z. B. durch die ZLS im geregelten Bereich, und der Akkreditie-rung, z. B. durch einen Sitz im Akkreditierungsbeirat. Der Austausch wird aber grundsätzlich als ausbaufähig angesehen, insbesondere der Informationsfluss von der Marktüberwachung zurück zu den Konformitätsbewertungsstellen und Akkreditierung könnte verbessert werden.

Die Herausforderung besteht grundsätzlich (und nicht nur in Deutschland) darin, dass Marktüber-wachungsbehörden mit dem Stand der Technik mithalten können – gerade vor dem Hintergrund immer schnellerer technologischer Innovationen und Disruptionen. Dazu bedarf es entsprechend qualifiziertem Personal und ausreichender finanzieller Ressourcen. Wissen und Kompetenzaufbau könnten auch über angepasste Strukturen gefördert werden bzw. den Austausch mit Kompeten-zträgern auch bei den anderen QI-Elementen. Da viele Innovationen außerhalb Deutschlands ent-stehen, sind auch die deutschen QI-Institutionen ständig gefordert mit dem Stand der Technik mit-zugehen und sich untereinander und international auszutauschen.

In der folgenden Tabelle sind die bilateralen Interaktionen zwischen den verschiedenen Kompo-nenten der Qualitätsinfrastruktur grundsätzlich auf einer hohen Abstraktionsebene zusammenge-fasst.

**Tabelle 35      Zusammenspiel der QI-Elemente**

Output Input	Normung	Konformitäts- bewertung	Akkreditie- rung	Metrologie	Marktüber- wachung
Normung		basiert auf Normen	basiert auf Normen (ISO/CASCO 17000 Serie)	basiert auf Normen	basiert auf Normen
Konformitäts- bewertung (KB)	Normung wird auch von KBS gespeist		vergibt Akkreditierung / legt Kompetenz dar	geringer Einfluss	Grundlage für MÜ
Akkreditie- rung (Akk)	geringer Einfluss	Kompetenz wird von Akk bestätigt		geringer Einfluss	informiert MÜ
Metrologie	Normung wird von Metrologie(forschung) gespeist	bietet Grundlagen für KB			Metrologie bietet Grundlagen (metrologische Überwachung)
Marktüber- wachung (MÜ)	Normung wird von den Erfahrungen der MÜ gespeist	KB wird durch MÜ ergänzt	Informationen von akkreditierten Prüflaboren werden von MÜ genutzt	geringer Einfluss	

## 7.4 Qualitätsinfrastruktur im Maschinenbau

Ausgehend von der generellen Charakterisierung und Analyse der Qualitätsinfrastruktur Deutschlands im vorangegangenen Kapitel gehen wir im Folgenden lediglich auf die sektorspezifischen Besonderheiten ein.

Für den Maschinenbau setzt der New Legislative Framework (NLF) für die QI in Deutschland den rechtlichen Rahmen, der durch seine Flexibilität Innovationen zulässt und damit die Wettbewerbsfähigkeit und die Exportstärke des deutschen Maschinenbaus unterstützt. Konkret ist die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG das wesentliche regulative Element der QI im Maschinenbau. Die Europäische Kommission hat die Maschinenrichtlinie überarbeitet und in die neue Europäische Maschinenverordnung (EU) 2023/1230 überführt, die ab 2027 in allen Mitgliedsstaaten unmittelbar geltend sein wird. Neben der Anpassung an den NLF wurden neue technologische Entwicklungen wie z. B. die Künstliche Intelligenz bei der Revision der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen berücksichtigt. Ferner ist der Cyber Resilience Act (CRA) zu erwähnen, der aufgrund seines globalen und horizontalen, nicht produktspezifischen Ansatzes die künftigen Cybersicherheitsanforderungen für Produkte mit digitalen Elementen und somit auch für Maschinenbauprodukte festlegen wird.

Der DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM) wird getragen vom Verband des Maschinen- und Anlagenbaus (VDMA). Im Jahr 2024 hat der Verband mehr als 4 Mio. EUR investiert, um mit ca. 40 Vollzeitbeschäftigten die Normungsaktivitäten des NAM auf nationaler (DIN), europäischer (CEN) und internationaler Ebene (ISO) zu betreuen.<sup>57</sup> Der NAM ist Träger von ca. 1300 nationalen Normen, die ihren Ursprung auch auf der europäischen und internationalen Ebene haben. Ferner zeichnet er sich für weitere 1600 internationale Normen verantwortlich. Mehr als 2000 Expert:innen sind in 27 Fachbereichen in über 200 Arbeitsgremien aktiv. Damit kommen in Deutschland nahezu 10% aller Expert:innen aus dem Maschinenbau, die auch auf der europäischen und internationalen Ebene wichtige Positionen, z. B. im Ausschuss für Maschinensicherheit bei ISO, einnehmen. Der Stand der Technik im Maschinenbau wird durch den aktuellen Normenbestand gut abgebildet. Neue Themen, wie der Digitale Produktpass (DPP), werden schnell und mit hohem Engagement angegangen.

Insgesamt bilden die Maschinenrichtlinie bzw. in Zukunft die Maschinenverordnung und die Normung die elementare Grundlage für die QI im Maschinenbau. Auf dieses Element setzt die Konformitätsbewertung auf. Hier wird vor allem auf die Möglichkeit der Herstellererklärung hingewiesen, womit keine Zertifizierung durch Dritte, d.h. Zertifizierungsstellen, notwendig wird. Parallel bieten Konformitätsbewertungsstellen Prüfungen und Zertifizierungen von Maschinen und Sicherheitsbauteilen gemäß der Maschinenrichtlinie an, um das richtlinienkonforme Inverkehrbringen von Maschinen zu unterstützen. Hersteller beauftragen Prüfberichte auf freiwilliger Basis, weil sie Interesse an sicheren Produkten und an langfristigen Beziehungen mit ihren Kunden haben, welche die Prüfberichte für Betriebsanleitungen in ihrer Rolle als Arbeitgeber zur Risikobeurteilung brauchen, um entsprechende Maßnahmen einzuleiten. Jedoch sieht die Industrie in einigen dynamischen Feldern bei manchen Konformitätsbewertungsstellen Defizite, da diese nicht so schnell die notwendigen Kompetenzen und Prozesse aufbauen können. So wird von Industrievertretern kritisiert, dass die regulatorischen Vorgaben inflexibel seien. Insbesondere hinsichtlich der Digitalisierung gibt es zahlreiche Potenziale, die zum einen noch nicht gehoben sind. Zum anderen ist das Interesse an innovativen Ansätzen, wie dem digitalen Kalibrierschein, noch eher begrenzt. Aber neue Anforderungen, wie das Lieferkettengesetz, können effizient nur durch eine entsprechende Digitalisierung der Prozesse erfüllt werden. Teilweise wird der Konformitätsbewertung von Industrievertretern ein eher geringes Interesse an Systemänderungen unterstellt

<sup>57</sup> Quelle der folgenden Informationen ist <https://www.din.de/resource/blob/327344/4ffb4fb4df5030e515095a410ed6dc4/imagebroschuere-nam-data.pdf>



Auch im Bereich Maschinenbau liegt die Akkreditierung im Verantwortungsbereich der DAkkS. Die dort vorhandene Kompetenz wird - wenngleich in geringem Umfang - auch von Institutionen im Ausland genutzt. Um das Vertrauen der Konformitätsbewertungsstellen hinsichtlich der Prüfung der Sicherheit von industriellen Anlagen oder komplexer Maschinen zu stärken, spielt die Akkreditierung eine wichtige Rolle, so dass sich hier der VDMA in Vertretung seiner Mitgliedsunternehmen engagiert. Prüfberichte von kompetenten Konformitätsbewertungsstellen haben eine globale Signalwirkung und stärken damit die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Maschinenbauunternehmen. In der DAkkS kümmert sich ein Fachbereich um die Akkreditierungen von Prüflaboratorien und Zertifizierungsstellen in den Bereichen überwachungsbedürftige Anlagen, Maschinen und Maschinenbau.

Aus Perspektive des Maschinenbaus werden die Ansprüche der Akkreditierung in anderen europäischen Ländern als geringer wahrgenommen. Ferner werden trotz der konstatierten Bemühungen der DAkkS die Akkreditierungsverfahren von der Industrie immer noch als lange erachtet. Schließlich baut die Akkreditierung in neuen und auch für den Maschinebau wichtigen Themen wie Künstliche Intelligenz und Cybersicherheit die notwendigen Kompetenzen erst auf, was ihr durch den Fachkräftemangel gerade in diesen Themen noch weiter erschwert wird.

Die Mess- und Prüftechnik, wofür die Metrologie die Grundlage bildet, haben auch eine hohe Bedeutung für den Maschinenbau (VDMA & Fraunhofer ISI, 2020). Denn die Qualität und Langlebigkeit von Maschinenbauprodukten hängt von der Fähigkeit ab, anspruchsvolle Mess- und Prüftechniken einzusetzen. Aber auch die effektive und effiziente Umsetzung der Kreislaufwirtschaft unterstützt durch Produkte des Maschinenbaus braucht die Metrologie. Auch wenn sie im Vergleich zu den anderen Elementen der QI im Maschinenbau nicht so im Mittelpunkt aktueller Diskussionen steht, wird ihr aber für die Entwicklung in den nächsten Jahren ein elementarer Stellenwert eingeräumt ((VDMA & Fraunhofer ISI, 2020).

Im Gegensatz zur Metrologie steht die Marktüberwachung in der Diskussion der QI im Bereich des Maschinenbaus im Fokus. Denn Industrievertreter stellen die Funktionsfähigkeit der Marktüberwachung im Maschinenbau in Frage. Zum einen wird die Rolle der ZLS als Befugnis erteilende Behörde von der Industrie kritisch gesehen, die den aktuellen Rechtsrahmen, z. B. der Aufzugsrichtlinie, auch aus der unterstellten Risikoaversion sehr eng auslegt und die existierenden Akkreditierungen im Bereich der Sicherheit im Gegensatz zu anderen Ländern nochmals prüft. Gleichzeitig haben die Behörden, die für die Umsetzung der Marktüberwachung verantwortlich sind, schon jetzt nicht die Ressourcen und ausreichend kompetentes Personal, um die Vorgaben der existierenden Regulierungen effektiv umzusetzen und damit auch die weiter zu erwartenden Regulierungen durchsetzen zu können. Damit wird eine Verzerrung des Wettbewerbs zu Lasten der europäischen und deutschen Unternehmen verursacht, weil sich außereuropäische Unternehmen, wie aus den Safety-Gate-Meldungen zu entnehmen ist, sich oft nicht an den regulativen Rahmen halten und dabei nur mit geringer Wahrscheinlichkeit mit Sanktionen rechnen müssen. Da es sich im Bereich Maschinenbau um langlebige Investitionsgüter handelt, so dass von der Marktüberwachung nicht erfasste, aber auch nicht regelkonforme Produkte über Jahre genutzt werden, bestehen starke Anreize solche Produkte kostengünstig, aber trotzdem profitabel zu Lasten der regelkonformen Wettbewerber in den Markt zu bringen.

Jedoch werden auch signifikante Verbesserungen bei der Marktüberwachung berichtet, die durch eine engere Kooperation mit dem Zoll in bestimmten Häfen realisiert werden. In der Folge werden deshalb Warenströme nun aber auch über weniger überwachte Häfen umgeleitet. Andere Länder, vor allem China (z. B. Mangelsdorf, 2011, Blind und Hess, 2020), setzen ihre nationalen Normen und die darauf aufsetzende Marktüberwachung wesentlich rigorosier um, auch um ausländische Wettbewerber gegenüber einheimischen Unternehmen zu diskriminieren, während sich dies in Deutschland und Europa durch die Defizite in der Marktüberwachung umgekehrt darstellt. Im Gegensatz

zum Prinzip der Marktüberwachung in Deutschland und Europa werden in den USA Maschinen bei ihrer Inbetriebnahme geprüft. Je nach Intensität der Überprüfungen ist der eine oder andere Ansatz effektiver.

Betrachtet man abschließend das Zusammenspiel der Komponenten der QI im Bereich des Maschinenbaus, lässt sich eine enge Koordination zwischen der Normung und der Konformitätsbewertung bzw. Akkreditierung beobachten. Der regelmäßige Austausch mit der Akkreditierung wird durch dort existierende Kapazitätsengpässe, die nicht durch Gebührenerhöhungen kompensiert werden können, erschwert. Wegen der föderalistischen Struktur Deutschlands sind jedoch viele Bereiche der Marktüberwachung bei Behörden der Länder angesiedelt, was hohe Abstimmungsbedarfe in jedem einzelnen betroffenen Verfahren erzeugt. Auch sind die Institutionen, die Akkreditierungen vergeben und die Notifizierungen vornehmen, nicht identisch. Für die Konformitätsbewertungsstellen ergibt sich daraus, dass sie mehrere Ansprechpartner haben. Ferner gibt es Schnittstellen zwischen der Konformitätsbewertung und der im Maschinenbau nicht so sichtbaren Metrologie u.a. auch wegen der schon erwähnten Bedeutung der Messgenauigkeit. Schließlich spielt die Marktüberwachung eine wichtige Rolle im Maschinenbau für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen. Jedoch beeinträchtigen Kapazitätsengpässe und nicht immer klar definierte Kompetenzen das effektive Zusammenspiel mit den anderen QI-Komponenten und damit auch die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Maschinenbauunternehmen.

Die QI im Maschinenbau steht vor zahlreichen Herausforderungen. Trotz der Kapazitäten und Kompetenzen im Bereich der Normung, stellt die Erstellung der für den Maschinenbau wichtigen harmonisierten europäischen Normen eine große Herausforderung dar. So sind die z. T. als anspruchsvoll wahrgenommenen Schutzanforderungen der Harmonized Standards Consultants (HAS-Consultants) auch zu berücksichtigen, was den Konsensfindung schwieriger und den Normungsprozess verlängert. Der Cyberresilience Act und die zu erstellenden Normen werden auch für den Maschinenbau relevant. Im Umweltbereich sind weitere Regulierungen zu erwarten, welche das auf Normen basierte Prinzip des NLFs in Frage stellen. Insgesamt schwindet durch den stärkeren Fokus auf die Regulierung das Vertrauen der normenden Akteure in den NLF. Die Implikationen des M-lamud-Urteil sind noch nicht abzusehen, aber eine Möglichkeit ist ein Rückgang der Erstellung harmonisierter Normen und damit eine weitere Bedrohung für das Funktionieren des NLFs. Damit reichen Selbsterklärungen der Hersteller nicht mehr aus und die Unternehmen müssten auf die kostspieligere, aber auch langwierigere Alternative der Zertifizierung durch Dritte zurückgreifen, wo zunehmend auch Kapazitätsengpässe beobachtet werden. Der steigende Einfluss der Regulierung auf die Normung erfordert zunehmend juristische Expertise, so dass die Normen nicht mehr allein von Ingenieuren verfasst werden können.

## 7.5 Qualitätsinfrastruktur in der Elektrotechnik

Die deutsche QI in der Elektrotechnik zeichnet sich durch eine hochspezialisierte und umfassende Struktur aus, die vor allem durch die Standardisierung, Konformitätsbewertung und Akkreditierung getragen wird. So wird die QI Deutschlands im Bereich Elektrotechnik als sehr robust und führend im europäischen sowie globalen Kontext betrachtet, was durch die Spitzenpositionen bei der Anzahl der Vorsitze und Sekretariate sowohl bei CENELEC und IEC untermauert wird. Damit spielt Deutschland eine Schlüsselrolle bei der meist industriegetriebenen Festlegung von insbesondere internationalen elektrotechnischen Normen und Standards, die weltweit große Bedeutung haben. Denn zum einen verbessern Normen sowohl die Effizienz der Produktionsprozesse und als auch die Produktqualität, was zu höherem Umsatz und gesteigerter Produktivität führt (Vgl. z. B. Wakke et al., 2016). Durch die Etablierung vertrauenswürdiger Standards fördern sie Innovationen und die internationale Wettbewerbsfähigkeit und erleichtern die Integration in globale Wertschöpfungsketten und speziell den Export, indem sie sicherstellen, dass deutsche Produkte internationalen Anforderungen entsprechen aber auch ein hohes Vertrauen genießen. Damit generieren sie für die Unternehmen Rechtsicherheit und reduzieren deren finanzielle Unsicherheiten.

Wenn es weltweit einheitliche Normen gibt, werden dadurch Unsicherheiten und aber auch Handelsbarrieren im Sinne der WTO TBT Vereinbarung reduziert. Das bedeutet, dass eine Norm bzw. ihre Anforderungen überall gelten. Das bedeutet wiederum, dass ein Unternehmen lediglich ein Produkt herstellen muss und weltweit vertreiben kann, ohne große Anpassungen vorzunehmen oder mehrere Varianten zu erstellen, damit werden auch Ressourcen für Forschung und Innovationsaktivitäten freigesetzt. Normen unterstützen aber auch die nachhaltigen Entwicklungsziele, indem sie Anforderungen hinsichtlich des Umweltschutzes und der Sicherheit setzen. Jedoch wird auch angemerkt, dass die systematische Berücksichtigung des Klimaschutzes der sogenannten London Declaration der ISO folgend bisher weitgehend ignoriert wurde.

Durch die QI wird die deutsche Elektrotechnikindustrie befähigt, ihre innovativen Produkte global zu positionieren. Diese Führungsrolle in dieser Komponente der QI unterstützt die Wettbewerbsfähigkeit und Innovation auf globaler Ebene. Jedoch wird auch angemerkt, dass die Spezifikation neuer Normen meist in untergeordneten Arbeitsgruppen stattfindet. Auf dieser Ebene wird der Grundstein der Normen erarbeitet und hier entscheiden Obmänner bzw. -frauen und Expert:innen über die Annahme oder Ablehnung von Kommentaren aus den Abstimmverfahren und damit über die finale Spezifikation von Normen. Hier sind die Positionen zunehmend mit Vertreter:innen aus asiatischen Ländern besetzt und deutsche oder europäische Expert:innen sind aufgrund von knappen Ressourcen, aber auch zunehmendem, Demographie bedingtem Fachkräftemangel (siehe Blind et al., 2024) nicht angemessen repräsentiert.

Die europäische QI, v.a. im Bereich Normung, ist ein einzigartiges und funktionsfähiges System. Durch Europäische Normen (EN) gibt es keine bzw. kaum Abweichungen zwischen den von den Mitgliedstaaten der europäischen Union implementierten Normen und damit eine Harmonisierung innerhalb des europäischen Binnenmarktes. Die internationale QI im Bereich Elektrotechnik ist mit der Grundlage, die die IEC bildet, ein anerkanntes System. Jedoch gibt es hier in Einzelfällen Inkonsistenzen durch die fehlende oder abweichende nationale Übernahme internationaler Normen. Ferner wird der zunehmende Einfluss der Europäischen Kommission auf die europäische Normung kritisch gesehen, weil dadurch verstärkt Abweichungen von den für die Elektrotechnik sehr relevanten internationalen Normen entstehen.

Die Herausforderungen für die deutsche QI in der Elektrotechnik liegen auch hauptsächlich in der Anpassung an die schnellen Fortschritte in digitalen und nachhaltigen Technologien. Deshalb ist die kontinuierliche Weiterentwicklung und Erweiterung der QI erforderlich, um ihre Effektivität und

Relevanz in einem sich schnell verändernden technologischen Umfeld in der Elektrotechnik zu bewahren.

Die Normung wird durch zahlreiche neue Regulierungen, z. B. im Bereich der Cybersecurity, und entsprechende Normungsmandate herausgefordert. Hier droht, dass rechtzeitig keine entsprechenden harmonisierten europäischen Normen entwickelt werden können. Damit würde für Unternehmen die Option der Selbstdeklaration entfallen, so dass Drittstellen involviert werden müssen, was höhere Kosten nach sich ziehen wird. Ferner drohen durch die Europäische Kommission spezifizierte gemeinsame Spezifikationen als Fallback-Option, was die Mitgestaltungsmöglichkeiten der Industrie signifikant einschränken würde. Darüber hinaus nimmt der Wettbewerbsdruck ausländischer Konkurrenten, die signifikant aufgeholt haben, auch im Bereich der Konformitätsbewertung im Bereich der Elektrotechnik zu. Die im Vergleich vor allem zum außereuropäischen Ausland höheren Kosten und Preise ließen sich ggf. nun nicht mehr durch einen entsprechenden Qualitätsvorsprung rechtfertigen. Hier wird angemerkt, dass die deutschen Konformitätsbewertungsstellen eng der ISO 17000 Serie folgen und damit höhere Kosten haben als in anderen EU-Ländern, wo deren Umsetzung nicht so streng sei. Positiv wird angemerkt, dass aktuell viele global aktive Konformitätsbewertungsstellen immer noch aus Deutschland kommen, was für die deutschen und europäischen Unternehmen von Vorteil ist. Jedoch kommen diese Unternehmen unter zunehmenden Wettbewerbsdruck, so dass sie ihre Digitalisierung analog zu den ausländischen Konkurrenten vorantreiben müssen, um weiterhin ihren Wettbewerbsvorsprung zu halten.

Durch die Verordnung (EG) Nr. 765/2008 hat die Europäische Union entschieden, dass pro Mitgliedsstaat nur noch eine Organisation für die Akkreditierung zuständig ist. Inzwischen hat sich die DAkkS eine hohe Reputation auch im Bereich der Elektrotechnik erarbeitet. Darüber hinaus werden viele Akkreditierungen von EMV-Labors auch im Ausland durchgeführt, was unproblematisch ist, weil eine hohe Vergleichbarkeit und Nachvollziehbarkeit der Prüfungsergebnisse gegeben ist. Der monopolistischen Struktur in der Akkreditierung in Deutschland steht in anderen Ländern, wie den USA, eine Wettbewerbssituation gegenüber, welche auch durch einen stärkeren Preiswettbewerb charakterisiert ist, die ggf. auch zu einem Qualitätsabfall führen kann. Trotz dieses Wettbewerbs zwischen unterschiedlichen Systemen funktioniert die Akkreditierung im Bereich der Elektrotechnik, was auch durch eine geringe Anzahl an Widersprüchen und Gerichtsprozesse gegen die Bescheide der DAkkS in diesem Bereich bestätigt wird. Ferner wurde der Informationsaustausch, der vorher wenig strukturiert war, durch einen von der DAkkS organisierten Expertenrat ermöglicht, der nun durch die Sektorkomitees gespeist wird und strukturierter arbeitet. Explizit wird die gut funktionierende Kommunikation zwischen DKE, ZVEI und DAkkS erwähnt, die es erlaubt aktuelle Herausforderungen schnell und effektiv zu lösen. Jedoch steht die Akkreditierung auch vor der Aufgabe die zahlreichen Regulierungen im Bereich der Digitalisierung und den geforderten europäischen Normen zu bewältigen, die auch wichtige Implikationen für die Elektrotechnik haben. Hier existieren Engpässe an qualifiziertem Personal, so dass die Akkreditierung bzw. die DAkkS vor großen Herausforderungen steht.

Die Metrologie ist im Bereich Elektrotechnik durch die Kapazitäten und Ressourcen der PTB gut aufgestellt und auch gut in die QI in diesem Bereich, z. B. durch das Engagement in der Normung, integriert, so dass von den Experten in den Interviews darauf kein besonderer Fokus gelegt wurde. Ein mögliches Zukunftsthema ist die elektrischen Quantenmetrologie, an der die PTB schon aktiv forscht, aber die noch nicht in der Praxis umgesetzt wurde.

Jedoch wird die Marktüberwachung im Bereich der Elektrotechnik durchaus ambivalent wahrgenommen. Zum einen wird die Einrichtung und Entwicklung des Marktüberwachungsforums sehr positiv gesehen. Jedoch werden die bisherigen Strukturen und Ressourcen angesichts der zunehmenden regulatorischen Anforderungen, vor allem durch den AI und den Data Act, als nicht ausreichend wahrgenommen, damit die Marktüberwachung weiterhin ihre Kontrollfunktionen effektiv

ausfüllen kann. Ferner stellen die zunehmenden Importe asiatischer Unternehmen nach Europa bzw. Deutschland auch im Bereich elektrotechnischer Produkte die Marktüberwachung vor große Herausforderungen. So hat die deutsche bzw. die europäische QI auch im Bereich der Elektrotechnik das Schutzziel, dass keine „gefährlichen“ Waren nach Deutschland bzw. Europa gelangen. Eine aktuelle Herausforderung ist jedoch der massive Import von Produkten aus außereuropäischen Ländern wie z.B. durch Alibaba oder Temu, nach Deutschland. Oft folgen diese nicht den in Deutschland und Europa geltenden Sicherheitsstandards bzw. Normen. Diese Defizite müssen jedoch vor Inverkehrbringung in Deutschland erkannt werden. Genau dafür ist die QI ein wichtiges Instrument, deren Effektivität nicht immer mehr gegeben ist.

Es wurde aber auch angemerkt, dass die Bundesnetzagentur für die Produkte, wo elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) eine Rolle spielt, effektiv die Funktion der Marktüberwachung durch entsprechende Zuständigkeiten, Kompetenzen und Ressourcen übernimmt. In den anderen Bereich mindert der Föderalismus die Effektivität der Marktüberwachung auch im Bereich der Elektrotechnik, zumal nur geringe Ressourcen und nicht die notwendigen Kompetenzen auf der Länderebene zur Verfügung stehen. Ferner werden Synergien zwischen den EU-Ländern durch eine entsprechende Kooperation der Zollbehörden nicht gehoben.

Das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten der QI-Elemente im Bereich der Elektrotechnik funktioniert gut. Zum einen integriert die Normung, d.h. die DKE, die interessierten Akteure der anderen QI-Komponenten, wie die Konformitätsbewertungsstellen und die Metrologie, bereits in der Entwicklung von Normen. Ferner sind die in der Konformitätsbewertung aktiven Organisationen im Austausch mit der DAkkS, aber auch der Bundesnetzagentur. Ferner hat die DAkkS auch bspw. durch die Übernahme ehemaliger PTB-Mitarbeiter:innen eine enge Bindung zur Metrologie. Trotz der weiteren Entwicklung des Marktüberwachungsforums, das für die anderen QI-Institutionen offen ist, wird für die Marktüberwachung immer noch ein Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Koordination wahrgenommen. Aktuell wird die Initiative QI-Digital förderlich für die weitere Koordination der Akteure der QI im Bereich der Elektrotechnik wahrgenommen.

