www.oeko.de

Forschungsvorhaben „Vergleichbarkeit von Nachhaltigkeitsstandards für Telekommunikationsinfrastruktur (TKI)“

Berlin,
07.07.2025

Studie der Öko-Institut Consult GmbH

Autorinnen und Autoren

Ran Liu, Andreas R. Köhler, Martin Möller
Öko-Institut Consult GmbH

Lars Albus, Hannah Lorösch; Jens Gröger
Öko-Institut e.V.

Öko-Institut Consult GmbH
info@oeko-consult.de
oeko-consult.de

Büro Berlin
Borkumstraße 2
13189 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 7

Tabellenverzeichnis 7

Abkürzungsverzeichnis 13

Kurzfassung 15

Executive Summary 18

1 Einleitung 22

1.1 Hintergrund 22

1.2 Zielsetzung, Zielgruppe und vorgesehene Anwendung der Studie 22

1.3 Untersuchungsgegenstände 23

1.3.1 Festlegung der Systemgrenze 23

1.3.2 Betrachtete Umweltaspekte und ihre Must-Have-Indikatoren 24

1.4 Überblick über Telekommunikationsnetze und Netzbetreiber in Deutschland 26

1.5 Betrachtung des regulatorischen Umfelds 27

1.5.1 Untersuchung der EU-Taxonomie im Hinblick auf die Must-Have-Indikatoren 27

1.5.2 Untersuchung der EU-CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) im Hinblick auf die Must-Have-Indikatoren 28

1.6 Überblick über die Struktur des Berichts 28

2 Systematische Analyse maßgeblicher Standards und Überprüfung des vorgegebenen Standardkatalogs auf Vollständigkeit 29

2.1 Methodische Vorgehensweise für die Vollständigkeitsprüfung der Standards auf der Metaebene 29

2.2 Energiemanagement: Zusammenfassung der Ergebnisse 30

2.3 Treibhausgasemissionen: Zusammenfassung der Ergebnisse 32

2.4 Kreislaufwirtschaft: Zusammenfassung der Ergebnisse 33

3 Gemeinsamkeiten und Unterschiede ausgewählter Standards 34

3.1 Methodische Vorgehensweise für die Vergleichsanalyse 34

3.2 Vergleichsanalyse der Standards in der Kategorie Energiemanagement 36

3.2.1 Überblick der ausgewählten Standards 36

3.2.2 Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung desselben Standards 38

3.2.3	Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung unterschiedlicher Standards	42
3.2.3.1	Gruppe 1: Mobilfunkzugangsnetz (RAN)	44
3.2.3.2	Gruppe 2: Festzugangsnetz (FAN)	45
3.2.3.3	Gruppe 3: Kabelzugangsnetz (CAN)	45
3.2.3.4	Gruppe 4: Kernnetz, Teilnetz, Gesamtes Netz	46
3.2.3.5	Gruppe 5: Standards, die Hochskalierungsansätze beschreiben	46
3.2.3.6	Gruppe 6: Standards, die Network Function Virtualisation (NFV) betreffen	46
3.2.4	Gesamtbewertung der Eignung	46
3.3	**Vergleichsanalyse der Standards in der Kategorie Treibhausgasemissionen**	**47**
3.3.1	Überblick der ausgewählten Standards	47
3.3.2	Vergleichbarkeit der Ergebnisse von THG-Bilanzen bei Anwendung desselben Standards	48
3.3.3	Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung unterschiedlicher Standards	50
3.3.3.1	Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung der Standards in THG-Gruppe 1: Scopes 1 und 2	51
3.3.3.2	Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung der Standards in THG-Gruppe 2: Scope 3	51
3.3.4	Gesamtbewertung der Eignung	52
3.4	**Vergleichsanalyse der Standards in der Kategorie Kreislaufwirtschaft**	**55**
3.4.1	Überblick der ausgewählten Standards	55
3.4.2	Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung desselben Standards	56
3.4.3	Vergleichbarkeit bei Anwendung unterschiedlicher Standards	57
3.4.3.1	Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung unterschiedlicher Standards in der Gruppe 1: Vor der Nutzung	58
3.4.3.2	Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung unterschiedlicher Standards in der Gruppe 2: End-of-Life	58
3.4.4	Gesamtbewertung der Eignung	58
4	**Aufwand bei der Anwendung ausgewählte Standards für alle Kategorien**	**61**
4.1	**Methodische Vorgehensweise für die Aufwandsschätzung**	**61**
4.2	**Einschätzung der Marktdurchdringung**	**62**
4.3	**Aufwandsschätzung für die Anwendung der Standards in der Kategorie Energiemanagement**	**63**
4.3.1	Ergebnisse aus der semi-quantitativen Aufwandsschätzung	63

4.3.2	Erkenntnisse aus der Befragung einzelner Stakeholder	64
4.3.3	Fazit der Aufwandsschätzung der Kategorie Energiemanagement	65
4.4	**Aufwandsschätzung für die Anwendung der Standards in der Kategorie THG-Emissionen**	**66**
4.4.1	Ergebnisse aus der semi-quantitativen Aufwandsschätzung	66
4.4.2	Erkenntnisse aus der Befragung einzelner Stakeholder	67
4.4.3	Fazit der Aufwandsschätzung in der Kategorie THG	68
4.5	**Aufwandsschätzung für die Anwendung der Standards in der Kategorie Kreislaufwirtschaft**	**69**
4.5.1	Ergebnisse aus der semi-quantitativen Aufwandsschätzung	69
4.5.2	Erkenntnisse aus der Befragung einzelner Stakeholder	70
4.5.3	Fazit der Aufwandsschätzung in der Kategorie Kreislaufwirtschaft	70
5	**Ergebnisübersicht**	**71**
5.1	**Energiemanagement**	**71**
5.2	**Treibhausgasemissionen**	**73**
5.3	**Kreislaufwirtschaft**	**74**
6	**Schlussfolgerungen**	**75**
6.1	**Übergeordnete Aspekte**	**75**
6.2	**Kategorie-spezifische Schlussfolgerungen**	**76**
6.2.1	Energiemanagement	76
6.2.2	Treibhausgasemissionen	79
6.2.3	Kreislaufwirtschaft	79
Literaturverzeichnis		**81**
7	**Anhang -> siehe separates Dokument**	**89**
Anhang I.	EU-Taxonomie	89
Anhang I.a.	Allgemeine Beschreibung	89
Anhang I.b.	EU-Taxonomie: Zusammenhang zwischen EU-Taxonomie und Telekommunikationsunternehmen	93
Anhang II.	EU-CSRD	96
Anhang II.a.	EU-CSRD: Allgemeine Beschreibung	96
Anhang II.b.	EU-CSRD: Zusammenhang zwischen EU-CSRD und Telekom-Unternehmen	99
Anhang III.	Zusammenfassung der identifizierten technischen äquivalenten Standards zwischen ETSI, ITU und 3GPP	102
Anhang IV.	Vollständigkeitsprüfung	103

Anhang IV.a.	Gesamtüberblick der geprüften Standards in drei Kategorien: Aktualität und technische Gleichwertigkeit (AP1)	103
Anhang IV.b.	Begründungen für den Ausschluss der Standards (AP1)	107
Anhang V.	Greenhouse Gas Protocol	112
Anhang V.a.	15 Scope 3-Kategorien nach Greenhouse Gas Protocol Initiative (2011)	112
Anhang V.b.	GHG Protocol Tools	113
Anhang V.c.	Überarbeitung und Entwicklung des GHG Protocols	115
Anhang VI.	Rechercheergebnisse der Nachhaltigkeitsberichterstattung bei Telekommunikationsnetzbetreibern	115
Anhang VII.	Detaillierte Auswertung der Vergleichsanalyse (AP2): Energiemanagement	119
Anhang VII.a.	Überblick der ausgewählten 15 Standards: Energiemanagement	119
Anhang VII.b.	Definition des Drei-Stufen-Modells (hoch, mittel, niedrig) für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Energiemanagement	120
Anhang VII.c.	Ergebnisse der Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Energiemanagement	121
Anhang VII.d.	Ergebnisse der Skaladarstellung für die Vergleichsanalyse und die Gesamtbewertung der Eignung in der Kategorie Energiemanagement	148
Anhang VIII.	Detaillierte Auswertung der Vergleichsanalyse (AP2): Treibhausgasemissionen	154
Anhang VIII.a.	Definition des Drei-Stufen-Modells (hoch, mittel, niedrig) für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Treibhausgasemissionen	154
Anhang VIII.b.	Ergebnisse der Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie THG	158
Anhang VIII.c.	Ergebnisse der Skaladarstellung für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Treibhausemissionen	170
Anhang IX.	Detaillierte Auswertung der Vergleichsanalyse (AP2): Kreislaufwirtschaft	171
Anhang IX.a.	Definition des Drei-Stufen-Modells (hoch, mittel, niedrig) für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Kreislaufwirtschaft	171
Anhang IX.b.	Ergebnisse der Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Kreislaufwirtschaft	172
Anhang IX.c.	Ergebnisse der Skaladarstellung für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Kreislaufwirtschaft	181
Anhang X.	Detaillierte Auswertung des Anwendungsaufwands (AP3): Energiemanagement	182
Anhang XI.	Detaillierte Auswertung des Anwendungsaufwands (AP3): THG-Emissionen	194
Anhang XII.	Detaillierte Auswertung des Anwendungsaufwands (AP3): Kreislaufwirtschaft	201

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Systemgrenze der vorliegenden Studie 24

Abbildung 1-2: Schematische Darstellung des Zusammenhangs der Must-Have-Indikatoren in der vorliegenden Studie 26

Abbildung 3-1: Überblick der methodischen Vorgehensweise für die Vergleichbarkeitsanalyse 34

Abbildung 4-1: Überblick der methodischen Vorgehensweise für die Aufwandsschätzung 61

Abbildung 6-1: Zuordnung potenzieller Standards, die für die Must-have-Indikatoren verwendet werden können 76

Abbildung 7-1: Ergebnisse der Skaladarstellung für die Vergleichsanalyse nach dem 3-Stufen-Modell in der Kategorie Energiemanagement 148

Abbildung 7-2: Ergebnisse der Skaladarstellung für die Vergleichsanalyse nach dem 3-Stufen-Modell in der Kategorie THG: Gruppe 1 - Scope 1 & 2 170

Abbildung 7-3: Ergebnisse der Skaladarstellung für die Vergleichsanalyse nach dem 3-Stufen-Modell in der Kategorie THG: Gruppe 2 - Scope 3 170

Abbildung 7-4: Ergebnisse der Skaladarstellung für die Vergleichsanalyse nach dem 3-Stufen-Modell in der Kategorie Kreislaufwirtschaft: Vor der Nutzung 181

Abbildung 7-5: Ergebnisse der Skaladarstellung für die Vergleichsanalyse nach dem 3-Stufen-Modell in der Kategorie Kreislaufwirtschaft: End-of-Life 181

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Must-Have-Indikatoren aus der JRC-Studie sowie Analyseschwerpunkt in der vorliegenden Studie 25

Tabelle 2-1: Übersicht der Kategorisierung zur Analyse der Standards auf der Metaebene in AP1 29

Tabelle 2-2: Überblick der Anzahl der in AP1 betrachteten Standards zu Energiemanagement nach Kategorie-Ebene 1 (allgemein oder spezifisch) sowie Ebenen 2 und 3 (IKT-Geräte oder netzspezifisch) 30

Tabelle 2-3: Überblick der Anzahl der in AP1 betrachteten Standards zu THG nach Kategorie-Ebene 1 (allgemein oder spezifisch) sowie Ebenen 2 und 3 (IKT-Geräte oder netzspezifisch) 32

Tabelle 2-4: Überblick der Anzahl der in AP1 betrachteten Standards zu Kreislaufwirtschaft nach Kategorie-Ebene 1 (allgemein oder spezifisch) sowie Ebenen 2 und 3 (IKT-Geräte oder netzspezifisch) 33

Tabelle 3-1: Definitionen der Bewertungskriterien 35

Tabelle 3-2: Gruppeneinteilung Standards zu Energiemanagement 37

Tabelle 3-3: Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung desselben Standards - Energiemanagement 39

Tabelle 3-4: Vergleich der ausgewählten Standards hinsichtlich des Geltungsbereichs und der Must-Have-Indikatoren 43

Tabelle 3-5: Vergleich von zwei Bewertungsaspekten der Standards in Gruppe 1: RAN 44

Tabelle 3-6: Vergleich von zwei Bewertungsaspekten der Standards in Gruppe 2: FAN 45

Tabelle 3-7: Energiemanagement: Überblick über die Gesamtbewertung der Eignung 47

Tabelle 3-8: Gruppeneinteilung Standards zu Treibhausgasemissionen 48

Tabelle 3-9: THG: Überblick über die Ergebnisse der Vergleichbarkeit THG-Bilanzen bei Anwendung desselben Standards 48

Tabelle 3-10: THG: Überblick über die Gesamtbewertung der Eignung 52

Tabelle 3-11: Gruppeneinteilung Standards zu Kreislaufwirtschaft 55

Tabelle 3-12: Kreislaufwirtschaft: Überblick über die Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards 56

Tabelle 3-13: Kreislaufwirtschaft: Überblick über die Gesamtbewertung der Eignung 58

Tabelle 4-1: Energiemanagement: Grundlage für die Aufwandsschätzung unter Berücksichtigung technischer, methodischer und organisatorischer Voraussetzungen 63

Tabelle 4-2: Zusammenfassung der Ergebnisse aus der semi-quantitativen Bewertung der Aufwandsschätzung zu Standards in der Kategorie Energiemanagement 64

Tabelle 4-3: Gesamtüberblick der Ergebnisse zur Aufwandsschätzung in der Kategorie Energiemanagement 65

Tabelle 4-4: THG: Grundlage für die Aufwandsschätzung unter Berücksichtigung technischer, methodischer und organisatorischer Voraussetzungen 66

Tabelle 4-5: Zusammenfassung der Ergebnisse aus der semi-quantitativen Bewertung der Aufwandsschätzung zu Standards in der Kategorie THG 67

Tabelle 4-6: Gesamtüberblick der Ergebnisse zur Aufwandsschätzung in der Kategorie THG 68

Tabelle 4-7: Zusammenfassung der Ergebnisse aus der semi-quantitativen Bewertung der Aufwandsschätzung zu Standards in der Kategorie Kreislaufwirtschaft 70

Tabelle 4-8: Gesamtüberblick der Ergebnisse zur Aufwandsschätzung in der Kategorie Kreislaufwirtschaft 70

Tabelle 5-1: Übersicht der Gesamtergebnisse: Energiemanagement 72

Tabelle 5-2: Übersicht der Gesamtergebnisse: THG 73

Tabelle 5-3: Übersicht der Gesamtergebnisse: Kreislaufwirtschaft 74

Tabelle 6-1: Zusammenfassung der Stärken und Einschränkung der Standards, die für den CoC potenziell verwendet werden könnten 77

Tabellen im Anhang: siehe separates Dokument

Tabelle 7-1: 16 festgelegte Sektoren in der EU-Taxonomie, für die technische Bewertungskriterien für Aktivitäten festgelegt wurden 89

Tabelle 7-2: Übersicht der Rechtsakte im Rahmen der EU-Taxonomie 91

Tabelle 7-3: Wirtschaftliche Aktivitäten großer Telekommunikationskonzerne, welche nur taxonomiegeeignet (g) oder taxonomiegeeignet und taxonomiekonform (g&k) sind im Wirtschaftsjahr 2023 93

Tabelle 7-4: Europäische Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung 96

Tabelle 7-5: Übersicht der Rechtsakte im Rahmen der CSRD 98

Tabelle 7-6 Zusammenhang zwischen Bestimmungen der ESRS und den Kategorien Energiemanagement, Treibhausgas-Emissionen und Kreislaufwirtschaft, welche eine Relevanz für Telekommunikationsunternehmen haben 99

Tabelle 7-7: Überblick über betrachtete technisch äquivalente Standards zwischen ETSI, ITU und 3GPP 102

Tabelle 7-8: Gesamtüberblick der geprüften Standards in der Kategorie Energiemanagement 103

Tabelle 7-9: Gesamtüberblick der geprüften Standards In der Kategorie THG 104

Tabelle 7-10: Gesamtüberblick der geprüften Standards in der Kategorie Kreislaufwirtschaft 105

Tabelle 7-11: Begründungen für den Ausschluss der Standards für AP1 in der Kategorie Energiemanagement 107

Tabelle 7-12: Begründungen für den Ausschluss der Standards für AP1 in der Kategorie THG 109

Tabelle 7-13: Begründungen für den Ausschluss der Standards für AP1 in der Kategorie Kreislaufwirtschaft 111

Tabelle 7-14: Scope 3-Kategorien nach Greenhouse Gas Protocol Initiative (2011) 112

Tabelle 7-15: Übersicht der sektorspezifischen Tools des GHG Protocols 113

Tabelle 7-16: Branchenübergreifende Tools, bereitgestellt vom GHG Protocol 114

Tabelle 7-17: Übersicht, welche Standards und Leitlinien vom GHG Protocol überarbeitet bzw. entwickelt werden 115

Tabelle 7-18: Nachhaltigkeitsberichterstattung bei Telekommunikationsnetzbetreibern in Deutschland 116

Tabelle 7-19: Überblick der ausgewählten 15 Standards: Energiemanagement 119

Tabelle 7-20: Definition des Drei-Stufen-Modells (hoch, mittel, niedrig) für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Energiemanagement 120

Tabelle 7-21: Übersicht über die Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Energiemanagement: Mobilfunkzugangsnetz (RAN) - Teil 1 121

Tabelle 7-22: Übersicht über die Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Energiemanagement: Mobilfunkzugangsnetz (RAN) - Teil 2 126

Tabelle 7-23: Übersicht über die Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Energiemanagement: Festzugangsnetz (FAN) und Kabelzugangsnetz (CAN) 132

Tabelle 7-24: Übersicht über die Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Energiemanagement: Kernnetz und gesamtes Netz 138

Tabelle 7-25: Übersicht über die Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Energiemanagement: 5G-Netz und NFV 143

Tabelle 7-26: Zusammenfassung der gesamten Bewertung der betrachteten Standards in der Kategorie Energiemanagement 148

Tabelle 7-27: Definition des Drei-Stufen-Modells (hoch, mittel, niedrig) für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Treibhausgasemissionen – Scopes 1 & 2 154

Tabelle 7-28: Definition des Drei-Stufen-Modells (hoch, mittel, niedrig) für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Treibhausgasemissionen – Scope 3 156

Tabelle 7-29: Übersicht über die Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie THG: Scope 1 & 2 158

Tabelle 7-30: Übersicht über die Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie THG: Scope 3 161

Tabelle 7-31: Definition des Drei-Stufen-Modells (hoch, mittel, niedrig) für die Vergleichsanalyse in der Kategorie: Kreislaufwirtschaft 171

Tabelle 7-32: Übersicht über die Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Kreislaufwirtschaft: Vor der Nutzung 172

Tabelle 7-33: Übersicht über die Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen der Standards für die Vergleichsanalyse in der Kategorie Kreislaufwirtschaft: End-of-Life 175

Tabelle7-34: Definition eines 3-Stufen-Skalensystems für die Aufwandsschätzung in der Kategorie Energiemanagement 182

Tabelle 7-35: Aufwandsschätzung für die Anwendung von Standards zur Ermittlung von Must-Have-Indikatoren in der Kategorie Energiemanagement – Teil I: RAN 183

Tabelle 7-36: Aufwandsschätzung für die Anwendung von Standards zur Ermittlung von Must-Have-Indikatoren in der Kategorie Energiemanagement – Teil II: FAN, CAN und NFV 186

Tabelle 7-37: Aufwandsschätzung für die Anwendung von Standards zur Ermittlung von Must-Have-Indikatoren in der Kategorie Energiemanagement – Teil III: Kernnetz, Teilnetz und gesamtes Netz 188

Tabelle 7-38: Ergebnisse der semi-quantitativen Aufwandsschätzung in der Kategorie Energiemanagement (Teil I: RAN) – Darstellung in Pluszeichen 191

Tabelle 7-39: Ergebnisse der semi-quantitativen Aufwandsschätzung in der Kategorie Energiemanagement (Teil II: FAN, CAN und NFV) – Darstellung in Pluszeichen 192

Tabelle 7-40: Ergebnisse der semi-quantitativen Aufwandsschätzung in der Kategorie Energiemanagement (Teil III: Kernnetz, Teilnetz und gesamtes Netz) – Darstellung in Pluszeichen 193

Tabelle 7-41: Definition eines 3-Stufen-Skalensystems für die Aufwandsschätzung in der Kategorie THG-Emissionen 194

Tabelle 7-42: Aufwandsschätzung für die Anwendung von Standards zur Ermittlung von Must-Have-Indikatoren in der Kategorie THG: Scope 1 & 2 (Gruppe 1) 195

Tabelle 7-43: Aufwandsschätzung für die Anwendung von Standards zur Ermittlung von Must-Have-Indikatoren in der Kategorie THG: Scope 3 (Gruppe 2) 197

Tabelle 7-44: Ergebnisse der semi-quantitativen Aufwandsschätzung in der Kategorie THG: Scope 1&2 (Gruppe 1) – Darstellung in Pluszeichen 200

Tabelle 7-45: Ergebnisse der semi-quantitativen Aufwandsschätzung in der Kategorie THG: Scope 3 (Gruppe 2) – Darstellung in Pluszeichen 200

Tabelle 7-46: Definition eines 3-Stufen-Skalensystems für die Aufwandsschätzung in der Kategorie Kreislaufwirtschaft 201

Tabelle 7-47: Aufwandsschätzung für die Anwendung von Standards zur Ermittlung von Must-Have-Indikatoren in der Kategorie Kreislaufwirtschaft: vor der Nutzung 203

Tabelle 7-48: Aufwandsschätzung für die Anwendung von Standards zur Ermittlung von Must-Have-Indikatoren in der Kategorie Kreislaufwirtschaft: EoL 205

Tabelle 7-49: Ergebnisse der semi-quantitativen Aufwandsschätzung in der Kategorie Kreislaufwirtschaft: vor der Nutzung – Darstellung in Pluszeichen 207

Tabelle 7-50: Ergebnisse der semi-quantitativen Aufwandsschätzung in der Kategorie Kreislaufwirtschaft: EoL – Darstellung in Pluszeichen 208

Abkürzungsverzeichnis

3GPP	3rd Generation Partnership Project
5GC	5G core network
BH	Backhauling
BS	Base Station
CAN	Cable Access Network
CAPEX	Capital Expenditure
CCAP	Converged Cable Access Platform
CMTS	Cable Modem Termination System
CoA	Coverage Area
CoC	Code of Conduct
CPE	Customer Premises Equipment
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive
DCEM	Data processing and Communications Energy Management
DL/UL	Downlink / Uplink
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DV	Data volume
EdgeQAM	Edge Quadrature Amplitude Modulator
EoL	End-of-Life
ESG	Environmental, Social, Governance
ETSI EN	European Standard
ETSI ES	ETSI Standard
ETSI TS	ETSI Technical Specification
E-UTRA	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access
FAN	Fixed Access Network
FN	Fiber Nodes
GHG	Greenhouse Gases
GSM	Global System for Mobile communication (2G)
HE	Headend
HFC	Hybrid Fiber/Coax

ICT	Information and Communication Technology
ITE	Information Technology Equipment
KPI	Key Performance Indicator
LCA	Life cycle assessment
LOC	Last Operator Connection point
LTE	Long Term Evolution (4G)
NDC	Network Data Centre
NDN	Network Distribution Node
NFV	Network Function Virtualisation
NFVI	Network Functions Virtualization Infrastructure
NIU	Network Interface Unit
NTE	Network Telecommunications Equipment
OPEX	Operational Expenditure
OS	Operator Site
OSP	Outside Plant
PDCP-SDU	Packet Data Convergence Protocol Service Data Unit
PNF	Physical Network Functions
RAN	Radio Access Network
RC/RLC	Radio Controller / Radio Link Control
SI	Site Infrastructure
SMF	Session management
THG	Treibhausgase
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Service (3G)
UPF	User Plane Function
VNF	Virtualized Network Functions
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access (3G)
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment

Kurzfassung

Hintergrund, Zielsetzung, Zielgruppe und Anwendung

Hintergrund der Studie ist das Bestreben der EU-Kommission, eine vereinheitlichte und vergleichbare Berichterstattung von Nachhaltigkeitsindikatoren für Telekommunikationsinfrastrukturen zu erreichen. Die JRC-Studie (Baldini et al. 2024) identifizierte acht „Must-Have-Indikatoren" in den drei Umweltkategorien Energiemanagement, Treibhausgasemissionen und Kreislaufwirtschaft. Auf dieser Basis entwickelt die EU-Kommission einen Verhaltenskodex für die Nachhaltigkeit von Telekommunikationsnetzen (Code-of-Conduct - CoC), der darauf abzielt, Vorgehensweisen auf Grundlage von Standards zu definieren, um die ökologischen Auswirkungen von Telekommunikationsnetzen zu messen und zu bewerten. Die Bundesnetzagentur (BNetzA) hat diese Studie beauftragt, um eine wissenschaftlich fundierte Grundlage, für die Auswahl geeigneter Standards auch im Hinblick auf die Erarbeitung des CoC zu schaffen. Das **Ziel** der Studie ist demzufolge:

- Untersuchung der Vergleichbarkeit und des Spezifizierungsgrads ausgewählter Standards zur Erfassung der von der JRC-Studie identifizierten Must-Have-Indikatoren,
- Abschätzung des Aufwands für die Implementierung und Anwendung der ausgewählten Standards,
- Ableitung von Empfehlungen für potenzielle Standards zur Nutzung im Kontext des CoC und für nationale und weitere europäische Entscheidungsfindungen.

Die **Zielgruppe** umfasst private Entscheidungsträger wie z.B. Telekommunikationsnetzbetreiber, politische Entscheidungsträger und Behörden, wie z.B. die BNetzA und die Europäische Kommission. Die vorgesehene **Anwendung** besteht primär darin, die BNetzA dabei zu unterstützen, sich konstruktiv in die nationale und europäische Debatte zur Festlegung geeigneter Nachhaltigkeitsindikatoren einzubringen.

Systemgrenze und methodische Vorgehensweise

Die Studie fokussiert sich auf **Telekommunikationsnetze** als Teil der IKT-Infrastruktur, bestehend aus Zugangs- und Kernnetz sowie unterstützender Infrastruktur, einschließlich *Network Data Centres (NDCs),* die der Implementierung, Steuerung und Verwaltung von Netzfunktionen dienen. Endgeräte von Nutzern und Infrastrukturen von Anbietern von Anwendungen (Content and Application Provider" (CAPs)), wie Rechenzentren zur Datenverarbeitung oder -speicherung liegen außerhalb der Systemgrenze. Die in dieser Studie berücksichtigten Standards werden in **drei** aufeinander aufbauenden Schritten analysiert:

(1) Vollständigkeitsprüfung: 41 Energie-, 21 THG- und 16 Kreislaufwirtschaftsstandards wurden nach Meta-Kriterien geprüft. Durch Ausschlusskriterien, wie veraltete, unspezifische oder übergeordnete Standards sowie fehlende Must-Have-Indikatoren wurden maßgebliche Standards identifiziert. Als Ergebnis wurden 15 Energiemanagement-, 4 THG- und 6 Kreislaufwirtschaftsstandards ausgewählt.

(2) Vergleichsanalyse: Die ausgewählten Standards wurden anhand dreier zentraler Fragen bewertet: (a) Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards, (b) Vergleichbarkeit bei Anwendung unterschiedlicher Standards derselben Gruppe und (c) Gesamteignung. Dafür wurden vier Bewertungskriterien entwickelt: Robustheit, Reproduzierbarkeit, Vertrauenswürdigkeit und Transparenz. Unten jedem Bewertungskriterium wurden entsprechenden Bewertungsaspekte definiert. Die Bewertung erfolgte anhand eines 3-Stufen-Modells (hoch, mittel, niedrig), visualisiert durch grüne, gelbe und rote Punkte.

(3) Aufwandsschätzung: Der Implementierungsaufwand wurde semi-quantitativ (technische, methodische, organisatorische Voraussetzungen) und qualitativ (Stakeholder-Befragungen,

CAPEX/OPEX, Marktdurchdringung, vorhandene Kenntnisse aus Studien) bewertet. Die Ergebnisse sind indikativ.

Wesentliche Ergebnisse der Vergleichbarkeit und der Aufwandsschätzung

- **Energiemanagement:** Die **Vergleichbarkeit** der Ergebnisse bei der Anwendung von Standards zum Energiemanagement ist durch methodische Unterschiede, wie unterschiedliche Indikatoren und Metriken, Datenerfassungsmethoden (z. B. Messperiode, -frequenz, -punkte) sowie Abgrenzungen (z. B. geteilte Standorte, Einbeziehung von Infrastruktur) eingeschränkt. Eine Ausnahme bildet die ETSI EN 303 472, die durch klare Vorgaben zu Messprozessen, Datenerfassung und Berichterstattung eine hohe Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Messungen bei der Anwendung des Standards ermöglicht. Dies gilt jedoch nur für nicht-geteilte Basisstationsstandorte und unter der Voraussetzung ähnlicher Betriebsbedingungen. Die meisten untersuchten Standards zur Energieanalyse dienen Netzbetreibern zur internen Beobachtung von Verbrauchstrends über die Zeit und eigen sich nicht für Vergleiche von Messergebnissen desselben oder verschiedener Standards. Wesentliche Gemeinsamkeiten der Standards betreffen die Berücksichtigung erneuerbarer Energie vor Ort, die bevorzugte Echtzeitmessung und die Beachtung variabler Umgebungsbedingungen (z.B. Klimazonen), die den Energieverbrauch beeinflussen. Die Anwendung von Standards eignen sich oft nur für Einzelstandorte, während geteilte Infrastrukturen (Infrastruktur-Sharing) klare Allokationsregeln erfordern. Diese sind jedoch regelmäßig in den Standards nicht enthalten. Vorgaben zur Bewertung von Datenunsicherheiten und eine Verpflichtung für externe Validierung fehlen meist. Der **Aufwand** wird indikativ überwiegend als mittel eingeschätzt, wobei hohe initiale Umsetzungskosten (insbesondere Personal- und Sachkosten) durch standardisierte Prozesse langfristig reduziert werden könnten.
- **Treibhausgasemissionen:** Die **Vergleichbarkeit** der Ergebnisse von THG-Bilanzierungen ist aufgrund methodischer Unterschiede ebenso begrenzt wie beim Energiemanagement:
  Scope 1 & 2: Das GHG Protocol Corporate und ITU-T L.1420 sind organisationsbezogene Standards mit Fokus auf Scope 1 und 2 sowie optionaler Scope 3-Erfassung. Beide verwenden generische Methodiken ohne telekommunikationsnetzbezogene Ansätze oder Allokationsregeln. ITU-T L.1420 schreibt allgemeine Kriterien für Emissionsfaktoren und eine Unsicherheitsbewertung vor, das GHG Protocol hingegen nicht, verlangt aber in der Scope 2-Guidance orts- und marktbasierte Bilanzierung. Während das GHG Protocol die Aufschlüsselung nach sieben Treibhausgasen fordert, verlangt ITU-T L.1420 eine länderspezifische Darstellung.
  Scope 3: Der „GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard“ ergänzt den Basis-Standard um detaillierte Anleitungen für 15 Scope 3-Kategorien, ohne eine Pflicht zur externen Validierung. Die „GSMA/GeSI/ITU: Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators“ richtet sich an Telekommunikationsunternehmen und bietet IKT-spezifische Methoden, wie z.B. Genauigkeitshinweise. Sie erlaubt praxisnahe Ansätze und betont die Bedeutung konsistenter Anwendung – was in der Praxis oft herausfordernd sein könnte. Die GSMA/GeSI/ITU Guidance priorisiert IKT-relevante Scope-3 Kategorien, jedoch nicht explizit netzbezogen. Die Emissionen aus der Herstellung eingekaufter Güter (Kat. 1 und 2) werden durch die Standards GHG Protocol und GSMA Scope 3 im Kaufjahr bilanziert, während sie nach ITU-T L.1420 über die Nutzungsdauer verteilt werden.
  Der **Aufwand** für die Berechnung aller Scopes wird als mittel bis hoch eingeschätzt. Das GHG Protocol ist weit verbreitet und von vielen Netzbetreibern genutzt. So referenziert die CSRD auf das GHG Protocol. Die Erfassung von Scope 3-Emissionen ist naturgemäß datenintensiv, erfordert interne wie externe Abstimmung und ist entsprechend aufwändig.
- **Kreislaufwirtschaft:** Die **Vergleichbarkeit** der Deklarierung von Rezyklateinsatzquoten und Recyclingraten auf Grundlage der Standards ist auch in dieser Kategorie begrenzt, da sie keine produktbezogenen Indikatoren für *„recycled/refurbished/reused“*-Produkte enthalten, sondern sich

auf die Komponenten- und Materialebene beschränken. Zwar fördern die Standards die Umweltziele Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz – entweder allgemein oder IKT-spezifisch –, jedoch ohne expliziten Netzfokus. Es besteht insbesondere in dieser Kategorie Entwicklungsbedarf für spezifische Standards. Voraussetzung für eine Vergleichbarkeit wäre, dass Hersteller den Netzbetreibern die erforderlichen Daten bereitstellen. Der **Aufwand** zur Erfüllung der Standards wird als gering bis mittel eingeschätzt. Diese Einschätzung konnte jedoch aufgrund der mangelnden Bekanntheit der Standards in der Stakeholder-Befragung weder bestätigt noch widerlegt werden.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

- Vergleichbare Nachhaltigkeitsindikatoren bei Netzbetreibern fehlen bislang wegen uneinheitlicher Methoden und Rahmenbedingungen. Standards dienen aktuell nur der internen Trendanalyse. Einheitliche Leitlinien und die Einbindung der Netzbetreiber sind nötig, um Aufwand zu minimieren, Akzeptanz zu erhöhen und verlässliche Aussagen zum Umweltfußabdruck der TK-Netze zu ermöglichen. Die Standards enthalten durchweg keine Anforderungen an eine Validierung.
- **Energiemanagement:** ETSI EN 303 472 (2G/3G/4G) ermöglicht Ergebnisvergleiche bei ähnlichen Betriebsbedingungen, während ETSI ES 203 228 (2G-5G) flexiblere Messungen erlaubt, wodurch aber die Vergleichbarkeit erschwert wird. ETSI ES 203 228 beschreibt eine Methode zur Extrapolation des Energieverbrauchs von Netzen. Allerdings könnte der CoC ergänzende Festlegungen zur Messperiode und -frequenz aufführen. Die ETSI EN 305 200-x-Serie bietet eine gute Grundlage für die Berechnung der Must-Have-Indikatoren. Jedoch sind die diesbezüglichen Spezifikationen dieser Serie von Standards inkonsistent. Daher wäre es sinnvoll, die Standards zu aktualisieren. ETSI TS 128 554 ist zukunftsorientiert (5G-RAN/-Core), benötigt aber klarere Messvorgaben. ETSI EN 303 471 könnte NFV-basierte Zugangsnetze ergänzen.
  Die Allokation des Energieverbrauchs an gemeinsam genutzten Standorten ist komplex; hier sollte die Methodik transparent dokumentiert bzw. vorgegeben werden. Die Flexibilität des CoC (Entwurf Stand 15.04.2025) ist für die Praktikabilität notwendig, mindert jedoch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Eine Balance zwischen konkreten Vorgaben (insb. zu Messperiode, Extrapolation und Allokationsregeln) und Flexibilität in der Anwendung wird empfohlen.
  Es wird angeregt, die Vorgaben des CoC daher frühzeitig mit Netzbetreibern zu evaluieren, um praktische Probleme zu identifizieren und den CoC gegebenenfalls anzupassen. Angesichts der Vielzahl bestehender Standards und der eingeschränkten Vergleichbarkeit von darauf beruhenden Messergebnissen ist eine sorgfältige Abwägung zwischen dem Ziel der Ergebnisvergleichbarkeit und der praktischen Anwendbarkeit sowie der technologischen Passgenauigkeit für spezifische Netzsegmente erforderlich. Es könnte auch berücksichtigt werden, ob Netzbetreiber mehrere Netzsegmente bzw. -technologien betreiben. In diesem Fall wäre es sinnvoll, dass der empfohlene Standard möglichst viele Netzbereiche erfasst.

- **Treibhausgasemissionen:**
  Scope 1 & 2: Für den CoC wird angeregt, das GHG Protocol Corporate Standard als methodische Referenz anzugeben, da es auch im Delegated Act zur CSRD vorgeschrieben ist. Des Weiteren könnte der CoC die Anforderungen des GHG-Protocols an die Dokumentation von Allokationsregeln dahingehend ergänzen, dass die Aufteilung der Scope-1- und Scope-2-Emissionen der von unterschiedlichen Netzwerkbetreibern gemeinsam betriebenen Infrastrukturen in Telekommunikationsnetzen klar ersichtlich wird (z. B. Festlegung auf Equity-Share- oder Operational-Control-Modell). Dies würde zu einer gesteigerten Transparenz hinsichtlich der Datenerfassung führen. Es bedarf einer Definition, welche Aktivitäten als Scope-1-Emissionen dem Netzbetrieb zugerechnet werden, beispielsweise Wartungsfahrten mit dem eigenen Fuhrpark und direkte Emissionen durch Kältemittel.

- Scope 3: Der Standard „GSMA/GeSI/ITU: Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators“ erfüllt derzeit den vom JRC gesetzten Must-Have-Indikator zum Scope 3 am besten. Zunächst gilt es, die für den Netzbetrieb maßgeblichen Scope-3-Kategorien festzulegen und zu priorisieren. Dies sind: Kategorie 1 (eingekaufte Waren/Dienstleistungen), Kategorie 2 (Kapitalgüter), Kategorie 3 (energiebezogene Aktivitäten, z. B. Wartungsfahrten durch externe Dienstleister, Kabelverlegung) sowie ggf. Kategorie 15 (Investitionen) und Kategorie 8/13 (angemietete/vermietete Sachanlagen), je nach Geschäftsmodell. Alle Kategorien müssen netzbezogen sein. Zur Sicherstellung künftiger Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Messungen von den im CoC aufgeführten Standards wird angeregt, branchenspezifische, durchschnittliche CO_2e-Emissionsfaktoren für vor- und nachgelagerte Prozesse (z.B. Herstellung von Netzkomponenten) in einer öffentlich zugänglichen Datenbank zu erfassen – das vereinfacht Berechnungen, harmonisiert Ergebnisse und erhöht die Transparenz der GHG-Indikatoren.
- **Kreislaufwirtschaft:** Der GRI 306-Standard eignet sich für den Indikator „E-Waste“, bietet jedoch erhebliche Umsetzungsspielräume. Für eine transparente Angabe des E-Waste-Gewichts nach Netzkomponenten, dient der ITU-T L.1050-Standard als gute Referenz, da er zentrale Komponenten von Netzsegmenten systematisch auflistet. Für den Indikator *„recycled/refurbished/reused“* auf Produktebene fehlen jedoch derzeit geeignete Standards.

Executive Summary

Background, Objective, Target Group, and Application

The **background** of the study is the EU Commission's pursuit to establish standardized and comparable reporting of sustainability indicators for telecommunications infrastructure. The JRC study (Baldini et al. 2024) identified eight “must-have indicators” in the three environmental categories of energy management, greenhouse gas emissions, and circular economy. On this basis, the EU Commission is developing a Code of Conduct (CoC) for the sustainability of telecommunications networks, which aims to define standard-based procedures for measuring and evaluating the environmental impact of telecommunications networks. The Federal Network Agency (BNetzA) commissioned this study to provide a scientifically robust background for selecting appropriate standards to develop the CoC. The **objective** of the study is threefold:

- To investigate the comparability and specificity level of selected standards for capturing the must-have indicators identified in the JRC study.
- To estimate the implementation and application effort required for these selected standards.
- To derive recommendations for potential standards to be utilized within the objective of the CoC or for national and further European decision-making processes.

The **target group** includes private decision-makers such as telecommunications network operators, and authorities such as the BNetzA and the European Commission. The primary **application** of the study is to assist the BNetzA in actively contributing to the national and European discussions aimed at defining appropriate sustainability indicators.

System Boundary and Methodological Approach

The study focuses on telecommunications networks as part of ICT infrastructure, encompassing access and core networks as well as supporting infrastructure, including *Network Data Centres (NDCs)* which serve to implement, control, and manage network functions. User end devices and the infrastructure of application providers (content and application providers, or CAPs), such as data centers for data processing or storage, are located outside the system boundary.

The standards considered in this study are analyzed in three consecutive steps:

(1) Completeness Check: 41 energy, 21 greenhouse gas (GHG), and 16 circular economy standards were evaluated based on meta-criteria. Exclusion criteria, such as outdated, unspecific, or overarching standards and those lacking must-have indicators, were applied to identify relevant standards. As a result, 15 energy manage-ment, 4 GHG, and 6 circular economy standards were selected.

(2) Comparative Analysis: The selected standards were evaluated based on three key questions: (a) comparability when using the same standard, (b) comparability when using different standards of the same group, and (c) overall suitability. Four evaluation criteria were developed: robustness, reproducibility, credibility, and transparency. Corresponding evaluation aspects were defined for each criterion. The assessment used a three-level model (high, medium, low), visualized with green, yellow, and red dots.

(3) Effort Estimation: Implementation effort was assessed semi-quantitatively (technical, methodological, and organizational requirements) and qualitatively (stakeholder surveys, CAPEX/OPEX, market penetration, and existing knowledge from studies). The results are indicative**.**

Key Results of Comparability and Effort Estimation

- **Energy Management:** The **comparability** of results when applying energy management standards is limited by methodological differences, such as different indicators and metrics, data collection methods (e.g., measurement period or frequency, sampling locations) and delimitations (e.g., shared locations, inclusion of infrastructure). One exception is ETSI EN 303 472, which enables a high degree of comparability of measurement results when applying the standard thanks to clear specifications on measurement processes, data collection, and reporting. However, this only applies to non-shared base station locations and under the assumption of similar operating conditions. Most of the standards examined for energy analysis are used by network operators for internal monitoring of consumption trends over time and are not suitable for comparing measurement results from the same or different standards. Significant similarities between the standards relate to the consideration of renewable energy on site, the preference for real-time measurement, and the consideration of variable environmental conditions (e.g., climate zones) that influence energy consumption. The application of standards is often only suitable for individual locations, while shared infrastructure (infrastructure sharing) requires clear allocation rules. However, these are not regularly included in the standards. Guidelines for assessing data uncertainties and a commitment to external validation are mostly lacking. The **effort** is indicatively estimated to be medium, although high initial implementation costs (especially personnel and material costs) could be reduced in the long term through standardized processes.
- **Greenhouse Gas Emissions:** The **comparability** of the results of GHG assessments is limited just as much as in energy management due to methodological differences:
  Scope 1 & 2: The GHG Protocol Corporate and ITU-T L.1420 are organization-based standards focusing on Scope 1 and 2, with optional Scope 3 reporting. Both use generic methodologies without telecommunications network-specific approaches or allocation rules. ITU-T L.1420 prescribes general criteria for emission factors and uncertainty assessment, while the GHG Protocol does not, but requires location- and market-based accounting in its Scope 2 Guidance. The GHG Protocol mandates breakdown by seven greenhouse gases, whereas ITU-T L.1420 requires country-specific reporting.

  Scope 3: The “GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Standard” complements the base standard with detailed guidance for 15 Scope 3 categories, without requiring external validation.

The “GSMA/GeSI/ITU: Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators” targets telecommunications companies, offering ICT-specific methods with accuracy recommendations. It allows practical approaches and emphasizes consistent application, which is often challenging. The GSMA/GeSI/ITU Guidance prioritizes relevant categories but is not explicitly network-focused. Emissions from the manufacture of purchased goods (Cat. 1 and 2) are accounted for in the year of purchase in accordance with the GHG Protocol and GSMA Scope 3 standards, while they are distributed over the useful life in accordance with ITU-T L.1420.

The **effort** for calculating all Scopes is estimated as medium to high. The GHG Protocol is widely used by network operators. Scope 3 emissions reporting is inherently data-intensive, requiring internal and external coordination, and is correspondingly effort-intensive.

- **Circular Economy:** The **comparability** of declarations of recycled content and recycling rates based on the standards is also limited in this category, as they do not contain product-related indicators for “recycled/refurbished/reused” products, but are limited to the component and material level. Although the standards promote the environmental goals of circular economy and resource efficiency—either in general or specifically for ICT—they do not have an explicit network focus. There is a particular need for specific standards in this category. A prerequisite for comparability would be for manufacturers to provide network operators with the necessary data. The **effort** required to meet the standards is estimated to be low to medium. However, this assessment could neither be confirmed nor refuted in the stakeholder survey due to the lack of awareness of the standards.

Conclusions and Recommendations

- Comparable sustainability indicators for network operators are currently lacking due to inconsistent methods and framework conditions. Standards are currently only used for internal trend analysis. Uniform guidelines and the involvement of network operators are necessary to minimize effort, increase acceptance, and enable reliable statements about the environmental footprint of telecommunications networks. The standards do not contain any requirements for validation.
- **Energy Management:** ETSI EN 303 472 (2G/3G/4G) enables results to be compared under similar operating conditions, while ETSI ES 203 228 (2G-5G) allows more flexible measurements, but this makes comparison more difficult. ETSI ES 203 228 describes a method for extrapolating the energy consumption of networks. However, the CoC could include additional specifications on the measurement period and frequency. The ETSI EN 305 200-x series provides a good basis for calculating the must-have indicators. However, the specifications in this series of standards are inconsistent. It would therefore be useful to update the standards. ETSI TS 128 554 is future-oriented (5G RAN/Core), but requires clearer measurement specifications. ETSI EN 303 471 could supplement NFV-based access networks. The allocation of energy consumption at shared locations is complex; the methodology should be transparently documented or specified here. The flexibility of the CoC (draft version dated April 15, 2025) is necessary for practicality, but reduces the comparability of results. A balance between specific requirements (especially regarding measurement periods, extrapolation, and allocation rules) and flexibility in application is recommended. It is therefore suggested that the CoC requirements be evaluated with network operators at an early stage in order to identify practical problems and adapt the CoC if necessary. Given the large number of existing standards and the limited comparability of measurement results based on them, careful consideration must be given to the goal of comparability of results and practical applicability, as well as technological suitability for specific network segments. Consideration could also be given to whether network operators operate multiple network segments or technologies. In this case, it would make sense for the recommended standard to cover as many network areas as possible.

Greenhouse Gas Emissions:

- **Scope 1 & 2**: For the CoC, it is suggested that the GHG Protocol Corporate Standard be specified as a methodological reference, as it is also required by the Delegated Act on CSRD. Furthermore, the CoC could amend the requirements of the GHG Protocol for the documentation of allocation rules so that the allocation of Scope 1 and Scope 2 emissions of the infrastructures jointly operated by different network operators in telecommunications networks is clearly evident (e.g. definition of equity share or operational control model). A definition is needed of which activities are classified as Scope 1 emissions attributable to network operation, for example maintenance trips with the company's own vehicle fleet and direct emissions from refrigerants.
- **Scope 3:** The GSMA/GeSI/ITU: Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators standard currently best meets the JRC's must-have indicator for Scope 3. The first step is to define and prioritize the Scope 3 categories relevant to network operations. These are: Category 1 (purchased goods/services), Category 2 (capital goods), Category 3 (energy-related activities, e.g., maintenance trips by external service providers, cable laying) and, if applicable, Category 15 (investments) and Category 8/13 (leased/rented property, plant, and equipment), depending on the business model. All categories must be network-related. To ensure future comparability of the results of measurements with the standards listed in the CoC, it is recommended that industry-specific average CO_2e emission factors for upstream and downstream processes (e.g., manufacture of network components) be recorded in a publicly accessible database. This simplifies calculations, harmonizes results, and increases the transparency of GHG indicators.
- **Circular Economy:** The GRI 306 standard is suitable for the "E-Waste" indicator in the CoC but offers significant flexibility in implementation. If the CoC requires transparent reporting of E-Waste weight by network components, the ITU-T L.1050 standard serves as a good reference, as it systematically lists key components of network segments. However, for the "recycled/refurbished/reused" indicator at the product level, suitable standards are currently lacking.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die digitale Transformation erfasst nahezu alle Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft – von technischen Infrastrukturen, industriellen Produktionsstätten, Unternehmen, Verwaltungen und dem Handel bis hin zu Haushalten und dem Bildungs- sowie Gesundheitswesen. Die Digitalisierung führt zu einem ständig steigenden Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), da immer mehr Daten erfasst, verarbeitet, gespeichert, übertragen und ausgetauscht werden. Gleichzeitig steigt der Bedarf an immer höheren Datenübertragungsgeschwindigkeiten. Nach dem Jahresbericht 2024 der Bundesnetzagentur wurden im Jahr 2023 in Deutschland rund 132 Milliarden Gigabyte in Festnetzen (+9 % gegenüber 2022) und 9 Milliarden Gigabyte in Mobilfunknetzen (+36 % gegenüber 2022) übertragen. Infolge des weltweit steigenden Datenvolumens werden ein weiterer Anstieg des globalen Ressourcenbedarfs für den Ausbau der Telekommunikationsinfrastruktur, ein steigender Energieverbrauch für deren Betrieb sowie ein Anstieg des Anfalls an Abfällen aus Elektro- und Elektronikgeräten (WEEE) erwartet.

Die ökologischen Nachhaltigkeitsziele sind sowohl im nationalen als auch im europäischen Kontext auf politischer Ebene bereits fest verankert. Wenn die Telekommunikationsnetze, als die wesentliche Voraussetzung für die Digitalisierung der Gesellschaft, in ihren Umweltauswirkungen unberücksichtigt bleiben, lassen sich keine verlässlichen Aussagen zu den Umweltauswirkungen der Digitalisierung machen. Vor diesem Hintergrund werden Indikatoren benötigt, die die Umweltauswirkungen des Telekommunikationssektors transparent und nachvollziehbar erfassen und quantifizieren, um dessen ökologischen Fußabdruck möglichst belastbar beurteilen zu können.

Es gibt zahlreiche IKT-sektorspezifische Standards zur Bewertung der Umweltaspekte in Telekommunikationsnetzen, die überwiegend von der International Telecommunication Union (ITU) und dem European Telecommunications Standards Institute (ETSI) entwickelt wurden. In weiteren Literaturquellen, wie beispielsweise der DG-CNECT-Studie (Bilsen et al. 2021) und der JRC-Studie (Baldini et al. 2024), wurden ebenfalls die Indikatoren der ITU- und ETSI-Standards und sowie weiterer relevanter Standards untersucht. Bilsen et al. (2021) stellen jedoch fest, dass nur wenige dieser Indikatoren in der Praxis wirklich angewendet werden.

Die gesamte IKT-Infrastruktur lässt sich grundsätzlich in zwei Hauptbereiche unterteilen: Endgeräte, einschließlich Rechenzentren, und Telekommunikationsnetze. Die Umweltauswirkungen der Telekommunikationsnetze sind hierbei am wenigsten erforscht.