Das Zusammenspiel von Normung mit den anderen verschiedenen QI-Elementen in Deutschland wird auch in der Elektrotechnik als weitgehend effektiv bewertet. Diese Synergien erhöhen die Effizienz des Gesamtsystems. Jedoch sind kontinuierliche Überprüfungen und Anpassungen innerhalb der QI in der Elektrotechnik notwendig und werden perspektivisch ggfs. noch wichtiger, um Kompatibilität, Effektivität und Effizienz im Licht neuer und zunehmend dynamischer technologischer Entwicklungen, aber auch regulatorischer Herausforderungen zu gewährleisten. Konkret beinhalten die Herausforderungen in der Normung die Notwendigkeit der ständigen Aktualisierung von Normen, um mit dem technologischen Fortschritt in der Elektrotechnik Schritt zu halten. Darüber hinaus gibt es die Schwierigkeit, auf der internationalen Ebene Konsens zu erreichen, besonders in einem Umfeld, in dem neue Technologien, wie Künstliche Intelligenz, neue Normen erfordern, die in verschiedene regulative Kontexte eingebunden sind. Eine durch die demographische Entwicklung zunehmende Herausforderung ist die Gewinnung von Expert:innen für die Normungsarbeit, aber auch die Konformitätsbewertung, wo bereits heute schon Labore ihren Betrieb einstellen.

Wenngleich die Digitalisierung sowohl die einzelnen QI-Institutionen als auch ihr Zusammenspiel herausfordern, werden auch die Chancen gesehen. So wird mit der Umsetzung von maschinenlesbaren Smart Standards auch die Hoffnung auf Einsparungen bei der Implementierung von Normen verbunden. Analog werden Einsparpotenziale durch das digitale Akkreditierungssymbol und dem digitalen Kalibrierschein erwartet. Noch größere Erwartungen werden mit der Umsetzung des Digitalen Produktpasses verbunden, weil damit der ganze Prozess von der Entwicklung von normengerechten Produkten bis zu Marktüberwachung von in den Verkehr gebrachten Produkten sowohl national als auch europäisch und langfristig sogar global abgebildet werden kann. Vor allem die Marktüberwachung könnte dadurch eine signifikante Effizienzsteigerung erfahren und damit die

aktuell unzureichenden Ressourcen kompensieren. Analog zu internationalen Normen könnte ein internationales digitales QI-System signifikante Kostenreduktionen und Produktivitätssteigerungen ermöglichen, was dem zunehmenden Personalmangel entgegenwirken könnte.

## 7.6 Qualitätsinfrastruktur in der Informations- und Kommunikationstechnik

Auch für die Branche der Informations- und Kommunikationstechnologie ist der NLF der relevante Rahmen für die QI, an dem aus Sicht der Industrie auch festgehalten werden soll (Bitkom, 2023). Insbesondere hat sich das Grundprinzip der Festlegung grundlegender Anforderungen in europäischen Richtlinien und Regulierungen und der Anerkennung harmonisierter europäischer Normen als Instrument zur Erfüllung dieser Anforderungen in den letzten Jahren bewährt. Komplementär dazu funktioniert die Vermutungswirkung hinsichtlich der Konformitätsbewertung effektiv.

Normung bzw. Standardisierung sind für die Informations- und Kommunikationstechnologie vor allem für die Kompatibilität und Interoperabilität auch für die internationale Wettbewerbsfähigkeit von elementarer Bedeutung, so dass die exportorientierte deutsche Industrie auch im Vergleich zu anderen Ländern sehr stark engagiert ist. Zusätzlich können Normen und Standards Innovationen in der IKT unterstützen, aber bei einer zu engen Auslegung auch Innovationsbarrieren darstellen. Schließlich gewinnt die IKT-Standardisierung über die NIS-Richtlinien<sup>58</sup> und Funkanlagenrichtlinie (RED) für das Inverkehrbringen von Funkanlagen hinaus weiter an Bedeutung für die Spezifizierung europäischer Gesetzesinitiativen, wie dem AI, dem Cyber Resilience und dem Data Act, so dass hier nicht nur der Branchenverband Bitkom, sondern auch VDMA und ZVEI sehr engagiert sind.

Im Gegensatz zum Maschinenbau und der Elektrotechnik gibt es keinen dezidierten Normungsausschuss. Jedoch vertritt der Bitkom die Interessen der sehr stark engagierten deutschen IKT-Industrie bei den nationalen Normungsorganisationen (DIN/DKE) und im Zusammenhang mit der europäischen IKT-Standardisierung bei ETSI und CEN/CENELEC.

Als Besonderheit der Normung und Standardisierung im Bereich IKT muss die große Bedeutung von zahlreichen Standardisierungskonsortien hervorgehoben werden (siehe z. B. die Übersicht in Teubner et al., 2021). IEEE und W3C sind nur beispielhaft für Organisationen, die global anerkannte Netzwerk- bzw. Internetstandards entwickelt haben. Durch Kooperationsabkommen mit den staatlich anerkannten Normungsorganisationen werden auch viele dieser Standards in den Katalog der europäischen bzw. nationalen Normen integriert.

Im IKT-Bereich wird durch die dynamische Entwicklung der verschiedenen Technologien die Geschwindigkeit der schon in den letzten Jahren verkürzten Normungsprozesse herausgefordert. Hier werden Vorteile bei ETSI im Vergleich zu CEN und CENELEC gesehen. Jedoch darf die Erhöhung der Geschwindigkeit nicht auf die Kosten der Qualität der Normen erfolgen. Da für Unternehmen Rechtssicherheit elementar ist, um ihre neuen Produkte schnell auf den Markt zu bringen, sind harmonisierte europäische Normen unverzichtbar, die im IKT-Bereich jedoch nicht immer zur Verfügung stehen.

Die aktuelle Situation wird laut Industrie in der europäischen IKT-Normung durch die im Jahr 2018 bei der Erstellung harmonisierter europäischer Normung eingeführten HAS-Consultants beeinträchtigt, da diese weitere Anforderungen an die Normen haben. Jedoch wird nicht nur die Industrie von den Forderungen der HAS-Consultants, die zum Teil erst zu spät in den Normungsprozess integriert werden, herausgefordert, sondern auch die Verbraucherschutzorganisationen ANEC und BEUC wegen mangelnder Transparenz und damit unzureichender Berücksichtigung von Konsumenteninteressen. Die im Kontext des AI Acts zu erstellenden Normen werden dagegen nicht von HAS-Consultants begleitet, da der AI Act nicht von DG GROW, sondern von DG Connect betreut wird.

<sup>58</sup> Die EU-Richtlinie 2016/1148 über Maßnahmen zur Gewährleistung eines hohen gemeinsamen Sicherheitsniveaus von Netz- und Informationssystemen in der Union (NIS-Richtlinie) und die EU-Richtlinie 2022/2555 über Maßnahmen für ein hohes gemeinsames Cybersicherheitsniveau in der Union (NIS-2-Richtlinie) erfordern die Implementierung von Teilen der ISO 27001-Serie.

Durch die Zusammenarbeit aller Akteure der QI in der IKT-Normung profitiert die gesamte QI. Insbesondere für die IKT-Hardware stellt die Normung, vor allem bei ETSI, eine gute Plattform für die Kommunikation der verschiedenen Stakeholder dar. Für die IKT-Software ist dieses Zusammenspiel noch nicht so gut entwickelt, weil auch die Open-Source-Communities noch nicht so gut integriert sind (Blind und Böhm, 2019).

Die Konformitätsbewertung kann auch im IKT-Bereich kostengünstig durch die Selbsterklärung der Hersteller im Sinne der Konformitätsvermutung vorgenommen werden. Diese Option ist nicht verfügbar, wenn keine entsprechenden harmonisierten Normen zur Verfügung stehen. Dann muss die Konformitätsbewertung durch Dritte durchgeführt werden, was mit erheblich höheren Kosten für kleinere und mittlere Unternehmen verbunden ist. Großunternehmen können z. T. auf eigene akkreditierte Labore zurückgreifen, um die Konformitätsbewertung durchzuführen. Eine weitere Besonderheit im IKT-Bereich ist die Agentur der Europäischen Union für Cybersicherheit (ENISA), welche Systeme für die Cybersicherheitszertifizierung konzipiert. Sie arbeitet mit den EU-Ländern und -Einrichtungen, aber auch Konformitätsbewertungsorganisationen und Vertrauensdienste für elektronische Transaktionen im Binnenmarkt zusammen, um in Europa zur Cybersicherheit beizutragen. Beispielsweise hat ENISA Spezifikationen für die Bewertung und Zertifizierung eingebetteter Universal Integrated Circuit Cards (eUICCs) im Rahmen des European Common Criteria-based cybersecurity certification schemes (EUCC) veröffentlicht (ENISA, 2024).

Für die Akkreditierung im IKT-Bereich ist auch die DAkkS zuständig. Jedoch haben sowohl die Bundesnetzagentur als auch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) die Kompetenz, in bestimmten Bereich Konformitätsbewertungsstellen zu akkreditieren. Insbesondere ist der Cybersecurity Act (CSA) zu nennen. Denn in diesem Bereich werden Konformitätsbewertungsstellen nach ISO/IEC 17065 akkreditiert, aber bedürfen einer zusätzlichen Befugnis durch das BSI. Weitere von der DAkkS verantworteten bedeutenden Konformitätsbewertungstätigkeiten im Bereich Cybersecurity umfassen die ISO/IEC 27000-Normenfamilie und die Normenreihe der IEC 62443 für IACS (Industrial Automation and Control Systems) sowie das Konformitätsbewertungsprogramm der Bundesnetzagentur für Betreiber von Energienetzen und -anlagen.

Das Metrologieinstitut hat auch im IKT-Bereich vor allem im regulierten Bereich einige Aufgaben. So führt die PTB Konformitätsbewertungen komplexer Software und IKT-Komponenten in regulierten Messgeräten nach 2014/32/EU und dem MessEG durch. Ferner wird die Software industrieller Sensornetzwerke nach DIN EN 12830 geprüft. Schließlich ist die PTB in die nationale und internationale Harmonisierung des gesetzlichen Messwesens im Bereich Software, Informations- und Kommunikationstechnologie involviert.

Schließlich hat die Marktüberwachung eine wichtige Rolle auch im IKT-Bereich, weil sie elementar ist für eine im internationalen Wettbewerb stehende Industrie. Grundsätzlich funktioniert die Marktüberwachung in Deutschland gut. Jedoch fordert der immer weiter zunehmende Internethandel die Kompetenzen und Ressourcen der Marktüberwachung heraus, auch weil die Inverkehrbringung neuer Produkte Ansprechpartner bei der Europäischen Kommission bedarf, welche z. T. nicht zur Verfügung stehen. Aus IKT-Perspektive wird auch auf die unzureichende Koordination von Zoll und Marktüberwachung hingewiesen. Ferner ist die in verschiedenen Produkten zunehmend integrierte Künstliche Intelligenz für die aktuell vorhandenen Kapazitäten der Marktüberwachung eine Herausforderung. Diese begrenzten Ressourcen und Kapazitäten vor dem Hintergrund der zunehmenden technologischen Entwicklungen öffnen zunehmend Importeuren nicht regelkonformer und z. T. auch gefährlicher Produkte den europäischen bzw. deutschen Binnenmarkt.

Das Zusammenspiel der verschiedenen QI-Elemente im IKT-Bereich funktioniert gut, so dass die Qualität des ganzen Systems gewährleistet wird. Hier wird die Normung vor allem bei ETSI als effektive Plattform für die Koordination aller Akteure explizit erwähnt. Insbesondere die Einbindung der Marktüberwachung durch die Bundesnetzagentur in die nationale und europäische Normung



wird hervorgehoben. Während dies im IKT-Hardware-Bereich gut funktioniert, sind im Bereich Software noch nicht alle relevanten Akteure, wie die Open Source Foundations, in der Normung aktiv.

Die QI im Bereich der IKT steht vor zahlreichen Herausforderungen. Der generelle aktuelle und zukünftig noch steigende Expert:innenmangel in der Normung (Blind et al., 2024) wird im IKT-Bereich noch weiter verschärft, weil neue Themen, wie Cybersicherheit und Künstliche Intelligenz, zusätzliche Expertise erfordern.

Die zahlreichen neuen europäischen Rechtsakte sind z. T. nicht mit den Begrifflichkeiten des NLF abgestimmt, was auch Implikationen für die Erstellung von mandatierten Normen im Bereich Künstliche Intelligenz hat (Bitkom, 2023). Hier sind weitere Harmonisierungen notwendig, um den NLF weiter zu stärken. Schließlich bietet die Digitalisierung zahlreiche Chancen für den NLF und seine Umsetzung. Zum Beispiel ist die Digitalisierung von Bedienungsanleitungen sowohl aus Kosten- als auch aus Nachhaltigkeitsperspektive vorteilhaft.

In diesem Kontext ist auch für die IKT-Branche der Digitale Produktpass (DPP), der grundsätzlich alle relevanten Produktinformationen digital erfasst, das Instrument für eine bessere Integration aller QI-Komponenten, und hat das Potenzial, nach und nach alle gedruckten Papierdokumente zu ersetzen. Jedoch ist für seine erfolgreiche Umsetzung und Verbreitung jetzt schon ein abgestimmtes Vorgehen notwendig.

## 7.7 Vergleichende Analyse der sektorspezifischen Qualitätsinfrastrukturen

Die auf Dokumente und Interviews basierende qualitative Analyse der QI im Allgemeinen, aber auch die spezifisch für den Maschinenbau, die Elektrotechnik und die Informations- und Kommunikationstechnik vorgenommenen Vertiefungen, hat zusammenfassend folgende Erkenntnisse hervorgebracht.

Die Qualitätsinfrastruktur (QI) in Deutschland geht auf das „Neue Konzept“ (New Approach) von 1985 und den „Global Approach“ von 1993 zurück, die die Festlegung der grundlegenden Anforderungen an Sicherheit, Gesundheit, Umweltschutz und weitere Schutzziele für den europäischen Binnenmarkt koordinieren. Der 2008 verabschiedete „New Legislative Framework“ (NLF) bildet den rechtlichen Rahmen für die Vermarktung und Überwachung von Produkten, wobei die Verantwortung für die Erfüllung der Konformitätsanforderungen bei den Unternehmen liegt.

Die deutsche QI hat sich in den letzten Jahrzehnten robust entwickelt und hat sich sowohl europäische als auch international als wettbewerbsfähig etabliert. Sie wird unterstützt durch Institutionen wie DIN e.V. und DKE, welche konsensbasierte Normen entwickeln und deutsche Interessen auf europäischer und internationaler Ebene vertreten. Ferner sind die zahlreichen Konformitätsbewertungsstellen für die Umsetzung relevant. Die DAkkS ist im Jahr 2009 als zentral verantwortliche Akkreditierungsstelle gegründet worden. In der Metrologie liegt die inhaltliche Verantwortung bei der PTB sowie in Teilen bei der BAM. Schließlich wird die Marktüberwachung seit 2018 durch das Marktüberwachungsforum koordiniert und durch die ZLS und den verantwortlichen Landesbehörden umgesetzt.

Trotz dieser etablierten Institutionen können die folgenden Hauptherausforderungen identifiziert werden. Zum einen sehen sich die meisten Institutionen durch begrenzte Ressourcen bei gleichzeitig zunehmenden Aufgaben herausgefordert. So wird der demographische Wandel vor allem in der Normung zunehmend virulent. Ferner wird trotz etablierter Schnittstellen und Koordinierungsstellen die Zusammenarbeit innerhalb Deutschlands auch durch eine Zersplitterung der Zuständigkeiten, z. B. bei der Marktüberwachung kontinuierlich herausgefordert. Durch die Einbettung der QI Deutschlands in den NLF setzen die durch die europäische Kommission vorangetriebenen Gesetzes- und Regulierungsinitiativen sowohl das Gesamtsystem der QI als auch ihre Einzelelemente unter Druck. Schließlich wird das Gesamtsystem durch die dynamische Entwicklung in der Digitalisierung im Allgemeinen und der Künstliche Intelligenz im Besonderen konfrontiert. Zum einen kreieren diese Technologien neue Möglichkeiten, um QI zunehmend zu digitalisieren, wobei mit dem Digitalen Produktpass als potenziell wichtigstem Instrument hohe Erwartungen verknüpft sind. Zum anderen werden schon jetzt bestehende Potenziale der Digitalisierung aufgrund von Kapazitätsengpässen und Koordinierungsproblemen noch nicht alle gehoben und mit der dynamischen Weiterentwicklung der Künstlichen Intelligenz in der zukünftigen Umsetzung noch komplexer, z.B. beim Einsatz in der Entwicklung von Normen. Schließlich erfahren die beiden Hauptziele der QI der Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft und der Unterstützung der Schutzziele eine zunehmende Komplexität. So spielt die Normung eine zunehmende Rolle bei der Sicherung der Technologiesouveränität (Blind, 2025), während die QI auch zur nachhaltigen Transformation beitragen muss (Blind, 2024), aber auch die Schutzziele durch die Optionen der Künstlichen Intelligenz um Themen wie der Sicherung des Datenschutzes oder der Vermeidung von Diskriminierung ergänzt werden müssen.

Die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) spielt eine zentrale Rolle in der deutschen QI. Ihre Effizienz wird jedoch nach Einschätzung der Industrie durch die Verfahrensdauern und den auch durch den Fachkräftemangel bedingten Ressourcenschwierigkeiten hinsichtlich nötiger Expertise

vor allem in neuen Bereichen, wie der Künstlichen Intelligenz, herausgefordert. Die Metrologie, repräsentiert durch die PTB, zeichnet sich durch eine hohe wissenschaftliche Exzellenz und internationale Reputation aus. Wenngleich die Metrologie gut in die Normung integriert ist, werden die Schnittstellen zu den anderen QI-Elementen, wie der Marktüberwachung, als durchaus ausbaufähig angesehen. Die Marktüberwachung, die Verbraucher vor gefährlichen Produkten schützen, aber auch den fairen und regelkonformen Wettbewerb sichern soll, wird trotz der ZLS als koordinierende Institution der auf der Länderebene angesiedelten Marktüberwachungsstellen und des Marktüberwachungsforums als Gremium zur Abstimmung der verantwortlichen Institutionen auf der Bundesebene fragmentiert wahrgenommen. In Kombination mit nur begrenzt verfügbaren Ressourcen und angesichts des massiven Online-Handels kann die Marktüberwachung ihre Aufgaben nur bedingt effektiv verfolgen. Insgesamt zeigt sich, dass die deutsche QI gut strukturiert und mit den entsprechenden Institutionen ausgestattet ist, jedoch kontinuierliche Anpassungen und stärkere Vernetzungen benötigt, um den Herausforderungen des digitalen Zeitalters und der steigenden internationalen Konkurrenz gerecht zu werden.

Nach dieser kurzen Charakterisierung der QI im Allgemeinen folgt eine vergleichende Analyse der QI im Maschinenbau, der Elektrotechnik und der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) basierend auf den analysierten Dokumenten und den durchgeführten Experteninterviews. Die Ergebnisse der Analyse zeigen in Tabelle 36, dass die QI jeder Branche Besonderheiten hat, aber auch einige Gemeinsamkeiten festzustellen sind.

Während der NLF branchenübergreifend für die QI relevant ist, wird er durch sektorspezifische Richtlinien und Verordnungen, wie z. B. im Maschinenbau, umgesetzt. Hier ist zu beobachten, dass gerade für die IKT in den letzten Jahren von der Europäischen Union Regulierungen verabschiedet wurden, die mit Normungsmandaten verbunden sind und damit auch die QI beeinflussen werden. Diese Initiativen, wie der AI oder Data Act, haben auch Implikationen für die anderen Sektoren, weil die Künstliche Intelligenz letztlich auch dort angewandt werden wird.

Während im Maschinenbau und der Elektrotechnik spezifische Normungsausschüsse bzw. -Institutionen existieren, ist die Normungs- und Standardisierungslandschaft im Bereich IKT wesentlich diversifizierter. Denn hier haben sich in den letzten Jahrzehnten mehrere Hundert Konsortien etabliert, die in den letzten Jahren durch Open Source Stiftungen mit eigenen Standardisierungsansprüchen im Softwarebereich ergänzt wurden.

Die Konformitätsbewertung und Akkreditierung unterscheiden sich unwesentlich zwischen den Branchen. Lediglich im Bereich IKT spielen mit der ENISA für die Zertifizierung von Cybersicherheit, dem BSI und der Bundesnetzagentur mit ihren Verantwortlichkeiten in der Akkreditierung weitere Institutionen neben der DAkkS eine bedeutende Rolle.

Die Metrologie stellt für alle Sektoren eine Basisinfrastruktur der QI dar, die vor allem gut in der Normung verankert ist. Dagegen wird die Funktionsfähigkeit der Marktüberwachung durch begrenzte Ressourcen und zunehmenden Online-Handel sektorübergreifend herausgefordert.

Während knappe Ressourcen, vor allem in der Normung aber auch in der Marktüberwachung, für alle Branchen relevant für die Funktionsfähigkeit des gesamten QI-Systems sind, steht zunächst die IKT, aber mittelfristig auch die anderen Sektoren, vor der Herausforderung sowohl die zahlreichen Regulierungsinitiativen der Europäischen Kommission als auch die Aktivitäten der Open Source Stiftungen effektiv und effizient in ihre Normungs- und Standardisierungsaktivitäten und damit ihre QI zu integrieren.

Insgesamt kann damit geschlossen werden, dass es zwar sektorspezifische Besonderheiten in der QI gibt, aber das Gesamtsystem im Wesentlichen für alle Bereiche gleich strukturiert und die Einzelelemente ähnlich miteinander agieren. Eine branchenspezifische Ausdifferenzierung oder

Fragmentierung wäre auch vor dem Hintergrund von Themen wie Künstlicher Intelligenz und Cybersicherheit, die branchenübergreifende Bedeutung haben, nicht ratsam.

**Tabelle 36**      **QI-Elemente im sektoralen Vergleich**

	Maschinenbau	Elektrotechnik	IKT
Europ. Rechtlicher Rahmen	NLF, EU-Maschinenrichtlinie, neue EU-Maschinenverordnung (ab 2027), aber auch CRA	NLF, EMV-Richtlinie, aber auch CRA	NLF, NIS-RL, NIS-2-RL, RED, AI Act, Data Act, CRA, CSA
Normung	NAM als externer Normenausschuss verantwortlich für über 1000 Normen mit hoher Bedeutung bei CEN und ISO	DKE mit hoher Bedeutung bei CENELEC und IEC, wobei internationale elektrotechnische Normen höhere Bedeutung haben	Kein spezieller NA, aber neben ISO/IEC JTC1 viele Normungsausschüsse, Standardisierungskonsortien und Open Source
Konformitätsbewertung	Hohe Bedeutung der Herstellererklärung, die aber von Harmonisierten Europäischen Normen abhängt	Hohe Bedeutung der Herstellererklärung und Relevanz von Normen für Konformität und Interoperabilität in der Elektrotechnik	Hohe Bedeutung der Herstellerselbsterklärung, die aber von Harmonisierten Europäischen Normen abhängt; ENISA mit Zertifizierung von Cybersicherheit
Akkreditierung	DAkKS hat hohe Anforderungen und lange Verfahren	DAkKS hat hohe Anforderungen und lange Verfahren	DAkKS sowie BSI und Bundesnetzagentur für spezifische Bereiche
Metrologie	Hohe Bedeutung der Mess- und Prüftechnik und damit der Metrologie für den Maschinenbau	Gut integriert	PTB prüft Software und IKT-Komponenten nach 2014/32/EU und dem MessEG
Marktüberwachung	Funktionsfähigkeit durch begrenzte Ressourcen herausgefordert	Funktionsfähigkeit durch begrenzte Ressourcen und Onlinehandel herausgefordert	Funktionsfähigkeit durch begrenzte Ressourcen und Onlinehandel herausgefordert
Herausforderungen	Zunehmende Kapazitätsengpässe in der Normung, Behinderung in der Konformitätsbewertung durch verzögerte Veröffentlichung harmonisierter Europäischer Normen	Zunehmende Kapazitätsengpässe in der Normung, aber auch Marktüberwachung	Expert:innenmangel in der Normung, Druck durch Normungsmandate durch neue Rechtsakte; Schnittstellen zu Open Source nicht geklärt

## 7.8 Vergleich der qualitativen Erkenntnisse zur QI Deutschlands mit den Ergebnissen der quantitativen Analysen

In einem letzten Schritt werden die Ergebnisse der qualitativen Analyse der QI in Deutschland im Allgemeinen und den sektorspezifischen Untersuchungen noch einmal an den quantitativen Regressionsanalysen gespiegelt.<sup>59</sup>

Grundsätzlich erklärt die Komplexität der QI in Deutschland, die sich auch noch von der in anderen Ländern unterscheidet, dass im Länderpanel nicht alle Komponenten der QI einen signifikanten Einfluss auf das BIP haben. Jedoch kann der signifikant positive Einfluss der Normen dadurch erklärt werden, dass das Normungssystem durch den NLF innerhalb der Europäischen Union einen einheitlichen Rahmen hat. Deshalb sind die nationalen Normenbestände ein wichtiges Differenzierungskriterium, welche folglich signifikant positiv das BIP beeinflussen. Folglich sind die nationalen Metrologienormen als Teilmenge des gesamten Normenbestandes auch signifikant positiv. Die Konformitätsbewertung approximiert durch die ISO-9001-Zertifikate sind im Einzelmodell signifikant positiv, aber im Gesamtmodell unter Berücksichtigung der signifikant positiven Normenbestände signifikant negativ. Die Erklärung hierfür ist, dass die Normen für die Unternehmen grundsätzlich positiv sind, die darauf aufsetzende Zertifizierung durch die entstehenden Kosten nicht unbedingt. Die Akkreditierung erreicht durch die Teilnahme an IAF und ILAC einen positiven Einfluss auf das BIP im Länderpanel. Die in RAPEX erfassten Fälle als Indikator für die Ressourcen der Marktüberwachung sind nicht signifikant positiv, sondern negativ, was sich durch die in den Interviews sehr oft genannte Unterausstattung auch in anderen EU-Ländern bei gleichzeitig massiv gestiegenem Online-Handel mit gefährlichen Produkten erklären lässt. Da bis auf die Normenbestände inklusive der Metrologienormen und die IAF-Mitgliedschaft die Indikatoren für die anderen QI-Elemente nicht signifikant positiv sind, macht es auch keinen Sinn Interaktionsterme zu testen, zumal die in Tabelle 35 dargestellten reziproken Zusammenhänge selbst bei besserer Datenlage keine signifikanten Koeffizienten erwarten lassen.

Bringt man in einem zweiten Schritt die Analyse der drei Sektoren in den Kontext zum Sektormodell, was grundsätzlich nur sehr wenig signifikante Ergebnisse hervorgebracht hat, dann lassen sich daraus folgende Schlüsse ziehen. Das Normungssystem ist durch den NLF weitgehend zwischen den Sektoren harmonisiert. Lediglich bei IKT als einzigem Sektor im Sektorpanel gibt es durch die Konsortien und die Bedeutung von Open Source ein etwas andere Konstellation. Deshalb lässt sich die signifikante Bedeutung der Europäischen Normen für die Bruttowertschöpfung durch die Aussagen aus den Interviews erklären. Aufgrund ihres Charakters als wenig sichtbare Basisinfrastruktur wurde der Metrologie in den Interviews keine explizite Bedeutung beigemessen, was sich auch mit der fehlenden Signifikanz der Metrologienormen deckt. Die Konformitätsbewertung gemessen durch die sektorspezifischen ISO-9001-Zertifikate ist bei Berücksichtigung der Akkreditierung analog zum Länderpanel nicht positiv für die wirtschaftliche Entwicklung messbar. Hier kann auch nochmal wiederholt werden, dass die Unternehmen vor allem des Maschinenbaus aus Kosten- und Flexibilitätsgründen eher eine Herstellererklärung bevorzugen. Die negative Korrelation der Zertifikate mit der Bruttowertschöpfung der Branchen kann zum einen dahingehend interpretiert werden, dass auf dieses Instrument verstärkt zurückgegriffen werden muss, aber nicht mit zusätzlichem wirtschaftlichen Erfolg verbunden ist, bzw. zum anderen bedeutet, dass bei rückläufigen Zertifizierungszahlen davon die Bruttowertschöpfung der Branchen profitiert. Die Akkreditierung, welche durch den Umsatz der DAkS abgebildet werden und damit nicht sektorspezifisch differenziert quantifiziert werden kann, hat auch in der qualitativen Sektoranalyse eine eher ambivalente Rolle ergeben, weil

<sup>59</sup> Die Interviews haben die begrenzte empirische Studienlage bestätigt. Hinweise auf spezielle Datenquellen konnten nicht für Regressionsanalysen genutzt werden, weil in der Regel keine Zeitreihen verfügbar sind.

lange Verfahrensdauern und Kapazitätsengpässe von der Industrie z. T. als Hemmnis für die Erschließung neuer Märkte wahrgenommen wird. Die Metrologie hat auch in den sektorspezifischen Interviews keine explizite Rolle gespielt, was sich in den nicht signifikanten Koeffizienten im Sektorpanelmodell widerspiegelt. Schließlich sind analog zu den Ergebnissen des Länderpanels auch die in RAPEX gemeldeten sektorspezifischen Fälle negativ mit der Bruttowertschöpfung korreliert, so dass auch auf Sektorebene für Deutschland folgende Erklärung greift. Der massiv zunehmende Online-Handel mit gefährlichen Produkten führt auch zu den ansteigenden Meldungen bei RAPEX. Diese Entwicklung reduziert auch die Bruttowertschöpfung der deutschen Unternehmen in den betrachteten Sektoren, weil aus Perspektive der Industrie durch die Unterausstattung der Marktüberwachung mit Ressourcen eine noch bessere Identifikation gefährlicher und nicht regelkonformer Produkte verhindert. Im Sektormodell unter Einbezug aller QI-Elemente verlieren alle Koeffizienten ihre Signifikanz, was mit Ausnahme der Normen ihre Analyse aus sektorspezifischer Ebene in Frage stellt. Die Erklärung liegt bei den anderen Komponenten an der sehr begrenzten Datenlage, die bei der Akkreditierung und Metrologie nicht sektorspezifisch differenziert werden konnten und bei der Marktüberwachung an den schon erwähnten nicht vorhandenen Informationen zu Ressourcen.

Hinsichtlich der weiteren Wirkungsdimensionen Innovation und Export haben die interviewten Experten durchaus eine Ambivalenz hinsichtlich der Innovationswirkung der QI festgestellt, wobei hier keine vertieften Kenntnisse zu Innovation vorlagen, so dass die durchaus signifikanten Regressionsergebnisse für Prozessinnovationen nicht mit der entsprechenden Expertise reflektiert werden konnten. Dagegen wurde die exportfördernde Wirkung der QI Deutschlands vor allem hinsichtlich der Rolle der aktiven Beteiligung an der europäischen und vor allem internationalen Normung betont, was sich auch in den Regressionsergebnissen widerspiegelt.

Insgesamt konnte die qualitative und sektorspezifische Analyse dazu beitragen einen großen Teil sowohl der signifikanten als auch der nicht signifikanten Regressionsergebnisse zu erklären und damit helfen das Bild der QI und seiner Komponenten zumindest zu ergänzen, aber nicht unbedingt zu vervollständigen.

## **Abstract:**

### **Teil 2: Trendstudie - Implikationen der Digitalisierung für die Qualitätsinfrastruktur**

---

Während Teil 1 der Studie sowohl quantitativ als auch qualitativ vor allem auf die Entwicklung der QI zurückblickt, wirft die vorliegende Trendstudie einen Blick in die Zukunft der QI mit dem Ziel in sich konsistente, zugespitzte „Zukunftsbilder“ zur QI zu entwickeln. Die Szenarien bieten keine Prognosen, sondern eröffnen einen Möglichkeitsraum, in dem Entscheidungsträger:innen alternative Zukunftsorientierungen in Betracht ziehen können. Die Trendstudie untersucht konkret die Auswirkungen der Digitalisierung auf die QI und entwickelt vier konsistente Zukunftsbilder bis zum Jahr 2035. Mithilfe einer strukturierten Szenariomethode wurden Einflussfaktoren identifiziert, priorisiert und zukünftige Entwicklungen skizziert. Bei den Faktoren handelt es sich um den Digitalen Produktpass, die Künstliche Intelligenz (KI), die Geopolitik und die Funktionen und Akteure der QI. Dies geschah in Workshops mit Expert:innen aus verschiedenen Bereichen, wobei innovative Ansätze zur Betrachtung von Annahmen und möglichen Entwicklungen verwendet wurden. Ziel war es, Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung für die deutsche Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zu beleuchten.

Die vier entwickelten Szenarien zeigen unterschiedliche Entwicklungspfade auf, die nicht nur eine Fortführung aktueller Trends darstellen, sondern auch disruptive Änderungen durch digitale Transformation berücksichtigen. Es handelt sich dabei um:

- Szenario Blau: "Digitaler Zwilling" als Katalysator der ökologischen Transformation
- Szenario Lila: Blockbildung mit "kaltem Wirtschaftskrieg 2.0"
- Szenario Rot: Back to the roots: Kriege und KI hemmen die digitale QI
- Szenario Grün: AusgeDINT - Neue Player in der QI und fragmentierte Märkte.

Die vier Szenarien verdeutlichen, dass die QI in einem zunehmend komplexen, unsicheren Umfeld agieren muss, in dem technologische, geopolitische und gesellschaftliche Faktoren interagieren. Die Szenarien dienen als Handlungshilfen, um strategische Entscheidungen zu treffen und potenzielle Risiken und Chancen zu identifizieren.

Ein zentrales Ergebnis der Studie ist die Erkenntnis, dass Digitalisierung, Cybersicherheit und die Entwicklung neuer Allianzen entscheidend für die Zukunft der QI sind. Dabei wird der Digitale Produktpass als Schlüsselinstrument hervorgehoben, das Transparenz und Vertrauen in der Lieferkette fördert. Gleichzeitig wird die Notwendigkeit betont, sich auf unvorhersehbare Ereignisse und Veränderungen vorzubereiten, um die Robustheit der QI zu gewährleisten. Insgesamt wird die Bedeutung der Digitalisierung als Treiber für Innovation, Qualitätssicherung und nachhaltige Entwicklung in der QI unterstrichen.

Die übergeordneten aus den Szenarien abgeleiteten Handlungsfelder werden in folgende Kategorien unterteilt:

- a) Digitalisierung, technologische Transformation und Cybersicherheit
- b) Gezielter Aufbau von Allianzen und Partnerschaften
- c) Präsenz bei Stakeholdern und vertrauensbildende Maßnahmen

Diese eher mittel- bis langfristig angelegten strategischen Implikationen und Anknüpfungspunkte der Szenarien sind komplementär zu den abschließenden Empfehlungen, die von den quantitativen und qualitativen Untersuchungen abgeleitet wurden.

## 8 Implikationen der Digitalisierung für die Qualitätsinfrastruktur

---

### 8.1 Ziel der Trendstudie

Ziel des Szenarioprozesses war es, in sich konsistente, zugespitzte „Zukunftsbilder“ zur QI zu entwickeln, so dass sie über die Zukunftsstudien zu Normung 2030 (VDI/VDE Innovation 2017) oder zur Metrologie (VDMA & Fraunhofer ISI 2020) hinausgehen. Im Fokus standen dabei unter anderem die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung für die deutsche Wirtschaft und Wissenschaft, aber auch die Gesamtgesellschaft als Nutzer und Gestalter der QI.

Es wurden vier Zukunftsbilder zur QI entwickelt (siehe analog dazu zum Mess- und Prüfwesen VDMA & Fraunhofer ISI 2020), die keine simple Fortschreibung der aktuellen Entwicklungen darstellen, sondern alternative Einflüsse durch die Digitalisierung und deren Wechselwirkungen auf die QI berücksichtigen und aufzeigen. Dabei ist die Digitalisierung niemals alleine zu betrachten, sondern entwickelt sich im Wechselspiel mit anderen Einflussfaktoren, die sich ebenfalls in den nächsten Jahren erheblich verändern und weiterentwickeln werden.

### 8.2 Methode

Die im Rahmen der Trendstudie angewandte Szenariomethode ermöglicht eine strukturierte Auseinandersetzung mit denkbaren alternativen Entwicklungspfaden. Damit wird das Bewusstsein dafür geschärft, dass komplexe Themen keine einfache Unterscheidung zwischen einem Best Case und einem Worst Case erlauben. Szenarien machen Zukunft schon heute erlebbar und ermöglichen ihren Nutzern zukunftsorientiert zu handeln.

Im ersten Szenarioworkshop mit Vertreter:innen aus Unternehmen, Verbänden und Forschung werden zunächst Einflussfaktoren ermittelt, priorisiert und alternative Ausprägungen für den Zeithorizont bis zum Jahr 2035 diskutiert und skizzenhaft beschrieben. Diese bilden die Grundlage für die späteren Szenarien.

Für jeden Einzelfaktor wird dabei die Situation heute und denkbare Ausprägungen in der Zukunft beschrieben. Dabei werden die Zukunftsannahmen etwas zugespitzt formuliert, um die Unterschiede klar darzustellen und auch zunächst unwahrscheinlich scheinende, aber dennoch mögliche Annahmen zu Ende zu denken.

Um den Möglichkeitsraum für die Zukunft möglichst weit aufzuspannen und um sich von bestehenden Biases lösen zu können, werden Annahmen für die Einflussfaktoren mit Hilfe der Tetralemma-Methode herausgearbeitet. Das bedeutet, dass sich die Teilnehmenden der möglichen Zukunftsentwicklung zunächst von einem Blickwinkel dem Thema zuwenden. Dieser ist in der Regel eine besonders gängige Annahme, häufig mit optimistischer Ausprägung. Im weiteren Verlauf eruieren die Teilnehmenden dann den Gegenpol zu dieser Annahme, der entsprechend eine pessimistische Ausprägung beschreibt. Ausgehend von dieser „positiv-negativ“ Dualität werden im weiteren Verlauf zwei zusätzliche Annahmen erarbeitet, die den Möglichkeitsraum erweitert und ausdifferenziert. Zum einen eine Vereinigung – häufig ein Kompromiss der Positionen („Sowohl als auch“), zum anderen eine ganz andere Position, die sich nicht im Spannungsfeld der ersten drei Annahmen bewegt und häufig einen innovativen Ansatz beschreibt („weder noch“).

Im letzten Schritt werden im Rahmen des Tetralemma-Ansatzes mögliche Annahmen gesucht, die dafür sorgen, dass sich die bearbeitete Frage in Zukunft nicht mehr stellen wird. Dieser Schritt behandelt die so genannten Wildcards und beschreibt Annahmen einzelner Faktoren, die so disruptiv wirken, dass sie auch andere Faktoren dominieren würden. Dadurch eignen sie sich nicht für die



Szenarienkonstruktion, da hier alle Einzelfaktoren systematisch zu einem Gesamtbild verflochten werden, sie beschreiben aber kritische Entwicklungen, die über alle Szenarien hinweg große Wirkkraft entfalten können und somit die Robustheit des Systems testen.

Die Szenarien werden unten mithilfe eines Zukunftstrichters dargestellt. Dieser verdeutlicht, dass die Unsicherheit der Entwicklungen zunimmt, je weiter der betrachtete Zeithorizont in der Zukunft liegt. Wichtig dabei ist: Die im Rahmen des Szenarioprozesses entwickelten Szenarien sind niemals Prognosen, durch sie werden vielmehr unterschiedliche Möglichkeiten beleuchtet. Sie fördern das Verständnis dafür, was auf uns zukommen kann und klammern die Unsicherheiten, die inhärent mit zukünftigen Entwicklungen einhergehen nicht aus, sondern machen diese handhabbar. Auf dieser Basis können Handlungsoptionen sehr konkret diskutiert und strategische Implikationen evaluiert werden.

Die einzelnen Zukunftsannahmen werden aufbereitet und danach in einem zweiten Schritt software-unterstützt zu konsistenten, widerspruchsfreien Kombinationen zusammengefasst. Wir nutzen dabei eine vom Fraunhofer ISI selbst entwickelte Software, die darauf optimiert ist, dass die sich ergebenden Szenarien einerseits in sich möglichst konsistent und andererseits zueinander möglichst unterschiedlich sind, um mit wenigen Szenarien den gesamten Möglichkeitsraum aufspannen zu können.

Die von der Software vorgeschlagenen, konsistenten Annahmen-Bündel sind der Ausgangspunkt für die Zukunftsbilder, die dann im Rahmen eines zweiten Präsenz-Workshops evaluiert, auf ihre Passfähigkeit überprüft und ausgearbeitet werden.

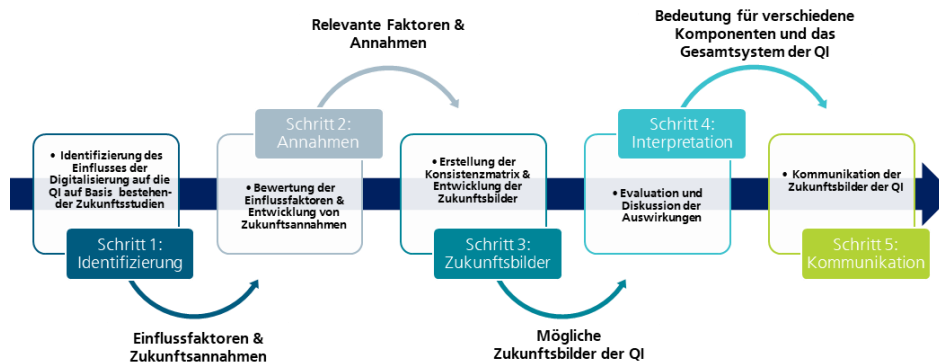
Die vier Zukunftsbilder zeigen die Bandbreite möglicher Entwicklungen der QI mit dem Zeithorizont 2035. Ziel ist es, die Komplexität des Themas in den wichtigsten Facetten abzubilden und pointiert auf solche Aspekte einzugehen, die besonders relevant sind im Zusammenhang mit der Digitalisierung.

Auf folgende Aspekte wird im Rahmen des Szenarioprozesses Wert gelegt:

- Expertenwissen als Ausgangsbasis
- Integration verschiedener Perspektiven zur Nutzung der „kollektiven Intelligenz“
- passgenaue Ausrichtung des gewählten Szenarioansatzes auf Problemstellungen und Randbedingungen der QI
- Fokussierung auf Digitalisierungsaspekte relevant für die QI
- strukturiertes Vorgehen, festgelegte Methodik, in sich konsistente Szenarien, unterstützt durch Software
- Einsatz kreativer Elemente, die ein Ausbrechen aus eingeschliffenen Denkmustern ermöglichen
- Einbindung relevanter QI-Akteure, Organisationen (Firmen) und QI-Expert:innen.

Abbildung 6 zeigt die Schritte. Die so zu entwickelnden Zukunftsbilder erheben nicht den Anspruch, dass eines von ihnen genauso eintritt. Die zugrundeliegenden Annahmen sind dabei transparent, sie lassen sich hinterfragen, ändern und gegebenenfalls anpassen und sind so ein Mittel für alle Akteure, geeignete Strategien zu entwickeln und damit auf sich wandelnde Bedingungen vorbereitet zu sein.

**Abbildung 6 Arbeitsschritte zur Entwicklung der Zukunftsbilder**



Szenarien sind narrative Beschreibungen möglicher zukünftiger Entwicklungen. Sie helfen Organisationen, sich auf mögliche Zukünfte vorzubereiten und strategische Entscheidungen zu treffen. Dieser Leitfaden erläutert die Nutzungsmöglichkeit der Szenarien zur Qualitätsinfrastruktur (QI) und liefert Hintergrundinformationen zu ihrer Entstehung.

**Was können Szenarien leisten?**

Szenarien im Strategieprozess ermöglichen es, mögliche Zukunftsentwicklungen zu betrachten und unterstützen somit die Zukunftsorientierung für die digitale QI. Sie helfen, potenzielle Risiken und Unsicherheiten zu identifizieren und zu bewerten, was einen sichereren Umgang mit Risiken begünstigt. Durch die Berücksichtigung unterschiedlicher Zukunftsbedingungen fördern Szenarien zudem die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit einer Organisation und können bestehende Chancen aufdecken. Schließlich unterstützen sie durch das Aufzeigen möglicher Alternativen eine fundierte Entscheidungsfindung und können auf diese Weise zu einer nachhaltigen Strategie beitragen.

**Was können Szenarien nicht leisten?**

Szenarien können keine präzisen Vorhersagen der Zukunft liefern und bieten keine Garantie dafür, dass die betrachteten Szenarien eintreten werden. Sie liefern auch keine eindeutigen oder einfachen Lösungen für komplexe Probleme. Zudem können Szenarien unvorhersehbare und plötzlich auftretende Ereignisse nicht vollständig erfassen. Vielmehr spannen die Szenarien einen Möglichkeitsraum auf, indem verschiedenste Aspekte und Entwicklungsmöglichkeiten im Kontext breiter Faktorensatzes betrachtet werden. Der Gewinn besteht darin, Faktoren aus unterschiedlichen Bereichen (z.B. STEEP - ein Analysemodell, das soziale, technologische, ökonomische, ökologische und politische Faktoren untersucht) in Beziehung zueinander zu setzen. Um die einzelnen Szenarien möglichst prägnant und divers zu halten, werden die Annahmen zu den einzelnen Faktoren in zugespitzter Form dargestellt.

Im konkreten Szenarioprozess kommt hinzu, dass es sich bei der digitalen QI um ein komplexes Themengebiet mit vielen Facetten handelt. Vor diesem Hintergrund wurde bewusst auf Detailreichtum verzichtet, um im Vorhinein keine Zukunftsannahmen zu prägen, die lediglich auf einen kleinen Bereich der QI zutreffen und anderen Branchen den Blick auf mögliche Zukunftsentwicklungen versperren.

Der Bericht stellt keine erschöpfende Auflistung aller möglichen Szenarioimplikationen dar und weitere Diskussionen der Szenarien mit anderen Fachgruppen können zusätzliche strategische Implikationen zu Tage fördern, aus denen sich im weiteren Verlauf weitere Handlungsoptionen abgeleitet werden können.

Auf dieser Basis können Handlungsoptionen als erste Entscheidungsgrundlage sehr konkret diskutiert werden. Die hier vorgestellten Szenarien zum Thema „Qualitätsinfrastruktur im Jahr 2035“ skizzieren vier verschiedene Entwicklungspfade. Keines von ihnen ist eine simple Fortschreibung der aktuellen Entwicklungen. Es finden relevante Veränderungen gegenüber heute statt.

### **Zur individuellen Arbeitsweise mit den Szenarien:**

Strategische Entscheidungen werden auf der Basis von Zukunftserwartungen und -vorstellungen getroffen. Wie die Zukunft tatsächlich aussieht, ist offen. Die Entwicklung alternativer Zukunftsvorstellungen hilft aber, handlungsfähig zu werden. Eine aktive Auseinandersetzung mit möglichen sowie erwünschten zukünftigen Entwicklungen stärkt die Wissensbasis der Entscheidungsträger.

Im Rahmen des Szenarioprozesses wurde versucht, allen Workshopergebnissen Rechnung zu tragen und den Möglichkeitsraum bestmöglich aufzuspannen.

Der Sprung in die Zukunft darf nicht als eine mögliche kausale Erklärung missverstanden werden, die im Detail erläutert, wie genau die verschiedenen Handlungsverläufe zu dem beschriebenen Szenario geführt haben. Sinn des Sprungs in die Zukunft ist es, sich mit der dort beschriebenen Situation auseinanderzusetzen und verschiedene Möglichkeiten in den Blick zu nehmen und diese strategisch zu adressieren. Die hierbei vorherrschende Frage sollte sein: „Wie könnte es in der Zukunft aussehen und welche Rückschlüsse und Handlungsbedarfe können sich daraus für das Hier und Jetzt ergeben?“

Zwar beschreiben die Szenarien keine Kausalzusammenhänge bis zum Jahr 2035, dennoch ist die Szenariobeschreibung kein willkürliches Ergebnis. Den Szenarien liegen sogenannte Konsistenzbewertungen zugrunde, die die Passfähigkeit der einzelnen Faktoren bewerten. Auf diese Weise beschreiben die Szenarien die Möglichkeit, wie es in Zukunft sein könnte, ohne den Anspruch zu erheben, eine exakte Vorhersage für die Zukunft zu treffen.

Bezüglich des Detailreichtums wurde darauf verzichtet, fachspezifische Details zu beschreiben. Nur so kann eine Flughöhe erreicht werden, die der Komplexität der Qualitätsinfrastruktur gerecht wird und den verschiedenen Bereichen der Branche ermöglicht, sich strukturiert mit möglichen Zukunftsentwicklungen auseinanderzusetzen. Ein Übermaß an Details versperrt den Blick auf die individuelle Betroffenheit von Zukunftsentwicklungen und können daher besser branchenspezifisch aus den Szenarien abgeleitet werden.

### **Möglichkeit statt Wahrscheinlichkeit**

Wichtig bei der Arbeit mit Szenarien ist darüber hinaus, nicht zu nah an aktuellen Entwicklungen verhaftet zu bleiben. Manche Implikationen erscheinen aus heutiger Sicht „unlogisch“, wurden aber dennoch von Expert:innen im Rahmen der Workshops als konsistent und damit passfähig bewertet, sodass sie auch aus heutiger Sicht zumindest möglich erscheinen. Betrachtungsweisen, die zu nah an gegenwärtigen Entwicklungen verhaftet sind, spannen den Möglichkeitsraum nicht weit genug auf und können in letzter Konsequenz dafür sorgen, dass mögliche Entwicklungen nur deshalb nicht betrachtet werden, weil Sie nach dem heutigen Kenntnis- und Entwicklungsstand schwer vorstellbar sind. Die Frage der Wahrscheinlichkeit ist indes nicht Gegenstand der Konsistenzbewertung, die den Szenarien zugrunde liegt.

## 8.3 Szenario-Prozess

Insbesondere auf folgende Aspekte wurde während des Szenarioprozesses Wert gelegt: Expert:innenwissen diente als Ausgangsbasis, während verschiedene Perspektiven zur „kollektiven Intelligenz“ zusammengeführt wurden. Der gewählte Szenarioansatz wurde passgenau auf die Problemstellung und die Rahmenbedingungen der Qualitätsinfrastruktur ausgerichtet.

Unterstützt durch die von Fraunhofer entwickelte Software führte ein strukturiertes Vorgehen mit einer festgelegten Methodik zu in sich konsistenten Szenarien. Relevante Firmen, Forschende, sowie Expert:innen der Fraunhofer-Gesellschaft wurden in den Prozess eingebunden. Im Gegensatz zu Prognosen sind die zugrundeliegenden Annahmen transparent. Sie können hinterfragt, verändert und gegebenenfalls angepasst werden und sind somit für alle Akteure und Stakeholder der QI ein Mittel, um innerhalb des großen Themenkomplexes QI Rückschlüsse für die eigene Branche zu ziehen, geeignete Strategien zu entwickeln und damit auf Wandel vorbereitet zu sein.

### 8.3.1 Workshop I: Identifikation von Schlüsselfaktoren

Im Rahmen des ersten Workshops am 10.10.2023 in Berlin wurden mit 16 Expert:innen aus QI-Institutionen, Unternehmen, Behörden und Forschungseinrichtungen die zu bearbeitenden Schlüsselfaktoren identifiziert und priorisiert. Besondere Herausforderung der QI-Szenarien war es, nicht nur externe Faktoren, sondern auch die interne Entwicklung der digitalen QI selbst in den Blick zu nehmen und die Bandbreite möglicher Entwicklungen möglichst vielfältig abzubilden. Während ursprünglich die Faktoren Geopolitik, Cyber Security, Fachkräftemangel und KI Gegenstand des ersten Workshops darstellen sollten, wurde von den Teilnehmenden eine erneute Priorisierung der Faktoren vor Ort vorgenommen. Daraus abgeleitet wurde das Thema Fachkräftemangel als zu generisch eingeschätzt und die Workshoparbeit nahm lediglich die folgenden vier QI-Faktoren genauer in den Blick:

- Digitaler Produktpass
- Künstliche Intelligenz (KI)
- Geopolitik
- Funktionen und Akteure der QI

Die Teilnehmenden entwickelten in Kleingruppen mit Hilfe der Tetralemma-Methode für jeden der vier Faktoren drei bis fünf verschiedene mögliche Zukunftsentwicklungen.

### 8.3.2 Konsistenzanalyse und Ausarbeitung der Rohszenarien

Im Rahmen des zweiten Workshops am 07.05.2024 (online) wurden die Rohszenarien mit 21 Expert:innen aus QI-Institutionen, Unternehmen, Behörden und Forschungseinrichtungen diskutiert und geschärft. Dies erfolgte zunächst im Rahmen von Kleingruppen, anschließend wurden im Plenum gemeinsam Anpassungen an den Rohszenarien vorgenommen und erste strategische Implikationen abgeleitet. Die Ergebnisse des Workshops wurden vom Team des Fraunhofer ISI verdichtet und konsolidiert.

Die Ausgestaltung der entwickelten Szenarien zielt darauf ab, den Optionsraum abzudecken, indem sie möglichst unterschiedlich sind, plausibel (ohne genaue Angabe der Wahrscheinlichkeit) und konsistent, sowie in der Lage, möglichst alle ausgearbeiteten Zukunftsannahmen der Workshops abzudecken. Der Möglichkeitsraum, auf den man sich vorbereiten sollte, wird durch die Szenarien aufgezeigt. Neben den beschriebenen Szenarien sind insbesondere auch Mischformen zwischen den Szenarien vorstellbar.