1.2 Zielsetzung, Zielgruppe und vorgesehene Anwendung der Studie

Ziele der Studie sind

- die Untersuchung ausgewählter Standards in Bezug auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Messungen bzw. Berechnungen, unter Anwendung der Vorgaben der jeweiligen Standards. Dabei wird speziell die Eignung der Standards zur Erfassung der von der JRC-Studie (Baldini et al. 2024) identifizierten Must-Have-Indikatoren für die drei Umweltkategorien Energiemanagement, Treibhausgase und Kreislaufwirtschaft in der Telekommunikationsinfrastruktur berücksichtigt.
- Dabei sollen die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Messvorgaben der Standards, deren Inputparameter sowie den Erhebungsaufwand der Daten aufgezeigt werden,

- die Ableitung von Empfehlungen für potenzielle Standards zur Nutzung im Kontext des europäischen Code of Conduct (CoC) für Telekommunikationsnetze oder für nationale und europäische Entscheidungsfindungen.

Die **Zielgruppe** umfasst zum einen Telekommunikationsnetzbetreiber, um sie in die Lage zu versetzen, die für sie geeigneten Standards auszuwählen und anzuwenden. Hinzukommen politische und weitere private Entscheidungsträger, die dadurch die Möglichkeit erhalten, auf Basis der transparenten Daten, fundierte Entscheidungen treffen zu können. Darüber hinaus bietet die Studie wissenschaftliche Erkenntnisse für Behörden, wie beispielsweise die Bundesnetzagentur (BNetzA) und die Europäische Kommission.

Vorgesehene Anwendung der Studie: Die EU-Kommission plant im Jahr 2025 einen Verhaltenskodex für Telekommunikationsnetze (Code of Conduct on telecommunications networks) zu veröffentlichen. Aktuell laufen umfangreiche Vorarbeiten, EU-Indikatoren zur Messung des ökologischen Fußabdrucks der Kommunikationsnetze und -dienste festzulegen. Die Ergebnisse der Studie sollen die Bundesnetzagentur dabei unterstützen, sich in der aktuellen nationalen und europäischen Debatte zur Festlegung geeigneter Nachhaltigkeitsindikatoren konstruktiv einzubringen.

1.3 Untersuchungsgegenstände

1.3.1 Festlegung der Systemgrenze

Die zu untersuchende **Systemgrenze** („Scope“) dieses Vorhabens liegt auf den Telekommunikationsnetzen, die weiter in die Bereiche IKT-Ausstattung und unterstützende Infrastruktur untergliedert werden können (s. Abbildung 1-1). Das Telekommunikationsnetz besteht aus Zugangsnetzen mit unterschiedlichen Übertragungstechnologien zur Anbindung an den Nutzer (Endgeräte und Rechenzentren) und dem Kernnetz, das den zentralen Datenverkehrstransport, Steuerung, Verwaltung durchführt sowie die Vernetzung verschiedener Zugangsnetzknoten übernimmt.

Zur Definition der Systemgrenze ist die Festlegung eines Netzabschlusspunkts entscheidend. Dieser beschreibt die Grenze zwischen dem öffentlichen Telekommunikationsnetz und der Infrastruktur des Endnutzers. Die Orientierung erfolgt an den Definitionen „Netzabschlusspunkt“ und „Anschluss von Telekommunikationsendeinrichtungen“ gemäß dem Telekommunikationsgesetz.

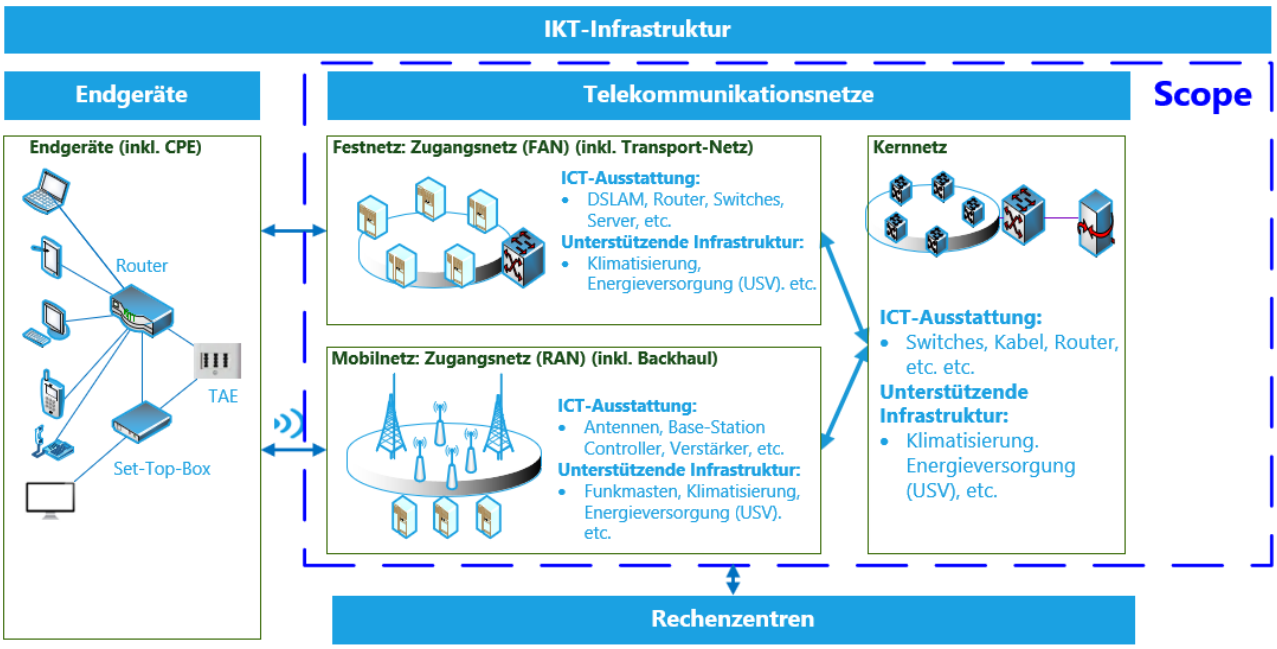
Das Telekommunikationsgesetz (TKG 2021) § 3 Nr. 32 TKG definiert: „**Netzabschlusspunkt**“ der physische Punkt, an dem einem Endnutzer der Zugang zu einem öffentlichen Telekommunikationsnetz bereitgestellt wird; in Netzen, in denen eine Vermittlung oder Leitwegebestimmung erfolgt, wird der Netzabschlusspunkt anhand einer bestimmten Netzadresse bezeichnet, die mit der Nummer oder dem Namen eines Endnutzers verknüpft sein kann;“

Das Telekommunikationsgesetz (TKG 2021) § 73 beschreibt den „**Anschluss von Telekommunikationsendeinrichtungen**“ wie folgt: „Der Zugang zu öffentlichen Telekommunikationsnetzen an festen Standorten ist an einer mit dem Endnutzer zu vereinbarenden, geeigneten Stelle zu installieren. Dieser Zugang ist ein passiver Netzabschlusspunkt; das öffentliche Telekommunikationsnetz endet am passiven Netzabschlusspunkt. Für Mobilfunknetze ist die Luftschnittstelle grundsätzlich der Netzabschlusspunkt.“

Der Netzabschlusspunkt ist der physische Punkt, an dem das öffentliche Telekommunikationsnetz endet und die Infrastruktur des Endnutzers beginnt (s. Abbildung 1-1). Er bildet den Übergangspunkt

zwischen dem öffentlichen Telekommunikationsnetz und der Infrastruktur des Nutzers. Beim Festnetz ist der Netzabschlusspunkt das endkundenseitige Ende der Anschlussleitung, beim Mobilfunknetz ist es die Luftschnittstelle, die sich zwischen der Basisstation des Mobilfunknetzes und dem Mobilfunkendgerät des Nutzers befindet. Endgeräte und Infrastrukturen, die an das Fest- oder Mobilfunknetz angeschlossen werden, fallen in die Verantwortung des individuellen Endnutzers und sind daher keine Bestandteile des Telekommunikationsnetzes. Sie liegen somit auch nicht innerhalb der Systemgrenze der vorliegenden Studie. Folglich fallen auch Infrastrukturen, wie zum Beispiel Rechenzentren nicht in den Geltungsbereich der Studie. Allerdings gehören Rechenzentren, sogenannte Network Data Centres (NDCs), die der Implementierung, Steuerung und Verwaltung von Netzwerkfunktionen dienen zur Telekommunikationsnetzinfrastruktur und somit auch zum Geltungsbereich der Studie.

Abbildung 1-1: Systemgrenze der vorliegenden Studie



Quelle: Eigene Darstellung

1.3.2 Betrachtete Umweltaspekte und ihre Must-Have-Indikatoren

In dieser Studie werden die drei Kategorien Energiemanagement, Treibhausgasemissionen und Kreislaufwirtschaft, hinsichtlich definierter Umweltindikatoren detailliert untersucht. Die Umweltindikatoren basieren auf den in der JRC-Studie (Baldini et al. 2024) als vorrangig für die Nachhaltigkeit von Telekommunikationsnetzen eingestuften, sogenannten „Must-Have“-Indikatoren. Tabelle 1-1 listet die zu betrachtenden Indikatoren im Zusammenhang mit den entsprechenden acht „Must-Have“-Indikatoren auf.

Tabelle 1-1: Must-Have-Indikatoren aus der JRC-Studie sowie Analyseschwerpunkt in der vorliegenden Studie

Kategorie	Must-Have-Indikatoren	Must-Have-Metriken	Analyseschwerpunkt in der vorliegenden Studie
Energie-management	**Energieverbrauch**	• Energieverbrauch in kWh, MWh oder GWh	• **Netze oder Netzsegmente** in der Betriebsphase
	Energieeffizienz	• Datenvolumen im Verhältnis zum Energieverbrauch	
	Nutzung erneuerbarer Energie	• Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Energieverbrauch • Verbrauch erneuerbarer Energien	
Treibhausgas-Emissionen	**GHG Scope 1**	• CO_2e in Tonnen	• **Netzbezogene** GHG Scope 1/2/3: bezieht sich nur auf das Netz, nicht auf die gesamte Organisation.
	GHG Scope 2	• CO_2e in Tonnen	
	GHG Scope 3	• CO_2e in Tonnen	
Kreislauf-wirtschaft[1]	**Vor der Nutzung:** E-Waste Aufkommen Verwendung von recycelten / aufgearbeiteten / wiederverwendeten Produkten	• Gewicht von recycelten Produkten • Gewicht von refurbished Produkten • Anzahl der refurbished Produkte • Gewicht von reused Produkten	• **Netzbezogene** ICT-Geräte/Hardware: bezieht sich nur auf ICT-Geräte, die im Netzbetrieb eingesetzt werden, nicht auf solche, die z.B. in den Bürobereichen einer Organisation zum Einsatz kommen
	End-of-Life (Nach der Nutzung) E-Waste Aufkommen Verwendung von recycelten / aufgearbeiteten / wiederverwendeten Produkten	• Gewicht der Abfälle aus Elektro- und Elektronikgeräten • Gewicht von recycelten Produkten • Gewicht von refurbished Produkten • Anzahl der refurbished Produkte • Gewicht von reused Produkten	

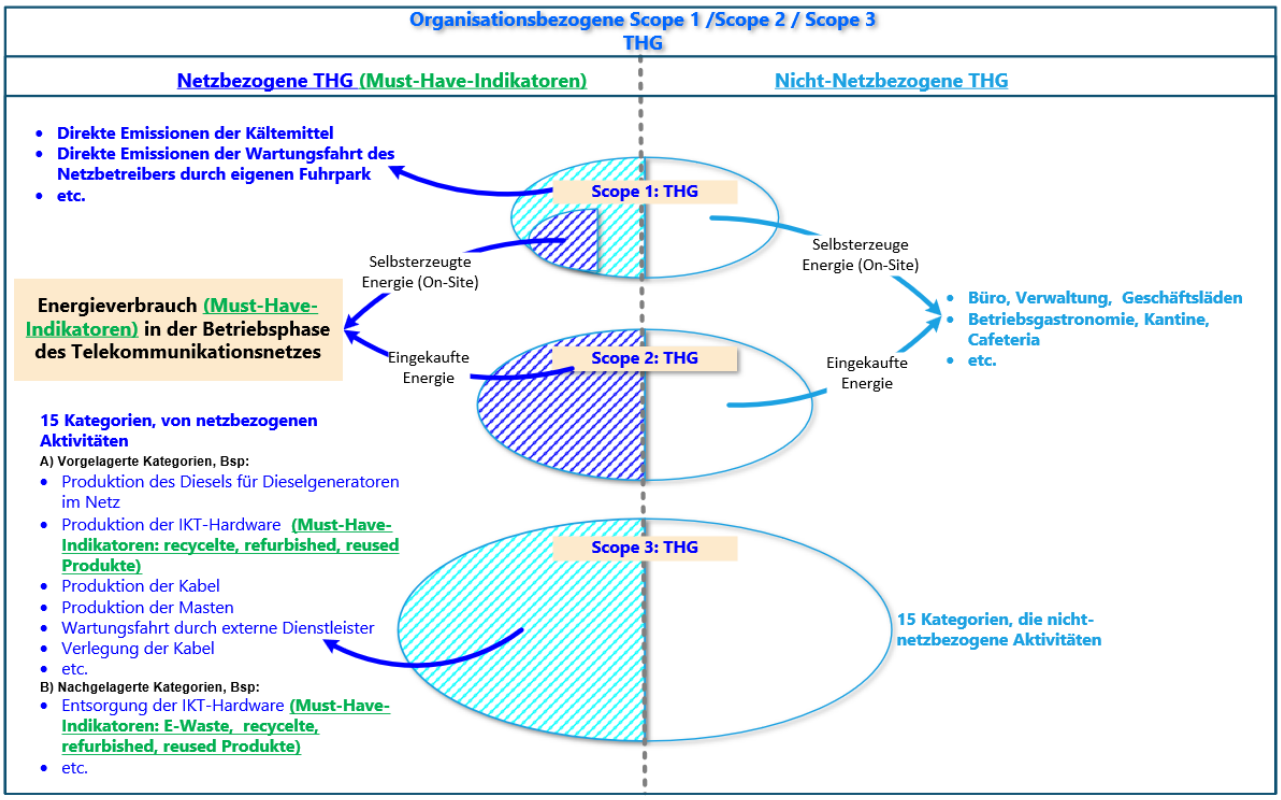
Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der JRC-Studie, Tabelle 2 (Baldini et al. 2024)

Abbildung 1-2 verdeutlicht die Zusammenhänge zwischen den untersuchten Must-Have-Indikatoren. Telekommunikationsbetreiber berichten bereits (siehe Anhang VI) Treibhausgasemissionen in Scope 1, Scope 2 und Scope 3, wobei Scope 3 mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad erfasst wird. Die THG-Emissionen decken sämtliche Organisationsaktivitäten ab, ohne Differenzierung in netzbezogene (Fokus dieser Studie) und nicht-netzbezogene Aktivitäten. Eine separate Ausweisung netzbezogener THG-Emissionen hängt von der praktischen Erfassung der Scope-Emissionen ab.

Die Must-Have-Indikatoren der JRC-Studie sind in ihrer Gesamtheit miteinander verknüpft, interagieren in ihrer Wirkung und ergänzen sich gegenseitig. Scope 1 und Scope 2 erfassen die netzbezogenen Emissionen, die über den Energieverbrauch hinausgehen. Die Must-Have-Indikatoren der Kreislaufwirtschaft sind in den Scope 3-Kategorien eingebettet und unterstützen Betreiber bei der Berechnung von Scope 3. Gleichzeitig erfassen die netzbezogenen Scope 1- und Scope 3-Emissionen auch weitere direkte und indirekte Emissionsquellen, die für netzbezogene Aktivitäten relevant sind.

[1] Die Indikatoren beziehen sich auf Produkte. In der JRC-Studie gibt es zusätzlich "Should-Have"-Indikatoren, z.B. "Recycled/refurbished/reused components“, die jedoch auf der Komponentenebene angesiedelt ist.

Abbildung 1-2: Schematische Darstellung des Zusammenhangs der Must-Have-Indikatoren in der vorliegenden Studie



Quelle: Eigene Darstellung. Anmerkung: Nicht im Maßstab, ausschließlich zur Illustration

Anzumerken ist, dass es im Kontext der Kreislaufwirtschaft eine Reihe von Indikatoren gibt, wie z. B. Upgradability, Reparability, Removability, Durability, Reusability, Recyclability, Recoverability, Refurbishability und Manufacturability (vgl. (ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04)); (ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02)). Diese Indikatoren beschreiben jedoch die potenzielle Fähigkeit eines Produkts zur Langlebigkeit, Weiterverwendung oder Weiterverwertung. Solche Indikatoren stehen nicht im Fokus der vorliegenden Studie und wurden in der JRC-Studie nicht als Must-Have-Indikatoren klassifiziert.

1.4 Überblick über Telekommunikationsnetze und Netzbetreiber in Deutschland

Mobilfunknetze und Netzbetreiber

Nach den Daten zur statistischen Auswertung der Breitbandverfügbarkeit der Bundesnetzagentur (BNetzA und BMDV 2025) beträgt die Abdeckung mit 2G 99,97 %, mit 4G 98,66 %, mit 5G DSS[2] 83,7 % und mit 5G NSA/SA[3] 93,66 % der Fläche in Deutschland. In Deutschland wurde 3G (UMTS) in 2021 bereits komplett abgeschaltet (Verbraucherzentrale NRW e.V. 2023). Im Jahr 2026 wird 3G

[2] 5G DSS (Dynamic Spectrum Sharing) bedeutet, dass die Kapazitäten der Funkzellen sich auf 4G- und 5G-Nutzer aufteilen.

[3] 5G NSA (Non-Stand-Alone) bedeutet, dass das Kernnetz bei 5G noch auf der Vorgänger-Technologie LTE/4G basiert. 5G SA (Stand-Alone) bezeichnet ein reines Ende-zu-Ende-5G-Netz, das vom Zugangsnetz bis zum Kernnetz auf 5G basiert.

in Europa, mit Ausnahme von Frankreich (wo 3G bis 2028/2029 aktiv bleibt), europaweit abgeschaltet sein (Weber 2022). Laut der Mediennachricht der Deutschen Telekom soll das 2G-Netz voraussichtlich zum 30. Juni 2028 abgeschaltet werden (Hafenrichter 2024).

In Deutschland gibt es drei etablierte Mobilfunknetzbetreiber: **Vodafone, O2 und Deutsche Telekom**. Im Jahr 2024 kam die **1&1 AG** als vierter Netzbetreiber auf dem deutschen Markt hinzu (1&1 AG 2024). Bis die 5G-Netzabdeckung vollständig ausgebaut ist, verwenden 1&1-Kunden das Vodafone-Netz.

Festnetze und Netzbetreiber

Im Jahr 2023 basierte der Großteil der Breitbandanschlüsse in Deutschland auf verschiedenen DSL-Technologien, die einen Marktanteil von rund 64 % erreichten. Die aus dem „Kabelfernsehen" hervor gegangenen HFC[4]-Anschlüsse folgten mit einem Anteil von 22 % (8,6 Millionen Anschlüsse), während Glasfaserleitungen 11 % (4,3 Millionen Anschlüsse) ausmachten. Stationäre drahtlose Breitbanddienste über LTE/5G trugen mit 2 % (0,9 Millionen Anschlüsse) zur Gesamtverteilung bei (BNetzA 2023).

Bis Ende 2023 hielt die Deutsche Telekom AG laut Statistik der Bundesnetzagentur (BNetzA 2023) einen Marktanteil von 39 % an den Breitbandanschlüssen im Festnetz. Diese Zahl stimmt weitgehend mit den Daten von Statista aus dem 2. Quartal 2023 überein (statista 2023). Demnach entfielen 40,3 % der Anschlüsse auf die Deutsche Telekom, gefolgt von Vodafone mit 28,5 %, 1&1 mit 11,1 %, Telefónica mit 6,5 %, der EWE-Gruppe mit 2,2 %, Tele Columbus mit 1,9 %, Deutsche Glasfaser mit 1,6 %, M-net und NetCologne jeweils mit 1,4 % sowie Sonstige mit 5,1 %.

1.5 Betrachtung des regulatorischen Umfelds

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob und inwiefern die EU-Taxonomie und die EU-CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) als politische Instrumente verbindliche Standards oder Methoden für die Nachhaltigkeitsberichterstattung von Telekommunikationsnetzbetreibern vorschreiben.

1.5.1 Untersuchung der EU-Taxonomie im Hinblick auf die Must-Have-Indikatoren

Die EU-Taxonomie ist ein Klassifizierungssystem für nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten, welches aktuell 16 Sektoren der Wirtschaft umfasst (siehe Tabelle 7-1, Anhang I.a), denen jeweils wirtschaftliche Aktivitäten (economic activities) zugeordnet sind. Darunter sind auch wirtschaftliche Aktivitäten gelistet, welche von Telekommunikationsunternehmen ausgeübt werden. Zentrale Geschäftsfelder, wie die „Bereitstellung und der Betrieb einer Netz-Infrastruktur für Telekommunikation", werden jedoch aktuell noch nicht von der Taxonomie erfasst. Daher erzielten große Unternehmen, wie die Deutsche Telekom AG oder Telefónica Deutschland Holding AG, im Jahr 2023 maximal 2,5 % ihres Jahresumsatzes (Umsatz-KPI / turnover KPI) in sogenannten Taxonomie-geeigneten Aktivitäten und lediglich 0,2 % in sogenannten Taxonomie-konformen Aktivitäten (siehe Tabelle 7-3. Anhang I.b)

Die Untersuchung zeigt, dass die EU-Taxonomie einen strukturierten und standardisierten Ansatz zur Bewertung ökologischer Nachhaltigkeit bereitstellt. Allerdings wurden keine konkreten Standards

[4] HFC steht für "Hybrid Fiber/Coax" und kombiniert Glasfaser- mit Koaxialkabel-Technologie (TV-Kabelnetz). Die Daten werden über Glasfaserkabel von zentralen zu regionalen Knotenpunkten übertragen. An den regionalen Knotenpunkten werden die optischen Signale in elektrische Signale umgewandelt, die anschließend über Koaxialkabel zu den Endnutzern weitergeleitet werden.

vorgeschrieben, wie Umweltaspekte bewertet werden sollten. Ebenfalls werden die in der vorliegenden Studie untersuchten Must-Have-Indikatoren im Rahmen der EU-Taxonomie nicht erwähnt. Es ist anzumerken, dass zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts noch nicht ganz klar ist, ob die EU-Taxonomie den geplanten EU Code of Conduct für Telekommunikationsnetze als verbindlichen Bestandteil integrieren wird.

1.5.2 Untersuchung der EU-CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) im Hinblick auf die Must-Have-Indikatoren

Die Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), Richtlinie (EU) 2022/2464 (European Union 2022c), verpflichtet bestimmte Unternehmen zur Offenlegung der Daten, die in den Europäischen Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung (European Sustainability Reporting Standards – ESRS) vorgeschrieben sind (Anhang II.a). Zwei der zwölf Standards (ESRS E1: Klimawandel und ESRS E5: Ressourcennutzung und Kreislaufwirtschaft) stehen in inhaltlichem Zusammenhang zu den in der vorliegenden Studie untersuchten Must-Have-Indikatoren (ESRS o.J.).

In Anhang II.b werden Zusammenhänge zwischen der CSRD und Telekommunikations-Unternehmen beschrieben. Die Untersuchung zeigt, dass die in der vorliegenden Studie untersuchten Must-Have-Indikatoren *„Energieverbrauch in MWh“* und *„Verbrauch erneuerbarer Energien“* im Rahmen von ESRS E1 (siehe Tabelle 7-6, Anhang II.b) berichtet werden müssen. Des Weiteren muss bei Tätigkeiten in energieintensiven Sektoren die *„Energieintensität“* aus dem Gesamtenergieverbrauch in MWh pro Nettoumsatzerlösen in Währungseinheiten (z. B. Euro) berechnet werden. Die *„Energieintensität“* ist jedoch kein Must-Have-Indikator in der JRC-Studie. Die THG-relevanten Must-Have-Indikatoren *„GHG Scope 1/2/3“* müssen ebenfalls berichtet werden. Als Methode wird der *GHG Protocol Corporate Standard* vorgeschrieben. Optional können der *Organisation Environmental Footprint* (Empfehlung (EU) 2021/2279 (European Union 2021)) oder (DIN EN ISO 14064-1:2018) berücksichtigt werden. Darüber hinaus müssen Indikatoren zur Kreislaufwirtschaft im Rahmen der „ESRS E5-4: Ressourcenzuflüsse“ und „ESRS E5-5: Ressourcenabflüsse“ berichtet werden. Diese Einteilung entspricht der Einteilung in Kreislaufwirtschaft „vor der Nutzung“ und „End-of-Life“ (EoL), welche in der vorliegenden Studie gewählt wurde. Die Berichtspflichten im Rahmen von ESRS E5-4 umfassen unter anderem das „Gewicht von wiederverwendeten oder recycelten sekundären Komponenten, Produkten und Materialien“. Dies schließt die Must-Have-Metriken *„Gewicht von recycelten Produkten“* und *„Gewicht von wiederverwendeten Produkten“* ein. Zudem wird im Rahmen von ESRS E5-5 die „*Gesamtmenge des Abfallaufkommens in Tonnen oder Kilogramm*“ u.a. aufgeschlüsselt nach Verwertungsverfahren (darunter Recycling) berichtet, welche keine Must-Have-Indikatoren in der JRC-Studie ist. Methoden und Annahmen zur Ermittlung der Indikatoren sind bei der Berichterstattung nach dem European Sustainability Reporting Standard (ESRS) nicht vorgeschrieben, müssen aber angegeben werden.

1.6 Überblick über die Struktur des Berichts

Das Vorhaben umfasst drei inhaltliche Arbeitspakete (AP). Die **Vollständigkeitsprüfung** in AP1 (s. Abschnitt 2) zielt darauf ab, eine systematische Meta-Analyse der Standards durchzuführen, um maßgebliche Standards zu identifizieren. Auf der Grundlage der ausgewählten maßgeblichen Standards aus AP 1 wird in AP 2 eine tiefergehende **Vergleichbarkeitsanalyse** (s. Abschnitt 3) durchgeführt. Basierend auf der methodischen Vorgehensweise (s. Abschnitt 3.1) werden in den Kategorien (Energiemanagement, THG und Kreislaufwirtschaft) die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Messungen bzw. Berechnungen bei Anwendung desselben Standards und unterschiedlicher Standards analysiert. Anschließend erfolgt eine **Gesamtbewertung der Eignung,** die im Kontext der

Zielsetzung der Studie steht. Im Rahmen der Arbeitsphase 3 (AP3) (s. Abschnitt 4) wird der **Anwendungsaufwand** der ausgewählten Standards indikativ abgeschätzt. Dabei werden die Voraussetzungen für die Anwendung der betrachteten Standards semiquantitativ bewertet. Diese Bewertung wird kombiniert mit der Einschätzung der Marktdurchdringung, Erkenntnissen aus der Stakeholder-Befragung sowie vorhandenem Wissen aus der Literatur, um den Gesamtaufwand indikativ zu bestimmen. Die **Ergebnisse** der AP2 und AP3 werden in Abschnitt 5 gemeinsam interpretiert. Abschnitt 6 fasst in einer **Schlussfolgerung die Studie** zusammen, insbesondere im Hinblick auf die mögliche Anwendbarkeit im Code of Conduct (CoC). Detaillierte Ergebnisse sind in den Anhängen enthalten.

2 Systematische Analyse maßgeblicher Standards und Überprüfung des vorgegebenen Standardkatalogs auf Vollständigkeit

2.1 Methodische Vorgehensweise für die Vollständigkeitsprüfung der Standards auf der Metaebene

Zunächst wurden die grundlegenden Merkmale aller in der Leistungsbeschreibung vorgegebenen Standards anhand der folgenden Aspekte erfasst:

- Name des Standards
- Version sowie Stand der Entwicklung
- Herausgeber
- Verfügbarkeit (frei versus kostenpflichtig)

Die Aktualität bzw. der Status der Standards wurde überprüft (s. Anhang IV.a), d.h. ob ein Standard derzeit gültig ist, überarbeitet wird oder eine Überarbeitung in naher Zukunft zu erwarten ist. Für die Untersuchung wurden die jeweils aktuellen Versionen der Standards herangezogen und anschließend anhand der in Tabelle 2-1 dargestellten Kategorisierung auf der Metaebene analysiert.

Tabelle 2-1: Übersicht der Kategorisierung zur Analyse der Standards auf der Metaebene in AP1

Kategorisierung	Beschreibung
Zweck des Standards	Beschreibung des Zweckes der jeweiligen Standards, einschließlich der Frage, ob diese für Einzelbewertungen oder für vergleichende Bewertungen – und unter welchen Voraussetzungen – konzipiert wurden. Zudem wird berücksichtigt, ob bestimmte Anwendungszwecke im jeweiligen Standard ausdrücklich ausgeschlossen werden.
Anwendungsbereich	Einordnung entsprechend ihrem Anwendungsbereich: • Allgemeine Standards • ICT-spezifische Standards • Telekommunikationsnetz-spezifische Standards
Typ des Standards	Beschreibung des Typs des jeweiligen Standards, beispielsweise ob es sich um einen methodischen Leitfaden zur Berechnung von Umweltaspekten oder um eine technische Anleitung zur Messung spezifischer Parameter handelt.
Untersuchungsfokus des Standards	Beschreibung des Untersuchungsfokus der jeweiligen Standards, differenziert nach dem adressierten Schwerpunkt, beispielweise IKT-Komponenten, Netze, digitale Dienstleistungen, Unternehmen, allgemeine Produkte oder IKT-Standorte

Kategorisierung	Beschreibung
Betrachtete Lebensphase	• Gesamte Lebensphase • Herstellung (inklusive der gesamten Lieferkette) • Betriebs-/Nutzungsphase • End-of-Life
Betrachtetes Netzsegment	Beispielweise Mobilfunkzugangsnetz (RAN), Festzugangsnetz (FAN), Kabelzugangsnetz (CAN), Kernnetz, gesamtes Telekommunikationsnetz etc.
Berücksichtigung der IKT-Komponenten und/oder Infrastruktur	Es beschreibt, ob ein Standard ausschließlich IKT-Ausrüstung und -Komponenten (z. B. Router, Gateways) berücksichtigt oder auch die unterstützende Infrastruktur (wie Kühlanlagen, Strom- und Notstromversorgung, Antennenmasten) einbezieht.
Betrachtete Umweltindikatoren	Spezifische Must-Have-Indikatoren für Energiemanagement, THG, Kreislaufwirtschaft (siehe Tabelle 1-1)
Technische Repräsentativität	Beschreibung der Technische Repräsentativität, z.B.: Mobilfunk-Zugangsnetz: 2G / 3G / 4G / 5G; Festnetz-Zugangsnetz; Kernnetz; Teilnetz-Segment; Gesamtes Netz

Quelle: Eigene Darstellung

Neben der Kategorisierung, die während der Analyse der Standards ermittelt wurden, wurde auch die potenzielle Relevanz der Standards im Hinblick auf bestehende Gesetze und Vorschriften untersucht. Zu diesem Zweck wurde jeder Standard mithilfe der Suchfunktionen auf der Website des Bundesamts für Justiz (https://www.gesetze-im-internet.de/) geprüft, um festzustellen, ob und in welchem Zusammenhang der Standard bereits in einschlägigen deutschen Gesetzen, Verordnungen oder anderen rechtlichen Bestimmungen berücksichtigt wird.
Darüber hinaus wurden technisch gleichwertige Standards von ITU und ETSI identifiziert (s. Anhang III). In Fällen, in denen sie inhaltlich übereinstimmen, wurden die ETSI-Standards zur Auswertung herangezogen, da sie in einer aktuelleren Fassung vorliegen. Nach der Beseitigung von Redundanzen wurden die in der Leistungsbeschreibung aufgelisteten Standards zuerst systematisch auf Basis der Tabelle 2-1 definierten Kategorisierung auf Metaebene in einer Excel-Tabelle analysiert. Diese Analyse ermöglicht es, einen Überblick zu schaffen und die Vollständigkeit der untersuchten Standards zu prüfen. Im Falle festgestellter Lücken erfolgte eine ergänzende Recherche nach weiteren relevanten Standards.

2.2 Energiemanagement: Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 2-2 listet die Anzahl der in AP1 betrachteten Standards, unterteilt nach Kategorie-Ebene 1 (allgemein oder spezifisch) sowie Ebene 2 und 3 (IKT-Geräte oder netzspezifisch) im Energiemanagement. Ein Gesamtüberblick der geprüften Standards im Energiemanagement befindet sich in Tabelle 7-8 (s. Anhang IV.a)

Tabelle 2-2: Überblick der Anzahl der in AP1 betrachteten Standards zu Energiemanagement nach Kategorie-Ebene 1 (allgemein oder spezifisch) sowie Ebenen 2 und 3 (IKT-Geräte oder netzspezifisch)

Kategorie Ebene 1	Anzahl	Kategorie Ebene 2 bzw. Ebene 3	Anzahl
Allgemeine Standards	**6**	**Organisation/Unternehmen**	**5**
		Allgemeine Produkte und Dienstleistungen	**1**
ICT-spezifische Standards	**3**	**Organisation/Unternehmen**	**1**
		IKT-Ausrüstung, Netze und Dienstleistungen	**2**

Kategorie Ebene 1	Anzahl	Kategorie Ebene 2 bzw. Ebene 3	Anzahl
Telekommunikations-netz-spezifische Standards	**32**	**IKT-Ausrüstung und -Geräte**	**5**
		Netze/ IKT-Standorte	**27**
		Festzugangsnetz (FAN)	3
		Mobilfunkzugangsnetz (RAN)	11
		Kabelzugangsnetz (CAN)	1
		Kernnetz	2
		Drahtloses Zugangsnetz	1
		Mobilfunk-Kernnetz plus Radio Access Controller (RNC) im RAN	1
		RAN und virtualisierte Kernnetzfunktionen	1
		Gesamtes Mobilfunknetz	1
		Gesamtes Telekommunikationsnetz	4
		Virtualisierung von Netzfunktionen (NFV)	2
Summe: 41 Standards			

Quelle: Eigene Darstellung

Durch die Anwendung der Ausschlusskriterien wurden Standards aussortiert und nicht in die Untersuchungen von AP2 und AP3 übernommen. Zusammengefasst basieren die Ausschlusskriterien auf folgenden Aspekten:

- **Veraltete Standards**, die durch neue abgelöst werden, werden nicht mehr betrachtet.
- **Standards auf Geräte-Ebene** fokussieren sich auf die individuellen Eigenschaften und den Energieverbrauch einzelner Geräte. Der Fokus in der vorliegenden Studie ist das Telekommunikationsnetz und das Zusammenspiel der verschiedenen Netzkomponenten.
- **Organisationsbezogene Standards** werden bei Energiemanagement ausgeschlossen, weil sich Must-Have-Indikatoren auf Energieaspekte der technischen Infrastruktur in der Nutzungsphase der Netze beziehen.
- **Telekommunikationsnetz-unspezifische Standards und übergeordnete Standards,** wie z.B. GRI 2-27, ISO 14001, ISO 50001, wurden ausgeschlossen.
- **Spezifische ökobilanzrelevante Standards,** wie z.B. ETSI ES 203 199, wurden ausgeschlossen.
- Standards **ohne vorgeschriebene Must-Have-Indikatoren oder Datenerfassungsmethodik** wurden ausgeschlossen. Dazu zählen (ITU-T L. 1325 (12/2016)): Green-ICT-Lösungen für Telekommunikationsnetz-Infrastrukturen; (ITU-T L. 1382 (06/2020)): Smart-Energy-Lösungen für Telekommunikationsräume; (ITU-T L. 1390 (08/2022)): Energiespartechnologien und Best Practices für 5G-Funkzugangsnetze (RAN) sowie (ETSI TR 103 541 V1.1.1 (2018-05)): Best Practices zur Bewertung der Energieeffizienz von RAN, deren empfohlene Indikatoren gemäß (ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04)) (bereits berücksichtigt).
- Standards, die die Messmethode für **Labormessung oder Vorab-Tests (Pre-Deployment)** adressieren, wie z.B. (ETSI ES 202 706-1 V1.8.1) und (ETSI ES 203 539 V1.1.1 (2019-06)), wurden ausgeschlossen.

Die ausführlichen Begründungen für den Ausschluss bestimmter Standards sind in Tabelle 7-11 in Anhang IV.b zusammen mit den jeweiligen Standards aufgeführt. Insgesamt werden 15 relevante Standards in der Kategorie Energiemanagement einer vertieften Analyse unterzogen (s. Abschnitt 3.2.1).

2.3 Treibhausgasemissionen: Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 2-3 listet die Anzahl der in AP1 betrachteten Standards, unterteilt nach Kategorie-Ebene 1 (allgemein oder spezifisch) sowie Ebene 2, je nach Fokus der Standards, in der THG-Kategorie. Ein Gesamtüberblick der geprüften Standards in der Kategorie THG befindet sich im Anhang in Tabelle 7-9.

Tabelle 2-3: Überblick der Anzahl der in AP1 betrachteten Standards zu THG nach Kategorie-Ebene 1 (allgemein oder spezifisch) sowie Ebenen 2 und 3 (IKT-Geräte oder netzspezifisch)

Kategorie Ebene 1	Anzahl	Kategorie Ebene 2	Anzahl
Allgemeine Standards	13	Organisation/Unternehmen	10
		Allgemeine Produkte und Dienstleistungen	2
		Projekte	1
ICT-spezifische Standards	7	Organisation/Unternehmen	2
		IKT-Ausrüstung, Netze und Dienstleistungen	4
		IKT-Ausrüstung & Netze	1
Telekommunikationsnetz-spezifische Standards	1	Scope 3	1
Summe: 21 Standards			

Quelle: Eigene Darstellung

Auch hier wurden Ausschlusskriterien angewendet, um die maßgeblichen Standards in der Kategorie der Treibhausgasemissionen (THG) zu identifizieren. Zusammengefasst basieren die Ausschlusskriterien auf folgenden Aspekten:

- **Veraltete Standards**, die durch neue abgelöst werden, werden nicht mehr betrachtet.
- **Standards auf Produkt- oder Projektebene** wie z.B. Product Life Cycle Accounting ISO 14040/44 und ETSI ES 203 199. Letzterer Standard behandelt zwar die Methodik der Ökobilanzierung von IKT-Netzen und -Diensten und kann auch zur Ermittlung von THG-Potenzialen herangezogen werden. Er ist jedoch nicht kompatibel mit den von (Baldini et al. 2024) identifizierten Must-Have-Indikatoren , die der Scope (1,2,3)-Logik des GHG-Protokolls folgen. Darüber hinaus unterstützt ETSI ES 203 199 nicht den Vergleich von Ökobilanzergebnissen verschiedener Organisationen, da dies voraussetzen würde, dass die Annahmen und der Kontext jeder Studie exakt gleich sind. ISO 14064 - 2 bezieht sich ebenfalls nicht auf eine quantifizierte Erhebung und Berichterstattung von THG sondern auf GHG-Projekte zur Emissionsminderung oder zur Erhöhung von Treibhausgas-Senken.
- **Unspezifische und übergeordnete Standards**, in denen weder die Must-Have-Indikatoren noch eine konkrete Datenerfassungsmethodik vorgeschrieben werden, wie z.B. ISO 14001.
- **Standards, welche Indikatoren enthalten, die bereits durch andere Standards umfassender abgedeckt** werden, wurden ausgeschlossen. Hierzu zählt beispielsweise GRI 305-2, dessen Inhalte bereits durch die „GHG Protocol Scope 2 Guidance“ abgedeckt werden.
- **Organisationsbezogene Standards** werden bei THG berücksichtigt, da es hier nur solche gibt.

Anzumerken ist, dass die ISO 14064-1 ebenfalls eine Spezifikation mit Leitlinien auf Organisationsebene zur Quantifizierung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen ist, wobei Begriffe wie direkte und indirekte Emissionen anstatt von Scope 1/2/3 verwendet werden. Ihre Logik ähnelt der des GHG Protocols, ergänzt jedoch Aspekte im Zusammenhang mit Emissionsentnahmen. Allerdings ist die ISO 14064-1 eine optionale Methode, die in der CSRD beschrieben wird, während das GHG Protocol verpflichtend ist und die in der JRC-Studie definierten Must-Have-Indikatoren (Scope

1/2/3) direkt bereitstellt. Zudem ist die ISO 14064-1 ein allgemeiner Standard und nicht speziell auf den IKT-/Telekommunikationssektor ausgerichtet. Daher passt das GHG Protocol besser zu den Must-Have-Indikatoren.

Neben den Standards wurden auch die vom GHG Protocol bereitgestellten Tools hinsichtlich ihrer Relevanz und Anwendbarkeit für die Bilanzierung von netzbezogenen Aktivitäten überprüft (s. Anhang V.b). Es ist darauf hinzuweisen, dass das GHG Protocol aktuell einen Teil seiner Standards und Leitlinien überarbeitet sowie neue Standards entwickelt. Hierfür wurden Standardentwicklungspläne von jeder Technischen Arbeitsgruppe entwickelt. Alle Dokumente zum Prozess der Standardentwicklung und -überarbeitung sind im Repository des GHG-Protocol[5] einsehbar. Nach dem Anfang 2025 veröffentlichten Zeitplan wird angestrebt, dass die Überarbeitung des *Corporate Standards*, sowie der *Standards and Guidance* zu Scope 2 und 3 im Jahr 2027 abgeschlossen sein werden (Huckins 2025), (s. Tabelle 7-17).

Die ausführlichen Begründungen für den Ausschluss bestimmter Standards sind in Tabelle 7-12 in Anhang IV.b zusammen mit den jeweiligen Standards aufgeführt. Insgesamt werden 4 relevante organisationsbezogene Standards in der Kategorie Treibhausgasemissionen einer vertieften Analyse unterzogen (s. Abschnitt 3.3.1).

2.4 Kreislaufwirtschaft: Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 2-4 listet die Anzahl der in AP1 betrachteten Standards, unterteilt nach Kategorie-Ebene 1 (allgemein oder spezifisch) sowie Ebene 2 in der Kategorie Kreislaufwirtschaft. Ein Gesamtüberblick der geprüften Standards in der Kategorie Kreislaufwirtschaft befindet sich im Anhang Tabelle 7-10.

Tabelle 2-4: Überblick der Anzahl der in AP1 betrachteten Standards zu Kreislaufwirtschaft nach Kategorie-Ebene 1 (allgemein oder spezifisch) sowie Ebenen 2 und 3 (IKT-Geräte oder netzspezifisch)

Kategorie Ebene 1	Anzahl	Kategorie Ebene 2	Anzahl
Allgemeine Standards	5	Organisation/Unternehmen	2
		Allgemeine Produkte und Dienstleistungen	3
ICT-spezifische Standards	9	Organisation/Unternehmen	1
		IKT-Ausrüstung, Netze und Dienstleistungen	3
		IKT-Ausrüstung & Netze	3
		IKT-Ausrüstung und -Geräte	2
Telekommunikationsnetz-spezifische Standards	2	Basisstationen	1
		Gesamtnetze	1
Summe: 16 Standards			

Quelle: Eigene Darstellung

Nach der Analyse der Kreislaufwirtschaft-bezogenen Standards auf Metaebene wurden Standards aussortiert und nicht in die Untersuchungen der AP2 und AP3 übernommen. Zusammengefasst basieren die Ausschlusskriterien auf folgenden Aspekten:

- **Veraltete Standards**, die durch neue abgelöst werden, werden nicht mehr betrachtet.
- **Sehr unspezifische und übergeordnete Standards** wie z.B. ISO 14001, ISO 50001 wurden ausgeschlossen.

[5] https://ghgprotocol.org/standards-development-and-governance-repository, Stand: 29.04.2025

- **Spezifische Standards** wie z.B. der ökobilanzrelevante Standard (ETSI ES 203 199 V1.4.1 ((2024-11)) oder die Bewertung der Zirkularität eines einzelnen Produkts gemäß (ITU-T L. 1023 (08/2023)) wurden ausgeschlossen.
- Standards, in denen **weder Must-Have-Indikatoren noch eine Datenerfassungsmethodik** vorgeschrieben werden, wurden ausgeschlossen.

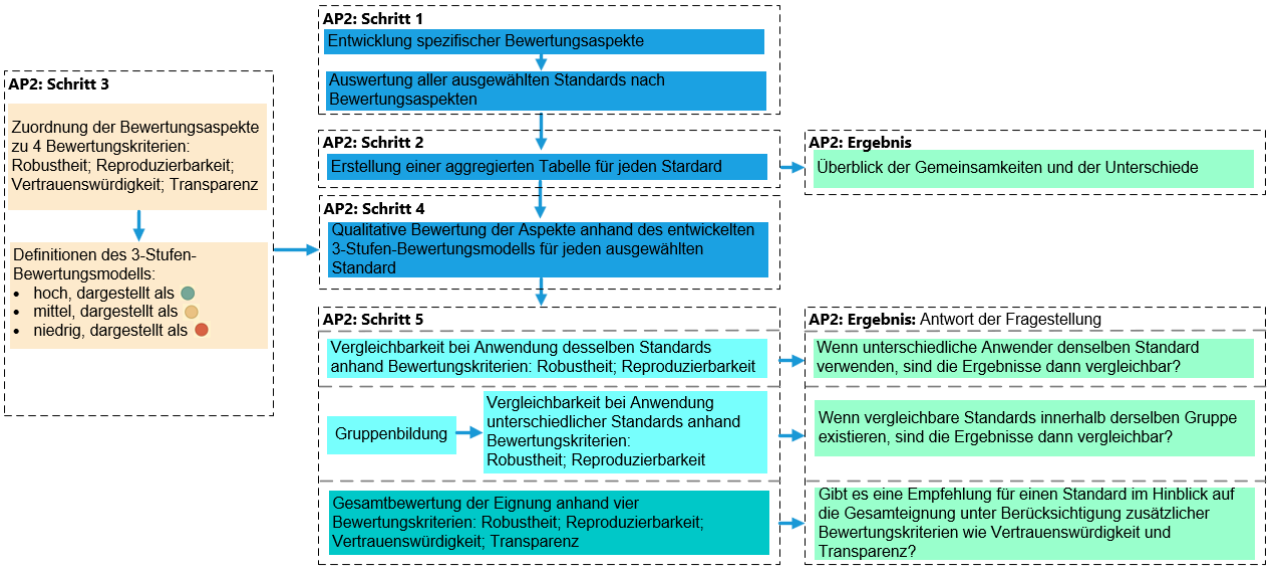
Die ausführlichen Begründungen für den Ausschluss bestimmter Standards sind in Tabelle 7-13 in Anhang IV.b zusammen mit den jeweiligen Standards aufgeführt. Insgesamt werden 6 relevante Standards in der Kategorie Kreislaufwirtschaft einer vertieften Analyse unterzogen (s. Abschnitt 3.4.1).

3 Gemeinsamkeiten und Unterschiede ausgewählter Standards

3.1 Methodische Vorgehensweise für die Vergleichsanalyse

Die methodische Vorgehensweise für AP2, dargestellt in Abbildung 3-1 umfasst ein mehrstufiges Verfahren zur Bewertung von Standards. Dies beinhaltet die Entwicklung spezifischer Bewertungsaspekte und die Analyse der ausgewählten Standards (Schritt 1), die Erstellung einer aggregierten Übersichtstabelle (Schritt 2), die Entwicklung einer Bewertungsmethode und eines dreistufigen Bewertungsmodells (Schritt 3), die Bewertung der Standards (Schritt 4) sowie die Analyse der Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung eines Standards und Anwendung verschiedener Standards und deren Gesamteignung (Schritt 5).

Abbildung 3-1: Überblick der methodischen Vorgehensweise für die Vergleichbarkeitsanalyse



Quelle: Eigene Darstellung

Die Methodik wird im Folgenden erläutert:

- **Schritt 1: Entwicklung und Analyse der Bewertungsaspekte:** Zunächst wurden spezifische Bewertungsaspekte für die Kategorien Energiemanagement, Treibhausgasemissionen und Kreislaufwirtschaft entwickelt. Die aus AP1 ausgewählten Standards wurden anhand dieser Aspekte systematisch analysiert.
- **Schritt 2: Erstellung einer Übersichtstabelle:** Angesichts der umfangreichen Informationen aus den Analysen der Standards im ersten Schritt wurde eine aggregierte Übersichtstabelle für jede Kategorie erstellt. Diese Übersicht dient der Zusammenfassung der wesentlichen Merkmale der Standards und ermöglicht einen schnellen Vergleich von Unterschieden und Gemeinsamkeiten. Die Zusammenfassungen der Übersichttabellen bilden die Grundlage für die weiteren Bewertungsschritte.
- **Schritt 3: Entwicklung der Bewertungsmethode:** In diesem Schritt wurde eine Bewertungsmethode entwickelt. Im Rahmen der Analyse wurden vier Bewertungskriterien definiert, die für die Vergleichbarkeit und die Qualitätsmerkmale von Relevanz sind (s. Tabelle 3-1): Robustheit, Reproduzierbarkeit, Vertrauenswürdigkeit und Transparenz. Anschließend wurden die Bewertungsaspekte diesen Kriterien zugeordnet. Zudem wurde ein dreistufiges Bewertungsmodell mit den Stufen „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ für die jeweiligen Bewertungsaspekte festgelegt. Die Stufen „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ werden in einer Skala durch farbige Punkte dargestellt: grün für „hoch“, gelb für „mittel“ und rot für „niedrig“. Eine detaillierte Beschreibung des Bewertungsmodells erfolgt für die jeweiligen Kategorien (Energiemanagement, Treibhausgasemissionen und Kreislaufwirtschaft). Der Fokus der Bewertungskriterien variiert je nach Kategorie. Im Bereich Treibhausgasemissionen liegt der Schwerpunkt beispielsweise stärker auf den Aspekten Vertrauenswürdigkeit und Transparenz, da die Datenerfassungsmethode und die zugrundeliegenden Datenbanken je nach Organisationen erheblich variieren. In der Kategorie Energiemanagement hingegen steht die Reproduzierbarkeit im Vordergrund, um konsistente und nachvollziehbare Ergebnisse zu gewährleisten. In der Kategorie Kreislaufwirtschaft liegt der Schwerpunkt ebenfalls auf Bewertungsaspekten, welche sich auf die Reproduzierbarkeit auswirken.