**Abbildung 7 Konsistenzpfade als Grundgerüst für die Szenarien**

Factor#	Key Factor	Future Projection A	Future Projection B	Future Projection C	Future Projection D
1	Digitaler Produktpass	Digitaler Zwilling	Bürokratiemonster - "Der Verhinderer"	Regionale Insel-Lösungen	Sektorale Insel-Lösungen
2	KI	Unversierte KI: Vielzahl von Geschäftsmodellen unterstützt	Zerstörte Datensystem in der QI: KI erzeugt Fakte-Daten.	Unkontrollierte KI: Nutzung trotz unzureichender Qualität	
3	Geopolitik	Moderner Freihandel 2.0: SDG-Globalisierung	Kalter Wirtschaftskrieg 2.0: Blockbildung	Deglobalisierung: Regionale Binnenmärkte	Tatsächliche Kriege: QI als Waffe
4	Funktionen und Akteure der QI	Gesellschaftlicher Mehrwert: QI zur sozial-ökologischen Transformation	Crash & Chaos: zerfallenes QI-System	Standstill: digitalisierte QI auf heutigem Stand	Feindliche Übernahme: Private Unternehmen setzen eigene QI-Standards
		"Digitaler Zwilling" als Katalysator der sozial-ökologischen Transformation	Blockbildung mit "kaltem Wirtschaftskrieg 2.0" macht aus QI ein unbrauchbares Bürokratiemonster	Kriege und KI führen zu Crash und Chaos der QI	AusgeDINt - Neue Player in der QI und fragmentierte Märkte

Die Konsistenzbewertung wird mit einem „Sprung in die Zukunft“ kombiniert, um die komplexen Wechselwirkungen in der realen Welt zu berücksichtigen. Anstelle einer definierten Abfolge von Ereignissen und Wirkungen erfolgt die Einschätzung eines Co-Evolutionsprozesses, ohne eine Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit vorzunehmen. Zudem ist zu beachten, dass das betrachtete System (4 Faktoren) lediglich einen kleinen Ausschnitt darstellt. Im Rahmen der weiteren Arbeit mit den Szenarien können Konsistenzüberlegungen auch weitere Umfeldfaktoren einbeziehen. Auf der Grundlage des Szenariogerüsts wurden vier QI-Rohszenarien textlich ausgearbeitet.

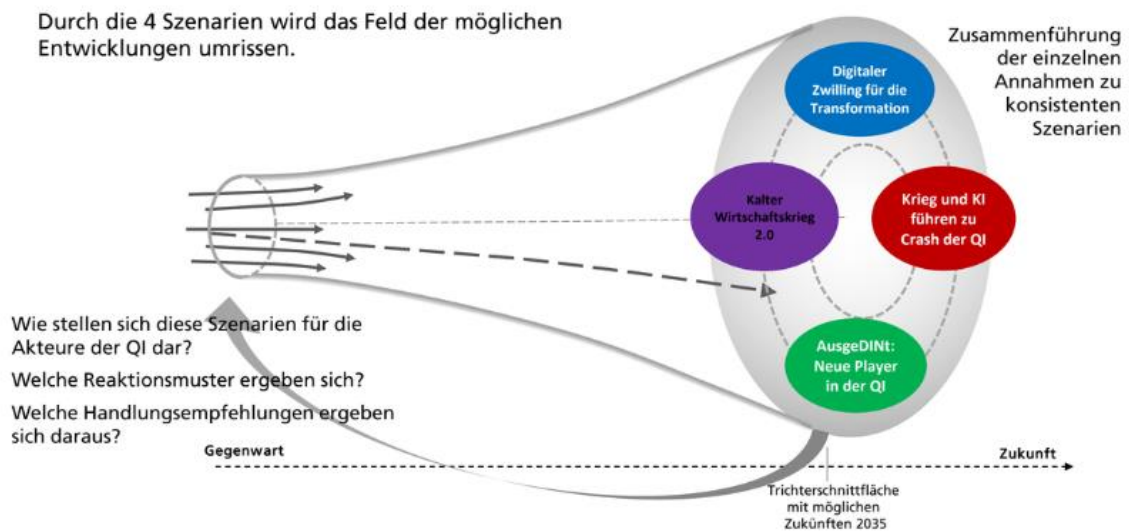
### 8.3.3 Workshop II (online): Validierung der Rohszenarien

Im Rahmen des zweiten Workshops am 07.05.2024 (online) wurden die Rohszenarien mit 21 Expert:innen aus QI-Institutionen, Unternehmen, Behörden und Forschungseinrichtungen diskutiert und geschärft. Dies erfolgte zunächst im Rahmen von Kleingruppen, anschließend wurden im Plenum gemeinsam Anpassungen an den Rohszenarien vorgenommen und erste strategische Implikationen abgeleitet. Die Ergebnisse des Workshops wurden vom Team des Fraunhofer ISI verdichtet und konsolidiert.

Die Ausgestaltung der entwickelten Szenarien zielt darauf ab, den Optionsraum abzudecken, indem sie möglichst unterschiedlich sind, plausibel (ohne genaue Angabe der Wahrscheinlichkeit) und konsistent, sowie in der Lage, möglichst alle ausgearbeiteten Zukunftsannahmen der Workshops abzudecken. Der Möglichkeitsraum, auf den man sich vorbereiten sollte, wird durch die Szenarien aufgezeigt. Neben den beschriebenen Szenarien sind insbesondere auch Mischformen zwischen den Szenarien vorstellbar.

Die Szenarien werden hier mithilfe eines Zukunftstrichters in Abbildung 8 dargestellt. Dieser verdeutlicht, dass die Unsicherheit der Entwicklungen zunimmt, je weiter in die Zukunft geschaut wird.

**Abbildung 8 Szenarien im Zukunftstrichter**



## 8.4 Szenarien für die Qualitätsinfrastruktur 2035

### 8.4.1 Szenario Blau: "Digitaler Zwilling" als Katalysator der ökologischen Transformation

#### **Qualitätsinfrastruktur (QI) gewinnt an Bedeutung und leistet einen effektiven Beitrag zur ökologischen Transformation**

Länder, die an der Umsetzung der Nachhaltigkeitsziele arbeiten, bilden nunmehr einen Block und treiben untereinander intensiven Handel. Im Laufe der Jahre hat die QI hier eine entscheidende Rolle bei der Twin-Transition (digital und nachhaltig) eingenommen, indem sie auch sozial-ökologische Aspekte in ihre Prozesse integriert und die Einhaltung von Normen und gesetzlichen Rahmenbedingungen gewährleistet. Der erfolgreich eingeführte Digitale Produktpass (DPP) beinhaltet nunmehr wesentliche Informationen für die Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit eines Produkts anhand festgelegter Kriterien (wie zum Beispiel ein Climate Rating) und trägt durch Lebensdauererweiterung der Produkte und Informationen zur Produktweiterverwertung im Sinne der Kreislaufwirtschaft bei. Die Einführung der digitalen Produktpässe hat einen wertvollen Beitrag zur gelungenen Nachhaltigkeitstransformation im Jahr 2035 geleistet.

#### **Der digitale Produktpass ist als digitaler Zwilling etabliert**

Die Etablierung eines europäischen Digitalen Produktpass-Systems war erfolgreich. Der große Nutzen für viele Stakeholder und die Effizienz kompensieren den Aufwand und Energiebedarf, der gerade in der Einführungsphase auftritt. Denn das digitale Produktpass-Service-Ökosystem ist ein erfolgreiches Baukastensystem mit einer Vielzahl von Funktionen. Es gibt verschiedene Produktpass-Klassen, die spezifisch auf die Anforderungen von B2B, B2C und auch Behörden zugeschnitten sind. Für die verschiedenen Stakeholdergruppen gibt es spezifische Zugriffsoptionen auf gespeicherte, bereinigte und transparente Informationen, die in sicheren und dezentralisierten Datenökosystem-Infrastrukturen in Form von Datenräumen gespeichert sind. Dadurch sind sie vor unbefugtem Zugriff und Datenlecks zuverlässig geschützt und ermöglichen auch einen sicheren Datenaustausch zwischen verschiedenen Systemen. Die Interoperabilität mit außereuropäischen Produktpasssystemen ist durch internationale Standards sichergestellt.

Der Digitale Produktpass hat großen Nutzen für Endverbraucher und Unternehmen. Die wichtigste Kernfunktion ist die Möglichkeit, detaillierte Informationen über das Produkt abzurufen, wie etwa

Herkunft, Inhaltsstoffe oder Herstellungsprozess. Auf diese Weise schafft der Produktpass Vertrauen in der Industrie und bei Verbrauchern. Darüber hinaus ermöglicht der Digitale Produktpass auch die Verfolgung und Rückverfolgung von Produkten entlang der Lieferkette und eine Zusammenfassung der Eigenschaften im DPP sorgt für Vergleichbarkeit von Produkten. Eine Echtzeit-Datenanalyse gibt Aufschluss darüber welche Menge eines Materials gerade auf dem Markt sind und wann welche Mengen für die Produktion wieder zur Verfügung stehen. Das alles bietet Transparenz und Sicherheit für alle Beteiligten. Zusätzlich bieten die Digitalen Produktpässe Sicherheitshinweise und andere verbraucherorientierte Informationen. Kundennutzungsdaten werden zum Zweck der Reparatur und der Wiederverwendung des Produkts direkt im DPP sicher gespeichert.

Aber auch Behörden profitieren von den Digitalen Produktpässen. Sie können die Einhaltung von Standards und rechtlicher Vorgaben schnell und effizient automatisiert überprüfen und sind nicht mehr auf eine manuelle Dokumentenprüfung angewiesen. Alle Teile des Baukastensystems sind verifizierbar und der DPP erzeugt dadurch bei Nutzern aus allen Stakeholdergruppen ein hohes Vertrauen in die Datenintegrität.

Als Instrument der Qualitätssicherung wird der Digitale Produktpass fortlaufend um neue Funktionen erweitert und sein Nutzen weiter ausgebaut. Hierdurch wird die Digitalisierung der Produktinformationen konstant vorangetrieben.

### **Transparente Künstliche Intelligenz (KI) ist in der QI etabliert und unterstützt eine Vielzahl von Geschäftsmodellen**

Im Jahr 2035 haben sich zahlreiche KI-Modelle etabliert. Der Digitale Produktpass greift auf Daten einer so genannten transparenten KI zurück. Die in der QI benutzten KI-Modelle sind geprüft und zertifiziert und die Entscheidungsfindung ist erklärbar, unter anderem da Herkunft und die herangezogene Datengrundlage transparent nachverfolgt werden können. Das schafft Vertrauen in die KI-Nutzung bei den Stakeholdern. Die KI ermöglicht eine effiziente Datenintegration und -verarbeitung, indem sie gewährleistet, dass die generierten Daten den erforderlichen Qualitätsstandards entsprechen. Dadurch ist eine solide Grundlage für die effiziente Nutzung in verschiedenen Geschäftsmodellen entstanden.

Die KI, die beim DPP zur Anwendung kommt, bildet das Fundament für die Entwicklung und Implementierung verschiedener Anwendungen in einer Vielzahl von Geschäftsmodellen. Zum einen unterstützt die KI bei der Prüfung, indem sie Text, Tabellen und Strukturen automatisch, schnell und präzise aus Dokumenten extrahiert (AI Document Intelligence). Zum anderen erstellt die KI den DPP selbst und kann auch auf die zur Weiterverarbeitung des DPP benötigten Daten völlig autonom zugreifen. Sie ermöglicht es Unternehmen, den DPP in ihre bestehende Infrastruktur schnell zu integrieren und von dessen Funktionen und Vorteilen zu profitieren. Die digitale QI und ihre Nutzungsmöglichkeiten sind nicht mehr wegzudenken und gelten auch im internationalen Umfeld als digitaler "Enabler" für einen modernen Freihandel.

### **Moderner Freihandel 2.0 hat sich entwickelt - SDG Globalisierung**

Der DPP fördert neben Wirtschaftserträgen auch die Umsetzung der globalen Nachhaltigkeitsziele, die Sustainable Development Goals (SDGs). Nicht zuletzt unterstützt der effiziente Freihandel durch die digitale QI die politischen Anstrengungen zur Annäherung von entwickelten und Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen (LMICs) mit SDG-Ausrichtung. Das betrifft insbesondere Qualitätsstandards und Verbraucherschutz, der für höhere Lebensstandards sorgt. Der Freihandel verfolgt nicht nur wirtschaftliche Wachstumsziele, sondern berücksichtigt auch Umweltschutz, soziale Gerechtigkeit und Armutsbekämpfung. Die verschiedenen Produktpass-Systeme sind wegen der einheitlichen Standards interoperabel und bauen Handelshemmnisse in Teilen ab. Das sorgt dafür, dass Transformationsländer mit wettbewerbsfähigen Wirtschaftsbereichen als Second-Mover Zugang zu internationalen Märkten haben und damit von Chancen und Vorteilen des Freihandels

profitieren können. Die gestiegenen Kosten des anspruchsvollen Produktpasses haben aber auch zur Folge, dass manchen Akteuren in LMICs der Zugang zu diesen Vorteilen auf Grund der hohen Kosten und der gestiegenen infrastrukturellen Komplexität verwehrt bleibt. Diese Ambivalenz wird vor allem durch die Notwendigkeit getrieben, hohe Anforderungen bspw. aus Standards zu erfüllen und entsprechende Konformitätsnachweise beizubringen (Zertifizierung), weil diese zum einen den Zugang zu globalen Märkten erleichtern, aber zum anderen mit erheblichen Kosten verbunden ist.

## 8.4.2 Szenario Lila: Blockbildung mit "kaltem Wirtschaftskrieg 2.0"

### **Kalter Wirtschaftskrieg 2.0**

Bis zum Jahr 2035 haben sich zwischenzeitlich eskalierende Kriege zwar nicht überregional ausgeweitet, anhaltende geopolitische Spannungen führen jedoch zu einer verstärkten Blockbildung, deren politischer Einfluss sich auch auf die globale Standardisierung auswirkt. Hierzu wird QI als Vehikel genutzt, indem jeder Block seine eigenen Standards entwickelt, die eine Hürde für andere Blöcke darstellt. Globale Standards verlieren an Bedeutung, die QI innerhalb der Blöcke funktioniert und entwickelt sich weiter. Neben Europa und den USA bilden die BRICS-plus-Staaten einen eigenen QI-Block. Politisch motivierte Sanktionen und Embargos sind zu einem Instrument geworden, um wirtschaftlichen Druck auf bestimmte Länder oder Regionen auszuüben. Die globale Wirtschaftsordnung ist undurchlässig fragmentiert und es findet auch eine Blockbildung auf der Ebene der Wirtschaftssektoren statt.

Durch die Blockbildung werden Kooperationen, der Handel mit Waren und Technologien sowie der Austausch von Wissen erschwert. Das hemmt Innovationen und Entwicklung.

### **Der digitale Produktpass verhindert Konkurrenz**

Die (digitale) QI wird für die Blockbildung und Abschottung instrumentalisiert. Aspekte von Sicherheit und Unabhängigkeit haben Bestrebungen nach Globalisierung verdrängt. Jeder Block setzt eigene Standards und verhindert aktiv den Austausch von Waren und Daten. Innerhalb eines Blocks fördern die Produktpässe zwar die Qualität der Produkte. Die Abschottung von anderen Wirtschaftsblöcken hat aber auch dazu geführt, dass Warenströme zwischen den Blöcken zum Erliegen kommen und auch ein Austausch von Daten zwischen den Blöcken nicht mehr stattfindet.

### **Das globale QI-System stagniert – Innovation in abgeschotteten Bereichen**

Zwar versucht die (digitale) QI nach wie vor die Sicherheit von Produkten und Dienstleistungen sicherzustellen. Die gebildeten Blöcke errichten jedoch ihre blockinternen Anforderungen und Features und orientieren diese nicht mehr an der globalen Wirtschaft, sondern an den Interessen der Blockallianzen. Dies führt zu einer Entkopplung bei der Weiterentwicklung der digitalen QI und ihrer Features. Das effizientere System führt in Teilen auch zu einer besseren Produktqualität. Die hohen Qualitätsanforderungen werden von den Blöcken immer wieder als Freihandelshemmnis eingesetzt. Die blockinterne QI-Infrastruktur wird zum Embargosystem durch die Hintertür.

### **Die abgeschottete Block-KI bietet blockintern einen kleinen Mehrwert**

Bei der Ausgestaltung blockinterner QI spielt KI in allen gebildeten Blöcken eine wichtige Rolle und hat insbesondere den Prozess der Zertifizierung und Konformitätsbewertung allgemein deutlich effizienter und schneller gemacht. Die meisten QI-Blöcke definieren eigene Anforderungen an KI-Systeme und nutzen proprietäre Tools mit dem Ziel, den eigenen Vorteil gegenüber anderen Blöcken herauszuarbeiten und zu konsolidieren. Auf Grund von politischen Vorgaben und der Unsicherheiten bei der Nutzung blockfremder KI, beschränken sich die QI-Akteure zumeist bei der Nutzung von KI auf ihre eigenen Algorithmen. Dies führt auch dazu, dass manche Blöcke auf Grund der kontrovers geführten KI-Debatte nicht ansatzweise die Möglichkeiten der Anwendungsbereiche ausschöpfen und die Nutzung von KI streng auf Zertifizierungsprozesse beschränken. Erkenntnisse



über die Weiterentwicklung der KI werden von allen Blöcken bestmöglich geheim gehalten. Noch mehr als die Weiterentwicklung liegt den einzelnen Blöcken der Schutz des eigenen Wissensvorsprungs am Herzen und die digitale QI ist nunmehr auch ein Treiber für Cybersecurity.

### 8.4.3 Szenario Rot: Back to the roots: Kriege und KI hemmen die digitale QI

**Geopolitische Spannungen münden in Kampfhandlungen und Kriegen. Die Digitalisierung und Vernetzung wird durch Konflikte ausgebremst, um zu verhindern, dass die digitale QI politisch instrumentalisiert werden kann.**

Geopolitische Spannungen haben sich bis zum Jahr 2035 in weitere tatsächliche Kriege entwickelt, die mit Waffengewalt geführt werden. Die Welt ist ein Pulverfass und die Fronten der Weltgemeinschaft sind auf allen Ebenen verhärtet. Auch auf dem digitalen Schlachtfeld versuchen die Kriegsparteien und Akteure, die Oberhand zu gewinnen. Der Krieg hat zu einer generellen Anspannung und Lagerbildung in der Welt geführt, die sich unter anderem in einem Misstrauen der Regionen und Länder untereinander äußert. Um die Instrumentalisierung für Kriegszwecke zu verhindern, wurde die weitere umfassende Digitalisierung der QI ausgebremst und es gibt lediglich fragmentierte Insellösungen, wie den "kleinen" digitalen Produkt-pass. Dieser enthält nur die notwendigsten Basisinformationen in digitaler Form. Bemühungen, digitale Verfahren zu etablieren, die die digitalen Daten verifizieren und die Qualität und Vertrauenswürdigkeit der genutzten Daten sicherstellen soll, sind gescheitert. Die digitalen Mechanismen stellen eine Zielscheibe für Cyberangriffe dar und sind ein weiteres Einfallstor für digitale Verwundbarkeit. In den meisten Fällen wird deswegen auf Altdaten zurückgegriffen, die in digitale Form gebracht wurden und im Ernstfall in nicht digitaler Form als Backup dienen können. Neben harten Ländergrenzen für Waren und Menschen errichten die Staaten somit auch digitale Barrieren, um den freien Fluss von Daten, Technologien und Innovationen zu behindern. Deshalb führen verschiedene Länder und Regionen eigene Standards und Regulierungsmaßnahmen ein, die zu erheblichen Redundanzen und Fragmentierung führen.

**Es haben sich regionale Insellösungen für den digitalen Produktpass entwickelt**

Diese Insellösungen wurden von einzelnen Stakeholdern in den verschiedenen Weltregionen ausgearbeitet. Unternehmen und andere Stakeholder - insbesondere aus der Politik - arbeiten eigenständig an Lösungen, um eine Art kleinen digitalen Produktpass in ihrer Region umzusetzen. Die fehlende Standardisierung und Interoperabilität erschwert - wie von den politischen Akteuren gewünscht - den Austausch von Informationen und die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Regionen. Doch auch im Innenverhältnis ist die digitale QI mit erheblichen Herausforderungen konfrontiert.

**KI liefert keine vertrauenswürdige Unterstützung in der spärlichen Dateninfrastruktur der digitalen QI**

Im Jahr 2035 ist die digitale QI von schwerwiegenden Problemen betroffen: Die Benutzung von Künstlicher Intelligenz für die digitale QI ist nicht sicher. Datenlecks und Cyberangriffe von verfeindeten Staaten auf die digitale Dateninfrastruktur machen eine Nutzung für digitale Qualitätssicherung nahezu unmöglich. Die konventionelle QI erlebt auf Grund ihrer Sicherheit eine Renaissance.

**QI-System wie anno dazumal**

Das QI-System leistet keinen Beitrag zur sozial-ökologischen Transformation, welche angesichts weltpolitischer Krisen ohnehin in den Hintergrund gerückt ist. Standards werden innerhalb der verschiedenen fragmentierten Blöcke festgelegt. Die vollumfängliche Digitalisierung ist angesichts der Blockbildung und blockierter globaler Märkte nicht umsetzbar. Aus Sicherheitsgründen werden die Kernfunktionen der QI auf die konventionelle Art sichergestellt, um nicht digital verwundbar zu

sein. Dezentralisierte und redundante Strukturen erhöhen nunmehr die Widerstandsfähigkeit der QI, die als Fallbacklösung bereitliegen, für den Fall, dass die wenigen digitalisierten Basisfunktionen wegen Missbrauchs ausfallen.

## 8.4.4 Szenario Grün: AusgeDINt - Neue Player in der QI und fragmentierte Märkte

### **Neue Akteure prägen die QI-Landschaft**

Machtverhältnisse und die Kontrolle über die QI sind im Jahr 2035 ganz neu verteilt. Neue Akteure wie beispielweise Apple, Google und Alibaba haben allmählich die Aufgaben des etablierten und immer komplexer gewordenen QI-Systems übernommen und neue Sicherheitsstandards haben sich bis zum Jahr 2035 etabliert. Die Übernahme durch finanzstarke private Player auf dem Gebiet der digitalen QI hat dafür gesorgt, dass die "alte Welt" der etablierten Institutionen, wie formale Normungsorganisationen, auf Grund begrenzter Mittel keinen großen Einfluss mehr haben. QI-Innovationen kommen nunmehr aus der Hand privater Akteure. Diese haben die Kontrolle über die Qualitäts-, Sicherheitsstandards und -prozesse übernommen und genießen großes Vertrauen, da sie QI simplifizieren und adressaten-gerecht darstellen können. Sie profitieren im hohen Maße von der Nutzung der Konsumenten-Daten der eigenen Anwender:innen und können sie auch für das Marketing nutzen. Digitale QI ist stark nach Sektoren unterteilt und die Marktführung ist in lukrativen Sektoren hart umkämpft.

### **Es haben sich sektorale Insellösungen für den Digitalen Produktpass entwickelt**

Bis zum Jahr 2035 haben sich sektorale Insellösungen für den Digitalen Produktpass entwickelt. Während die QI für manche Sektoren zugeschnittene Lösungen bereit hält, sind andere Sparten beim Digitalen Produktpass nicht weitergekommen. Der Digitale Produktpass bietet jedoch weniger Lösungen mit gesellschaftlichem Bezug, sondern legt den Fokus auf die wirtschaftlichen Interessen der beteiligten Unternehmen und den spezifischen Anforderungen der Sektoren. Das liegt unter anderem daran, dass die digitale QI nunmehr von globalen Wirtschaftsunternehmen dominiert wird. Insbesondere die sozial-ökologische Transformation spielt bei der privatwirtschaftlichen Umsetzung der digitalen QI nur dann eine Rolle, wenn sie sich zielgruppengerecht vermarkten lässt oder durch Wiederverwertung im Rahmen einer Kreislaufwirtschaft finanzielle und materielle Ressourcen eingespart werden können, die im Nebeneffekt auch der Umwelt und dem Klima zugutekommt.

### **Unkontrollierte KI - Die Qualität der KI-Systeme ist unzureichend, aber sie werden den-noch genutzt**

Die Situation im Umgang mit unregulierter Künstlicher Intelligenz (KI) ist problematisch. Obwohl die Qualität der KI-Systeme unzureichend ist, werden sie dennoch genutzt. Insbesondere im Machine-to-Machine (M2M) Bereich ist die KI-Interaktion ein großes Problem, was zu unzuverlässigen Ergebnissen führt. Des Weiteren sind die Angaben der KI-Modelle zu den genutzten Ground Truth Daten oft unklar, da nicht transparent ist, wie genau KI mit den Daten verfährt. Das Ergebnis ist daher nicht transparent nachvollziehbar, sodass sich auch hier die Qualität der KI-Ergebnisse nicht überprüfen lässt.

Aufgrund dessen hat KI in vielen Sektoren zu mehr Unsicherheit geführt. Nicht-KI-generierte Daten sind nach wie vor die verlässlichste Quelle und das größte Asset der QI-Akteure, was für die Plattformunternehmen mit Zugriff auf umfangreiche Datenbestände einen eklatanten Wettbewerbsvorteil bedeutet.

## **Es haben sich viele regionale Binnenmärkte entwickelt - Gebremste Globalisierung mit Friendshoring / Zersplitterung bottom-up getrieben**

Ein weiterer Grund für die Fragmentierung der Märkte ist neben der Übernahme der QI durch private Akteure auch die aktuelle geopolitische Situation. Bis zum Jahr 2035 haben sich viele regionale Binnenmärkte entwickelt, wie beispielsweise im transatlantischen Raum (EU-USA/CN-NAFTA), in denen spezifische Handelsabkommen und Regeln gelten. Dabei kooperieren die Akteure wie Google, Alibaba und Co. nur noch mit "befreundeten" Ländern, um Handelsbeschränkungen zu umgehen und von regionalen Vorteilen zu profitieren, da verschiedene regionale Blöcke ihre eigenen Standards und Regulierungen setzen. Dies führt zu einer Deglobalisierung und einer Zersplitterung der Handelsströme, die bottom-up getrieben ist. Zum einen sorgt die Fragmentierung dafür, dass ein härterer Konkurrenzkampf entsteht. Zum anderen vereinfacht sie aber auch die Entwicklung neuer Standards für die digitale QI, da es weniger Parteien gibt, die einen Konsens erreichen müssen.