Tabelle 3-1: Definitionen der Bewertungskriterien

Bewertungskriterien (DE/EN)	Definition in der vorliegenden Studie
Robustheit / Robustness	**Robustheit** bedeutet im Zusammenhang mit einem Standard, dass die Anwendung der darin beschriebenen Verfahren und Indikatoren bei variierenden Systemzuständen der betrachteten Netze zu vergleichbaren und belastbaren Ergebnissen führt. Dies gilt auch unter Berücksichtigung der in dem Standard zugelassenen Freiheitsgrade in der Vorgehensweise (z.B. Datenerfassung durch Energiemessung an einem zentralen Einspeisepunkt versus Einschätzung des Energieverbrauchs basierend auf Herstellerangaben).
Reproduzierbarkeit / Reproducibility	**Reproduzierbarkeit** bezeichnet die Eigenschaft eines Standards, vergleichbare Ergebnisse zu liefern, wenn die in ihr festgelegten Bedingungen und Verfahren zu einem späteren Zeitpunkt oder von anderen Personen erneut angewendet werden. Dies setzt voraus, dass bei wiederholter Anwendung auf denselben Untersuchungsgegenstand nur vergleichbare Berechnungsmethoden und methodische Rahmenbedingungen angewendet werden. Darüber hinaus gilt ein Standard als reproduzierbar, wenn die Ergebnisse ihrer Anwendung nicht wesentlich durch individuelle Annahmen des Anwenders beeinflusst werden können.
Vertrauenswürdigkeit / Credibility	Ein Standard gilt als **vertrauenswürdig**, wenn eine Validierung der Ergebnisse durch entweder eine interne oder eine externe Prüfung vorgeschrieben ist. Eine robuste Berechnungsmethode für KPI beinhaltet Mechanismen zur Fehlererkennung und -korrektur. Dies kann z.B. durch Redundanz, statistische Unsicherheitsbewertung und Plausibilitätsprüfung erreicht werden.
Transparenz / Transparency	Die **Transparenz** eines Standards wird danach bewertet, welche Anforderungen er an die Dokumentation und Nachvollziehbarkeit bei seiner Anwendung stellt. Die Dokumentation der erzielten Ergebnisse soll bestenfalls folgende Informationen umfassen: Benennung des Untersuchungsgegenstandes (System under Test) und der Betrachtungsgrenzen (Scope), getroffene Vereinfachungen und Abschätzungen, allgemeine Rahmenbedingungen und Annahmen (z. B. Allokationsregeln) sowie weitere relevante Details (z.B. externe Datenquellen). Die Informationen müssen für Dritte klar verständlich sein.

Quelle: Eigene Darstellung

- **Schritt 4: Bewertung der Standards**: Basierend auf der definierten Bewertungsmethode wurden die ausgewählten Standards nach Robustheit, Reproduzierbarkeit, Vertrauenswürdigkeit und Transparenz mit entsprechenden Stufen „hoch“, „mittel“, oder „niedrig“ bewertet.
- **Schritt 5: Analyse der Vergleichbarkeit und Gesamteignung:** Die Analyse im vorliegenden Schritt dient der Bewertung, um drei zentralen Fragestellungen der vorliegenden Studie zu antworten:
  - **Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards**: Sind die Ergebnisse der Messungen bzw. Berechnungen vergleichbar, wenn verschiedene Anwender denselben Standard verwenden (Bewertungskriterien Robustheit und Reproduzierbarkeit)?
  - **Vergleichbarkeit bei Anwendung unterschiedlicher Standards**: Sind die Ergebnisse der Messungen bzw. Berechnungen vergleichbar, wenn Standards innerhalb derselben Gruppen genutzt werden (Bewertungskriterien Robustheit und Reproduzierbarkeit)?
  - **Gesamteignung:** Gibt es eine Empfehlung für einen Standard im Hinblick auf die Gesamteignung unter Berücksichtigung zusätzlicher Bewertungskriterien, wie Vertrauenswürdigkeit und Transparenz?

  Die Bewertung der Vergleichbarkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse der Messungen bzw. Berechnungen bei Anwendung desselben Standards sowie unterschiedlicher Standards basiert auf den Bewertungsaspekten **Robustheit und Reproduzierbarkeit (**siehe Tabelle 3-1**)**. Beispielsweise weisen Vorgaben, die auf kontinuierlichen oder repräsentativen Messungen basieren, eine höhere Robustheit auf als Daten, die durch Hochskalierung von Einzelpunkten gewonnen werden. Die Analyse der Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Messungen bzw. Berechnungen bei Anwendung verschiedener Standards ist nur dann relevant und zielführend, wenn mehrere Standards innerhalb derselben Gruppe vorliegen. Daher werden zunächst Gruppen basierend auf deckungsgleichen Merkmalen gebildet, beispielsweise nach Netzsegmenten in der Kategorie Energie, nach vordefinierten Scopes gemäß dem „GHG Protocol Corporate“ in der Kategorie THG oder nach Lebensphasen (vor der Nutzung und End-of-Life) in der Kategorie Kreislaufwirtschaft. Die genauen Gruppen sind in den jeweiligen Kategorien (s. Abschnitte 3.2.1; 3.3.1; 3.4.1) beschrieben.

  Zum Abschluss wird die Gesamtbewertung der Eignung der Standards anhand aller vier Bewertungskriterien (Robustheit, Reproduzierbarkeit, Vertrauenswürdigkeit, Transparenz) durchgeführt. Diese Methode ermöglicht es, die Eignung der Standards für die Studie systematisch und nachvollziehbar zu bewerten. Zu beachten ist, dass die Bewertungsaspekte in diesem Arbeitspaket nicht gewichtet wurden, um einen direkten und transparenten Vergleich der in verschiedenen Standards definierten Aspekten zu ermöglichen. Diese Vorgehensweise erlaubt es, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Standards unmittelbar zu identifizieren, ohne durch Gewichtung eine subjektive Priorisierung vorzunehmen.

3.2 Vergleichsanalyse der Standards in der Kategorie Energiemanagement

3.2.1 Überblick der ausgewählten Standards

Tabelle 7-19 in Anhang VII stellt die 15 ausgewählten Standards dar, die in sechs Gruppen eingeteilt wurden. Die Gruppeneinteilung basiert entweder auf dem gleichen Netzsegment (Gruppe 1 bis Gruppe 4) oder auf gemeinsamen Merkmalen (Gruppe 5 und Gruppe 6) (s. Tabelle 3-2).

Die Gruppen 1 bis 4 decken folgende Netzsegmente ab: Funkzugangsnetz (RAN), Festzugangsnetz (FAN), Kabelzugangsnetz (CAN) sowie Kernnetz, Teilnetz bzw. das gesamte Netz. Je nach Anwendungsbereich können manche Standards mehreren Gruppen zugeordnet werden. Beispielsweise ist der Standard ITU-T L.1332 anwendbar für einen von einem Betreiber verwalteten IKT-Standort, der ein RAN, FAN oder Kernnetz umfasst. Der Standard (ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10)) (entspricht 3GPP TS 28.554) umfasst sowohl das 5G-RAN als auch das 5G-Kernnetz und gehört daher zu Gruppe 1 und Gruppe 4. Gruppe 5 umfasst zwei Standards, die die Skalierungsmethode vom Teilnetz auf das Gesamtnetz beschreiben. Dies ist insbesondere relevant, wenn eine vollständige Erfassung des Energieverbrauchs im gesamten Netz eines Netzbetreibers nicht praktikabel oder für den Betreiber zu kostspielig ist. Gruppe 6 umfasst zwei Standards, die sich mit der „Network Functions Virtualisation (NFV)“ in der Betriebsphase des Netzes befassen. Diese Technologie hat insbesondere im Kernnetz zunehmend an Bedeutung gewonnen.

Tabelle 3-2: Gruppeneinteilung Standards zu Energiemanagement

Gruppe	Standards	Netzsegment
Gruppe 1: RAN (10)	(ETSI EN 303 472 V1.1.1 (2018-10))	RAN: 2G/3G/4G
	(ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04))	RAN: technologieunabhängig
	(ITU-T L. 1350 (10/2016))	RAN: technologieunabhängig
	(ITU-T L. 1351 (08/2018))	RAN: technologieunabhängig
	(ETSI EN 305 200-2-3 V1.1.1 (2018-06))	RAN: technologieunabhängig
	(ETSI TS 105 200-2-3 V1.2.1 (2019-12))	RAN: technologieunabhängig
	(ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04))/(ITU-T L. 1331 (01/2022))	RAN: technologieunabhängig
	(ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10))	5G-Mobilfunknetz: RAN, Kernnetz, end-to-end, NFV, Slicing
	(ITU-T L. 1332 (01/18))	ICT-Standort: Gesamtes Netz
	(ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01))	Gesamtes Zugangsnetz: NFV
Gruppe 2: FAN (4)	(ETSI EN 305 200-2-2 V1.2.1 (2018-08))	FAN: technologieunabhängig
	(ETSI TS 105 200-2-2 V1.3.1 (2019-12))	FAN: technologieunabhängig
	(ITU-T L. 1332 (01/18))	ICT-Standort: Gesamtes Netz
	(ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01))	Gesamtes Zugangsnetz: NFV
Gruppe 3: CAN (3)	(ETSI ES 205 200-2-4 V1.1.1 (2015-06))	CAN: technologieunabhängig
	(ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01))	Gesamtes Zugangsnetz: NFV
	(ITU-T L. 1332 (01/18))	ICT-Standort: Gesamtes Netz
Gruppe 4: Kernnetz, Teilnetz, Gesamtes Netz (4)	(ETSI EN 305 200-3-1 V1.1.1 (2018-02))	ICT-Standort: Kernnetz
	(ETSI TS 105 200-3-1 V1.2.1 (2019-12))	ICT-Standort: Kernnetz
	(ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10))	5G-Mobilfunknetz: RAN, Kernnetz, end-to-end, NFV, Slicing
	(ITU-T L. 1332 (01/18))	ICT-Standort: Gesamtes Netz
Gruppe 5: Skalierung (2)	(ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04))	RAN: technologieunabhängig
	(ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04))/(ITU-T L. 1331 (01/2022))	RAN: technologieunabhängig

Gruppe 6: NGV (2)	(ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10))	5G-Mobilfunknetz: RAN, Kernnetz, end-to-end, NFV, Slicing
	(ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01))	Gesamtes Zugangsnetz: NFV

Quelle: Eigene Darstellung

3.2.2 Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung desselben Standards

Tabelle 3-3 fasst die Bewertungsergebnisse der Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards zusammen. Die Grundlage der Auswertung ist in Anhang VII.b dokumentiert: Tabelle 7-20 definiert ein Drei-Stufen-Modell (hoch, mittel, niedrig) basierend auf den jeweiligen Bewertungsaspekten; Tabelle 7-21 bis Tabelle 7-25 in Anhang VII.c dokumentieren die Bewertungsaspekte und Hintergrundinformationen zu den einzelnen 15 ausgewählten Standards; Anhang VII.d gibt einen Überblick über die Bewertungsergebnisse nach dem Drei-Stufen-Modell, dargestellt durch grüne, gelbe und rote Punkte.

Tabelle 3-3: Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung desselben Standards - Energiemanagement

Netzsegment	Standard	Stufe	Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards
RAN: 2G/3G/4G	**ETSI EN 303 472 V1.1.1 (2018-10)**	hoch	Die Vergleichbarkeit wird als **hoch** eingestuft. Dies resultiert aus der Kombination einer klaren Festlegung der Messperiode und Messfrequenz sowie detaillierten Vorgaben zu Testrahmenbedingungen, Indikator-Ergebnissen und grundlegenden Eingangsparametern in einer einheitlichen Berichtsvorlage. Ein gewisser Spielraum bleibt in der Beschreibung der Messpunkte bestehen. Bei mehreren Technologien einer Basisstation werden die Gesamtwerte proportional zur abgestrahlten RF-Leistung jeder Technologie aufgeteilt. Eine Allokation für geteilte Standorte zwischen verschiedenen Netzbetreibern ist in diesem Standard nicht berücksichtigt.
RAN: technologieunabhängig	**ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04**)/ITU-T L.1331	mittel	Die Vergleichbarkeit wird als **mittel** eingestuft. Der Standard bietet eine solide und einheitliche Grundlage für die Ermittlung des Energieverbrauchs eines Mobilfunkzugangsnetzes, die Klassifikation von Standorten in Demografie-Klassen (z. B. Urban, Rural) sowie die Extrapolation von Teilnetzen auf größere Netzwerke. Gleichzeitig lässt er aus Praktikabilitätsgründen erheblichen Spielraum bei der Anwendung, insbesondere bei der Wahl der Messperiode. Eine wöchentliche (7 Tage), monatliche (30 Tage) oder jährliche (365 Tage) Messung ist zulässig. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse hängt stark von der praktischen Implementierung ab, einschließlich der optionalen Elemente, wie der Einbeziehung weiterer Klassifikationen (Topografie, Klimazonen) bei der Extrapolation. Es gibt keine festgelegte Spezifikation für die Allokation. Die Aufteilung des Energieverbrauchs an geteilten Standorten zwischen verschiedenen Netzbetreibern wird den Netzbetreibern überlassen.
RAN: technologieunabhängig	**ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04)**	niedrig	Die Vergleichbarkeit wird als **niedrig** eingestuft. Dies resultiert aus dem hohen Freiheitsgrad sowohl bei der Messmethodik als auch bei der statistischen Schätzmethode, da der Standard keine verbindlichen Vorgaben macht, sondern lediglich statistische Verfahren definiert (z. B. die Stichprobenmethode für homogene Netzwerke bzw. die geschichtete ('Strata') Erfassung für heterogene Netzwerke). Zu beachten ist, dass die primäre Zielsetzung des Standards darin besteht, eine Grundlage für die Hochskalierungsmethode auf statistische Verfahren zu bieten, nicht eine exakte Messvorschrift. Es gibt keine spezifische Regelung, wie mit gemeinsamer Infrastruktur umgegangen werden soll.
RAN: technologieunabhängig	**ITU-T L.1350 (10/2016)**	niedrig	Die Vergleichbarkeit wird als **niedrig** eingestuft. Dies ist auf den großen methodischen Freiheitsgrad zurückzuführen. Insbesondere gibt es keine Spezifikation über Messperiode und Messfrequenz, was die Robustheit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse erheblich beeinträchtigen kann. Außerdem wird ein geteilter Standort als eine Einheit betrachtet, ohne Zuordnung der Energieverbräuche zu einzelnen Betreibern, was die Robustheit der Ergebnisse verringert.
RAN: technologieunabhängig	**ITU-T L.1351 (08/2018)**	niedrig	Die Vergleichbarkeit wird gleich wie bei ITU-T L.1350 als **niedrig** eingestuft. Die Erfassungsmethode für Energie wird im Vergleich zu ITU-T L.1350 näher beschrieben, lässt jedoch bei der Messperiode erheblichen Spielraum, da sie Wahlmöglichkeiten zwischen einem Tag, einer Woche, einem Monat oder einem Jahr bietet. Zudem wird die Reproduzierbarkeit durch die Anforderung einer klaren Dokumentation der Umgebungstemperatur erhöht. Die Allokationsregel für gemeinsam genutzte Standorte zwischen verschiedenen Netzbetreibern bleibt ungelöst.
RAN: technologieunabhängig	**ETSI EN 305 200-2-3 V1.1.1 (2018-06)**	mittel	Die Vergleichbarkeit wird als **mittel** eingestuft, da Vor-Ort-Messungen mit Berechnungen kombiniert werden. Leistungsmessungen sind aus praktischen Gründen zulässig, wobei der Energieverbrauch durch Multiplikation von Leistung und Betriebszeit berechnet werden kann. Fehlende spezifische Anforderungen an Umgebungsbedingungen beeinträchtigen die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse vermutlich nicht wesentlich, sofern der Anwendende standardisierte Messverfahren, wie die Kalibrierung von Messinstrumenten, einhält. Der Standard legt klare Vorgaben für die Messperiode fest: standardmäßig 365 Tage, wobei kürzere Perioden (mindestens 7 Tage) zulässig sind, wenn sie Jahreswerte realistisch widerspiegeln und saisonale Verzerrungen vermeiden. Dies gewährleistet eine hohe Reproduzierbarkeit und Robustheit der Ergebnisse. Der Standard bleibt auf der Ebene

Netzsegment	Standard	Stufe	Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards
			der Gesamtmessung und gilt für das Netz, das demselben Netzbetreiber gehört. Die geteilte Infrastruktur wird explizit ausgeschlossen.
RAN: technologieunabhängig	**ETSI TS 105 200-2-3 V1.2.1 (2019-12)**	mittel	Die Vergleichbarkeit wird als **mittel** eingestuft. Die Anforderungen an Messperioden und -frequenz entsprechen denen in ETSI EN 305 200-2-3. Die TS spezifiziert Allokationsparameter auf den Energiekosten jedoch präziser, was die Reproduzierbarkeit erhöht. Im Gegensatz zu ETSI EN 305 200-2-3 wird eine Allokation nicht ausdrücklich ausgeschlossen, da ETSI TS 105 200-2-3 auf denselben Netzbetreiber beschränkt ist.
FAN: technologieunabhängig	**ETSI EN 305 200-2-2 V1.2.1 (2018-08)**	mittel	Die Vergleichbarkeit wird als **mittel** eingestuft, da Vor-Ort-Messungen mit Berechnungen kombiniert werden. Leistungsmessungen sind aus praktischen Gründen zulässig, wobei der Energieverbrauch durch Multiplikation von Leistung und Betriebszeit berechnet werden kann. Fehlende spezifische Anforderungen an Umgebungsbedingungen beeinträchtigen die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse vermutlich nicht wesentlich, sofern der Anwendende standardisierte Messverfahren, wie die Kalibrierung von Messinstrumenten, einhält. Der Standard legt klare Vorgaben für die Messperiode fest: standardmäßig 365 Tage, wobei kürzere Perioden (mindestens 7 Tage) zulässig sind, wenn sie Jahreswerte realistisch widerspiegeln und saisonale Verzerrungen vermeiden. Dies gewährleistet eine hohe Reproduzierbarkeit und Robustheit der Ergebnisse. Der Standard bleibt auf der Ebene der Gesamtmessung und gilt für das Netz, das demselben Netzbetreiber gehört. Die geteilte Infrastruktur wird explizit ausgeschlossen.
FAN: technologieunabhängig	**ETSI TS 105 200-2-2 V1.3.1 (2019-12)**	mittel	Die Vergleichbarkeit wird als **mittel** eingestuft. Die Anforderungen an Messperioden und Messfrequenz bleiben identisch zu denen in ETSI EN 305 200-2-2. Allerdings legt die TS die Energiekosten als Allokationsparameter bei gemeinsam genutzten Netzwerkeinrichtungen, was die Reproduzierbarkeit verbessert. Im Gegensatz zu EN 305 200-2-2 ist eine Allokation nicht erforderlich, da dieser Standard nur für Netze gilt, die demselben Netzbetreiber gehören. Geteilte Infrastrukturen sind ausdrücklich ausgeschlossen. Die Flexibilität der Datenerfassung bleibt gegenüber der EN 305 200-2-2 erhalten: Vor-Ort-Messungen werden bevorzugt, während alternative Methoden (z.B. Stromrechnungen) aus praktischen Gründen zulässig sind.
CAN: technologieunabhängig	**ETSI ES 205 200-2-4 V1.1.1 (2015-06)**	niedrig	Die Vergleichbarkeit wird als **niedrig** eingestuft. Dies resultiert aus den Freiheitsgraden bei den Mess- und Schätzmethoden sowie dem Messzeitraum (ein Tag), die die Ergebnisse beeinflussen können. Zusätzlich wird im ETSI ES 205 200-2-4 die Leistungsaufnahme statt einer direkten Energiemessung erfasst, was insbesondere bei schwankender Leistung zu einer geringeren Genauigkeit führen kann.
5G-Mobilfunknetz: RAN, Kernnetz, end-to-end, NFV, Slicing	**ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10)**	niedrig	Die Vergleichbarkeit wird als **niedrig** eingestuft. Dies ist auf den großen Freiheitsgrad bei der Messung zurückzuführen. Insbesondere gibt es keine Spezifikation über Messperiode und Messfrequenz, was die Robustheit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse erheblich beeinträchtigen kann. Allerdings beschreibt der Standard klare Messpunkte mit physikalischen Schnittstellen zur Erfassung des Datenvolumens nach **3GPP TS 28.552.** Die vollständige Interpretation dieser Spezifikation 3GPP TS 28.552 erfordert wiederum die 3GPP TS 32.404. Die TS beschreibt eine klare Vorgehensweise zur Datenerfassung für die Kombination der physischen 5G und NFV: durch reale Messungen des Energieverbrauchs bei physischen 5G-Netzen und durch Schätzung des Energieverbrauchs bei virtualisierten 5G-Netzen basierend auf der Auslastung virtualisierter Ressourcen auf Komponentenebene (z. B. mittlere virtuelle CPU-Auslastung, Speicherauslastung, Festplattennutzung, I/O-Datenverkehr). Allerdings liegt der Fokus der vorliegenden Studie nicht auf der Anwendung der NFV auf Komponentenebene. Die NFV ist jedoch sehr relevant für die Ermittlung des Energieverbrauchs nach Anwendungsszenarien. Der primäre Fokus der Studie liegt auf der Erfassung der Energieaspekte für Netzsegmente.

Netzsegment	Standard	Stufe	Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards
ICT-Standort: Kernnetz	**ETSI EN 305 200-3-1 V1.1.1 (2018-02)**	mittel	Die Vergleichbarkeit wird als **mittel** eingestuft. Dies liegt an klaren Vorgaben zur Messperiode – standardmäßig 365 Tage, kürzere Perioden (mindestens 7 Tage) sind zulässig, wenn sie Jahreswerte realistisch abbilden und saisonale Verzerrungen vermeiden. Detaillierte Anforderungen an Messpunkte mit entsprechenden Verlustfaktoren erhöhen die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Fehlende spezifische Anforderungen zu Umgebungsbedingungen und Messinstrumenten – abgesehen von der geregelten Kalibrierung der Wärmezähler nach CEN EN 1434 – beeinflussen die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse möglicherweise nicht wesentlich, sofern der Anwendende grundlegende Messschritte wie die Kalibrierung der Messinstrumente und die Dokumentation der Umgebungstemperaturen, die den Energieverbrauch der Netzgeräte beeinflussen können, umsetzt. Ein gewisser Spielraum bleibt bei der Zuordnung von Energieverbräuchen in geteilten Infrastrukturen, da dies den Betreibern überlassen wird.
ICT-Standort: Kernnetz	**ETSI TS 105 200-3-1 V1.2.1 (2019-12)**	mittel	Die Vergleichbarkeit wird als **mittel** eingestuft. Die Anforderungen an Messperioden und Messfrequenz bleiben identisch zu denen in ETSI EN 305 200-3-1. Das Fehlen spezifischer Anforderungen zur Allokation bei geteilter Infrastruktur beeinträchtigt die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.
ICT-Standort: Gesamtes Netz	**ITU-T L.1332 (01/2018)**	niedrig	Die Vergleichbarkeit wird als **niedrig** eingestuft. Die hohe Variabilität der Messergebnisse ist auf den großen Freiheitsgrad bei der Messung zurückzuführen. Insbesondere fehlen Vorgaben zu Messperiode und Messfrequenz, was die Robustheit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse erheblich beeinträchtigen kann. Es gibt jedoch klare Spezifikationen zu Messpunkten, Messinstrumenten und Messmethoden, wie der bevorzugten kontinuierlichen Vor-Ort-Messung oder, falls dies nicht möglich ist, der Nutzung von Abrechnungen der Versorger. Dennoch bleiben Messperiode und Messfrequenz variabel. Eine Allokation ist nicht erforderlich, da der Standard ausschließlich Netze desselben Betreibers umfasst.
Gesamtes Zugangsnetz: NFV	**ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01)**	mittel	Die Vergleichbarkeit wird als **mittel** eingestuft. Dies liegt an klaren Vorgaben zur Messperiode – standardmäßig 365 Tage, kürzere Perioden (mindestens 7 Tage) sind zulässig, wenn sie Jahreswerte realistisch abbilden und saisonale Verzerrungen vermeiden. Der Standard fokussiert sich auf die Erfassung des Energieverbrauchs der NFVI (Network Functions Virtualisation Infrastructure) als Gesamtwert. Unterstützt die NFVI mehrere Zugangsnetze, soll der Energieverbrauch für jedes Netz separat messbar sein, doch fehlen hierzu detaillierte Vorgaben, sodass Nutzer eigene Ansätze wählen können. Solche Freiheitsgrade können die Ergebnisse erheblich beeinflussen. Der Standard scheint davon auszugehen, dass die NFVI primär Zugangsnetze unterstützt, wodurch unklar bleibt, wie mit einer NFVI verfahren werden soll, die sowohl Zugangs- als auch Kernnetzfunktionen hostet und deren Energieverbrauch entsprechend aufgeteilt werden müsste.

Quelle: Eigene Darstellung

3.2.3 Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung unterschiedlicher Standards

Die Vergleichbarkeit zwischen den Standards untersucht, ob die Ergebnisse vergleichbar sind, wenn verschiedene Standards innerhalb derselben Gruppe (s. Tabelle 3-2) genutzt werden. Die Standards weisen unterschiedliche Geltungsbereiche und Abdeckungen auf. Tabelle 3-4 gibt unabhängig von den Gruppen einen Überblick darüber, ob der Energieverbrauch der unterstützenden Infrastruktur (z. B. Klimaanlagen, Stromversorgung) in den jeweiligen Standards berücksichtigt wird und welche erforderlichen Must-Have-Indikatoren definiert sind. Es ist hervorzuheben, dass die Standards ETSI EN 303 472, die ETSI EN 305 200-x-Serie sowie die zugehörigen TS (Technischen Spezifikationen) alle drei energiebezogenen Must-Have-Indikatoren umfassen, mit Ausnahme des Standards ETSI EN 305 200-3-1. Ein Unterschied zeigt sich beim Indikator „Task Effectiveness“: bei den Standards der ETSI EN 303 200-2-x-Serie wird damit das Verhältnis zwischen Datenvolumen und Energieverbrauch beschrieben, beim Standard ETSI EN 305 200-3-1 hingegen, bezieht er sich auf das Verhältnis zwischen dem Energieverbrauch der IT-Geräte und dem Gesamtenergieverbrauch, einschließlich der unterstützenden Infrastruktur (z. B. Kühlung). Es ist anzumerken, dass der Standard ETSI ES 202 336-12[6] als häufig zitierte Referenz für die grundlegende Beschreibung von Messprinzip und der Genauigkeit der Messdaten dient. Dieser Standard wird nur als Ergänzung zu den Energiemanagement-Standards angewendet und wurde deshalb nicht weitergehend untersucht.

Hinsichtlich der Indikatoren für erneuerbare Energien weisen nicht alle betrachteten Standards diese explizit als separate Kennzahl aus. Der Standard ETSI ES 203 228 fordert jedoch in der Berichterstattung, dass der Anteil der vor Ort erzeugten erneuerbaren Energie angegeben werden soll. Bemerkenswert ist zudem, dass nahezu alle ausgewählten Standards verlangen, dass vor Ort erzeugte erneuerbare Energien in die Gesamtenergiebilanz einbezogen werden. Es ist hervorzuheben, dass „grüne“ Energie im Strommix, die von Stromlieferanten oder nationalen Vorschriften als erneuerbar zertifiziert ist, in den Standards ETSI EN 305 200-2-3, ETSI EN 305 200-2-2, ETSI ES 205 200-2-4, ETSI EN 305 200-3-1 und ETSI EN 303 471 unabhängig von unterschiedlichen Netzsegmenten nicht als erneuerbare Energie anerkannt wird. Es wird angeregt, diese Anforderung anhand des aktuellen regulatorischen Rahmens zu überprüfen. Gemäß der Berichtigung der Delegierten Verordnung (EU) 2023/2772 der Kommission vom 31. Juli 2023 wird Energie nur dann als aus erneuerbaren Quellen stammend betrachtet, wenn ihre Herkunft in den vertraglichen Vereinbarungen mit Lieferanten eindeutig festgelegt ist. Dies umfasst Vereinbarungen über den Bezug von erneuerbarem Strom, standardisierte Ökostromtarife oder Marktinstrumente wie Herkunftsnachweise für erneuerbare Energien in Europa, Zertifikate für erneuerbare Energien in den USA und Kanada oder vergleichbare Instrumente (European Commission 2023e, AR 32 j, Seite 90).

[6] Environmental Engineering (EE); Monitoring and control interface for infrastructure equipment (power, cooling and building environment systems used in telecommunication networks); Part 12: ICT equipment power, energy and environmental parameters monitoring information model

Tabelle 3-4: Vergleich der ausgewählten Standards hinsichtlich des Geltungsbereichs und der Must-Have-Indikatoren

Netzsegment	Standard	Berücksichtigung der unterstützenden Infrastruktur	Must-Have-Indikator 1: Energieverbrauch	Must-Have-Indikator 2: Energieeffizienz = Datenvolumen/Energieverbrauch	Must-Have-Indikator 3: Erneuerbare Energie als separater Indikator	Must-Have-Indikator 3: Ohne separate Zuweisung, erneuerbare Energie im Gesamtverbrauch
RAN: 2G/3G/4G	ETSI EN 303 472 V1.1.1 (2018-10)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
RAN: technologieunabhängig	ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04)/ITU-T L.1331	Ja	Ja	Ja	Nein*	Ja
RAN: technologieunabhängig	ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04)	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja
RAN: technologieunabhängig	ITU-T L.1350 (10/2016)	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
RAN: technologieunabhängig	ITU-T L.1351 (08/2018)	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
RAN: technologieunabhängig	ETSI EN 305 200-2-3 V1.1.1 (2018-06)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
RAN: technologieunabhängig	ETSI TS 105 200-2-3 V1.2.1 (2019-12)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
FAN: technologieunabhängig	ETSI EN 305 200-2-2 V1.2.1 (2018-08)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
FAN: technologieunabhängig	ETSI TS 105 200-2-2 V1.3.1 (2019-12)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
CAN: technologieunabhängig	ETSI ES 205 200-2-4 V1.1.1 (2015-06)	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
5G-Mobilfunknetz: RAN, Kernnetz	ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10)	Nein	Ja	Ja	Nein	nicht erwähnt
ICT-Standort: Kernnetz	ETSI EN 305 200-3-1 V1.1.1 (2018-02)	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
ICT-Standort: Kernnetz	ETSI TS 105 200-3-1 V1.2.1 (2019-12)	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
ICT-Standort: Gesamtes Netz	ITU-T L.1332 (01/2018)	Ja	Ja	Nein	Nein	Ja
Gesamtes Zugangsnetz: NFV	ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01)	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja

Quelle: Eigene Darstellung. * fordert jedoch die Angabe des Anteils erneuerbarer Energien vor Ort im Bericht

Eine umfassende Beschreibung aller betrachteten Bewertungsaspekte befindet sich in Anhang VII.c Tabelle 7-21 bis Tabelle 7-25.

3.2.3.1 Gruppe 1: Mobilfunkzugangsnetz (RAN)

Die Grundlage für die Gruppenbildung ist in Abschnitt 3.2.1 erläutert. Tabelle 3-5 vergleicht beispielhaft zwei relevante Bewertungsaspekte (Messperiode und Allokation) der jeweiligen Standards für RAN, um die Flexibilität der Anforderungen und die damit eingeschränkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Messungen zu verdeutlichen. Es ist zu beachten, dass der Standard ETSI EN 303 471 als ergänzende Methode die Ermittlung des Energieverbrauchs für NFV-Anwendungen in Zugangsnetzen unterstützt.

Insgesamt ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung unterschiedlicher Standards aufgrund unterschiedlicher Anforderungen **eingeschränkt**.

Tabelle 3-5: Vergleich von zwei Bewertungsaspekten der Standards in Gruppe 1: RAN

Netzsegment	Standards	Messperiode und Messfrequenz	Allokation-Regeln oder Abgrenzung des Anwendungsbereichs
RAN: 2G/3G/4G	**ETSI EN 303 472 V1.1.1 (2018-10)**	• Messperiode: **Standard 365 Tage**, mind. 7 Tage (repräsentativ, nicht saisonal verzerrt). • Messfrequenz: Flexibel, im Messbericht klar zu dokumentieren.	Allokation: Nach **RF-Leistung der Technologien** aufzuteilen; gemeinsame Standorte mehrerer Betreiber **nicht berücksichtigt**.
RAN: technologieunabhängig	**ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04)**	Messzeitraum **frei wählbar**, muss mit Energieverbrauch angegeben werden.	nicht erwähnt
RAN: technologieunabhängig	**ITU-T L.1350 (10/2016)**	**Nicht festgelegt**, bevorzugt kontinuierliche Vor-Ort-Messung.	Geteilte Standorte gelten als eine Einheit; keine Aufteilung der Verbräuche und keine Allokationsregelung.
RAN: technologieunabhängig	**ITU-T L.1351 (08/2018)**	• Messperiode: vier Optionen für den Messzeitraum (**1 Tag, 1 Woche, 1 Monat oder 1 Jahr**). • Messfrequenz: mindestens alle 15 Minuten	nicht erwähnt
RAN: technologieunabhängig	**ETSI EN 305 200-2-3 V1.1.1 (2018-06)**	• Messperiode: **Standard 365 Tage**, mind. 7 Tage (repräsentativ, nicht saisonal verzerrt). • Messfrequenz: Zwischen 1 Woche und 1 Monat	• Bezieht sich auf Gesamtmessung des Netzes eines Netzbetreibers, **geteilte Infrastruktur ausgeschlossen** • NFV-Anwendungen des RAN, auch an anderen Standorten: In RAN-Energiebilanz einbeziehen. Geteilte mehrere Zugangsnetze: Nur Mobilfunkverbrauch oder Ausschluss mit Berichtvermerk.
RAN: technologieunabhängig	**ETSI TS 105 200-2-3 V1.2.1 (2019-12)**	Entsprechend ETSI EN 305 200-2-3	Gemeinsame Netzwerke: Allokation nach **Energiekosten**.
RAN: technologieunabhängig	**ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04)**/ITU-T L.1331	• Messperiode: **Flexibel (7, 30 oder 365 Tage).** • Messfrequenz: Nicht festgelegt, im Bericht dokumentieren.	Wenn mehrere Mobilfunkbetreiber (MNOs) dieselben Standorte teilen, wird der Energieverbrauch für jeden MNO separat **auf Basis kommerzieller Vereinbarungen oder bewährter Praktiken zwischen den MNOs** aufgeteilt.
5G-Mobilfunknetz: RAN, Kernnetz	**ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10)**	Nicht festgelegt	Keine explizite Allokationsregel für geteilte Standorte
ICT-Standort: Gesamtes Netz	**ITU-T L.1332 (01/2018)**	Nicht festgelegt, bevorzugt kontinuierliche Vor-Ort-Messung.	Der Standard bleibt auf der Ebene der Gesamtmessung und gilt für das Netz, **das demselben Netzbetreiber gehört**
Gesamtes Zugangsnetz: NFV	**ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01)**	• Messperiode: **Standard 365 Tage**, mind. 7 Tage (repräsentativ, nicht saisonal verzerrt). • Messfrequenz: Zwischen 1 Woche und 1 Monat	Der Energieverbrauch für verschiedene Zugangsnetztypen (z. B. Festnetz oder Mobilfunk) soll separat messbar sein, falls die NFVI mehrere Zugangsnetze unterstützt. Weitere Spezifikationen dazu fehlen jedoch.

Quelle: Eigene Darstellung

3.2.3.2 Gruppe 2: Festzugangsnetz (FAN)

Die Anzahl der für FAN anwendbaren Standards ist im Vergleich zu RAN deutlich geringer. Tabelle 3-6 vergleicht beispielhaft zwei ausgewählten Bewertungsaspekte zwischen den Standards. Wie bereits erläutert, adressiert ETSI EN 303 471 ausschließlich NFV-Anwendung.

Insgesamt ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung unterschiedlicher Standards aufgrund unterschiedlicher Anforderungen **eingeschränkt**.

Tabelle 3-6: Vergleich von zwei Bewertungsaspekten der Standards in Gruppe 2: FAN

Netzsegment	Standards	Messperiode und Messfrequenz	Allokation-Regeln oder Abgrenzung des Anwendungsbereichs
FAN: technologieunabhängig	**ETSI EN 305 200-2-2 V1.2.1 (2018-08)**	• Messperiode: **Standard 365 Tage**, mind. 7 Tage (repräsentativ, nicht saisonal verzerrt). • Messfrequenz: Zwischen 1 Woche und 1 Monat	• Bezieht sich auf Gesamtmessung des Netzes eines Netzbetreibers, geteilte Infrastruktur ausgeschlossen • NFV-Anwendungen des FAN, auch an anderen Standorten: In FAN-Energiebilanz einbeziehen. Geteilte mehrere Zugangsnetze: Nur Festzugangsnetzverbrauch oder Ausschluss mit Berichtvermerk.
FAN: technologieunabhängig	**ETSI TS 105 200-2-2 V1.3.1 (2019-12)**	• Entsprechend ETSI EN 305 200-2-2	Gemeinsame Netzwerke: Allokation nach **Energiekosten.**
ICT-Standort: Gesamtes Netz	**ITU-T L.1332 (01/2018)**	Nicht festgelegt, bevorzugt kontinuierliche Vor-Ort-Messung.	Der Standard bleibt auf der Ebene der Gesamtmessung und gilt für das Netz, das demselben Netzbetreiber gehört
Gesamtes Zugangsnetz: NFV	**ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01)**	• Messperiode: Standard 365 Tage, mind. 7 Tage (repräsentativ, nicht saisonal verzerrt). • Messfrequenz: Zwischen 1 Woche und 1 Monat	Der Energieverbrauch für verschiedene Zugangsnetztypen (z. B. Festnetz oder Mobilfunk) soll separat messbar sein, falls die NFVI mehrere Zugangsnetze unterstützt. Weitere Spezifikationen dazu fehlen jedoch.

Quelle: Eigene Darstellung

3.2.3.3 Gruppe 3: Kabelzugangsnetz (CAN)

Der Standard ETSI ES 205 200-2-4 ist der einzige, der spezifisch Kabelzugangsnetze adressiert. Ergänzend sind der ITU-T L.1332-Standard, der unabhängig vom Netzsegment für IKT-Standorte gilt sowie der NFV-spezifische Standard ETSI EN 303 471, der für Zugangsnetze aller Art (Mobilfunk, Festnetz und Kabelzugang) anwendbar ist, relevant. Die beiden allgemeinen Standards wurden bereits in den Abschnitten zu RAN und FAN erläutert und werden hier nicht erneut behandelt. Es ist zu beachten, dass der CAN-spezifische Standard ETSI ES 205 200-2-4 bereits bei der Untersuchung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung des jeweiligen Standards (s. Tabelle 3-3) eine geringe Vergleichbarkeit aufweist. Hervorzuheben ist, dass er ein ETSI-Standard (ES) ist, während andere Standards derselben Serie European Standards (EN) mit Technischen Spezifikationen (TS) sind. Da der Standard seit 2015 nicht aktualisiert wurde, wird eine Überprüfung seiner technologischen Aktualität empfohlen.

3.2.3.4 Gruppe 4: Kernnetz, Teilnetz, Gesamtes Netz

ETSI EN 305 200-3-1 und die zugehörige ETSI TS 105 200-3-1 dienen als methodische Anleitung und Messvorschrift zur Berechnung der Energieaspekte von IKT-Standorten im Kernnetz. Sie legen eine standardisierte Messmethodik fest, z. B. eine Messperiode von 365 Tagen. Im Gegensatz dazu bieten ETSI TS 128 554 für 5G-Kernnetze und ITU-T L.1332 für IKT-Standorte des gesamten Netzes größere Flexibilität bei Messperiode und -frequenz. Unterschiede in weiteren Bewertungsaspekten, wie den definierten Messpunkten, erschweren die Vergleichbarkeit der Standards zusätzlich.

3.2.3.5 Gruppe 5: Standards, die Hochskalierungsansätze beschreiben

ETSI TR 103 540 und ETSI ES 203 228 bieten unterschiedliche Methodik zur Hochrechnung von Teilnetzen auf größere Netzsegmente für das Mobilfunkzugangsnetz.

- ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04) unterscheidet nach Netz-Homogenität:
  - Homogene Netze: Repräsentative Aussagen durch frei wählbare Stichproben.
  - Heterogene Netze: Geschichtete Schätzmethode (Strata) mit Schichten wie Anzahl der Basisstationen, Funkmodule, Außentemperatur, RF-Auslastung oder BS-Typen, unterstützt durch Leitfäden.
- ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04) basierend auf Demografie-Klassen der Standorte (z. B. urban, ländlich). Zusätzlich können optionale Klassifikationen, wie Topografie oder Klimazonen in die Hochskalierung einbezogen werden, um die Genauigkeit der Analyse zu erhöhen.

3.2.3.6 Gruppe 6: Standards, die Network Function Virtualisation (NFV) betreffen

Die beiden Standards, die sich mit dem Thema Network Function Virtualisation (NFV) in der Betriebsphase befassen, weisen unterschiedliche Granularitätsstufen auf:

- ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01) verfolgt einen vereinfachten Ansatz mit aggregierten Messungen für die gesamte NFVI, ohne zwischen VNFs oder Komponenten wie CPU und RAM zu differenzieren. Der Fokus liegt auf einer ganzheitlichen Betrachtung als Ergänzung für RAN- und FAN-Infrastrukturen.
- ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10) bietet eine detailliertere Analyse, misst den Energieverbrauch physischer Netzwerkfunktionen (PNF) und schätzt den Verbrauch virtualisierter Funktionen (VNF) anhand von Parametern wie vCPU-, vMemory- und I/O-Datenverkehr. Die NFV ist zwar entscheidend für die Ermittlung des Energieverbrauchs nach Anwendungsszenarien. Der Schwerpunkt der vorliegenden Studie liegt jedoch auf der Erfassung von Energieaspekten für Netzsegmente, nicht auf Anwendungsebene.

3.2.4 Gesamtbewertung der Eignung

Die Eignung der untersuchten Standards ist in Tabelle 3-7 zusammengefasst. Grundsätzlich bleibt die Einstufung der Gesamtbewertung der Eignung in derselben Bandbreite wie die Einstufung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung des jeweiligen Standards (s. Abschnitt 3.2.2). Eine Ausnahme bildet ETSI ES 203 228, dessen Einstufung durch detaillierte Anforderungen an die Berichterstattung auf „hoch“ erhöht wurde. Diese Anforderungen ermöglichen eine gründliche Dokumentation, die eine bessere Nachvollziehbarkeit und Auswertung unterstützt.

Tabelle 3-7: Energiemanagement: Überblick über die Gesamtbewertung der Eignung

Netzsegment	Standard	Gesamtbewertung der Eignung
RAN: 2G/3G/4G	ETSI EN 303 472 V1.1.1 (2018-10)	**hoch**
RAN: technologieunabhängig	ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04)/ITU-T L.1331	**hoch**
RAN: technologieunabhängig	ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04)	mittel
RAN: technologieunabhängig	ITU-T L.1350 (10/2016)	niedrig
RAN: technologieunabhängig	ITU-T L.1351 (08/2018)	niedrig
RAN: technologieunabhängig	ETSI EN 305 200-2-3 V1.1.1 (2018-06)	mittel
RAN: technologieunabhängig	ETSI TS 105 200-2-3 V1.2.1 (2019-12)	mittel
FAN: technologieunabhängig	ETSI EN 305 200-2-2 V1.2.1 (2018-08)	mittel
FAN: technologieunabhängig	ETSI TS 105 200-2-2 V1.3.1 (2019-12)	mittel
CAN: technologieunabhängig	ETSI ES 205 200-2-4 V1.1.1 (2015-06)	niedrig
5G-Mobilfunknetz: RAN, Kernnetz, end-to-end, NFV, Slicing	ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10)	niedrig
ICT-Standort: Kernnetz	ETSI EN 305 200-3-1 V1.1.1 (2018-02)	mittel
ICT-Standort: Kernnetz	ETSI TS 105 200-3-1 V1.2.1 (2019-12)	mittel
ICT-Standort: Gesamtes Netz	ITU-T L.1332 (01/2018)	niedrig
Gesamtes Zugangsnetz: NFV	ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01)	mittel

Quelle: Eigene Darstellung

Bei der Gesamtbewertung der Eignung wurden zusätzlich noch zwei Bewertungskriterien, Vertrauenswürdigkeit und Transparenz einbezogen. Es ist anzumerken, dass alle in der vorliegenden Studie untersuchten Standards keine Anforderungen an die Validierung enthalten. Das Fehlen solcher Anforderungen in den Standards schließt jedoch nicht aus, dass die Nutzer entsprechende Validierungen durchführen. In der vorliegenden Studie werden ausschließlich die expliziten Anforderungen der Standards selbst bewertet.

Bezüglich des Bewertungsaspekts Unsicherheitsbewertung gehen einige Standards auf statistisch relevante Aspekte ein. Zwei Standards sind in diesem Zusammenhang hervorzuheben:

- ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04): Dieser Standard berücksichtigt das Konfidenzniveau und die Fehlertoleranz bei stichprobenbasierten Schätzungen des Energieverbrauchs. Die Eignung wurde daher als mittel eingestuft.
- ETSI TS 105 200-3-1 V1.2.1 (2019-12): Dieser Standard schreibt vor, dass alle Bewertungszeiträume ein Jahr umfassen müssen. Wenn eine Hochskalierung von Messdaten einer kleinen Anzahl von Standorten auf eine große Gruppe durchgeführt wird, ist die Berechnung der statistischen Genauigkeit verpflichtend.

Eine ausführliche Zusammenfassung der gesamten Bewertung der 15 Standards befindet sich in Tabelle 7-26 in Anhang VII.d.

3.3 Vergleichsanalyse der Standards in der Kategorie Treibhausgasemissionen

3.3.1 Überblick der ausgewählten Standards

Die ausgewählten vier Standards wurden in 2 Gruppen eingeteilt. Der Gruppe 1 werden jene Standards zugeordnet, welche vorrangig die THG-Scopes 1 & 2 behandeln. In Gruppe 2 werden alle

Standards betrachtet, die sich teilweise oder ausschließlich auf Scope 3 beziehen[7]. Die 15 Scope-3-Kategorien nach dem GHG-Protocol befinden sich in Anhang V.a aufgeführt. Die Analyse der beiden Gruppen unterscheidet sich hinsichtlich der angewendeten Bewertungskriterien und Bewertungsaspekte.

Tabelle 3-8: Gruppeneinteilung Standards zu Treibhausgasemissionen

Gruppe	Standard	Anwendungsfokus
Gruppe 1 und 2	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (Greenhouse Gas Protocol 2004), Erweiterung mit Scope 2 Guidance (2015) (Greenhouse Gas Protocol 2015)	Scope 1 & 2; Scope 3 optional
Gruppe 1 und 2	(ITU-T L. 1420 (02/12))	Scope 1 & 2; Scope 3 optional
Gruppe 2	Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011) (Greenhouse Gas Protocol 2011)	Ausschließlich Scope 3
Gruppe 2	Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators (GSMA; GeSi; ITU 2023)	Ausschließlich Scope 3

Quelle: Eigene Darstellung

3.3.2 Vergleichbarkeit der Ergebnisse von THG-Bilanzen bei Anwendung desselben Standards

Tabelle 3-9 gibt einen Überblick über die Ergebnisse zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung desselben Standards. Diese Vergleichbarkeit untersucht, ob verschiedene Anwender desselben Standards zu vergleichbaren Ergebnissen kommen.

Tabelle 3-9: THG: Überblick über die Ergebnisse der Vergleichbarkeit THG-Bilanzen bei Anwendung desselben Standards

THG-Gruppen	Standards	Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards
Scope 1 & Scope 2	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004) & Scope 2 Guidance	niedrig
	ITU-T L.1420 (02/2012)	mittel
Scope 3	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004)	niedrig
	ITU-T L.1420 (02/2012)	niedrig
	Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011)	mittel
	Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators (2023)	**hoch**

Quelle: Eigene Darstellung

Die Grundlage der Auswertung ist Tabelle 7-27 und Tabelle 7-28 in Anhang VIII.a. In Anhang VIII.b befinden sich detaillierte Tabellen mit den Ergebnissen der Kriterienanalyse zu Standards in der Kategorie THG, welche die Grundlagen der nachfolgend dargestellten Auswertungen sind. Anhang VIII.c gibt einen Überblick über die Bewertungsergebnisse nach dem Drei-Stufen-Modell, dargestellt durch grüne, gelbe und rote Punkte.

Erläuterungen zur Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung der Standards in THG-Gruppe 1: Scope 1&2

[7] Gruppe 2 umfasst wiederrum auch die Standards aus Gruppe 1, da diese den Scope 3 optional, wenn auch nicht im Detail adressieren. Die Auswertung in Gruppe 2 erfolgt mit speziellem Fokus auf die methodischen Vorgaben zu Scope 3.

GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004) & Scope 2 Guidance

Das GHG Protocol Corporate wird weltweit angewendet und ist in der Fachwelt als ein etablierter Berichtsstandard anerkannt. Der Standard ist in allgemeiner Form verfasst und fungiert als eine den Sektoren übergreifende Basismethode zur Ermittlung und Berichterstattung der Treibhausgasemissionen einer Organisation. Der generische Ansatz eröffnet bei der methodischen Ausführung der Datenerfassung und der Berechnungen eine Vielzahl von Freiheitsgraden, was eine als niedrig eingestufte Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung des Standards bedingt. Die Vorgehensweise zur Erfassung der Primärdaten für Scope 1 und 2 ist lediglich beispielhaft erläutert und es liegen keine spezifisch ausformulierten Kriterien zur Auswahl von Emissionsfaktoren vor. Des Weiteren ist festzustellen, dass ein klarer Umgang mit Allokationsfällen im Sinne von Allokationsregeln oder einer priorisierten Vorgehensweise nicht gegeben ist.

ITU-T L.1420 (02/2012)

Dies ist ein eigenständiger Standard und definiert das methodische Vorgehen sowie die Berichterstattung von THG eines IKT-Unternehmens. In vielen Punkten basiert er auf dem GHG Protocol Corporate. Die Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft. Der Standard liefert keine konkrete Vorgehensweise zur Erfassung der Primärdaten von Scope 1 und 2 und es werden keine Allokationsregeln vorgeschrieben. Im Vergleich zum GHG Protocol Corporate werden Kriterien zur Selektion von Emissionsfaktoren vorgegeben, wenngleich diese auch als allgemein gehalten zu betrachten sind.

Erläuterungen zur Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung der Standards in THG-Gruppe 2: Scope 3

GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004)

Der GHG Protocol Corporate Standard (2004) liefert nur schwache Handlungsanweisungen für die Berechnung von Scope 3 Treibhausgasemissionen. Es gibt viele Freiheitsgrade in der methodischen Ausführung der Berechnungen, weshalb die Vergleichbarkeit von THG-Bilanzen von Scope 3 auf Basis des Basis-Standards als niedrig eingestuft wird. Konkret bedeutet dies, dass es für Scope 3 keine Anforderungen an die Datenerhebung und Berechnungsmethoden gibt. Auch sind die zu berücksichtigenden Tätigkeiten für die einzelnen Scope 3-Kategorien nicht näher aufgeschlüsselt. Darüber hinaus wird die Vergleichbarkeit durch ungenaue Vorgaben zur Wahl der Emissionsfaktoren und fehlende Vorgaben zur Anwendung von Allokations- und Abschneideregeln beeinträchtigt.