## **8.5 Ableitung strategischer Implikationen und Anknüpfungspunkte**

Im Rahmen des QI Szenarioprozesses wurden vier Schlüsselfaktoren im Rahmen der Workshops in den Blick genommen. Zum einen lassen sich aus den beiden Schlüsselfaktoren Digitaler Produktpass und Akteure und Funktionen der QI unmittelbar beeinflussbare strategische Ausrichtungen ableiten. Die in den einzelnen Szenarien dargestellten Outcomes hinsichtlich der Schlüsselfaktoren können hierbei als positives Beispiel oder als negatives Beispiel, das es zu verhindern gilt, herangezogen werden, da sie strategische Ausrichtungen verkörpern, die von den Entscheider:innen der QI-Akteure getroffen werden können und zum Teil beeinflussbar sind. Anders hingegen ist die Ausgangslage zu bewerten hinsichtlich der anderen beiden Schlüsselfaktoren KI und Geopolitik. Hierbei handelt es sich um Umfeldfaktoren, die zwar einen großen Einfluss auf die strategische Ausrichtung der digitalen QI haben, aber selbst nicht unmittelbar von den Akteuren der QI beeinflusst werden können.

Strategische Implikationen werden aus dem Zusammenspiel der einzelnen Faktoren abgeleitet, die im Folgenden auf der größtmöglichen Aggregationsebene dargestellt werden. Für jeden einzelnen Akteur ergeben sich aus diesen übergeordneten Implikationen weitere spezifische Handlungsoptionen, die sich aus der Mannigfaltigkeit des Themas Qualitätsinfrastruktur ergeben.

Die übergeordneten aus den Szenarien abgeleitete Handlungsfelder können in folgende Kategorien unterteilt werden:

- a) Digitalisierung, technologische Transformation und Cybersicherheit
- b) Gezielter Aufbau von Allianzen und Partnerschaften
- c) Präsenz bei Stakeholdern und vertrauensbildende Maßnahmen

### **8.5.1 Digitalisierung, technologische Transformation und Cybersicherheit**

Aus dem Zusammenspiel der Szenarien lassen sich hinsichtlich der Aspekte Digitalisierung und Cybersicherheit mehrere strategische Implikationen ableiten. Die übergeordnete Bedeutung dieses Themenfeldes zeigt sich nicht zuletzt darin, dass auch im „optimistischen“ Szenario Blau „Digitaler Zwilling als Katalysator der ökologischen Transformation“ das Gelingen und der Nutzen des Digitalen Produktpasses von größtmöglicher Interoperabilität und verlässlichen Cybersicherheitsstrukturen abhängig ist. Dieser Aspekt ist weitgehend unabhängig von geopolitischen Entwicklungen. Dies zeigt sich an der Vormachtstellung privater QI-Akteure in Szenario Grün „AusgeDINt - Neue

Player in der QI und fragmentierte Märkte“, die allein durch ihre Anwenderfreundlichkeit und Adressatengerechtigkeit einen Nutzemehrwert schaffen und zugleich hohes Vertrauen bei ihren Anwender:innen genießen. Der Erfolg und damit die Bestimmung über den Ablauf des digitalen QI-Prozesses ist in Beziehung zu den privaten QI-Akteuren, d.h. den global agierenden Plattformunternehmen, fast vollständig von deren Wettbewerbsfähigkeit und deren proprietären Standards abhängig.

Eine Mindestbedingung der erfolgreichen Implementierung des Digitalen Produktpasses ist, dass er nicht als Friktion des Arbeitsablaufes wahrgenommen wird, sondern als intuitiv nutzbares Tool, das Arbeitserleichterung schafft und Verlässlichkeit bietet, die weiteres Vertrauen bei den Anwendern sorgt. Ein Aspekt, der selbst im Fall des Eintritts des roten Szenarios „Back to the roots: Kriege und KI hemmen die digitale QI“ nicht weggedacht werden kann, da es in diesem Fall nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich die privaten Player auf Grund der Marktmacht von geopolitischen Grenzen teilweise unabhängig machen und sich branchenspezifische QI-Standards verselbstständigen könnten. Diesen Aspekten kann strategisch mit dem Digitalen Produktpass in Form eines modularen Baukastensystems begegnet werden, das sowohl B2B, B2C und Behörden in den Blick nimmt und zugleich eine schnelle und unkomplizierte Integration des DPP in bestehende Unternehmensstrukturen ermöglicht.

Ein weiterer Aspekt, der sich aus den oben genannten Gründen durch alle Szenarien zieht, ist die Abhängigkeit des Gelingens des Digitalen Produktpasses von der Ausgestaltung des Cyberschutzes. Denn die notwendigen Digitalisierungsmaßnahmen erhöhen die digitale Verwundbarkeit der QI. Dies umfasst sowohl den Schutz vor äußeren als auch inneren Bedrohungen und Risiken. Äußere Bedrohungen ergeben sich aus blockierten globalen Märkten bis hin zu tatsächlichen Kriegen und können je nach Szenario stärker oder weniger stark ausgeprägt sein. Innere Risiken, die ihrerseits auch durch die äußere Lage beeinflusst werden können, stellen mangelnde Datenhygiene und die Verwendung intransparenter KI dar.

Bezüglich Angriffe auf das System von außen reicht die Bandbreite von privaten Akteuren bis hin zu staatlichen Spionage- und Sabotageakten. Deswegen sollten bei der Digitalisierung eine Kontingenzstrategie mitberücksichtigt werden. Hierbei wäre eine Möglichkeit eine analoge Fallback-Option in Form einer parallel-laufenden analogen Fortführung nach Art „doppelter Buchführung“. Die andere Seite des Spektrums als kleinster gemeinsamer Nenner ist Etablierung sicherer Serverstrukturen. Die genaue Ausgestaltung der Fallback-Option muss anhand der Kriterien Effizienz der Systemerhaltung und Durchführung messen lassen. Unabhängig von feindlichen Eingriffen von außen in jedweder Form ist der Aspekt der Cybersicherheit auch ein unabdingbarer Faktor zur Vertrauensbildung in das System als solches.

Hinsichtlich der digitalen Verwundbarkeit fördern die Szenarien auch interne Bedrohungen durch die Verwendung von KI zu Tage. Hierbei besteht die Gefahr, dass eine intransparente KI mit Fehldaten das System schwächt und sowohl die Nutzbarkeit als auch das Vertrauen schwinden. Auch für diesen Fall können Redundanzen für Abhilfe sorgen, die im Falle von unreinen Daten herangezogen werden können, damit das Vertrauen der Verwender in die Sicherheit der digitalen QI nicht leidet. Unabhängig von möglichen Rückfalloptionen zeigt sich für das strategische Risikomanagement, dass hinsichtlich verwendeter KI-Systeme auf größtmögliche Transparenz, Erklärbarkeit und Sicherheit geachtet werden sollte.

Insgesamt kann sich die digitale QI sowohl als Treiber für interoperable und effiziente Lösungen etablieren als auch ein Treiber für Cybersicherheit positionieren. Es besteht die Chance, dass sich die QI als Transformator zur Integration von Cybersicherheit und Anwenderfreundlichkeit begreift.

## 8.5.2 Gezielter Aufbau von Allianzen und Partnerschaften

In allen Szenarien wird deutlich, dass der Bestand und das Gelingen eines digitalen QI-Systems stets profitiert von einem gezielten Aufbau von Allianzen und Partnerschaften, um einzelnen Implikationen aus der Gesamtschau der Szenarien resilient begegnen zu können. Hierbei geht es um Partnerschaften, die erschlossene Märkte und bereits bediente QI-Funktionen auch für die Zukunft erhalten können. Besonders deutlich ist diese strategische Implikation ableitbar aus den Szenarien Lila (Blockbildung mit "kaltem Wirtschaftskrieg 2.0") und rot („Back to the roots: Kriege und KI hemmen die digitale QI“). In beiden Szenarien orientiert sich die QI nicht mehr an den globalen Wirtschaftsanforderungen. Dagegen führen Länder und Regionen wieder vermehrt eigene Standards und Regulierungen ein, die ohne übergreifende Allianzen oder Harmonisierungsbestrebungen zu erheblichen Redundanzen und Fragmentierung führen können. Aber auch im Falle einer proprietären Block-KI und neuer privatwirtschaftlicher QI-Akteure bedarf es, frühzeitig Netzwerke aufzubauen, um die Wettbewerbsfähigkeit insbesondere mit Blick auf die Datenmacht zu sichern und um von neu gegründeten Allianzen nicht ausgeklammert zu werden.

Neben dem Erhalt und dem Ausbau bereits erschlossener Märkte, können Allianzen und Partnerschaften auch dazu beitragen, neue Märkte wie LMICs stärker einzubeziehen. Dies vergrößert nicht nur den Einflussbereich der digitalen QI, sondern macht sie auch resilienter gegenüber den feindlichen Übernahmen durch andere Akteure. Die Erschließung neuer Märkte ist dabei wiederum abhängig von der Interoperabilität, sowie Einfachheit der Implementierung, um Hürden für den Markteintritt für neu hinzukommende Akteure gering zu halten.

## 8.5.3 Präsenz bei Stakeholdern und vertrauensbildende Maßnahmen

Die Bedeutung der Vertrauensbildung, insbesondere als Kombination von Sicherheit und einfacher Nutzbarkeit für alle adressierten Stakeholder- und Nutzergruppen wurde bereits in den oben genannten Punkten angesprochen. Ebenso wichtig ist es jedoch, strategische Maßnahmen zu entwickeln, um die Vorteile der digitalen QI klar und effektiv zu kommunizieren.

Insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Szenarien erhellen, dass ein Mangel an Vertrauen die digitale QI und den Digitalen Produktpass verwundbar machen, müssen strategische Maßnahmen auch die Demonstration und Kommunikation der Vorteile der digitalen QI umfassen. Die Kommunikation nach außen und Marketing-Maßnahmen müssen darauf ausgerichtet werden, sachliche Vorteile des Systems glaubhaft und in einfacher Form zu transportieren. Dies fördert nicht nur das Vertrauen, sondern ist auch entscheidend für den Aufbau von Allianzen und Partnerschaften. Nicht zuletzt wird dies relevant, wenn bestehende QI-Akteure in direkte Konkurrenz zu neuen Playern und privaten Unternehmen treten, wie im Szenario Grün beschrieben. Private Konzerne könnten in diesem Falle bereits erheblich von ihrer Marktposition und Bekanntheit in anderen Unternehmenssparten profitieren. Deswegen muss sich die Kommunikation und das Marketing strategisch so positionieren, dass es sich erheblich vom Angebot der privaten Akteure absetzt. Key Assets bei der Stakeholder Gewinnung können hierbei zum Beispiel die Vorzüge der Sicherheit und Transparenz bei der Datenverarbeitung oder ein Verbleib der Daten auf sicheren Serverstrukturen in Deutschland oder der europäischen Union sein. Es geht also nicht nur darum vertrauenswürdige Systeme zu gestalten, sondern die Vertrauenswürdigkeit auch zu demonstrieren und in das Bewusstsein der Nutzenden zu bringen.

## 9 Empfehlungen

---

Im Folgenden werden von den quantitativen und qualitativen Untersuchungen abgeleitete Empfehlungen vorgestellt, die nach den einzelnen Elementen der QI strukturiert sind. Diese Empfehlungen sind kurzfristiger Natur und damit komplementär zu den eher mittel- bis langfristig angelegten strategischen Implikationen und Anknüpfungspunkte der Szenarien. Ferner fokussieren wir uns vor allem auf Empfehlungen, die im Kontext der QI stehen und sich nicht allein auf eine bestimmte QI-Komponente, wie die Normung, beziehen.

### 9.1 Empfehlungen für die Normung

Die Normung als Plattform für die Integration der Inputs von verschiedenen Interessengruppen, vor allem der Industrie, aber auch Umweltschutzorganisationen, der Forschung und der staatlichen Regelsetzer, bietet sich auch an, die Vertreter aller QI-Komponenten noch expliziter in die Normungsprozesse zu integrieren. Denn mit diesem inklusiven Ansatz wird sichergestellt, dass der ganze auch im Wirkungsmodell abgebildete und durch die QI unterstützte Prozess der Qualitätssicherung effektiv und effizient umgesetzt wird. Während diese Beteiligung für die Konformitätsbewertung und Akkreditierung, aber auch die Metrologie durch eine entsprechende Repräsentanz in der Normung schon weitgehend realisiert ist, werden die Belange der Marktüberwachung nur bedingt in der Spezifizierung von Normen berücksichtigt.<sup>60</sup>

Obwohl der Einbezug weiterer Akteure in der Normung den Konsensfindungsprozess prinzipiell verlängern kann, besteht trotz schon realisierter Prozessbeschleunigungen immer noch die Herausforderung angesichts zunehmender Dynamiken in Wissenschaft, Technologie und Märkten Normen noch schneller zu verabschieden. Denn dann können sie von den nachfolgenden Institutionen der Konformitätsbewertung, aber auch der Akkreditierung schneller in den Markt gebracht werden. Hier muss noch angemerkt werden, dass die z.T. sehr verzögerte Veröffentlichung harmonisierter Europäischer Normen für die Unternehmen eine hohe Unsicherheit, aber auch Kosten durch Drittzertifizierungen generiert, so dass hier die Europäische Kommission gefordert ist.

Die starke Präsenz und leitende Funktion deutscher Vertreter:innen in der europäischen und internationalen Normung, vor allem in den Bereichen des Maschinenbaus und der Elektrotechnik, sind zu sichern, um die wirtschaftlichen Wirkungen der gesamten QI, vor allem hinsichtlich der Exporte, zu stärken. In neuen Technologiefeldern ist es aufgrund begrenzter Ressourcen nur bedingt möglich federführende Rollen einzunehmen, aber eine adäquate Präsenz sollte gesichert werden (OECD; 2022).

Die qualitative Untersuchung hat aufgezeigt, dass die Expertise hinsichtlich QI in Deutschland sehr begrenzt auf wenige Expert:innen ist. Dieser Befund findet sich schon in der Studie zur Konformitätsbewertung und Akkreditierung aus dem Jahre 2013 (Technopolis & DIN, 2013). Gleichzeitig droht in den nächsten Jahren in der Normung ein massiver Expert:innenmangel (Blind et al., 2024). Deshalb sollte schon bei der Ausbildung des Nachwuchses angesetzt werden, in dem die wenigen Lehrangebote zur Standardisierung und Normung grundsätzlich auf mehr Universitäten und Hochschulen ausgedehnt und auch explizit in der beruflichen Bildung einen Platz bekommen sollten, aber auch mit den weiteren Elementen der QI ergänzt werden. Das ist auch ein Weg um die generell

---

<sup>60</sup> Ferner ist anzumerken, dass aktuell die Ausweitung der steuerlichen Forschungsförderung vor allem für KMUs auf Aktivitäten in der Normung diskutiert wird. Dieser Vorschlag wird auf Basis zahlreicher Untersuchungen zu KMUs in der Normung und der Ergebnisse des Europäischen Normungspanels (Blind et al., 2024) unterstützt, wenngleich er sich zunächst nur auf die Normung konzentriert. Aber dadurch wird die QI Deutschlands generell gestärkt, wie es schon durch das BMWK-Förderprogramm WIPANO erfolgreich geschieht.

geringe Wahrnehmung des Themas, die auch schon vor 10 Jahren konstatiert wurde (Technopolis & DIN, 2013), zu stärken.

Speziell zur Normung und Standardisierung im Bereich IKT ist anzumerken, dass Konsortialstandards oft noch nicht explizit in den Kontext der QI gesetzt werden. Analog gilt das für Open Source Stiftungen. Deshalb wird empfohlen die Rolle dieser Institutionen im Kontext von QI zu klären und dann auch sowohl die entsprechenden Synergien zur Normung als auch zu den anderen Elementen der QI zu heben.

## 9.2 Empfehlungen für die Konformitätsbewertung

Die Konformitätsbewertung, also die Darlegung, dass festgelegte Anforderungen erfüllt sind, schließt Tätigkeiten ein wie unter anderem Prüfen, Inspektion, Zertifizierung. Sie umfasst neben von Dritten durchgeführten Tätigkeiten auch die Herstellererklärung.

Grundsätzlich liegen keine Daten zur Herstellererklärung vor, deshalb hat die quantitative Analyse lediglich die Anzahl der bei ISO gemeldeten ISO-9001-Zertifikate, ein Bruchteil der Konformitätsbewertung, als Indikator verwenden können. Deshalb ist eine erste Empfehlung, die Datenlage hinsichtlich Konformitätsbewertung über die Zertifizierungen nach internationalen Managementsystemstandards hinaus zu verbessern. Neben Unternehmensbefragungen wäre zu klären, ob hier eine zentrale Datenbank zur Nutzung von CE-Kennzeichen aufzubauen wäre.<sup>61</sup> In der Zukunft kann die Digitalisierung in der QI selbst, bspw. über den Digitalen Produktpass, genutzt werden, um auch die Datenlage hinsichtlich der Konformitätsbewertung zu verbessern.

Die in der qualitativen Analyse durchgeführten Interviews haben die starke Präferenz der Industrievertreter für die Herstellererklärung gezeigt. Deshalb wird empfohlen, diese wichtige Säule der Konformitätsbewertung zu sichern und zu stärken, sofern sie von einer ausreichenden Herstellerhaftung begleitet wird.. Hier ist insbesondere für einige Branchen, wie dem Maschinenbau, auch die zügige Veröffentlichung harmonisierter europäischer Normen im Amtsblatt der Europäischen Union als wichtige Vorbedingung zu nennen.

Konzentriert man sich auf die Zertifizierung, wird angemahnt, dass einige Skandale durch unsachgemäße Prüfungen, das Vertrauen in die deutsche Konformitätsbewertung nachhaltig geschädigt haben. Deshalb wird empfohlen die Qualität der Zertifizierung nachhaltig zu stärken und zu sichern. Hier ist sowohl eine bessere Transparenz hinsichtlich unsachgemäßer Zertifizierungen als auch eine Verschärfung der daraus folgenden Sanktionen zu empfehlen, um damit einen effektiven Abschreckungseffekt zu erzeugen.

Schließlich gibt es in der Vergangenheit einige Beispiele von internationalen Managementsystemstandards, z. B. ISO 26000 zu Corporate Social Responsibility oder ISO 56000 zum Innovationsmanagement, die keine starke Unterstützung durch die deutsche Industrie im Vergleich zum Ausland erfahren haben. In diesen Fällen ist kritisch zu prüfen, welche konstruktive Rolle die Akteure der deutsche QI einnehmen können. Denn letztlich wurden die Themen in ISO-Normen überführt. Jedoch werden sie nur sehr vereinzelt von deutschen Unternehmen angewandt. Aber ist es unklar, ob daraus ein Wettbewerbsnachteil oder gar ein Kostenvorteil entsteht. Diese Ambivalenz gilt es bei möglichen zukünftigen Managementsystemnormen ex ante zu bewerten, um eine unter den deutschen QI-Akteuren abgestimmte Position zu entwickeln, wenngleich die Gefahr besteht, dass diese im internationalen Kontext bei ISO keine Mehrheit findet.

<sup>61</sup> Im Jahr 2024 hat die Europäische Kommission eine Machbarkeitsstudie zum Aufbau einer Datenbank für CE-Kennzeichnungen in Auftrag gegeben, die aber bis Ende 2024 noch nicht veröffentlicht war.

### 9.3 Empfehlungen für die Akkreditierung

Die schon in der Studie aus dem Jahr 2013 geäußerte Sorgen über lange Bearbeitungszeiten, hohe Kosten und wachsenden Verwaltungsaufwand bei der Akkreditierung durch die DAkkS (Technopolis & DIN, 2013), wurden auch zehn Jahre danach durch die Mehrheit der Interviewpartner bestätigt.

Deshalb leiten wir daraus die Empfehlung ab, vor allem die DAkkS mit mehr Ressourcen auszustatten. Hier stehen grundsätzlich zwei Finanzierungsquellen zur Verfügung. Zum einen könnte die DAkkS ihre Gebühren für die Akkreditierung erhöhen. Durch diesen Kostenanstieg wird aber die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Konformitätsbewertungsstellen geschwächt, die jetzt schon gegenüber ausländischen Konkurrenten einen Kostennachteil haben, der nicht immer durch höhere Qualität und Reputation kompensiert werden kann. Deshalb ist zu klären, ob eine stärkere staatliche Förderung der DAkkS angebracht ist.

Neben der Ressourcenproblematik ist analog zur Beschleunigung von Normungsprozessen bei Sicherstellung eines angemessenen Qualitätsniveaus auch die Reduktion der Verfahrensdauern bei Akkreditierungsprozessen zu empfehlen. Denn damit können schneller neue Programme von den Prüflaboren und Zertifizierern angeboten werden, so dass Unternehmen, die eine Konformitätsbewertung Dritter benötigen, mit ihren Produkten und Dienstleistungen den Markteintritt schneller realisieren können, was angesichts der steigenden Bedeutung von Lernkurveneffekten und Skalenerträgen entscheidend für ihre Wettbewerbsfähigkeit sein kann.

Hier schließt sich nahtlos die dritte Empfehlung an, die sich auf neue Technologien und ihre verschiedenen Anwendungsfelder bezieht. Denn die Akkreditierung muss schneller Kompetenzen in neuen Themenfeldern, wie der Künstlichen Intelligenz, aufbauen, um die dynamische Entwicklung in diesen Anwendungsbereichen bzw. Marktsegmenten in Deutschland nicht zu behindern. Folglich wird empfohlen, in Abstimmung mit den Vorausschauaktivitäten, z.B. den Roadmaps, in der Normung (siehe Goluchowicz und Blind, 2011) einen QI-weiten Vorausschauprozess zu starten, der das deutsche QI-System befähigt frühzeitig sich auf neue Themenfelder einzustellen und die entsprechenden Kompetenzen aufzubauen, damit die Akkreditierung nicht mehr als Hindernis für die Konformitätsbewertung wahrgenommen wird, sondern die Funktion eines dynamischen Treibers einnimmt.

### 9.4 Empfehlungen für die Metrologie

Im Gegensatz dazu ist die Metrologie sehr eng in die dynamischen Entwicklungen von Wissenschaft und Technik eingebunden, so dass hier frühzeitig auf neue Themenfelder, wie Quantentechnologien, eingegangen werden konnte.<sup>62</sup> Ferner leistet die Metrologie vor allem durch die PTB signifikante Beiträge für die Normung, dokumentiert durch wissenschaftliche Referenzen insbesondere in ISO-Normen (Blind und Fenton, 2022). Jedoch nehmen die Akteure der anderen QI-Elemente weniger explizite Schnittstellen wahr. Hier könnte zum einen die Quantentechnologie, wo die PTB schon sehr aktiv ist, ein Vehikel sein, mit dem die Metrologie sich noch stärker mit den anderen QI-Elementen koordinieren könnte. Zum anderen generiert die zunehmende Digitalisierung der Metrologie Daten, die über die Metrology-Cloud der PTB hinaus in einem gemeinsamen Datenraum von allen QI-Akteuren gesammelt, analysiert und kommerziell umgesetzt werden können.

---

<sup>62</sup> Die European Partnership on Metrology stellt hier ein Forschungsprogramm zur Verfügung, in dem auch explizit die Schnittstelle zur Normung bedient wird.



## 9.5 Empfehlungen für die Marktüberwachung

Wie schon der Studie aus dem Jahr 2013 festgestellt wurde (Technopolis & DIN; 2013) leidet die Marktüberwachung nach wie vor an einer zu geringen Ressourcenausstattung. Deshalb wird generell empfohlen die für die Marktüberwachung verfügbaren Ressourcen zu erhöhen. Hier ist jedoch kritisch anzumerken, dass keine verlässlichen Daten zu den aktuell verwendeten Ressourcen und Kapazitäten vorliegen. Neben dieser generischen Empfehlung ist zu erwägen, ob die von der Konformitätsbewertung, d.h. vor allem die von den Zertifizierungsinstitutionen und den Test- und Prüflaboren erfassten Daten nicht auch von der Marktüberwachung genutzt werden können (siehe schon Technopolis & DIN, 2013). Ferner ist die föderale Organisation der Marktüberwachung durch die ZLS zu überdenken und über eine Konzentration der Marktüberwachung auf Bundesebene nachzudenken. Denn der Import nicht regelkonformer Produkte über die Außengrenzen und den zunehmenden Online-Handel, der über die Flughäfen abgewickelt wird, stellen die Hauptprobleme dar. Hier wird eine engere Abstimmung mit der Generalzolldirektion und den anderen Zollbehörden empfohlen. Grundsätzlich sind sehr viele verschiedene Institutionen mit Einzelaspekten der Marktüberwachung betraut, so dass hier eine mögliche Konsolidierung geprüft werden sollte.<sup>63</sup>

Schließlich hat das im Jahr 2018 eingerichtete Deutsche Marktüberwachungsforum effektiv dazu beigetragen, mehr Akteure der QI miteinander unter dem Dach der Marktüberwachung zu vernetzen. Jedoch sollte dieser integrative Ansatz noch weiterverfolgt und parallel zur Empfehlung, alle QI-Elemente schon in der Normung zusammenzubringen, ausgebaut werden. Beide Ansätze zusammen können komplementär zu einer besseren Integration der QI-Elemente beitragen. Hierbei ist auch die europäische Ebene mit einzubeziehen.

## 9.6 Empfehlungen zur Interaktion der QI-Elemente

Die beiden Hauptziele der QI der Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft und der Unterstützung der Schutzziele erfahren aktuell eine zunehmende Komplexität. So spielt die Normung eine potenzielle Rolle bei der Sicherung der Technologiesouveränität (Blind, 2025), während die QI auch zur nachhaltigen Transformation beitragen kann (Blind, 2024), aber auch die Schutzziele durch die Optionen der Künstlichen Intelligenz um Themen, wie der Sicherung des Datenschutzes oder der Vermeidung von Diskriminierung, ergänzt werden müssen.

Um die wirtschaftliche Wirkung, aber auch die Implikationen der QI für die zunehmend komplexeren Schutzziele insgesamt effektiver und effizienter gestalten zu können, braucht es eine wesentlich umfassendere empirische Evidenz. Hier könnte eine gemeinsame Datenbasis bzw. ein integrierter Datenraum helfen. Ein mögliches Vehikel, um diesen Datenraum zu füllen, wäre die umfassende Implementierung des Digitalen Produktpasses, der von der Produktion über die Nutzung bis hin zur Entsorgung bzw. Wiederverwendung Produktdaten erfassen und für einen zentralen Datenraum verfügbar und schließlich für alle Institutionen nutzbar machen könnte. Hier könnte dann auch Künstliche Intelligenz zum Einsatz kommen und das Potenzial dieser Daten für die zukünftige Normung, Konformitätsbewertung, Akkreditierung, Metrologie und Marktüberwachung heben. Gleichzeitig stehen diese Daten vor den gleichen Herausforderungen der Nutzung von Künstlicher Intelligenz, wie Datenschutz, Diskriminierung und Sicherheit.