ITU-T L.1420 (02/2012)

Dieser Standard adressiert explizit Scope 3 und nennt einige IKT-spezifische Aspekte zur Berücksichtigung in Scope 3. Dennoch wird die Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung des Standards insgesamt als niedrig eingestuft, da er viele Freiheitsgrade in der methodischen Berechnung der Scope 3 Treibhausgasemissionen lässt. Er bietet keine detaillierten Vorgaben für die Datenerhebung für Scope 3 und die Berechnung der Scope 3 Emissionen. Neutral bis positiv für die Vergleichbarkeit ist die Einstufung der Relevanz der einzelnen Scope 3 Kategorien für IKT-Unternehmen, eine Fokussierung auf netzwerkbezogene Aktivitäten erfolgt jedoch nicht. Positiv hervorzuheben sind die Vorgaben zur Wahl der Emissionsfaktoren, auch wenn diese eher allgemein gehalten sind. Methodische Vorgaben zum Vorgehen bei Allokationsfällen fehlen, hier wird nur ein einzelnes Beispiel genannt, in dem eine Allokation erfolgen muss, ohne dass eine konkrete Anleitung dafür gegeben wird. Hinsichtlich der Abgrenzungskriterien existieren keine eindeutigen Vorschriften, wie diese zu implementieren sind. Allerdings ist die Vergleichbarkeit durch eine Dokumentationspflicht der zugrundeliegenden Kriterien gewährleistet.

Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011)

Die Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung des GHG Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011) wird als mittel eingestuft. Die vorliegende Bewertung gründet auf den folgenden Aspekten: Obwohl der Standard generische Empfehlungen für die Datenerfassung ausspricht, existiert keine Vorgabe einer einheitlichen Vorgehensweise für die IKT bzw. Telekommunikationsbranche. Eine ähnliche Situation zeigt sich bei den Berechnungsmethoden für die einzelnen Scope 3-Kategorien. Obwohl der Standard konkrete Leitlinien in einem separaten Dokument „Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions“ (Greenhouse Gas Protocol Initiative 2013) zur Verfügung stellt, fehlen spezifischen Vorgaben, welche Methode wann verwendet werden muss. In einigen Fällen wurde eine Priorisierung der Methoden basierend auf ihrer Präzision vorgenommen. Den einzelnen Kategorien des Scope 3 werden spezifische Aktivitäten zugewiesen, wobei eine netzspezifische Zuordnung nicht erfolgt. Es existieren keine umfassenden Vorgaben bezüglich der Auswahl der Emissionsfaktoren. Es wird jedoch auf eine Liste von Datenbanken mit Emissionsfaktoren verwiesen. Die Vorgabe von Allokationsregeln ist als positiv bezüglich der Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen zu bewerten. Es existieren keine spezifischen Vorgaben bezüglich bestimmter Abschneidekriterien. In den jeweiligen Scope 3-Kategorien ist bereits vorgegeben, welche Aktivitäten mindestens erfasst werden müssen. Die Offenlegung und Begründung von Ausnahmen sind obligatorisch.

Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators (2023)

Die Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators bietet für jede Scope 3-Kategorie eine Anleitung zur Berechnung der THG-Emissionen. Grundsätzlich kann allerdings zwischen verschiedenen Methoden gewählt werden, welche anhand ihrer Genauigkeit priorisiert wurden. Zudem gibt sie konkrete Vorgaben bezüglich der Erfassung der Aktivitätsdaten für die Scope 3 Kategorien. Im Gegensatz zum GHG Protocol Corporate (Value Chain) Standard ist diese Guideline spezifisch für Telekommunikationsnetzbetreiber entworfen worden, hierauf liegt auch der Fokus bei der Zuordnung der zu erfassenden Aktivitäten bei den einzelnen Scope 3 Kategorien. Durch die spezifischeren Vorgaben für die Scope 3 Kategorien ist die Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung des Standards verhältnismäßig hoch. Als positiv sind weiterhin Anforderungen an die Wahl von Emissionsfaktoren zu nennen. Es werden potenzielle Datenquellen für Emissionsfaktoren je Kategorie gesondert erläutert. Es werden keine konkreten Abschneidekriterien vorgegeben, stattdessen basiert die Auswahl der Scope 3 Kategorien auf ihrer Relevanz („materiality“), hierfür wird wiederum auf andere Standards verwiesen. Bezüglich der Allokationsregeln werden zwar Allokationsmöglichkeiten genannt, eine Priorisierung erfolgt allerdings nicht, wodurch die Vergleichbarkeit etwas herabgesetzt wird. In der Gesamtschau aller Vorgaben ist die Vergleichbarkeit auf Basis der Guidance als hoch einzustufen.

3.3.3 Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung unterschiedlicher Standards

Im Folgenden werden die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Standards in der Kategorie THG aufgezeigt. Die in diesem Abschnitt betrachtete Eigenschaft „Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung unterschiedlicher Standards“ bezieht sich auf die Frage, ob die Anwendung verschiedener Standards derselben Gruppe zur Bewertung der THG-Emissionen zu vergleichbaren Bilanzergebnissen führt. Mit anderen Worten: Inwieweit hängt das Ergebnis einer THG-Berechnung davon ab, welcher der alternativen Standards als Berechnungsmethode verwendet wird.

Die Standards wurden nur jeweils innerhalb der gleichen Gruppe basierend auf ihrem Geltungsbereich miteinander verglichen. Anhang VIII.b können die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Standards pro Bewertungsaspekt eingesehen werden.

3.3.3.1 Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung der Standards in THG-Gruppe 1: Scopes 1 und 2

Sowohl der GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004) inklusive der Erweiterung mit der Scope 2 Guidance als auch ITU-T L.1420 (02/2012) sind organisationsbezogene Standards, welche ihr Hauptaugenmerk auf Scope 1 & 2 richten. Die Treibhausgasemissionen aus Scope 3 können in beiden Standards optional berechnet und berichtet werden und gibt hierfür orientierende methodische Leitlinien. Im Vergleich zum GHG Protocol Corporate geht ITU-T L.1420 (02/2012) schon spezifischer auf IKT-Organisationen ein, auch hier gibt es allerdings keinen konkreten Bezug auf netzbezogene Aktivitäten.

Die Hauptunterschiede im methodischen Vorgehen liegen darin, dass:

- **ITU-T L.1420 (02/2012)** konkrete Vorschriften an die Wahl des Zeitrahmens für die **Charakterisierungsfaktoren**[8] und Bedingungen zur Wahl von **Emissionsfaktoren** (wenn auch allgemein gehalten) gibt. Hierzu gibt es keine Spezifikationen im GHG Protocol.
- Dagegen schreibt die Erweiterung des **GHG Protocols Corporate** mit der Scope 2 Guidance klar vor, nach **welchen Ansätzen die Scope 2** Emissionen bilanziert und berichtet werden müssen (orts- und markt-basierter Ansatz). In ITU-T L.1420 (02/2012) gibt es hierzu keine Aussage.

Ein weiterer Unterschied liegt in den **Berichtspflichten**:

- nach GHG Protocol müssen die THG-Emissionen gegliedert nach den **7 einzelnen Treibhausgasen** berichtet werden, Emissionen aus **biologisch gebundenem Kohlenstoff** müssen separat berichtet werden. Bei ITU-T L.1420 (02/2012) gibt es diese Unterteilung nicht, dafür müssen hier die THG aufgeteilt nach **Ländern** (Hauptländer & Rest der Welt) berichtet werden.

3.3.3.2 Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung der Standards in THG-Gruppe 2: Scope 3

Sowohl der GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004) (allgemeiner Standard) als auch ITU-T L.1420 (02/2012) (IKT-spezifischer Standard) beziehen sich auf alle drei Scopes, wobei Scope 3 nur als optionale Ergänzung aufgeführt ist. Der Protocol Corporate (Value Chain) Standard (allgemeiner Standard) sowie die Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators (IKT-spezifischer Standard) haben den Fokus auf der Bilanzierung und dem Berichten der Scope 3 THG-Emissionen und legen im Gegensatz zu den 2 erstgenannten Standards verpflichtende Anforderungen an Scope 3 fest. Die Anwendung der Standards zur Berechnung von Scope 3 Emissionen ist jedoch grundsätzlich eine freiwillige Entscheidung der Unternehmen.

Die **Hauptunterschiede in der methodischen Herangehensweise** liegen darin, dass:

- Bei ITU-T L.1420 (02/2012) werden bei THG-Emissionen, für die LCA-Daten verwendet werden können (z.B. eingekaufte Güter), alle Lebenszyklusphasen außer der Nutzungsphase durch die operative Lebensdauer geteilt, um den jährlichen Einfluss zu ermitteln. Bei allen anderen Standards werden die gesamten THG-Emissionen eines Produkts (aus allen Lebenszyklusphasen) in dem Jahr angerechnet, in dem es gekauft oder verkauft wird.

[8] Charakterisierungsfaktor: Faktor, der aus einem Charakterisierungsmodell abgeleitet wurde, das für die Umwandlung des zugeordneten Sachbilanzergebnisses in die gemeinsame Einheit des Wirkungsindikators angewendet wird (ISO 14044, Abschnitt 3.37). Beispielsweise werden die Emissionen verschiedener Treibhausgase mithilfe von Charakterisierungsfaktoren in CO_2-Äquivalente umgerechnet. Die Charakterisierungsfaktoren für das Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) basieren auf den IPCC Assessment Reports (AR). Je nach Version des Reports können die Charakterisierungsfaktoren unterschiedlich ausfallen. Der aktuelle IPCC Assessment Report ist von 2021 (AR6). Das GHG Protocol hat in seinen Tools eine Übersicht zu den IPCC-Charakterisierungsfaktoren erstellt (s. Tabelle 7-16).

- Die Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators priorisiert, welche Scope 3 Kategorien als besonders relevant für Telekommunikationsbetreiber einzustufen sind, nämlich „Eingekaufte Waren und Dienstleistungen“ (Kategorie 1), „Investitionsgüter“ (Kategorie 2), „Brennstoff- und energiebezogene Aktivitäten“ (Kategorie 3), „Upstream- / Downstream-Leasingvermögen“ (Kategorie 8 / Kategorie 13), „Nutzung verkaufter Produkte“ (Kategorie 11), und je nach Konsolidierungsansatz und Geschäftsmodell Kategorie 15 („Investitionen“). Kategorie 10 („Verarbeitung verkaufter Produkte“) wird als irrelevant angesehen und kann abgeschnitten werden. ITU-T L.1420 (02/2012) benennt die Kategorien 5 („Abfall aus betrieblichen Aktivitäten“) und 15 („Investitionen“) als optional. Die anderen beiden Standards sind allgemein und geben keine Priorisierung der Scope 3 Kategorien vor.
- Die spezifischen Scope 3 Standards liefern detaillierte Angaben zur Berechnung der Scope 3 Kategorien inklusive des Vorgehens zur Festlegung von Allokationsregeln. Dies fehlt bei GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004) und ITU-T L.1420 (02/2012).
- Die genauesten Angaben zur Vorgehensweise der Primärdatenerfassung, der Auswahl an Emissionsfaktoren sowie Berechnungsvorgaben liefert die Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators. Er gibt allerdings keine Angaben dazu, welche Charakterisierungsfaktoren verwendet werden sollen. Diese werden im ITU-T L.1420 (02/2012) sowie im Protocol Corporate (Value Chain) Standard vorgegeben.
- Bei den spezifischen Scope 3 Standards ist eine Bewertung der Datenqualität/Unsicherheitsbewertung verpflichtend, bei den allgemeineren Standards ist dies optional.

Die **Hauptunterschiede in den Berichtspflichten** liegen darin, dass:

- Bei den Scope 3 spezifischen Standards müssen die Scope 3 THG-Emissionen aufgeschlüsselt nach den einzelnen Scope 3 Kategorien berichtet werden, bei GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004) und ITU-T L.1420 (02/2012) ist das Berichten der Scope 3 Emissionen optional. Die Berichtsvorschriften sind beim Protocol Corporate (Value Chain) Standard am höchsten, hier muss zusätzlich über biogenes CO_2, d.h. Kohlendioxid, das aus der Verbrennung von biologischen Materialien, wie beispielsweise Biomasse stammt und damit Teil des aktuellen Kohlenstoffkreislaufs ist, separat berichtet werden. Darüber hinaus muss der Prozentsatz der Emissionen, der unter der Verwendung von Daten aus der Lieferkette berechnet wurde, angegeben werden.

3.3.4 Gesamtbewertung der Eignung

Die Eignung der untersuchten THG-Standards ist in Tabelle 3-10 zusammengefasst.

Tabelle 3-10: THG: Überblick über die Gesamtbewertung der Eignung

THG-Gruppen	Standards	Gesamtbewertung der Eignung
Scope 1 & Scope 2	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004) & Scope 2 Guidance	mittel
	ITU-T L.1420 (02/2012)	mittel
Scope 3	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004)	niedrig
	ITU-T L.1420 (02/2012)	niedrig
	Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011)	niedrig
	Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators (2023)	**hoch**

Quelle. Eigene Darstellung

Erläuterungen zur Eignung der Standards in THG-Gruppe 1: Scope 1&2

GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004) & Scope 2 Guidance

Das GHG-Protocol Corporate inklusive der Erweiterung mit der Scope 2 Guidance eignet sich als Anleitung bezüglich der Methodik und Berichterstattung der Treibhausgasemissionen einer Organisation. Der Standard ist allgemein formuliert und wird Sektor-unabhängig und weltweit von Unternehmen verwendet. Die Transparenz wird gefördert durch die Vorgabe von klaren Berichtspflichten bezüglich des Ansatzes zur Festlegung der organisatorischen Systemgrenzen, der Berechnung der Scope 2 Emissionen, des methodischen Vorgehens und der Indikatoren. Beeinträchtigt wird die Transparenz jedoch durch fehlende Berichtsvorgaben bezüglich der Auswahl von Charakterisierungsfaktoren. Die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse wird eingeschränkt, da es keine verpflichtenden Vorgaben zur Durchführung einer Unsicherheitsbewertung oder einer externen Validierung gibt. Das GHG Protocol Corporate hat auf Grund seiner weiten Verbreitung und Nutzung von vielen Unternehmen eine hohe Relevanz. Dennoch wird dieser Standard nur mit einer mittleren Eignung hinsichtlich der erforderlichen Must-Have-Indikatoren eingestuft, weil vor allem in Hinsicht auf die Vergleichbarkeit und die Vertrauenswürdigkeit der Bilanzierungsergebnisse noch Defizite zu erkennen sind.

ITU-T L.1420 (02/2012)

Dies ist ein eigenständiger Standard zum methodischen Vorgehen sowie zur Berichterstattung von THG-Emissionen eines IKT-Unternehmens. Der Standard basiert in vielen Punkten auf dem GHG Protocol Corporate (z.B. bei der Festlegung der organisatorischen Grenzen), weicht in anderen Aspekten jedoch ab (z.B. bei den Anforderungen an die Berechnung des Scope 2). Im Standard wird explizit erwähnt, dass er als Ergänzung des GHG-Protocols mit einem Fokus auf IKT-Organisationen verwendet werden kann. Ähnlich wie bei dem GHG Protocol wird die Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards als mittel eingestuft.
Hinsichtlich der Transparenz ist es als positiv zu erachten, dass die gewählte IPCC-Version zur Auswahl der Charakterisierungsfaktoren sowie der gewählte Ansatz zur Festlegung der organisatorischen Systemgrenzen zu berichten sind. Insbesondere bei den Berichtspflichten an die Indikatoren sowie der Vorgabe der Berechnung der Scope 2 Emissionen weist der Standard allerdings Lücken im Vergleich zum GHG Protocol Corporate auf. Die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse wird als mittel eingestuft, da zwar im Vergleich zum GHG Protocol Corporate eine Unsicherheitsbewertung verpflichtend durchgeführt werden muss, aber ebenfalls keine externe Validierung der Ergebnisse. Eine Analyse der vorliegenden Bewertungsaspekte ergibt eine mittlere Eignung hinsichtlich der erforderlichen Must-Have-Indikatoren. Im Gegensatz zum GHG Protocol Corporate sind die Vorgaben IKT-spezifisch und damit fokussierter auf die Belange des Telekommunikationssektors. Allerdings wird auch nicht konkret auf netzbezogene Aktivitäten eingegangen. Zudem gibt es bislang nur wenig öffentlich zugängliche Belege dafür, dass Unternehmen ITU-T L.1420 tatsächlich anwenden (siehe Anhang VI).

Erläuterungen zur Eignung der Standards in THG-Gruppe 2: Scope 3

GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004)

Das GHG Protocol Corporate kann als Anleitung bezüglich der Methodik und des Berichtens der Treibhausgasemissionen einer Organisation grundsätzlich auch für den Scope 3 verwendet werden. Der Basis-Standard ist allerdings allgemein formuliert und gibt wenig Anleitung für die Datenerfassung und Berechnung von Scope 3-Emissionen. Bedingt durch den allgemeinen Ansatz gibt es viele Freiheitsgrade in der methodischen Ausführung der Berechnungen, weshalb die Vergleichbarkeit der Bilanzierungsergebnisse der Messungen von Scope 3-Ergebnissen als niedrig eingestuft wird. Die Transparenz wird jedoch gefördert durch die Vorgabe von klaren Berichtspflichten bezüglich der Festlegung der organisatorischen Systemgrenzen und des methodischen Vorgehens. Da es keine

verpflichtende Vorgaben für die Erfassung von Scope 3-Emissionen gibt, ist die Transparenz stark eingeschränkt. Die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse der Messungen zu Scope 3 ist niedrig, da es auch für Scope 3 keine verpflichtenden Vorgaben zur Durchführung einer Unsicherheitsbewertung oder einer externen Validierung gibt. Unter Berücksichtigung aller Aspekte ist die Eignung des GHG Protocol Corporate als alleiniger Standard für Scope 3 niedrig.

ITU-T L.1420 (02/2012)

ITU-T L.1420 kann prinzipiell zur Berechnung und Berichterstattung von Scope 3-Emissionen eines IKT-Unternehmens verwendet werden. Im Gegensatz zum Basis-Standard des GHG Protocol Corporate adressiert ITU-T L.1420 den Scope 3 explizit und nennt einige IKT-spezifische Aspekte zur Berücksichtigung in Scope 3. Die Vergleichbarkeit der Bilanzierungsergebnisse bei Anwendung des Standards in verschiedenen Unternehmen wird allerdings insgesamt als niedrig eingestuft. Die Transparenz wird einerseits durch klare Vorgabe bezüglich der Dokumentation der organisatorischen Systemgrenzen und der methodischen Vorgehensweise gefördert, andererseits fehlen für die Scope 3-Indikatoren konkrete Berichtsvorgaben. Die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse zu Scope 3 ist niedrig, da zwar im Vergleich zum GHG Protocol eine Unsicherheitsbewertung verpflichtend durchgeführt werden muss, aber ebenfalls keine externe Validierung der Ergebnisse erfolgen muss. In der Gesamteignung wird der Standards als niedrig eingestuft. Es gibt zwar eine IKT-spezifische Ausrichtung bei den Scope 3-Kategorien, insgesamt kann aber weder eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet werden, noch gibt es ausreichende Anforderungen bezüglich der Vertrauenswürdigkeit und transparenten Darstellung der Ergebnisse.

Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011)

Der GHG Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011) ist eine Erweiterung des GHG-Protocol Basis-Standards für Scope 3. Diese nicht IKT-spezifische Guideline enthält eine detaillierte Anleitung zur Berechnung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen für die 15 Aktivitätskategorien des Scope 3. Bezugsrahmen ist wie im GHG-Protocol Basisstandard die Organisation - eine technologiespezifische Abgrenzung von IKT-Systemen ist nicht vorgesehen. Die Vergleichbarkeit der Bilanzierungsergebnisse auf Grundlage des Standards ist zwar besser als bei den Standards, welche ihren Fokus auf Scope 1 und 2 haben, wird aber dennoch nur als mittel eingestuft. Die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse wird einerseits eingeschränkt, da es keine Verpflichtung zur externen Validierung gibt. Andererseits befördert die geforderte Bewertung der Datenqualität die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse. Hinsichtlich der Transparenz hat dieser Standard deutliche Vorteile, da sowohl die verwendeten Indikatoren als auch das methodische Vorgehen im Ergebnisbericht dargestellt werden müssen. Bedingt durch die fehlende Spezifikation für Telekommunikationsnetze sowie der eingeschränkten Vergleichbarkeit und Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse wird die Eignung des GHG Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011) als mittel eingestuft.

Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators (2023)

Diese von ITU als Supplement zu ITU L.1420 adaptierte Anleitung für Scope 3 ist **spezifisch für Betreiber von Telekommunikationsnetzen** ausgelegt. Sie bietet für jede Scope-3-Kategorie eine Anleitung zur Berechnung der IKT-spezifischen THG-Emissionen. Aufgrund der detaillierten Beschreibung der relevanten Scope 3-Kategorien weisen die mit dieser Methode generierten THG-Bilanzen eine hohe Vergleichbarkeit auf. Die Vergleichbarkeit setzt allerdings voraus, dass alle Nutzer dieselben Methoden pro Kategorie konsequent entsprechend der vorgegebenen Priorisierung anwenden. In der Praxis ist diese vollständige Methodenkonsistenz jedoch aufgrund der Komplexität und des Umfangs der Kategorien kaum realisierbar. Für jede Scope-3-Kategorie werden im Leitfa-

den mehrere Berechnungsmethoden mit entsprechenden Genauigkeitshinweisen bereitgestellt. Insbesondere werden für Telekommunikationsunternehmen folgende **Scope 3-Kategorien** als wesentlich hervorgehoben und sollten prioritär behandelt werden:

- Kategorie 1: Eingekaufte Güter und Dienstleistungen
- Kategorie 2: Kapitalgüter
- Kategorie 3: Brennstoff- und energiebezogene Emissionen (nicht in Scope1 / 2 enthalten)
- Kategorie 8 / Kategorie 13: Upstream- / Downstream-Leasingvermögen
- Kategorie 11: Nutzung verkaufter Produkte
- Kategorie 15: Investments (Je nach Konsolidierungsansatz und Geschäftsmodell).

Da diese Kategorien oft schwer zu quantifizieren sind, können die Anwender je nach Praxistauglichkeit selbst entscheiden, welche Methodik sie für die jeweilige Kategorie verwenden möchten. Laut einem in der Stakeholder-Umfrage befragten Netzbetreiber sei die Kategorie 11 irrelevant für die Netzinfrastruktur, da sie hauptsächlich den Business-to-Consumer (B2C)-Bereich betreffe, wie beispielsweise verkaufte Router an Endnutzer.
Die Vertrauenswürdigkeit der Scope-3-Ergebnisse ist eingeschränkt, da zwar eine Unsicherheitsabschätzung durchgeführt werden muss, aber keine externe Validierung der Ergebnisse vorgeschrieben ist. Die Transparenz ist als hoch einzustufen, da eine detaillierte Dokumentation der verwendeten Methodik, Indikatoren und Emissionsfaktoren (EF) pro Kategorie erfolgen muss. Zusammenfassend wird die Eignung dieses Standards trotz der Mängel bei der Vertrauenswürdigkeit als hoch eingestuft. Durch eine Anpassung der Anforderungen an die Validierung der Ergebnisse könnte die Eignung des Standards noch weiter gesteigert werden.

3.4 Vergleichsanalyse der Standards in der Kategorie Kreislaufwirtschaft

3.4.1 Überblick der ausgewählten Standards

Die ausgewählten sechs Standards wurden in zwei Gruppen eingeteilt (s. Tabelle 3-11). Der Gruppe 1 werden die Standards zugeordnet, welche Aspekte der Kreislaufwirtschaft vor der Nutzung behandeln. In Gruppe 2 sind alle Standards zusammengefasst, die sich auf Aspekte der Kreislaufwirtschaft am Ende der Lebensdauer (*engl. End-of-Life*, EoL) beziehen.

Tabelle 3-11: Gruppeneinteilung Standards zu Kreislaufwirtschaft

Gruppe	Gruppe	Abkürzung	Name
Gruppe 1	Kreislaufwirtschaft: Aspekte vor der Nutzung	(ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02))	Environmental Engineering (EE); Circular Economy (CE) in Information and Communication Technology (ICT); Definition of approaches, concepts and metrics
		(DIN EN 45556:2020-03)	General method for assessing the proportion of reused components in energy-related products; English version EN 45556:2019, English translation of DIN EN 45556:2020-03
		(DIN EN 45557:2020-09)	General method for assessing the proportion of recycled material content in energy-related products; English version EN 45557:2020, English translation of DIN EN 45557:2020-09
Gruppe 2	Kreislaufwirtschaft: Aspekte EoL	(GRI 306)	Waste 2020
		(ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01); GRI 306)	Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Broadband Deployment and Lifecycle Resource Management; Part 8: Management of end of life of ICT equipment (ICT waste/end of life)
		(ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12))	Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Broadband Deployment and Lifecycle Resource Management;

Gruppe	Gruppe	Abkürzung	Name
			Part 8: Implementation of WEEE practices for ICT equipment during maintenance and at end-of-life

Quelle: Eigene Darstellung

3.4.2 Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung desselben Standards

Tabelle 3-12 gibt einen Überblick über die Ergebnisse zur Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards. Diese Vergleichbarkeit untersucht, ob verschiedene Anwender desselben Standards zu vergleichbaren Ergebnissen kommen.