Perspektivisch gilt es die QI noch stärker im Kontext des regulativen Rahmens zu positionieren. Die aktuellen Rechtsakte der Europäischen Kommission, z.B. der AI Act, sind mit expliziten Normungsmandaten und darauf aufbauenden Konformitätsbewertungsprozessen verbunden. Diese Mandate stellen Schnittstellen mit der Normung dar, die aber um die anderen QI-Elemente erweitert werden müssen, um die deregulierenden Potenziale der QI effektiv und effizient nutzen zu können.

<sup>63</sup> <https://www.baua.de/DE/Themen/Monitoring-Evaluation/Marktueberwachung-Produktsicherheit/Marktueberwachung/Zustaendigkeiten>

## 10 Literaturverzeichnis

---

- ACCREDIA and Prometeia (2020): Accreditation and certifications. Economic value and social benefits. 1. ACCREDIA, Rome. Available at: <https://www.accredia.it/en/pubblicazione/accreditation-and-certifications-economic-value-and-social-benefits/>.
- Albulescu, C.T., Drăghici, A., Fistiș, G.M., Trușculescu, A. (2016): Does ISO 9001 Quality Certification Influence Labor Productivity in EU-27? *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 221, 278–286. doi:10.1016/j.sbspro.2016.05.116
- ANEC (2020): EUROPEAN CONSUMER SAFETY NEEDS SOLID INJURY DATA, ANEC-WP1-2020-G-047.
- Arocena, P.; Orcos, R.; Zouaghi, F. (2021): The impact of ISO 14001 on firm environmental and economic performance: The moderating role of size and environmental awareness. *Business Strategy & the Environment*; 30: 955–967. <https://doi.org/10.1002/bse.266>
- Bitkom (2023): NLF 2.0: Positionspapier zur geplanten Überarbeitung des Neuen Rechtsrahmens (New Legislative Framework).
- Blind, K. (2004): *The economics of standards theory, evidence, policy*. Cheltenham, UK u.a. Elgar.
- Blind, K. (2012): The influence of regulations on innovation: A quantitative assessment for OECD countries, *Research Policy*, Volume 41, Issue 2, 391–400.
- Blind, K. (2015): From standards to quality infrastructure: A review of impact studies and an outlook. In P. Delimatsis (Ed.), *The Law, Economics and Politics of International Standardisation* (Cambridge International Trade and Economic Law, pp. 58–76). Cambridge: Cambridge University Press.
- Blind, K. (2024): The role of the quality infrastructure within socio-technical transformations: A European perspective, *Technological Forecasting and Social Change*, 199, 123019, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123019>.
- Blind, K. (2025): Standardization and Standards: Safeguards of Technological Sovereignty?, *Technological Forecasting and Social Change*, 210, 123873, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123873>.
- Blind, K.; Jungmittag, A. (2008): The impact of patents and standards on macroeconomic growth: a panel approach covering four countries and 12 sectors, *Journal of Productivity Analysis*, vol. 29(1), 51–60.
- Blind, K.; Mangelsdorf, A. (2017). Zertifizierung in deutschen Unternehmen—zwischen Wettbewerbsvorteil und Kostenfaktor. In: *Zertifizierung als Erfolgsfaktor*, Springer Gabler, Wiesbaden. 23–32.
- Blind, K.; Heß, P. (2018): *Digitale Normen*. Berlin: Deutsches Normungspanel, Technische Universität Berlin im Auftrag von DIN und DKE.
- Blind K.; Heß P. (2023): Stakeholder perceptions of the role of standards for addressing the sustainable development goals. *Sustainable Production and Consumption* 37:180–190.
- Blind, K.; Münch, F. (2024): The interplay between innovation, standards and regulation in a globalising economy, *Journal of Cleaner Production*, 445, 141202, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141202>.

- Blind, K., Schubert, T. (2023): Estimating the GDP effect of Open Source Software and its complementarities with R&D and patents: evidence and policy implications. *Journal of Technology Transfer*. <https://doi.org/10.1007/s10961-023-09993-x>
- Blind, K., Petersen, S.S., Riillo, C. A. F. (2017): The impact of standards and regulation on innovation in uncertain markets, *Research Policy*, 46(1), 249-264, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.11.003>.
- Blind, K.; Mangelsdorf, A.; Niebel, C. & Ramel, F. (2018). Standards in the global value chains of the European Single Market, *Review of International Political Economy*, 25:1, 28-48.
- Blind, K., Mangelsdorf, A., & Pohlisch, J. (2018). The effects of cooperation in accreditation on international trade: Empirical evidence on ISO 9000 certifications. *International Journal of Production Economics*, 198, 50-59.
- Blind, K.; Böhm, M., Grzegorzewska, P., Katz, A., Muto, S., Pätsch, S., Schubert, T. (2021). The impact of Open Source Software and Hardware on technological independence, competitiveness and innovation in the EU economy, Final Study Report. Brussels.
- Blind, K.; Böhm, M. (2019): The Relationship Between Open Source Software and Standard Setting. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC117836>.
- Blind, K., Heß, P. (2020): DEUTSCHES NORMUNGSPANEL: Normungsforschung, -politik und -förderung – Indikatorenbericht 2020, <https://www.normungspanel.de/#ergebnisse>.
- Blind, K., Ramel, F. & Rochell, C. (2022a). The influence of standards and patents on long-term economic growth. *Journal of Technology Transfer* 47, 979–999.
- Blind, K., Krieger, B.; & Pellens, M. (2022b). The interplay between product innovation, publishing, patenting and developing standards, *Research Policy*, Volume 51, Issue 7, 104556.
- BMWK (2022): Nationale Marktüberwachungsstrategie der Bundesrepublik Deutschland,
- Boiral, O., Roy M.-J. (2007): ISO 9000: integration rationales and organizational impacts. *International Journal of Operations & Product Management*; 27(2):226–47.
- Boiral, O., Guillaumie, L., Heras-Saizarbitoria, I. & Tayo Tene, C.V. (2018): Adoption and Outcomes of ISO 14001: A Systematic Review. *International Journal of Management Reviews*, 20: 411-432. <https://doi.org/10.1111/ijmr.12139>
- Brown, N., Knee, P., Blind, K. (2022): The Role of Standardisation in Support of Emerging Technologies in the UK, BEIS.
- Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ) (2011): Akkreditierung: Studie zur wirtschaftlichen Bedeutung der Akkreditierung für die österreichische Wirtschaft, Wien.
- Bundesverband der Deutschen Industrie (2017): Position | New Legislative Framework: BDI-Kernforderungen zur Produktregulierung im EU-Binnenmarkt,
- Castka, P., Corbett, C. J. (2013): Management Systems Standards: Diffusion, Impact and Governance of ISO 9000, ISO 14000, and Other Management Standards , *Foundations and Trends R in Technology, Information and Operations Management*, Vol. 7, Nos. 3–4, 161–379.
- Cebr (2023): The Economic Impact of Standards in the context of developing countries, a Report on behalf of ISO.

- Che, D., Niu, N. (2022): Theories and Practices in Market Surveillance and Management: —An Analysis of the Implementation Tools and Paths of EU Legislation for Goods Based on the New Legislative Framework. In Proceedings of the 12th International Conference on Information Communication and Management (ICICM '22). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 84–88. <https://doi.org/10.1145/3551690.3551704>
- Chiarini, A., (2016): Strategies for improving performance in the Italian local government organizations. *Int. J. Qual. Reliab. Manag.* 33, 344–360. doi:10.1108/IJQRM-03-2014-0038
- Choudhary, M.A., Temple, P. & Zhao, L. (2013): Taking the measure of things: the role of measurement in EU trade. *Empirica* 40, 75–109 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10663-011-9178-z>
- Clougherty, J. A., Grajek, M. (2023): Decertification in quality-management standards by incrementally and radically innovative organizations, *Research Policy*, 52(1),104647, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104647>.
- DIN (2000): Gesamtwirtschaftlicher Nutzen der Normung, Beuth, Berlin.
- Eichstädt, S.; Keidel, A.; & Tesch, J. (2021): Metrology for the digital age, *Measurement: Sensors*, 18, 100232.
- ENISA (2024): Public Consultation on Specifications for EUICC Certification under the EUCC Scheme, <https://www.enisa.europa.eu/publications/public-consultation-on-specifications-for-euicc-certification-under-the-eucc-scheme>
- European Commission (2022a): Study on the Functions and Effects of European Standards and Standardisation in the EU and EFTA Member States, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/50114>.
- European Commission (2022b): Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Assessing the challenges and opportunities for market surveillance activities in relation to new technologies and digital supply chain – Final report, Publications Office of the European Union, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2873/270725> [Add to Citavi project by DOI]
- Frenz, M., Lambert, R. (2014): The Economics of Accreditation. *NCSLI Measure*, 9(2), 42–50. <https://doi.org/10.1080/19315775.2014.11721682>
- Frietsch, R.; Schmoch, U., (2010): Transnational Patents and International Markets. *Scientometrics* 82 (1), 185–200.
- Garrido E, González C, Orcos R. (2020): ISO 14001 and CO2 emissions: An analysis of the contingent role of country features. *Bus Strat Env.*; 29: 698–710. <https://doi.org/10.1002/bse.2402>
- Goluchowicz, K., Blind, K. (2011): Identification of future fields of standardisation: An explorative application of the Delphi methodology, *Technological Forecasting and Social Change*, 78(9), 1526-1541, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.04.014>.
- Gheorghiu, G., Spatariu, E.C., Trandafir, R.A., Carataş, M.A., Şerban-Comanescu, A. (2021): Analysis of the Market Surveillance Activity Carried Out in Romania by the Central Public Authority and the Assessment of Its Impact on Romanian Consumer Protection Based on the European Consumer Conditions Index, *Transformations in Business & Economics*, Vol. 20, No 2A (53A), 572-592.
- Guasch, J. L., Racine, J. L., Sanchez, I., & Diop, M. (2007): *Quality systems and standards for a competitive edge*. The World Bank.

- GWK (2021): Pakt für Forschung und Innovation: Monitoring-Bericht 2021, Band III
- Gyani, G. J. (2008): Effectiveness of QMS Certification Process, *Total Quality Management & Business Excellence*, 19:3, 263-279, DOI: 10.1080/14783360701601843
- Hackel, S., Härtig, F., Hornig, J., Wiedenhöfer, T. (2017): The Digital Calibration Certificate, *PTB-Mitteilungen* 127 (2017), Heft 4, doi: 10.7795/310.20170499
- Harmes-Liedtke, U.; Oteiza Di Matteo, J.J. (2021): Global Quality Infrastructure Index Report 2020; Bad Homburg/ Germany and Buenos Aires/ Argentina.
- Heß, P., Blind, K. (2024): The Effect of the COVID-19 Pandemic on Standardization, *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 71, pp. 1542-1554, 2024, doi: 10.1109/TEM.2023.3331973.
- Horry, R., Booth, C.A., Mahamadu, A., Manu, P., Georgakis, P., (2022): Environmental management systems in the architectural, engineering and construction sectors: a roadmap to aid the delivery of the sustainable development goals. *Environ. Dev. Sustain.* 24, 10585–10615. doi:10.1007/s10668-021-01874-3
- Hudson, J., Jones, P., (2003): International trade in 'quality goods'. Signalling problems for developing countries. *J. Int. Dev.* 15 (8), 999–1013. <https://doi.org/10.1002/jid.1029>.
- Ikram, M., Zhang, Q., Sroufe, R., Ferasso, M., (2021): Contribution of certification bodies and sustainability standards to sustainable development goals: an integrated grey systems approach. *Sustain. Prod. Consum.* 28, 326–345. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.05.019> .
- ISO (2021): Standards & economic growth: ISO members' research on the impact of standards on their national economies <https://www.iso.org/files/live/sites/iso-org/files/store/en/PUB100456.pdf>
- ISO (2022): Standards and innovation - What does the research say? <https://www.iso.org/publication/PUB100466.html>.
- Jungmittag, A., Blind, K., & Grupp, H. (1999): Innovation, standardisation and the long-term innovation, standardisation and the long-term production function. *Zeitschrift Für Wirtschafts Und Sozialwissenschaften*, 119, 205–222.
- Kaarls, R. (2006): Metrology in chemistry: Rapid developments in the global metrological infrastructure, the CIPM MRA and its economic and social impact, *International Symposium on Metrology in Chemistry (MiC), ACCREDITATION AND QUALITY ASSURANCE*, 11 (4) , pp.162-171.
- Kellermann, M. (2019): Ensuring Quality to Gain Access to Global Market: A Reform Toolkit. Worldbank and PTB.
- Klaschka, U. (2017): Trust, but verify! Personal care products in the rapid alert system database RAPEX, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 5, 30-41, <https://doi.org/10.1016/j.scp.2017.01.002>.
- Koch, C. & Mirtsch, M. (2023): Qualitätsinfrastruktur: Grundpfeiler für das Gütesiegel „Made in Germany“, für Innovation, Gesundheits- und Umweltschutz, [https://netzwerke.bam.de/\\_SharedDocs/DE/Downloads/qi-digital-definition-qi.pdf?\\_\\_blob=publication-File](https://netzwerke.bam.de/_SharedDocs/DE/Downloads/qi-digital-definition-qi.pdf?__blob=publication-File)
- Koch, C., Ladu, L., Asan Ashari, P., Blind, K., & Castka, P. (2022): *Digitalization in conformity assessment in Germany - A QI-FoKuS study*. Berlin: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM).

- Lim, S., & Prakash, A. (2017): From quality control to labor protection: ISO 9001 and workplace safety, 1993–2012. *Global Policy*, 8, 66-77.
- Link, A. N. (2021): The economics of metrology: an exploratory study of the impact of measurement science on U.S. productivity, *Economics of Innovation and New Technology*, DOI: 10.1080/10438599.2021.1895905
- Manders, B.; De Vries, H. J.; Blind, K. (2016). ISO 9001 and product innovation: A literature review and research framework, *Technovation*, vol. 48, pages 41-55.
- Mangelsdorf, A. (2011): The role of technical standards for trade between China and the European Union. *Technology Analysis & Strategic Management*, 23(7), 725–743.  
<https://doi.org/10.1080/09537325.2011.592267>
- Mirtsch, M., Blind, K., Koch, C., Dudek, G. (2021): Information security management in ICT and non-ICT sector companies: A preventive innovation perspective, *Computers & Security*, 109, 102383, <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102383>.
- Ng, T., Palaneeswaran, E., Kumaraswamy, M. (2012): Costs and Benefits of ISO9000-based Quality Management Systems to Construction Contractors. *Constr. Econ. Build.* 8, 23–29.  
doi:10.5130/AJCEB.v8i2.3003
- OECD (2022): OECD Reviews of Innovation Policy: Germany 2022: Building Agility for Successful Transitions, *OECD Reviews of Innovation Policy*, OECD Publishing, Paris,  
<https://doi.org/10.1787/50b32331-en>.
- Panagiotidou, E., Chountalas, P.T., Magoutas, A.I. and Kitsios, F.C. (2024): The multifaceted impact of ISO/IEC 17025 accreditation: a sector-specific analysis in civil engineering testing and calibration laboratories, *The TQM Journal*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print.  
<https://doi.org/10.1108/TQM-10-2023-0347>
- Perkmann, M., Tartari, V., McKelvey, M., Autio, E., Broström, A., D'Este, P., Fini, R., Geuna, A., Grimaldi, R., Hughes, H., Krabelh, S., Kitsong, M., Llerenai, P., Lissonij, F., Saltera, S. & Sobrero, M. (2013). Academic engagement and commercialisation: A review of the literature on university–industry relations. *Research Policy*, 42(2), 423-442.
- Perkmann, M., Salandra, R., Tartari, V., McKelvey, M., & Hughes, A. (2021): Academic engagement: A review of the literature 2011-2019. *Research Policy*, 50(1), 104114
- Prakash, A., & Potoski, M. (2014): Global private regimes, domestic public law: ISO 14001 and pollution reduction. *Comparative Political Studies*, 47(3), 369-394.
- Rab, S. & Brown, R. J. C. (2023): The UKQI: Status and Importance for National Growth. *MAPAN-Journal of Metrology Society of India*, 38(4):975–984, <https://doi.org/10.1007/s12647-023-00680-8>
- Ramkissoon, A. S., Nisi, A. (2024): The Value of Accreditation of Conformity Assessment. In: Bhatnagar, A., Yadav, S., Achanta, V., Harnes-Liedtke, U., Rab, S. (eds) *Handbook of Quality System, Accreditation and Conformity Assessment*. Springer, Singapore.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-99-4637-2\\_24-1](https://doi.org/10.1007/978-981-99-4637-2_24-1)
- Ritchie, W.J., Ni, J., Stark, E.M., Melnyk, S.A. (2019): The Effectiveness of ISO 9001-Based Healthcare Accreditation Surveyors and Standards on Hospital Performance Outcomes: A Balanced Scorecard Perspective. *Qual. Manag. J.* 26, 162–173. doi:10.1080/10686967.2019.1647770
- Schöneberg, K. (2020): *Branchenanalyse Laboranalytik - Update*, Working Paper Forschungsförderung, No. 171, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.

- Schmoch, U. (2008): Concept of a Technology Classification for Country Comparisons. Final Report to the World Intellectual Property Organization (WIPO). Fraunhofer ISI, Karlsruhe.
- Sin, K.Y., Jusoh, M.S., Mardani, A., (2021): Assessing the ideology of total quality management towards hotel sustainability performance: empirical evidence using structural equation modeling. *Int. J. Product. Qual. Manag.* 33, 311–335. doi:10.1504/IJPQM.2021.116934
- Swann, G.M.P. (2009): The Economics of Metrology and Measurement; Report for National Measurement Office, Department for Business, Innovation and Skills
- Swann G.M.P (2010): The Economics of Standardization: An Update, Report for the UK Department of Business, Innovation and Skills (BIS)
- Technopolis & DIN (2013): Entwicklungsperspektiven der Konformitätsbewertung und Akkreditierung in Deutschland; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie.
- Temple, P.; Williams, G. (2002): Infra-technology and economic performance: evidence from the United Kingdom measurement infrastructure, *Information Economics and Policy*, vol. 14(4), 435-452.
- Teubner, L. K., Henkel, J., Bekkers, R. (2021): Industry consortia in mobile telecommunications standards setting: Purpose, organization and diversity, *Telecommunications Policy*, 45, 3, 102059, <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.102059>.
- To, W.M., Lee, P.K.C., Yu, B.T.W. (2011): ISO 9001:2000 implementation in the public sector. *TQM J.* 23, 59–72. doi:10.1108/175427311111097498
- UNIDO (2018): Quality Infrastructure: UNIDO's unique approach, 2018, Retrieved from [https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-08/UNIDO\\_QI\\_CASE\\_FINAL\\_ONLINE\\_2.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-08/UNIDO_QI_CASE_FINAL_ONLINE_2.pdf)
- UNIDO (2022): Quality Infrastructure for Sustainable Development (QI4SD) Index <https://www.unido.org/news/unido-launches-quality-infrastructure-sustainable-development-qi4sd-index-celebrate-world-accreditation-day>
- Valero-Gil, Jordi A. Surroca, J., Tribo, J. A., Gutierrez, L., Montiel, I. (2023): Innovation vs. standardization: The conjoint effects of eco-innovation and environmental management systems on environmental performance, *Research Policy*, 52, 4, 104737, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104737>.
- VDI/VDE Innovation (2017): Die Rolle der Normung 2030 und Gestaltungsoptionen unter Berücksichtigung der technologiespezifischen Besonderheiten der IKT, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi).
- VDMA & Fraunhofer ISI (2020): Progressive Mess- und Prüftechnik 2030: Zukunftsbilder für den Maschinen- und Anlagenbau.
- Wakke, P., Blind, K. & Ramel, F. (2016): The impact of participation within formal standardization on firm performance. *J Prod Anal* 45, 317–330. <https://doi.org/10.1007/s11123-016-0465-3>.
- Wiegmann, P. M., de Vries, H. J., & Eom, D. (2023): Measuring societal impact of standards. Technische Universiteit Eindhoven.

## 11 Annex 1: Literaturliste der Literaturrecherche

---

- Aeni, Nur; Nurcahyo, Rahmat; Gabriel, Djoko Sihono (2021): Internal and external factors analysis of calibration laboratory accreditation in strengthening Indonesia quality infrastructure. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85114232823&partnerID=40&md5=2607c1562e8652ef8ff5d01976ea1866>.
- Alves, L. S.; Granjeiro, J. M. (2018): Thinking the future: development of metrology education in Brazil. In *J. Phys.: Conf. Ser.* 1044 (1), p. 12071. DOI: 10.1088/1742-6596/1044/1/012071.
- Angang, Zheng; Yinghui, Xu; Huaiying, Shang; Yan, Liu; Wulei, Zhang; Qi, Zhang (2020): NQI Status and Demand Analysis of Intelligent Electric Energy Meter Industry. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 461 (1). DOI: 10.1088/1755-1315/461/1/012023.
- Aswal, D. K. (2020): Quality Infrastructure of India and Its Importance for Inclusive National Growth. In *Mapan - Journal of Metrology Society of India* 35 (2), pp. 139–150. DOI: 10.1007/s12647-020-00376-3.
- Bakhtiar, A. (2014): The evaluation of national quality infrastructure system in Indonesia. In *ISTMET 2014 - 1st International Symposium on Technology Management and Emerging Technologies, Proceedings*. DOI: 10.1109/ISTMET.2014.6936535.
- Banerjee, S. (2019): Assessment of the trends and challenges in quality management system/iso-9001:2008/ implementation: The case of agro-food industries in India. In *International Journal of Advanced Science and Technology* 28 (17), pp. 542–595. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85081366517&partnerID=40&md5=c4567fbd3f573746270f411f7e8d3911>.
- Barata, João; Da Cunha, Paulo Rupino; Costa, Cristina Chuva (2013): The foundations for an IS quality culture in the context of ISO 9001. In *Proceedings of the European, Mediterranean and Middle Eastern Conference on Information Systems, EMCIS 2013*. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85084021684&partnerID=40&md5=aa5adf887a319322facd7ff4b45398b2>.
- Barry, Kevin (2020): A roadmap for building a commercial space ecosystem based on historical analysis of establishing physical, financial, and legal infrastructure in new economic environments. In *Accelerating Space Commerce, Exploration, and New Discovery Conference, ASCEND 2020*. DOI: 10.2514/6.2020-4058.
- Bilgiç, Tuğçe Akkaya; Timur, Selin Seda; Gürsoy, R. Neslihan (2021): TS EN ISO/IEC 17025 Accreditation of Cosmetic Laboratories; [Kozmetik Laboratuvarlarının TS EN ISO/ IEC 17025 Akreditasyonu]. In *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy* 41 (3), pp. 162–176. DOI: 10.52794/hujpharm.790227.
- Bishnoi, Ashwani; Garg, Sweety (2022): Private investment slowdown in India: An empirical assessment. In *International Journal of Economic Policy in Emerging Economies* 15 (1), pp. 70–85. DOI: 10.1504/ijepee.2022.120075.
- Blind, K. (2019): Standardization and standards as science and innovation indicators. In *Springer Handbooks*, pp. 1057–1068. DOI: 10.1007/978-3-030-02511-3\_44.
- Blumer, Yann B.; Moser, Corinne; Patt, Anthony; Seidl, Roman (2015): The precarious consensus on the importance of energy security: Contrasting views between Swiss energy users and



- experts. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 52, pp. 927–936. DOI: 10.1016/j.rser.2015.07.081.
- Brezak, Biserka Bajzek (2008): Croatian Accreditation Agency (HAA) - Important wheel of Croatian National Quality Infrastructure. In 20th International Metrology Symposium and 1st Regional Metrology Organisations Symposium 2008, RMO 2008. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84872516128&partnerID=40&md5=4016042e022a654d4dbb9bde95278402>.
- Brown, Richard J. C.; Brewer, Paul J.; Harris, Peter M.; Davidson, Stuart; van der Veen, Adriaan M. H.; Ent, Hugo (2017): On the traceability of gaseous reference materials. In *Metrologia* 54 (3), L11 – L18. DOI: 10.1088/1681-7575/aa6ede.
- Brown, Richard J.C. (2021): Measuring measurement – What is metrology and why does it matter? In *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation* 168. DOI: 10.1016/j.measurement.2020.108408.
- Chen, Xiangpeng; Wang, Rongxi; Gao, Jianmin (2023): An optimization framework for enterprise quality infrastructure system under coupling constraints. In *International Journal of Production Economics* 262 (2), p. 108897. DOI: 10.1016/j.ijpe.2023.108897.
- Chen, Xiangpeng; Xie, Juntao; Gao, Jianmin; Wang, Rongxi; Jiang, Jiandong (2021): Dynamic knowledge graph based construction of quality infrastructure system for non-API oil country tubular goods. In *Journal of Physics: Conference Series* 2101 (1). DOI: 10.1088/1742-6596/2101/1/012041.
- Chin, Kwai-Sang; Pun, Kit-Fai; Hua, Hong-Ming (2001): Consolidation of China's quality transformation efforts: a review. In *International Journal of Quality and Reliability Management* 18 (8), pp. 836–853. DOI: 10.1108/EUM0000000006032.
- Denkler, Tilman (2021): Accreditation in Europe: benchmarking the operations of European accreditation bodies using an innovative management tool. In *Accreditation and Quality Assurance* 26 (1), pp. 47–57. DOI: 10.1007/s00769-021-01459-7.
- Doner, Richard; Schneider, Ross (2020): Centripetal politics and institution building in exiting the middle-income trap. In *Trapped in the Middle?: Developmental Challenges for Middle-Income Countries*. DOI: 10.1093/oso/9780198852773.003.0005.
- dos Reis, Marcello Carvalho; Almeida, Maria Fatima Ludovico de (2021): Quality infrastructure and innovation in the Brazilian information technology services: Evidence from the National Innovation Survey. In *Journal of Physics: Conference Series* 1826 (1). DOI: 10.1088/1742-6596/1826/1/012025.
- Drnovšek, Janko; Pušnik, Igor; Bojkovski, Jovan; Begeš, Gaber (2010): Regional cooperation in proficiency testing: Strategy planning and practical experiences in Western Balkan countries. In *Accreditation and Quality Assurance* 15 (2), pp. 125–131. DOI: 10.1007/s00769-009-0569-9.
- Duan, Qi; Li, Chengcheng; Wu, Fang (2022): Design of Comprehensive NQI Demand Evaluation System Based on Multi-objective Evolutionary Algorithm. In *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies* 84, pp. 11–18. DOI: 10.1007/978-981-16-5857-0\_2.
- Eichstädt, Sascha (2017): PTB digitalization strategy; [PTB-Digitalisierungsstrategie]. In *PTB - Mitteilungen Forschen und Prüfen* 127 (4), pp. 11–66. Available online at

- <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85047006522&partnerID=40&md5=283b91654ffb1d7f52d65408a40a04a7>.
- Eichstädt, Sascha (2018): Metrology for the digitalization of economy and society; [Metrologie für die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft]. In Sensoren und Messsysteme - 19. ITG/GMA-Fachtagung. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096788962&partnerID=40&md5=2b3f7a2d50d4c5ce06cf4a77510ab97c>.
- Eichstädt, Sascha (2020): Metrology for the digitalization of economy and society; [Metrologie für die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft]. In Sensoren und Messsysteme - Beiträge der 19. ITG/GMA-Fachtagung. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85082444884&partnerID=40&md5=6e5c06bb60cc8a0af8e3305892a75caa>.
- Eichstädt, Sascha; Keidel, Anke; Tesch, Julia (2021): Metrology for the digital age. In Measurement: Sensors 18. DOI: 10.1016/j.measen.2021.100232.
- Feng, Lei; Liao, Jingxing; Huang, Juxiu (2018a): Research on the construction of national quality infrastructure capability index. In Conference Proceedings of the 6th International Symposium on Project Management, ISPM 2018. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060641939&partnerID=40&md5=8f149516fca432b1c202e8c27fdbe2b6>.
- Feng, Lei; Liao, Jingxing; Huang, Juxiu (2018b): The evaluation method and empirical study of national quality infrastructure capability index. In Conference Proceedings of the 6th International Symposium on Project Management, ISPM 2018. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060633807&partnerID=40&md5=83a686aec88432758d0dd115fbb23259>.
- Feng, Yaorong; Li, Helin; Han, Lihong; Zhang, Zhonghua; Zhang, Chuanyou; Cheng, Haitao et al. (2022): Progress and prospects of manufacturing technology for oil country tubular goods in China. In Petroleum Science Bulletin 7 (2), pp. 229–241. DOI: 10.3969/j.issn.2096-1693.2022.02.021.
- Frota, M. N.; Racine, J. L.; Blanc, F.; Rodrigues, P.; Ibragimov, S.; Torkhov, D.; Osavolyuk, S. (2010): Assessment of the Ukrainian quality infrastructure: Challenges imposed by the WTO and commitments to EU accession. In Key Engineering Materials 437, pp. 611–615. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.437.611.
- Gallego, Juan Miguel; Gutiérrez Ramírez, Luis H. (2023): Quality certification and firm performance. The mediation of human capital. In International Journal of Productivity and Performance Management 72 (3), pp. 710–729. DOI: 10.1108/IJPPM-12-2020-0643.
- Garg, N.; Rab, S.; Varshney, A.; Jaiswal, S. K.; Yadav, S. (2021): Significance and implications of digital transformation in metrology in India. In Measurement: Sensors 18. DOI: 10.1016/j.measen.2021.100248.
- Gilbert, D. J. (2010): The 10th European Conference on Non-Destructive Testing, 7-11 June 2010, Moscow. In Insight: Non-Destructive Testing and Condition Monitoring 52 (9), pp. 466–467. DOI: 10.1784/insi.2010.52.9.466.
- Gogolinskiy, Kirill V.; Syasko, Vladimir A. (2020): Metrological Assurance and Standardization of Advanced Tools and Technologies for nondestructive Testing and Condition Monitoring (NDT4.0). In Research in Nondestructive Evaluation 31 (5-6), pp. 325–339. DOI: 10.1080/09349847.2020.1841863.

- Gonçalves, Jorge; Peuckert, Jan (2016): The contributions of quality infrastructure to national innovation systems: Implications for development policy. In *Innovation Systems and Capabilities in Developing Regions: Concepts, Issues and Cases*. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84894104213&partnerID=40&md5=a62f84e71d092e0004cba6b6400bf9a2>.
- Göthner, Karl-Christian; Peuckert, Jan; Rovira, Sebastián (2011): Impact studies - QI impact of the Quality Infrastructure in Latin America: Institutions, practices and challenges for public policies. In *PTB - Mitteilungen Forschen und Prüfen* 121 (4), pp. 435–436. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84855641098&partnerID=40&md5=378753be6872380ab21aae3c1b1e9eb9>.
- Grote, Ulrike (2011): Quality infrastructure - A contribution to good governance; [Qualitätsinfrastruktur - Ein Beitrag zu Good Governance]. In *PTB - Mitteilungen Forschen und Prüfen* 121 (4), pp. 429–433. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84855671466&partnerID=40&md5=3292cc0d6c362b2436b2b90fb515d4ee>.
- Guerra, R. M.; Meizoso, M. C.; Ramírez, J. R. (2015): Influence of the quality infrastructure in the development of medical technologies. In *IFMBE Proceedings* 49. DOI: 10.1007/978-3-319-13117-7\_190.
- Hackel, Siegfried; Schönhals, Shanna; Doering, Lutz; Engel, Thomas; Baumfalk, Reinhard (2023): The Digital Calibration Certificate (DCC) for an End-to-End Digital Quality Infrastructure for Industry 4.0. In *Sci* 5 (1), p. 11. DOI: 10.3390/sci5010011.
- Hall, B. D.; White, D. R. (2021): Digital representation of measurement uncertainty. In *Measurement: Sensors* 18. DOI: 10.1016/j.measen.2021.100074.
- Henson, A. (2021): Metrological traceability: A global perspective. In *Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi* 206. DOI: 10.3254/ENFI210027.
- Huang, M. D., Xia, T. B., Zhang, H., Pan, E. S. & Xi, L. F. (2020). Relevance of Quality Infrastructure with Promoting Export Quality: Evidence from Emerging Markets. *JOURNAL OF GREY SYSTEM*, 32/4, 32-51.
- Isharyadi, Febrian; Kristiningrum, E. (2021): Profile of system and product certification as quality infrastructure in Indonesia. In *Open Engineering* 11 (1), pp. 556–569. DOI: 10.1515/eng-2021-0054.
- Jelić, M.; Krstić, I.; Živković, V. (2014): Institutional collaboration between national standards body and national metrology institute - An actual model. In *5th International Metrology Conference, CAFMET 2014*. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85039933325&partnerID=40&md5=45a2f2125ca419e28873152a94f98c8b>.
- Jingxing, Liao; Lei, Feng; Juxiu, Huang (2019): Construction of the indicator system applied to evaluate basic capabilities of smart meter enterprises on NQI. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 486 (1). DOI: 10.1088/1757-899X/486/1/012119.
- Jingye, Liu (2019): *QUALITY INFRASTRUCTURE PARTNERSHIP PLAN (JAPAN)*. In *Routledge Handbook of the Belt and Road*. DOI: 10.4324/9780429203039-101.
- Julin, Andreas (1998): European quality promotion policy for improving the competitiveness of european industry. In *Accreditation and Quality Assurance* 3 (5), pp. 208–210. DOI: 10.1007/s007690050224.

- Jun, Liu; Xiang, Fang; Taisheng, Shang (2017): Thinking and practicing of national quality infrastructure in China. In 3rd IMEKOFODS Conference: Metrology Promoting Harmonization and Standardization in Food and Nutrition. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85050460038&partnerID=40&md5=add73b04c580a0209d0ce4fbdd6b235b>.
- Justen, Cristiane Ramos; Almeida, Maria Fatima Ludovico de; Souza, Reinaldo Castro (2016): Innovation and quality infrastructure in the Brazilian electricity sector. In IAMOT 2016 - 25th International Association for Management of Technology Conference, Proceedings: Technology - Future Thinking. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84988423248&partnerID=40&md5=cd949ee6844e2dbf6f86f76e99b44e95>.
- Keidel, Anke; Eichstadt, Sascha (2021): Interoperable processes and infrastructure for the digital transformation of the quality infrastructure. In 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2021 - Proceedings. DOI: 10.1109/MetroInd4.0IoT51437.2021.9488563.
- Kocas, Ilknur; Durgut, Yasin (2010): The infrastructure and activities of tubitak UME pressure group laboratories. In 3rd International Metrology Conference 2010, CAFMET 2010. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84871539895&partnerID=40&md5=a6ed6b58eed3093572004b52e5748f9>.
- Koch, Claudia; Asna Ashari, Parsa; Mirtsch, Mona; Blind, Knut; Castka, Pavel (2022): Impact of the COVID-19 pandemic on accredited conformity assessment bodies: insights from a multinational study. In Accreditation and Quality Assurance 27 (5), pp. 275–288. DOI: 10.1007/s00769-022-01514-x.
- Koga, Kei (2022): The Emerging Power Play in the Mekong Subregion: A Japanese Perspective. In Asia Policy 17 (2), pp. 28–34. DOI: 10.1353/asp.2022.0023.
- Krishna, Anuj; Tripathy, S. Swarupa; Vinod; Singh, Nahar (2022): Futuristic Role of Bhartiya Nirdeshak Dravya an Indian Reference Material on Safety and Quality of Food Products. In Mapan - Journal of Metrology Society of India 37 (3), pp. 511–516. DOI: 10.1007/s12647-022-00539-4.
- Krstelj, V. (2010): EFNDT POSITIONING IN EUROPEAN QUALITY INFRASTRUCTURE. In 10TH EUROPEAN CONFERENCE ON NON-DESTRUCTIVE TESTING 2010 (ECNDT), VOLS 1-5. ISBN: 978-1-61782-791-4
- Perfeito, Isabel (2020): CONFORMITY ASSESSMENT OF CALLIPERS ACCORDING TO ISO 13385-1:2019-UPDATE IN MEASURING UNCERTAINTY. In 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE INTEGRITY-RELIABILITY-FAILURE (IRF2020). ISBN: 978-989-54756-1-2
- Kristiningrum, Ellia; Isharyadi, Febrian; Susanto, Danar Agus; Setyoko, Ajun Tri; Ayundyahrini, Meilinda (2022): Assessment of Standardization Profiles in Indonesia as Part of Quality Infrastructure. In AIP Conference Proceedings 2664. DOI: 10.1063/5.0108071.
- Kumah, Mustapha (2008): Standards in ghana. In Standardization News 36 (6). Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-58849121528&partnerID=40&md5=542c871f270d08ad951a39a48d59fb5b>.
- Kumar, Vinay; Albashrawi, Saleh (2022): Quality Infrastructure of Saudi Arabia and Its Importance for Vision 2030. In Mapan - Journal of Metrology Society of India 37 (1), pp. 97–106. DOI: 10.1007/s12647-021-00523-4.

- Kuster, Mark (2020): A Measurement Information Infrastructure's Benefits for Industrial Metrology and IoT. In 2020 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2020 - Proceedings. DOI: 10.1109/MetroInd4.0IoT48571.2020.9138200.
- Kuster, Mark (2021): Metrological data completeness for digital transformation. In 2021 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2021 - Proceedings. DOI: 10.1109/MetroInd4.0IoT51437.2021.9488455.
- Kyriazis, G. A.; Göthner, K-C (2023): Quality infrastructure for energy efficiency of household appliances in Latin America and the Caribbean. In J. Phys.: Conf. Ser. 2606 (1), p. 12034. DOI: 10.1088/1742-6596/2606/1/012034.
- Langston, Craig; Crowley, Charles (2022): Fiscal Success: Creating Quality Infrastructure in a Post-COVID World. In Sustainability 14 (3), p. 1642. DOI: 10.3390/su14031642.
- Li, Dixing; Chen, Ziyuan; Liang, Li; Ma, Jian; Wei, Xing; Chen, Yue (2023): Evaluation Method of Electricity Metering Equipment R&D Ability Based on NQI. In : 2023 IEEE 16th International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI). 2023 IEEE 16th International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI). Harbin, China, 09/08/2023 - 11/08/2023: IEEE, pp. 249–253.
- Li, Qi; Li, Xiangzhen; Jiang, Zengqiang; Mingcheng, E.; Ma, Jing (2019): Industry Quality Infrastructure: A Review. In Proceedings of 2019 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering, QR2MSE 2019. DOI: 10.1109/QR2MSE46217.2019.9021243.
- Liao, J. X., Feng, L. & Wu, S. P. (2018). Research on the Theory of Collaborative Service of National Quality Infrastructure. PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON JUDICIAL, ADMINISTRATIVE AND HUMANITARIAN PROBLEMS OF STATE STRUCTURES AND ECONOMIC SUBJECTS (JAHP 2018), 252, 304-307.
- Liu, H. (2018). Study on Action Mechanism of Industrial Development Supported by National Quality Infrastructure. PROCEEDINGS OF THE 2018 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOCIAL SCIENCE AND HIGHER EDUCATION (ICSSHE 2018), 181, 255-259.
- Liu, Hui (2020): National Quality Infrastructure Supports Smart Grid Construction in China-Taking the State Grid as an Example. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 531 (1). DOI: 10.1088/1755-1315/531/1/012011.
- Mao, Caixia (2023): North–South development competition and the quality and sustainability of Chinese and Japanese trans-national infrastructure initiatives. In Journal of International Development 35 (2), pp. 331–346. DOI: 10.1002/jid.3694.
- Martins, Anabela; Martins da Silva, Joaquim F.; Sampaio, Paulo; Lima, Nelson (2022): Quality and competence management in microbial biobanks. In Importance of Microbiology Teaching and Microbial Resource Management for Sustainable Futures. DOI: 10.1016/B978-0-12-818272-7.00009-2.
- Meškuotienė, Asta; Dobilienė, Justina; Raudienė, Edita; Gaidamovičiūtė, Lilijana (2022): A Review of Metrological Supervision: Towards the Common Understanding of Metrological Traceability in Legal and Industrial Metrology. In Mapan - Journal of Metrology Society of India 37 (3), pp. 693–701. DOI: 10.1007/s12647-022-00594-x.

- Miličević, Kruno; Tolić, Ivan; Vinko, Davor; Horvat, Goran (2022): Blockchain-Based Concept for Digital Transformation of Traceability Pyramid for Electrical Energy Measurement. In *Sensors* 22 (23). DOI: 10.3390/s22239292.
- Molina-Castro, Gabriel; Venegas-Padilla, Jimmy; Molina-Marcia, Junette; Scarioni, Luciana; Calderón-Jiménez, Bryan (2021): Improving the quality control of drinking water in Nicaragua through proficiency testing in a metrological multilateral cooperation project. In *Scientific Reports* 11 (1). DOI: 10.1038/s41598-021-96230-w.
- Moljevic, Slavisa (2016): Influence of quality infrastructure on regional development. In *International Journal for Quality Research* 10 (2), pp. 433–452. DOI: 10.18421/IJQR10.02-13.
- Münch, Florian Anselm; Marian, Adela (2022): The design of technical requirements in public solar auctions: Evidence from India. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 154, p. 111713. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111713.
- Mustapää, Tuukka; Nummiluikki, Juho; Viitala, Raine (2022): Digitalization of Calibration Data Management in Pharmaceutical Industry Using a Multitenant Platform. In *Applied Sciences (Switzerland)* 12 (15). DOI: 10.3390/app12157531.
- Mwatu, Shadrack Muthami (2022): Institutions and export performance: firm level evidence from Kenya. In *International Review of Economics* 69 (4), pp. 487–506. DOI: 10.1007/s12232-022-00401-8.
- Ni, Shiyong; Bai, Xiwen; Li, Lefei (2022): Behind the heterogeneous trade effects of standards: Multi-sector evidence from China. In *Journal of Asian Economics* 82, p. 101513. DOI: 10.1016/j.asieco.2022.101513.
- Ntlhane, Makibane Daniel; Akinlabi, Stephen A.; Mbohwa, Charles (2016): Comparison of quality infrastructure of the Republic of South Africa and Sweden. In *Lecture Notes in Engineering and Computer Science* 2224. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84994285865&partnerID=40&md5=e15af70ce33d6872690a52035bc46de9>.
- Nummiluikki, Juho; Saxholm, Sari; Kärkkäinen, Anu; Koskinen, Sami (2023): Digital Calibration Certificate in an industrial application. In *Acta IMEKO* 12 (1), pp. 1–6. DOI: 10.21014/actaimeko.v12i1.1402.
- Olaru, Marieta; Stolerii, Ghiorghija (2009): Study regarding the nonconformities identified during internal and external audits of the quality management systems in the SMEs from Romania; [Studiu privind neconformitățile constatate cu prilejul auditurilor interne și externe ale sistemelor de management al calității în cazul IMM -urilor din România]. In *Quality - Access to Success* 10 (5), pp. 3–10. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-67649910510&partnerID=40&md5=92836cfa04ed7024e815b863faf75663>.
- Oppermann, Alexander; Eickelberg, Samuel; Exner, John; Bock, Thomas; Bernien, Matthias; Niepraschk, Rolf et al. (2022): Digital Transformation in Metrology: Building a Metrological Service Ecosystem. In *Procedia Computer Science* 200. DOI: 10.1016/j.procs.2022.01.229.
- Osseni, Loukoumanou (2017): The Management of Quality: the Challenges of a Regional Governance in West Africa; [Le management de la qualité: Les défis d’une gouvernance régionale en Afrique de l’Ouest]. In *4th International Metrology Conference 2012, CAFMET 2012*. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85039996548&partnerID=40&md5=26901dbffe18868b4d96d24441a5d3f7>.

- Osseni, Loukoumanou; Charki, Abdérafi; Kebe, Fadel; Calchera, Gilles; Martin, Luc; Bonnier, Georges (2015): Quality management: The challenges of regional governance in West Africa. In *International Journal of Metrology and Quality Engineering* 6 (4). DOI: 10.1051/ijmqe/2015027.
- Querdiane, Fadoua; Heider, Carola (2010): Encouraging regional integration by use of Information and Communication Technologies; [Encouragement à l'Intégration régionale par l'usage des technologies de l'information et de la communication]. In *3rd International Metrology Conference 2010, CAFMET 2010*. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84871536728&partnerID=40&md5=b3f2d070553a1093299d61402481a7ff>.
- Parsa Asna Ashari; Hyochan Oh; Claudia Koch (2024): Pathways to the hydrogen economy: A multidimensional analysis of the technological innovation systems of Germany and South Korea. In *International Journal of Hydrogen Energy* 49, pp. 405–421. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.08.286.
- Pascha, Werner (2019): The new dynamics of multilateral cooperation mechanisms in East Asia- China's Belt and road initiative, the asian infrastructure investment bank, and Japan's partnership for quality infrastructure. In *How China's Silk Road Initiative is Changing the Global Economic Landscape*. DOI: 10.4324/9780429455193-9.
- Pascha, Werner (2020): The quest for infrastructure development from a "market creation" perspective: China's "Belt and Road", Japan's "Quality Infrastructure" and the EU's "Connecting Europe and Asia". In *International Economics and Economic Policy* 17 (3), pp. 687–704. DOI: 10.1007/s10368-020-00468-0.
- Pejović, Gordana; Filipović, Jovan; Tasić, Ljiljana (2011): How to remove barriers to medicines trade in emerging economies: The role of medicines regulatory authority in Serbia. In *Accreditation and Quality Assurance* 16 (4-5), pp. 253–261. DOI: 10.1007/s00769-010-0749-7.
- Peuckert, Jan (2014): What shapes the impact of environmental regulation on competitiveness? Evidence from Executive Opinion Surveys. In *Environmental Innovation and Societal Transitions* 10, pp. 77–94. DOI: 10.1016/j.eist.2013.09.009.
- Phoumin, Han; Kimura, Fukunari; Arima, Jun (2021): Asean's energy transition towards cleaner energy system: Energy modelling scenarios and policy implications. In *Sustainability (Switzerland)* 13 (5), pp. 1–29. DOI: 10.3390/su13052819.
- Popovych, Tetiana; Korol, Volodymyr; Poliukhovych, Valerii; Bezukh, Oleksandr; Pilkov, Kostiantyn (2022): Improvement of the legislative framework for the sustainable development of the state. In *International Journal of Public Law and Policy* 8 (3-4), pp. 242–255. DOI: 10.1504/IJPLAP.2022.124429.
- Popovych, Tetiana G.; Polyukhovych, Valeriy I.; Pozhodzhuk, Tetiana B.; Kovalyshyn, Oleksandr R. (2020): Economy, law, community: Sustainable development and a new paradigm. In *Asia Life Sciences* (1), pp. 39–56. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85087961334&partnerID=40&md5=1cb144d64c08e94d62ae0fced672f5e5>.
- Purwanggono, Bambang; Bakhtiar, Arfan; Suliantoro, Hery; Setyowati, Priska Retnosari (2019): Toward standards harmonization in asean economic community: A comparative study of national standardization bodies in Indonesia and Malaysia. In *Journal of Engineering Science and Technology* 14 (1), pp. 321–337. Available online at

- <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85062007840&partnerID=40&md5=bd39db5cd98183f28ebdb6b4cabfedb9>.
- Rab, Shanay; Brown, Richard J. C. (2023): The UKQI: Status and Importance for National Growth. In MAPAN 38 (4), pp. 975–984. DOI: 10.1007/s12647-023-00680-8.
- Rab, Shanay; Wan, Meher; Sharma, Raman Kumar; Kumar, Lalit; Zafer, Afaqul; Saeed, Khizer; Yadav, Sanjay (2023): Digital Avatar of Metrology. In MAPAN 38 (3), pp. 561–568. DOI: 10.1007/s12647-023-00641-1.
- Rab, Shanay; Yadav, Sanjay; Garg, Naveen; Rajput, Shivani; Aswal, D. K. (2020): Evolution of Measurement System and SI Units in India. In Mapan - Journal of Metrology Society of India 35 (4), pp. 475–490. DOI: 10.1007/s12647-020-00400-6.
- Rab, Shanay; Yadav, Sanjay; Haleem, Abid; Jaiswal, S. K.; Aswal, D. K. (2021a): Improved model of Global Quality Infrastructure Index (GQII) for inclusive national growth. In Journal of Scientific and Industrial Research 80 (9), pp. 790–799. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85116153610&partnerID=40&md5=e2b3806ec235c9eb20e61473acd19743>.
- Rab, Shanay; Yadav, Sanjay; Jaiswal, S. K.; Haleem, Abid; Aswal, D. K. (2021b): Quality infrastructure of national metrology institutes: A comparative study. In Indian Journal of Pure and Applied Physics 59 (4), pp. 285–303. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85104594270&partnerID=40&md5=554164cfecb1208e08da19c32bb94a2e>.
- Ramirez, Ann-Katrin P.; Wolff, Carl F. (2017): Building quality infrastructure services for water and sanitation providers in Latin America - Examples from German development cooperation. In Periodico Tche Quimica 14 (28), pp. 18–22. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85041741864&partnerID=40&md5=e9baf8c742cfd094f532c4fd39083d18>.
- Ren, Ling-Ling (2019): The Experience from Full Chain Implementation of NQI Technologies Based on Graphene Related Productions; [石墨烯材料NQI技术全链条实施经验]. In Jiliang Xuebao/Acta Metrologica Sinica 40 (3), pp. 538–540. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1158.2019.03.31.
- Richter, Wolfgang (2005): Quality infrastructure for chemical measurements in Costa Rica. In Accreditation and Quality Assurance 10 (4), pp. 177–178. DOI: 10.1007/s00769-005-0916-4.
- Robatto, O.; Quagliata, E.; Santo, C.; Sica, A.; Sponton, M. (2013): The role of LATU as national metrology institute of Uruguay and its responsibilities. In AIP Conference Proceedings 1552 8. DOI: 10.1063/1.4819524.
- Ruso, Jelena; Filipovic, Jovan (2020): How do Public Policy-makers Perceive National Quality Infrastructure? the Case of Serbia as an EU Pre-accession Country. In European Review 28 (2), pp. 276–293. DOI: 10.1017/S1062798719000085.
- Ruso, Jelena; Filipovic, Jovan; Rankovic, Biljana (2017): The Serbian quality infrastructure as viewed by the quality managers. In Serbian Journal of Management 12 (2). DOI: 10.5937/sjm12-14458.
- Saleh, Shadi S.; Alameddine, Mohamad S.; Natafqi, Nabil M. (2014): Beyond accreditation: A multi-track quality-enhancing strategy for primary health care in low- and middle-income countries. In International Journal of Health Services 44 (2), pp. 355–372. DOI: 10.2190/HS.44.2.k.



- Sanjid, Mahammad Arif; Chaudhary, K. P.; Yadav, Sanjay; Sen, Mrinal; Ghoshal, Sanjoy K. (2023): Prospects of Digitalizing Dimensional Metrology. In Lecture Notes in Electrical Engineering 906, pp. 373–381. DOI: 10.1007/978-981-19-2468-2\_40.
- Schorn, Christian Andreas; Theis, Danjana (2014): The concept of test centre development with respect to the establishment of test capacities for solar thermal markets. In Energy Procedia 57. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.10.323.
- Shen, Jing; Zhang, Yang; Guo, Benhai; Zheng, Suli (2020): Coupling relationship analysis between quality infrastructure and ecological environment quality for policy implications. In International Journal of Environmental Research and Public Health 17 (20), pp. 1–18. DOI: 10.3390/ijerph17207611.
- Shen, Jing; Zhang, Yang; Zheng, Suli (2019): A Methodological Framework of Assessing National Quality Infrastructure Efficacy for Quality Management. In IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. DOI: 10.1109/IEEM44572.2019.8978925.
- Simionescu, Mihai (2006): Quality management of test and measurements results: From national standards to the end user. In 18th IMEKO World Congress 2006: Metrology for a Sustainable Development 2. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84877751212&partnerID=40&md5=ceebf83bf94f151cf5de97dfbbe19688>.
- Söderberg, Marie (2020): Japan-Eu Relations. In The Oxford Handbook of Japanese Politics. DOI: 10.1093/oxfordhb/9780190050993.013.44.
- Softic, Almira; Uzunovic, Nermina Zaimovic; Lemes, Samir (2021): BLOCKCHAIN-BASED METROLOGICAL TRACEABILITY. In Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium 32 (1). DOI: 10.2507/32nd.daaam.proceedings.075.
- Stamm, Andreas (2011): Anchor countries and quality infrastructure; [Ankerländer und qualitätsinfrastruktur]. In PTB - Mitteilungen Forschen und Prüfen 121 (4), p. 380. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84855643282&partnerID=40&md5=ea107a7c4be82e0fda1d57e3cb60daaf>.
- Sun, Rui; Xiao, Hua-Feng; Niu, Chen-Hui; Cao, Qing-Wei; Yao, Zhong-Yuan (2022): National Quality Infrastructure System and Its Application Progress in Photovoltaic Industry. In Electronics (Switzerland) 11 (3). DOI: 10.3390/electronics11030426.
- Thiel, Florian; Esche, Marko; Toro, Federico Grasso; Peters, Daniel; Oppermann, Alexander; Wetzlich, Jan; Dohlus, Maximilian (2017): A digital quality infrastructure for Europe: The European metrology cloud. In PTB - Mitteilungen Forschen und Prüfen 127 (4), pp. 83–97. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85047009475&partnerID=40&md5=d2f5add2ea7d6a18df34ad1565ecf5a2>.
- Viki Mbuya, Kanama (2017): Accreditation process in the metrology laboratory of the Congolese Control Office: difficulties and perspective; [Processus d'accréditation du laboratoire de métrologie de l'Office Congolais de Contrôle: difficultés et perspective.]. In 4th International Metrology Conference 2012, CAFMET 2012. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85039982732&partnerID=40&md5=5b1834a01a83f7b7b367ee97517f966c>.

- Wehmer, Carl Martin; Frota, Mauricio Nogueira (2012): The role of metrology-related functions for the free movement of goods. In 20th IMEKO World Congress 2012 1. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84880448869&partnerID=40&md5=4465fb566f7569c0301342c4f231f9db>.
- Wong, Wang-wah (2017): Accreditation, a Key Recognition for the Analysis of Food Toxins and Contaminants. In Analysis of Food Toxins and Toxicants 1-2. DOI: 10.1002/9781118992685.ch20.
- Wurster, Simone; Schulze, Rita; Simon, Ramona G.; Hoyer, Stefan (2021): A grounded theory on sustainable circular public procurement in germany: Specific product case and strategies. In Sustainability (Switzerland) 13 (24). DOI: 10.3390/su132413525.
- Xiangpeng Chen; Rongxi Wang; Jianmin Gao (2023): An optimization framework for enterprise quality infrastructure system under coupling constraints. In International Journal of Production Economics 262, p. 108897. DOI: 10.1016/j.ijpe.2023.108897.
- Yandayan, Tanfer; Dahlan, Ahmad M. (2010): Promotion of cooperation activities in metrology between Europe and South East Asia. In 3rd International Metrology Conference 2010, CAFMET 2010. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84871602729&partnerID=40&md5=701015f6979f84fb58e5f525aa3853ac>.
- Yang, Jingna (2022): Research on the NQI Collaborative Service Mode in Inner Mongolia. In Conference Proceedings of the 10th International Symposium on Project Management, China, ISPM 2022. DOI: 10.52202/065147-0181.
- Yibing, Tan (2020): Analysis of NQI technology integration and application status of building sanitary ceramics industry. In E3S Web of Conferences 185. DOI: 10.1051/e3sconf/202018502031.
- Yoshimatsu, Hidetaka (2021): Japan's strategic response to China's geo-economic presence: quality infrastructure as a diplomatic tool. In Pacific Review 36 (1), pp. 148–176. DOI: 10.1080/09512748.2021.1947356.
- Zeppenfeld, Lea (2017): Quality infrastructure for solar energy. In 4th International Metrology Conference 2012, CAFMET 2012. Available online at <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85040011229&partnerID=40&md5=0ce9dc8d151c09608f1f9da094e19791>.
- Zhao, Lin; Liu, Shixin (2020): Retrospective Analysis of Amusement Rides Accidents Based on Cognitive Reliability and Error Analysis Method. In 2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications, ICIEA 2020. DOI: 10.1109/ICIEA49774.2020.9101961.
- Zheng, Angang; Xu, Yinghui; Shang, Huaiying; Liu, Yan; Wang, Yifan (2019): Research on the architecture of nqi one-stop service cloud platform in smart grid measurement field. In Proceedings - 2019 4th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering, ICMCCE 2019. DOI: 10.1109/ICMCCE48743.2019.00178.

## 12 Annex 2: Informationen zum Szenarioworkshop Nr.1

---

Mit 16 Akteur:innen aus dem Kontext der QI (siehe Tabelle unten) wurde am 10.10.2023 in Berlin der erste der beiden Szenarioprozessworkshops als hybride Veranstaltung durchgeführt, wobei 14 Teilnehmende in Präsenz vor Ort und zwei Teilnehmende online zugeschaltet waren. Der Workshop wurde zuvor in zwei Teilabschnitte gegliedert. Phase Eins (14:15 - 16:00 Uhr) beinhaltete eine kurze Einführung in den Szenarioansatz und die Erläuterung des Tagesziels. Zunächst wurden den Teilnehmenden die Methodik des Workshops sowie die fünf ausgewählten Einflussfaktoren für die QI der Zukunft vorgestellt. Die Einflussfaktoren waren:

- a) Digitaler Produktpass
- b) Geopolitik
- c) KI
- d) Fachkräftemangel
- e) Cyber Security

Um den weiterführenden Prozess zu erläutern, wurden moderiert alternative Zukunftsannahmen am Beispiel "Digitaler Produktpass" entwickelt. Danach suchten sich die Workshopteilnehmenden einen der vier verbleibenden Faktoren aus und arbeiteten für diesen Zukunftsannahmen in Kleingruppen heraus. In diesem Schritt sind zu jedem Faktor zahlreiche plausible Annahmen mithilfe der Tetralemma-Methode erarbeitet worden. Zur Fokussierung wurden mittels ad-hoc Befragung der Teilnehmenden jeweils die 4 Annahmen ausgewählt, deren Relevanz für die QI als besonders hoch eingeschätzt wurde. Die Zerlegung der Gesamtfrage „Wie wird die digitalisierte QI z. B. im Jahr 2035 aussehen?“ in einzelne Faktoren ermöglichte es, strukturiert zu diskutieren. In Phase Zwei (16:15 - 17:30 Uhr) wurden die Ergebnisse aus den Kleingruppen im Plenum vorgestellt, diskutiert und gegebenenfalls ergänzt.

### 12.1 Workshopergebnisse zu den einzelnen Themen

#### 12.1.1 Thema 1: Digitaler Produktpass

##### **Evaluation des Status Quo**

Bei der Herausarbeitung der aktuellen Situation kamen die Teilnehmenden zu dem Ergebnis, dass sich die Entwicklung des digitalen Produktpasses im Rahmen der Qualitätssicherung (QI) noch in einer frühen Entwicklungsphase befindet. Ein wichtiger Bestandteil des Produktpasses sind die Module für Komponenten, die eine eindeutige Identifizierung und Verfolgung ermöglichen. Durch den Produktpass wird es dem Endverbraucher ermöglicht, Informationen über das Produkt und seine Bestandteile abzurufen.

Bisher wurde die Produktverfolgung lediglich bei Lebensmitteln erfolgreich etabliert. Nun liegt der Fokus auf der Sicherheit und Reparierbarkeit von Produkten. Allerdings ist der digitale Produktpass heute noch nicht für klassische Industrieprodukte verfügbar.

Es wird daran gearbeitet, den digitalen Produktpass schrittweise für verschiedene Bereiche einzuführen. Ein weiterer Aspekt, der berücksichtigt werden muss, ist die Öko-Bilanz von Produkten. Auch hier kann der digitale Produktpass in Zukunft wichtige Informationen liefern.

Die Teilnehmenden waren der Ansicht, dass aktuell eine "abgerüstete" Variante des digitalen Zwillings existiert, die als Grundlage für den Produktpass dienen könnte. Die Entwicklung und Implementierung des digitalen Produktpasses ist ein fortlaufender Prozess, der kontinuierlich verbessert

werden muss und mehr auf die Bedürfnisse der verschiedenen Stakeholder angepasst werden sollte.

**a) Annahme Nr. 1 für 2035:**

**Der digitale Produktpass ist als digitaler Zwilling etabliert**

Der digitale Produktpass ist als digitaler Zwilling etabliert. Produktpässe sind international und Sektor übergreifend erfolgreich eingeführt worden. Sowohl im B2B als auch im B2C Bereich haben sich die Produktpässe bewährt.

Der digitale Produktpass bietet viele neue Funktionen, die den Nutzen für Endverbraucher und Unternehmen steigern. Eine wichtige Funktion ist die Möglichkeit, detaillierte Informationen über das Produkt abzurufen, wie beispielsweise Herkunft, Inhaltsstoffe oder Herstellungsprozess.

Darüber hinaus ermöglicht der digitale Produktpass auch die Verfolgung und Rückverfolgung von Produkten entlang der Lieferkette. Dies bietet Transparenz und Sicherheit für alle Beteiligten.

Der digitale Produktpass hat sich als effektives Instrument erwiesen, um das Vertrauen der Verbraucher zu stärken und Transparenz in der Produktherstellung und -vermarktung zu schaffen. Mit den neuen Funktionen im Produktpass wird dieser Nutzen weiter ausgebaut und die Digitalisierung der Produktinformationen vorangetrieben.

**b) Annahme Nr. 2 für 2035:**

**Der digitale Produktpass ist zu einem Bürokratiemonster geworden - "Der Verhinderer"**

Die rechtlichen Vorgaben, die für den Produktpass gelten, laufen leider oft ins Leere. Die Regularien, die in der Theorie vorgesehen sind, lassen sich in der Praxis oft nicht umsetzen und torpedieren den eigentlich vorgesehenen Zweck.

Es gibt verschiedene Gründe, warum die Regularien nicht umgesetzt werden können. Zum einen sind die Anforderungen an den Produktpass oft zu komplex und nicht praxistauglich. Zum anderen stößt man in der Praxis oft auf Hindernisse bei der Erhebung und Bereitstellung der erforderlichen Informationen.

**c) Annahme Nr. 3 für 2035:**

**Es haben sich regionale Insellösungen für den digitalen Produktpass entwickelt**

Diese Insellösungen wurden von einzelnen Stakeholdern in den verschiedenen Regionen ausgearbeitet. Unternehmen andere Beteiligte arbeiten eigenständig an Lösungen, um eine Art digitalen Produktpass in ihrer Region umzusetzen. Die fehlende Standardisierung und Interoperabilität erschwert den Austausch von Informationen und die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Regionen.

**d) Annahme Nr. 4 für 2035:**

**Es haben sich sektorale Insellösungen für den digitalen Produktpass entwickelt**

Es haben sich sektorale Insellösungen für den digitalen Produktpass entwickelt. Diese Insellösungen sind spezifisch auf bestimmte Sektoren zugeschnitten und adressieren deren spezifische Anforderungen.

## 12.1.2 Thema 2: Künstliche Intelligenz (KI)

### Evaluation des Status Quo:

Hinsichtlich der Wechselwirkung von Qualitätsinfrastruktur (QI) und Künstlicher Intelligenz (KI) beschrieben die Teilnehmenden die aktuelle Situation als eine der größten Herausforderungen der Branche.

Akutes Hauptproblem ist die Verfügbarkeit ausreichender Daten für Modelle der Qualitätssicherung. Um KI-gestützte Qualitätssicherung effektiv umzusetzen, sind große, qualitativ hochwertige Datensätze erforderlich, die zum jetzigen Zeitpunkt nicht zur Verfügung stehen.

Des Weiteren gibt es globale Unterschiede bei der Nutzung und den Anforderungen an Ground Truth-Datensätze. Diese Datensätze dienen dazu, die Qualität von Daten zu überprüfen. Die Vielfalt der Anforderungen erschwert eine einheitliche Herangehensweise und den Austausch von Daten zwischen verschiedenen Regionen und Sektoren.

Ein weiterer Aspekt ist das unzureichende Wissen über KI hinsichtlich der Risiken und Chancen aktueller Machine Learning (ML)-Modelle. Es besteht ein Bedarf an mehr Wissen und Sensibilisierung für die Auswirkungen von KI auf die Qualitätssicherung und die Gesellschaft im Allgemeinen. Eine fundierte Kenntnis über die Stärken und Schwächen von KI-Modellen ist wichtig, um sie sowohl verlässlich als auch effektiv einsetzen zu können.

Zudem merken die Teilnehmenden an, dass generative KI und der aktuelle Hype überschätzt werden. Die Erwartungen an die Fähigkeiten von KI-generierten Inhalten sind in vielen Fällen unrealistisch. Es ist wichtig, die Grenzen und potenziellen Risiken dieser Technologie zu erkennen und das Potenzial zu erforschen.

**a) Annahme Nr. 1 für 2035:**

**Transparente "Universale KI", die eine Vielzahl von Geschäftsmodellen aus den Daten unterstützt, ist etabliert im QI-Bereich**

Zum einen gibt es die Schnittstellen-KI, die sicherstellt, dass die Qualität der Daten gewährleistet ist. Diese KI ermöglicht eine effiziente Datenintegration und -verarbeitung, indem sie sicherstellt, dass die Daten den erforderlichen Qualitätsstandards entsprechen. Dadurch wird eine solide Grundlage für die Nutzung der Daten in verschiedenen Geschäftsmodellen geschaffen.

Zum anderen gibt es die Funktions-KI, ein Basismodell, das als "sicher", transparent und skalierbar gilt und gleichzeitig über eine hohe Interoperabilität verfügt. Diese Funktions-KI bildet das Fundament für die Entwicklung und Implementierung verschiedener Anwendungen in einer Vielzahl von Geschäftsmodellen. Sie ermöglicht es Unternehmen, die universale KI in ihre bestehende Infrastruktur zu integrieren und von deren Funktionen und Vorteilen zu profitieren.

Bei dieser Annahme erlangt die QI die Funktion eines optimalen Daten-Hubs für den qualitativen Nutzen von KI-Funktionalität.

**b) Annahme Nr. 2 für 2035:**

**Datensysteme innerhalb der QI sind zerstört worden, durch KI erzeugte Fake-Daten**

Datensysteme innerhalb der Qualitätsinfrastruktur (QI) sind von einem schwerwiegenden Problem betroffen: Künstliche Intelligenz (KI) erzeugt Fake-Daten, die die Qualitätssicherung unmöglich machen und die Nutzung von KI beeinträchtigen.

Die Folgen sind verheerend. Qualitativ sichere Daten, die für die Qualitätssicherung und die Verwendung von KI von entscheidender Bedeutung sind, werden durch falsche KI-generierte Daten überschrieben. Dadurch werden alle Systeme innerhalb der QI zerstört.

**c) Annahme Nr. 3 für 2035:**

**Unkontrollierte KI - Die Qualität der KI-Systeme ist unzureichend, aber sie werden dennoch genutzt**

Die Situation im Umgang mit unkontrollierter Künstlicher Intelligenz (KI) ist problematisch. Obwohl die Qualität der KI-Systeme unzureichend ist, werden sie dennoch genutzt. Insbesondere im Machine-to-Machine (M2M) Bereich ist die KI-Interaktion ein großes Problem. Teilweise sind die

Schnittstellen fehleranfällig, was zu unzuverlässigen Ergebnissen führt und in Gänze bedeutet, dass Qualität der KI-Systeme in Gänze nicht ausreichend gewährleistet ist.

Des Weiteren sind die Angaben der KI-Modelle zu den genutzten Ground Truth Daten oft unklar, sodass sich auch hier die Qualität der KI-Ergebnisse nicht überprüfen lässt.

Aufgrund dessen hat KI zu mehr Unsicherheit geführt. Nicht-KI-generierte Daten sind nach wie vor die verlässlichste Quelle.

**d) Annahme Nr. 4 für 2035:**

**Bei Bewegungsdaten können KI-Systeme für QI verlässlich genutzt werden, durch ergänzende Ground Truth Daten von Satelliten**

Durch die Kombination von KI-Systemen und Ground Truth-Daten von Satelliten können Bewegungsdaten zuverlässig und effektiv für die Qualitätssicherung genutzt werden. Diese Daten dienen als Referenzpunkt, um die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der KI-Systeme zu überprüfen und gegebenenfalls zu verbessern. Durch die Integration von Ground Truth-Daten können Fehler und Ungenauigkeiten jedoch bislang nur bei Bewegungsdaten erkannt und korrigiert werden. (Hierin besteht der Hauptunterschied zur Annahme Nr. 1. In Annahme Nr. 4 herrscht Datensicherheit in einem kleinen Teilbereich.)

Darüber hinaus sind Rechtsfragen im Zusammenhang mit der globalen Nutzung der Daten geklärt (Bsp. Ukraine).

### 12.1.3 Thema 3: Geopolitik

#### Evaluation des Status Quo

Die aktuelle Situation der Wechselwirkung von Geopolitik und Qualitätsinfrastruktur (QI) ist vielschichtig und von verschiedenen Entwicklungen geprägt.

Zum einen schwindet die Wirksamkeit der Welthandelsorganisation (WTO) zunehmend. Ihr Einfluss auf die Förderung des freien Handels nimmt ab und die sogenannte "Geoökonomik" gewinnt an Bedeutung. Hierbei sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Zum einen gibt es den Trend des "Friendshorings", bei dem Unternehmen ihre Produktion in befreundete Länder verlagern, um Handelsbeschränkungen zu umgehen. Zudem ist das Transatlantische Freihandelsabkommen (TTiP) gescheitert, was zu einer weiteren Divergenz in der technischen Regulierung geführt hat. China strebt zunehmend eine machtpolitische Rolle an und es gibt Verzerrungen im globalen Süden.

Ein weiterer Aspekt ist die Divergenz im digitalen Reifegrad zwischen verschiedenen Ländern und Regionen. Das führt zu unterschiedlichen Standards und Regulierungen, was die Zusammenarbeit und den freien Austausch von Daten und Dienstleistungen erschwert.

Hinzu kommt die Zunahme von Sanktionen und Embargos, die zwar einerseits zu einer verstärkten Abschottung aber auch zu Ausweitung des Einflussbereichs führen kann. Dies wirkt sich auch auf die QI aus, da internationale Zusammenarbeit und der freie Fluss von Gütern und Dienstleistungen beeinträchtigt werden.

**a) Annahme Nr. 1 für 2035:**

#### Moderner Freihandel 2.0 hat sich entwickelt - SDG Globalisierung

Dieser neue Ansatz des Freihandels zielt darauf ab, nicht nur wirtschaftliche Vorteile zu erzielen, sondern auch soziale und ökologische Aspekte zu berücksichtigen. Auf diesem Wege bietet der moderne Freihandel 2.0 Wohlfahrtsgewinne für alle beteiligten Länder und Regionen. Durch den Abbau von Handelshemmnissen und die Förderung des freien Austauschs von Gütern und Dienstleistungen können die Volkswirtschaften wachsen und prosperieren.

Ein wichtiger Aspekt hierbei ist der Ausgleich zwischen Nord und Süd. Ungleichheiten zwischen entwickelten und Entwicklungsländern sind verringert. Durch den fairen Zugang zu Märkten und den Aufbau von Partnerschaften können Entwicklungsländer ebenfalls von den Chancen und Vorteilen des Freihandels profitieren.

Darüber hinaus besteht ein globaler Konsens über übergeordnete Entwicklungsziele. Die internationale Gemeinschaft hat sich darauf geeinigt, die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (SDGs) zu erreichen. Dies bedeutet, dass der Freihandel nicht nur wirtschaftliche Wachstumsziele verfolgt, sondern auch Umweltschutz, soziale Gerechtigkeit und Armutsbekämpfung berücksichtigt.

Daten und Unternehmensinformationen sind sicher, verlässlich und geschützt. Die Gefahr von Datenmissbrauch besteht nicht.

Die Teilnehmenden merkten an, dass diese Annahme insbesondere die QI-Komponente der Konformitätsbewertung bzw. Zertifizierung betrifft.

#### **b) Annahme Nr. 2 für 2035:**

##### **Kalter Wirtschaftskrieg 2.0 hat sich entwickelt mit politisch motivierten Auswirkungen auf die globalen Standards mit einer Blockbildung. / Seidenstraße 2.0 / top-down Ansatz**

Ein kalter Wirtschaftskrieg 2.0 hat sich entwickelt und führt zu politisch motivierten Auswirkungen auf die globalen Standards. Dies hat zu einer zunehmenden Blockbildung geführt und verschärft die geopolitische Lage stetig.

Politisch motivierte Sanktionen und Embargos sind zu einem Instrument geworden, um wirtschaftlichen Druck auf bestimmte Länder oder Regionen auszuüben. Dies führt zu einer weiteren Abschottung und Fragmentierung der globalen Wirtschaftsordnung. Es entstehen Handelshemmnisse und Einschränkungen, die den freien Austausch von Gütern und Dienstleistungen behindern und für Wohlstandsverluste sorgen.

Des Weiteren entstehen Hemmnisse in Bezug auf Innovation und Entwicklung. Durch die Blockbildung werden Kooperationen und nicht nur der Austausch von Waren und Technologien, sondern auch Wissen erschwert.

Die Teilnehmenden ergänzten, dass diese Annahme insbesondere Einfluss auf globale Standards und die von ihnen abhängigen Branchen haben. In diesem Kontext kann QI sowohl als Protektionsinstrument, Separationsinstrument als auch als Sanktionsmittel eingesetzt werden. Durch Blockbildung könnten bestimmte Länder oder Regionen versuchen, den Zugang zu globalen Standards zu kontrollieren und zu begrenzen.

#### **c) Annahme Nr. 3 für 2035:**

##### **Es haben sich viele regionale Binnenmärkte entwickelt - Gebremste Globalisierung mit Friendshoring. / Zersplitterung bottom-up getrieben**

In der aktuellen geopolitischen Situation haben sich viele regionale Binnenmärkte entwickelt. Dabei kooperieren die Akteure nur noch mit "befreundeten" Ländern, um Handelsbeschränkungen zu umgehen und von regionalen Vorteilen zu profitieren. Dies führt zu einer gebremsten Globalisierung und einer Zersplitterung der Handelsströme, die bottom-up getrieben ist.

Der Freihandel zeigt sich zunehmend wertorientiert und fragmentiert. Es entstehen regionale Binnenmärkte, wie beispielsweise im transatlantischen Raum (EU-USA/CN-NAFTA), in denen spezifische Handelsabkommen und Regeln gelten. Dies führt zu einer Fragmentierung des globalen Handelssystems, da verschiedene regionale Blöcke ihre eigenen Standards und Regulierungen setzen.

In Bezug auf die Komponenten der Qualitätsinfrastruktur (QI) sind wie auch bei Annahme Nr. 2 vor allem die globalen Standards betroffen. Es wurde jedoch ebenfalls angemerkt, dass diese Entwicklung die digitale QI-Dimension vereinfachen könnte, da es weniger Parteien gibt, die einen Konsens

für globale Standards erreichen müssen. Auf technischer Ebene spielt die QI auch bei dieser Zukunftsansnahme weiterhin eine Rolle.

**d) Annahme Nr. 4 für 2035:**

**Zukünftige geopolitische Spannungen münden in tatsächliche Kriege wie z.B. China-Taiwan-Konflikt eskalieren und bremsen die Digitalisierung stark aus - QI wird instrumentalisiert im Bereich der Digitalisierung**

Geopolitische Spannungen könnten 2035 in tatsächliche Kriege münden, wie zum Beispiel der China-Taiwan-Konflikt. Eine solche Eskalation hätte weitreichende Auswirkungen, auch auf die Digitalisierung, da die Qualitätsinfrastruktur (QI) instrumentalisiert wird.

Am Beispiel eines Angriffs von Taiwan durch China und einem Nicht-Eingreifen durch die USA evaluierten die Teilnehmenden die Auswirkung von kriegerischer Geopolitik auf QI und Digitalisierung. Eine solche Eskalation hätte gravierende Folgen.

Die QI wird in diesem Szenario instrumentalisiert, um die Digitalisierung zu bremsen. Es könnten Barrieren errichtet werden, um den freien Fluss von Daten, Technologien und Innovationen zu behindern. Dies würde zu Redundanzen und Fragmentierung führen, da verschiedene Länder und Regionen ihre eigenen Standards und Regulierungen einführen würden.

## 12.1.4 Thema 4: Funktionen und Akteure der digitalen QI

### Evaluation des Status Quo

Aktuell wird der deutschen Qualitätsinfrastruktur eine im internationalen Vergleich hohe Performanz zugeschrieben (Harmes-Liedtke und Oteiza Di Matteo, 2021). Jedoch ist der Digitalisierungsgrad z.B. der Konformitätsbewertung in Relation zu anderen Ländern zurück (Koch et al., 2022), während die Metrologie in Deutschland eine Vorreiterrolle in Sachen Metrologie beansprucht (z. B. Eichstädt et al., 2021). Die Normungsprozesse haben - wie das ganze europäische oder internationale Normungssystem - durch den Covid-Pandemie einen signifikanten Schub in Richtung Digitalisierung erlebt (Heß und Blind, 2024). Insgesamt zeigt sich hinsichtlich der Digitalisierung ein komplexes Bild, während sich alle Elemente auf die Herausforderungen der sozial-ökologischen Transformation ausrichten, z. B. die internationale Normung durch die London-Deklaration der ISO, ohne bereits auf signifikante Erfolge, z. B. der Klimakrise, verweisen zu können (Blind et al., 2022c).

**a) Annahme Nr. 1 für 2035:**

**QI gewinnt an Bedeutung und leistet einen effektiven Beitrag zur sozial-ökologischen Transformation**

Bei dieser Zukunftsansnahme spielt die QI eine entscheidende Rolle bei der sozial-ökologischen Transformation, indem sie sozial-ökologische Aspekte in ihre Prozesse integriert und die Einhaltung von Normen und gesetzlichen Rahmenbedingungen gewährleistet. Durch die Weiterentwicklung der QI können auch andere zukünftige Herausforderungen angegangen und die erforderlichen Veränderungen hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft vorangetrieben werden.

**b) Annahme Nr. 2 für 2035:**

**Das QI-System ist zerfallen und kann keine Produktsicherheit und Umweltauforderungen mehr gewährleisten - Crash & Chaos**

Das QI-System kann nicht mehr die erforderliche Produktsicherheit und Umweltauforderungen gewährleisten.



Der Zerfall des QI-Systems hat zur Folge, dass es keine einheitlichen Standards mehr gibt. Es besteht auch keine Kompatibilität zwischen verschiedenen Systemen, was den Austausch und die Zusammenarbeit erschwert.

Die noch bestehenden Standards sind allein industriegetrieben und vernachlässigen die dringend notwendigen Umweltauflagen.

**c) Annahme Nr. 3 für 2035:**

**QI-System wird digitalisiert, aber bleibt auf die heutige Funktionalität beschränkt - Standspur**

Obwohl das QI-System digitalisiert wird, ändert sich im Wesentlichen nichts an seiner Funktionalität. Die grundlegenden Aufgaben und Prozesse bleiben unverändert. Der Fokus liegt nach wie vor auf der Gewährleistung der Sicherheit von Produkten und Dienstleistungen. Mit Ausnahme der digitalen Verfügbarkeit konnte die QI keine weiteren Features entwickeln.

**d) Annahme Nr. 4 für 2035:**

**Neue Akteure haben die Aufgaben des 2025 etablierten QI-Systems übernommen und neue Sicherheitsstandards haben sich etabliert - Feindliche Übernahme**

Die Zukunftsannahme ist von grundlegenden Veränderungen geprägt. Neue Player wie Google, Apple und andere große Unternehmen prägen den Prozess und nehmen eine dominante Rolle ein. Gesetzliche Rahmen und rechtliche Regelwerke spielen keine Rolle mehr, denn die "alte Welt" der etablierten Institutionen wie DIN wurden von privaten Akteure abgelöst. Diese haben die Kontrolle über die Qualitäts-, Sicherheitsstandards und -prozesse übernommen.

Diese Übernahme hat zu grundlegenden Veränderungen geführt, bei denen die Machtverhältnisse und die Kontrolle über die QI neu verteilt wurden.