Tabelle 3-12: Kreislaufwirtschaft: Überblick über die Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards

Gruppe	Standards	Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards
Vor der Nutzung	ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02)	niedrig
	DIN EN 45556 (2020)	mittel
	DIN EN 45557 (2020)	mittel
End-of-Life (EoL)	GRI 306	mittel
	ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01)	mittel
	ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12)	mittel

Quelle: Eigene Darstellung

Die Grundlage der Auswertung ist in Anhang IX.a dargestellt. In Anhang IX.b befinden sich detaillierte Tabellen mit den Ergebnissen zu Standards in der Kategorie Kreislaufwirtschaft, welche die Grundlagen der nachfolgend dargestellten Auswertungen sind. Anhang IX.c gibt einen Überblick über die Bewertungsergebnisse nach dem Drei-Stufen-Modell, dargestellt durch grüne, gelbe und rote Punkte.

Erläuterungen zur Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards in der Gruppe „Vor der Nutzung“

ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02)

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als niedrig eingestuft. Dies resultiert aus fehlenden Angaben in Hinblick auf Datenerfassung und -verarbeitung, welche die Robustheit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse für die vorgeschlagenen Indikatoren deutlich reduzieren. Darüber hinaus ist kein Bezugszeitraum definiert.

DIN EN 45556 (2020)

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft. Dies resultiert aus vorhandenen Festlegungen bezüglich der Spezifität der zentralen Eingangsparameter sowie zum Bezugszeitraum der Datenerhebung, welcher repräsentativ für das Produktionsvolumen sein muss. Daraus resultieren eine vergleichsweise gute Robustheit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.

DIN EN 45557 (2020)

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft. Dies resultiert einerseits aus relativ klar beschriebenen Festlegungen bezüglich der Spezifität der zentralen Eingangsparameter sowie zum Bezugszeitraum der Datenerhebung, welcher repräsentativ für das Produktionsvolumen sein und die aktuellen Daten widerspiegeln muss. Daraus resultieren eine ver-

gleichsweise gute Robustheit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Andererseits wirken sich fehlende Vorgaben zur Erfassungsmethodik (z.B. Herkunft der zentralen Erfassungsparameter) negativ auf die Vergleichbarkeit aus.

Erläuterungen zur Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards in der Gruppe „End-of-Life“

GRI 306

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft, da zwar spezifische Daten für die Berechnung des Indikators (Gewicht des E-Waste-Aufkommens) verwendet werden sollen, jedoch kein Bezugszeitraum festgelegt ist und unterschiedliche Quellen (Modellierung, direkte Messung) möglich sind. Diese können zu unterschiedlichen Ergebnissen des E-Waste-Indikators führen. Ein Spielraum bleibt zudem in der Aufschlüsselung der Daten nach Abfallarten, da kein festgelegter Schlüssel vorgeschrieben wird. Die berichtende Organisation soll über die Art der Datenerhebung informieren und kann damit die Reproduzierbarkeit erhöhen.

ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01)

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft, da zwar spezifische Daten verwendet werden sollen, jedoch WEEE-Ströme sowohl gemessen als auch geschätzt werden können und kein Bezugszeitraum festgelegt ist. Zudem werden Eingangsparameter ("WEEE prepared for reuse") für die Berechnungsformel des Indikators "Gewicht von E-Waste" nicht hinreichend klar definiert, sodass es in der Anwendung des Standards zu unterschiedlichen Zuteilungen von Abfallströmen und folglich unterschiedlichen Ergebnissen kommen kann. Das Fehlen von Vorgaben zur Berichterstattung schränkt die Reproduzierbarkeit ein.

ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12)

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft. Diese Technische Spezifikation (TS) dient als ergänzende Dokumentation zur Unterstützung und Verfeinerung der Anforderungen aus ETSI EN 305 174-8. Die EoL-Aspekte (End-of-Life-Aspekte) werden in der TS im Gegensatz zur EN auf die Behandlung von Komponenten und Unterbaugruppen erweitert, die im Zuge von Instandhaltungsmaßnahmen ausgetauscht wurden. Der Fokus der vorliegenden Studie liegt jedoch auf den Must-Have-Indikatoren auf Produktebene, nicht auf Komponentenebene. Die Berechnung der Indikatoren basiert auf ETSI EN 305 174-8 und erfordert spezifische Daten. Die Definition des Eingangsparameters „WEEE prepared for reuse“ bleibt unklar, wie bereits in ETSI EN 305 174-8 festgestellt wurde. Im Gegensatz zu ETSI EN 305 174-8, die keinen festen Bezugszeitraum für die Datenerhebung vorschreibt, legt die TS einen einjährigen Berichtszeitraum fest. Die fehlenden Anforderungen an die Repräsentativität dieses Zeitraums erschweren die Vergleichbarkeit der Indikatoren zwischen verschiedenen Nutzern, da unterschiedliche Betriebskontexte und Produktlebenszyklen nicht berücksichtigt werden. Die Berichterstattung ist differenziert nach Recycler und weiteren Akteuren aufgebaut. Das Fehlen von Vorgaben zur Dokumentation der Methoden der Datenerhebung und zur Datenherkunft schränkt jedoch die Reproduzierbarkeit der Indikatoren ein.

3.4.3 Vergleichbarkeit bei Anwendung unterschiedlicher Standards

Im Folgenden werden die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen den Standards herausgearbeitet. Die Standards wurden nur innerhalb der gleichen Gruppe basierend auf ihrem Geltungsbereich miteinander verglichen. In Tabelle 7-32 und Tabelle 7-33 in Anhang IX.b können die Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Standards pro Bewertungsaspekt im Detail eingesehen werden.

3.4.3.1 Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung unterschiedlicher Standards in der Gruppe 1: Vor der Nutzung

Eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse hinsichtlich der Must-Have-Indikatoren auf der vom JRC geforderten Produkt-Ebene ist nicht möglich, da diese in den drei betrachteten Standards nicht durchgängig adressiert wird. Auf Komponenten-Ebene gibt es eine Vergleichsmöglichkeit der in ETSI TR 103 476 genannten „proportion of re-used parts“ mit den in DIN EN 45556 definierten „reused components“. Da diese jedoch auf Komponenten-Ebene definiert sind, wird auf eine weitergehende Analyse an dieser Stelle verzichtet. Darüber hinaus besteht eine Ähnlichkeit bei dem in ETSI TR 103 476 genannten „recycled content of the product“ und den in DIN EN 45557 für Pro-Consumer- und Post-Consumer-Ebene definierten „recycled material content“. Aufgrund der unterschiedlichen Betrachtungseben (Produkt- versus Komponentenebene) ist hier jedoch kein Vergleich der Ergebnisse möglich.

3.4.3.2 Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung unterschiedlicher Standards in der Gruppe 2: End-of-Life

Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse hinsichtlich des Must-Have-Indikators „Gewicht von E-Waste“ ist gering zwischen allen Standards. Nach GRI 306 wird das Gewicht von E-Waste nicht explizit als eigene Kategorie hervorgehoben, sondern fällt unter die allgemeinen Abfallkategorien. In ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01) und ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12) wird das Gewicht von E-Waste als Summe von für die Wiederverwendung vorbereitetem WEEE („prepared for reuse“), wiederverwendeten Komponenten, recyceltem WEEE, energetisch verwertetem WEEE und entsorgtem WEEE berechnet. Die Angabe erfolgt in Kilogramm pro Jahr, wobei die Definition von „prepared for reuse“ unklar bleibt.

Analog ist auch bei dem Must-Have-Indikator „Gewicht von recycelten Produkten“ die Vergleichbarkeit zwischen allen Standards gering. Positiv zu bewerten ist hier jedoch, dass alle betrachteten Standards vergleichbare Definitionen von Recycling zu Grunde legen.

Eine Vergleichbarkeit hinsichtlich der Ergebnisse des Must-Have-Indikators „Gewicht von refurbished Produkten“ ist nicht gegeben, da GRI 306 und ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01) das Refurbishment in jeweils andere Verwertungskategorien („Preparation for reuse“) inkludieren und nicht separat als eigenständigen Indikator ausweisen. Der Must-Have-Indikator „Anzahl der refurbished Produkte“ wird lediglich in ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12) erwähnt.

Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse hinsichtlich des Must-Have-Indikators „Gewicht von reused Produkten“ kann nicht bewertet werden, da GRI 306 diesen Indikator nicht enthält und sowohl in ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01) als auch in ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12) Unklarheiten über die Definition der Verwertungen bestehen, die im Kontext von Reuse („prepared for reuse“) benannt werden.

3.4.4 Gesamtbewertung der Eignung

Bei der Gesamtbewertung der Eignung wurden mit den Kriterien Vertrauenswürdigkeit und Transparenz zwei weitere Bewertungskriterien einbezogen. Die Gesamtbewertung der Eignung für die untersuchten Standards kann der folgenden Tabelle 3-13 entnommen werden.

Tabelle 3-13: Kreislaufwirtschaft: Überblick über die Gesamtbewertung der Eignung

Gruppe	Standards	Gesamtbewertung der Eignung

Vor der Nutzung	ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02)	niedrig
	DIN EN 45556 (2020)	mittel
	DIN EN 45557 (2020)	mittel
End-of-Life (EoL)	GRI 306	niedrig
	ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01)	niedrig
	ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12)	mittel

Quelle: Eigene Darstellung

Erläuterungen zur Eignung der Standards in der Gruppe „Vor der Nutzung“

ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02)

ETSI TR 103 476 V1.1.2 eignet sich als Technical Report lediglich als Einstieg in das Thema Circular Economy und Ressourceneffizienz und ist anwendbar auf IKT-Infrastruktur aller Art. Es werden Indikatoren für den Rezyklatgehalt, von Produkten, d.h. dem Anteil recycelten Materials, das in dem Produkt verwendet wird, aufgelistet, wobei unter Bezugnahme auf ISO 14021:1999 der Massenanteil von recyceltem Material in einem Produkt oder einer Verpackung besonders hervorgehoben wird. Der Must-Have-Indikator „Gewicht recycelter Produkte“ wird jedoch nicht erwähnt. Der Anteil wiederverwendeter Teile (Komponenten) an den Gesamtteilen des betrachteten IKT-Infrastruktur-Produkts wird dargestellt. Es wird jedoch nicht definiert, ob der Anteil Masse-bezogen oder Anzahl-bezogen berechnet werden muss. Der Indikator fokussiert auf die Komponentenebene, während der Must-Have-Indikator „Gewicht wiederverwendeter Produkte“ nicht erwähnt wird.

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als niedrig eingestuft. Darüber hinaus sind auch keine Vorgaben zur Validierung und Dokumentation der Indikatorergebnisse vorhanden, wodurch deren Vertrauenswürdigkeit und Transparenz erheblich eingeschränkt ist.

DIN EN 45556 (2020)

DIN EN 45556 eignet sich als methodische Anleitung zur Berechnung von Indikatoren für den Anteil wiederverwendeter Komponenten (nach Masse/Anzahl auf Produktebene, nach Massenbilanz und Anzahlbilanz). Der Indikator und die eingesetzten Parameter bleiben auf der Komponentenebene. Der in der JRC-Studie identifizierte Must-Have-Indikator „Gewicht von reused Produkten“ wird nicht erwähnt. Daher eignet sich der Standard eher für den entsprechenden, in der JRC-Studie identifizierten „Should-Have“-Indikator.

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft. Lediglich mittlere Anforderungen an die Validierung der Ergebnisse und fehlende Anforderungen zur Bewertung von Unsicherheiten/Datenqualität schränken die Vertrauenswürdigkeit ein. Spielräume bestehen auch bei der Berichterstattung, wodurch auch die Transparenz reduziert wird.

DIN EN 45557 (2020)

DIN EN 45557 eignet sich als methodische Anleitung zur Berechnung von Indikatoren für Pre-Consumer-Materialgehalt und Post-Consumer-Materialgehalt. Diese Indikatoren werden unter Verwendung des Gewichts recycelter Materialien und Komponenten berechnet. Der in der JRC-Studie identifizierte Must-Have-Indikator „Gewicht von recycelten Produkten“ wird nicht adressiert. Daher eignet sich der Standard eher für den entsprechenden, in der JRC-Studie identifizierten „Should-Have“-Indikator.

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft. Lediglich mittlere Anforderungen an die Validierung der Ergebnisse der Messungen und fehlende Anforderungen zur

Bewertung von Unsicherheiten/Datenqualität schränken jedoch die Vertrauenswürdigkeit ein. Spielräume bestehen auch bei der Berichterstattung, wodurch auch die Transparenz reduziert wird.

Erläuterungen zur Eignung der Standards in der Gruppe „End-of-Life“

GRI 306

GRI 306 eignet sich als methodische Anleitung zur Berichterstattung von Abfallmengen. Der Standard berücksichtigt alle Sektoren und Abfälle und deckt damit sowohl Netzkomponenten als auch Infrastruktur ab. Die in der JRC-Studie identifizierten Must-Have-Indikatoren „Gewicht von E-Waste“ und „Gewicht von recycelten Produkten“ werden erwähnt. Der Must-Have-Indikator „Gewicht refurbished Produkte“ wird als Teil der Kategorie „andere Rückgewinnungsoperationen“ geführt. Berechnungsformeln werden nicht gegeben.

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft. Ein Spielraum bleibt zudem in der Aufschlüsselung der Daten nach Abfallarten, da kein festgelegter Schlüssel vorgeschrieben wird. Das Fehlen von Vorgaben zur Validierung und Unsicherheitsbewertung schränkt die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse ein. Eine Besonderheit des Standards liegt in der Unterscheidung zwischen anfallendem Abfall einerseits und (an die Verwertung) abgegebenen Abfall andererseits sowie dem Hinweis auf mögliche Gründe für Abweichungen zwischen diesen zwei Abschnitten im Lebenszyklus der Abfälle. Anwender des Standards können über die Gründe von Abweichungen in ihren Ergebnissen berichten.

ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01)

ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01) eignet sich als methodische Anleitung zur Berechnung verschiedener Indikatoren für WEEE im IKT-Sektor. Der Standard berücksichtigt WEEE aller Art aus dem IKT-Sektor ohne Einschränkung auf bestimmte Netze oder Technologien. Die Metriken der in der JRC-Studie identifizierten Must-Have-Indikatoren „Gewicht von E-Waste“ und „Gewicht von recyceltem E-Waste“ werden genannt. Für das „Gewicht von E-Waste“ wird eine Berechnungsformel angegeben, die die Summe aus „WEEE prepared for reuse“, wiederverwendeten Komponenten („reused by parts“), „WEEE recycled“, „WEEE zur energetischen Verwertung“ und „WEEE zur Entsorgung“ umfasst. Die Kategorie „WEEE prepared for reuse“ wird nicht hinreichend klar definiert. Daher ist unklar, inwiefern diese beispielsweise die Metrik „Gewicht von wiederverwendeten Produkten“ inkludiert.

Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft. Das Fehlen von Vorgaben zur Berichterstattung über gewählte Berechnungsmethoden schränkt die Reproduzierbarkeit und das Fehlen von Vorgaben zur Unsicherheitsbewertung und Validierung schränkt die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse ein. Eine Besonderheit des Standards liegt in der schematischen Darstellung von FAN und RAN, einer Übersichtstabelle zu WEEE in Kommunikationsnetzen und Priorisierung unterschiedlicher Verwertungen von WEEE.

ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12)

ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12) eignet sich als methodische Anleitung zur Berechnung verschiedener Indikatoren für WEEE im IKT-Sektor. Der Standard berücksichtigt WEEE aller Art aus dem IKT-Sektor ohne Einschränkung auf bestimmte Netzte oder Technologien. Der Standard baut auf ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01) auf, spezifiziert diesen teilweise und erweitert die Zielgruppe des Standards auf alle Akteure entlang des IKT-Lebenszyklus, einschließlich Hersteller, Anbieter, IKT-Nutzer, Wartungsunternehmen und Recycler. Die in der JRC-Studie identifizierten Metri-

ken der Must-Have-Indikatoren „Gewicht von E-Waste“ und „Gewicht von recyceltem E-Waste“ werden unter Verweis auf ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01) genannt. Für die Kategorie „WEEE prepared for reuse“ bestehen dieselben Unklarheiten wie bei ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01).

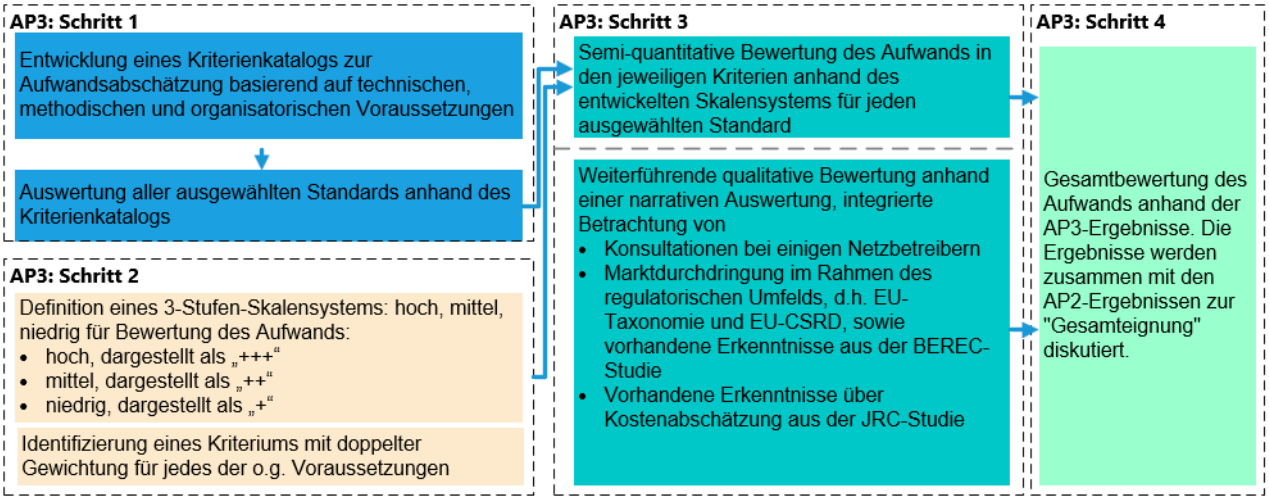
Die Vergleichbarkeit bei Anwendung des Standards wird als mittel eingestuft. Das Fehlen von Vorgaben zur Berichterstattung über gewählte Berechnungsmethoden schränkt die Reproduzierbarkeit und das Fehlen von Vorgaben zur Unsicherheitsbewertung und Validierung schränkt die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse ein.

4 Aufwand bei der Anwendung ausgewählte Standards für alle Kategorien

4.1 Methodische Vorgehensweise für die Aufwandsschätzung

Um den Aufwand für die Erfüllung der untersuchten Standards zu ermitteln, wurde ein Verfahren mit vier Schritten entwickelt und angewendet (s. Abbildung 4-1).

Abbildung 4-1: Überblick der methodischen Vorgehensweise für die Aufwandsschätzung



Quelle: Eigene Darstellung

In einem ersten Schritt wurde für alle Kategorien (d.h. Energiemanagement, THG-Emissionen und Kreislaufwirtschaft) ein Kriterienkatalog für die technischen, methodischen und organisatorischen Voraussetzungen entwickelt.

Für jedes definierte Kriterium wurde in einem zweiten Schritt ein 3-stufiges Skalensystem erarbeitet, das eine Klassifizierung des jeweiligen Aufwands in die Stufen „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ erlaubt. Dabei wurde für jede der drei o.g. Voraussetzungen ein für den Aufwand besonders relevantes Kriterium ausgewählt, bei dem im Zuge der Bewertung eine doppelte Gewichtung vorgenommen wird.

Bei einzelnen Standards konnten nicht alle Kriterien ausgewertet werden, sodass einzelne Kriterien mit „n.d.“ (unbestimmbar) gekennzeichnet wurden. Bei der Gesamtbewertung des Aufwands wurde für diese Kriterien konservativ ein hoher Aufwand („+++“ bei einfacher Gewichtung; „++++++“ bei doppelter Gewichtung) angenommen, um eine Unterschätzung des Aufwands zu vermeiden. Zur Bestimmung des Gesamtaufwands aus allen Kriterien wurde die Anzahl der „+“ in einen Prozentsatz umgerechnet (niedrig: ≤ 33 %; mittel: 33 % < x < 68 %; hoch: ≥ 68 %). Die doppelte Gewichtung sowie unbestimmbare Kriterien bei einzelnen Standards wurden bei der Berechnung des Gesamtaufwands entsprechend berücksichtigt.

Auf dieser Basis umfasst der dritte Schritt eine semi-quantitative Bewertung des Aufwands für jeden ausgewählten Standard. Dem schließt sich eine weiterführende qualitative Bewertung an, bei der v.a. Kosteninformationen integriert werden, die im Rahmen einer Stakeholder-Konsultation mit einigen wenigen Netzbetreibern[9] gewonnen wurden. Beim Kostenaufwand können sich jedoch starke Unterschiede bei der einmaligen Anwendung gegenüber der kontinuierlichen Erfüllung eines Standards ergeben. Bereits vorhandenes Messequipment, geschultes Personal, aber auch Erfahrung im Reporting und etablierte Datenerfassung reduzieren den notwendigen Zeitaufwand oftmals erheblich. Aus diesem Grund wurde bei der Stakeholder-Konsultation ein besonderes Augenmerk auf die Differenzierung zwischen Initialaufwand und wiederkehrendem Aufwand gelegt. Darüber hinaus fließen auch Aspekte der Marktdurchdringung sowie bestehende Erkenntnisse zur Kostenabschätzung aus der JRC-Studie in die Bewertung mit ein.

Im 4. Schritt wird schließlich eine Gesamtbewertung des Aufwands vorgenommen und die Resultate mit den Ergebnissen zur Gesamteignung diskutiert.

4.2 Einschätzung der Marktdurchdringung

Die Marktdurchdringung ist ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt bei der Abschätzung des Aufwands für die Implementierung eines Standards.

Ein wesentliches Indiz für die Marktdurchdringung ist beispielsweise die Verankerung eines Standards in nationalen Gesetzen sowie in EU-Verordnungen, die unmittelbar auf nationaler Ebene gelten, und/oder in EU-Richtlinien, die der Umsetzung in nationales Recht bedürfen. In diesem Zusammenhang wird auf die Analyse des regulatorischen Umfelds in Kapitel 1.5 verwiesen.

Neben dem regulatorischen Umfeld sind bei der Einschätzung der Marktdurchdringung auch die Ergebnisse der Stakeholder-Befragung (s.o.) eingeflossen. Dabei wurde insbesondere der Frage nachgegangen, inwieweit die insgesamt vier befragten Netzbetreiber mit den untersuchten Standards vertraut sind und inwiefern diese im Rahmen bestehender Compliance-Verpflichtungen bereits zum Einsatz kommen. Aufgrund der kleinen Stichprobe stellen die Ergebnisse der Stakeholder Befragung nur Näherungswerte dar und können zur Plausibilisierung weiterer Erkenntnisse genutzt werden. Sie stellen keine belastbaren Ergebnisse dar.

Schließlich wurden auch entsprechende Informationen aus der Literatur berücksichtigt. Dazu gehört v.a. BEREC (2023), in dessen Annex I Einschätzungen zur Anwendungshäufigkeit der dort aufgeführten Standards in der Umweltberichterstattung von Unternehmen enthalten sind.

Vor diesem Hintergrund werden in der vorliegenden Studie mit Blick auf die Einschätzung der Marktdurchdringung folgende Aspekte untersucht und – sofern zutreffend bzw. relevant – im Rahmen der Aufwandsschätzung berücksichtigt:

- Bestehen normative Referenzen für den Standard im regulatorischen Umfeld?
- Ist der Standard bei potenziellen Anwendern bekannt?
- Wie hoch ist die Anwendungshäufigkeit des Standards in der Praxis gemäß BEREC (2023)?

[9] Insgesamt wurden vier Ruckmeldungen enthalten.

4.3 Aufwandsschätzung für die Anwendung der Standards in der Kategorie Energiemanagement

4.3.1 Ergebnisse aus der semi-quantitativen Aufwandsschätzung

Die untenstehende Tabelle 4-1 beschreibt die technischen, methodischen und organisatorischen Voraussetzungen sowie deren Erklärung, die als Grundlage für die Aufwandsschätzung dienen. Eine Einschätzung wurde für die 15 von der Studie begutachteten Standards für Energiemanagement auf Grundlage der festgelegten Prüfkriterien vorgenommen.

Tabelle 4-1: Energiemanagement: Grundlage für die Aufwandsschätzung unter Berücksichtigung technischer, methodischer und organisatorischer Voraussetzungen

Voraussetzungen	Erklärung
Technische Voraussetzungen	
Erfordert der Standard technische Maßnahmen wie direkte Messungen vor Ort oder die Installation von Messgeräten?	Wenn eine eigene Messung erforderlich ist, wird angenommen, dass ein Messgerät, wie ein Zähler, installiert werden sollte. Wird der Energieverbrauch entweder durch direkte Messungen vor Ort oder durch den Stromversorger erfasst, wird davon ausgegangen, dass die Zähler des Stromversorgers bereits installiert sind, sodass keine zusätzlichen Zähler erforderlich sind.
Ist eine Datenerfassung über einen längeren Zeitraum erforderlich?	Die kontinuierliche Datenerfassung über einen längeren Zeitraum erhöht die Genauigkeit der Daten, erfordert jedoch einen höheren Aufwand. Dieser entsteht insbesondere, wenn Daten regelmäßig erfasst und berichtet werden müssen. Der Aufwand wird daher **doppelt** bewertet.
Methodische Voraussetzungen	
Müssen für die Anwendung des Standards spezifische Verfahren / methodische Leitlinien entwickelt werden?	Z. B. wenn ein Standard nicht explizit die geteilte Infrastruktur zwischen verschiedenen Netzbetreibern ausschließt und auch keine klaren Allokationsregeln festlegt, ist eine weitere Spezifikation erforderlich. Oder wenn der Standard keine Messmethoden, wie den Messzeitraum, definiert.
Gibt es methodische Referenzen / Abhängigkeiten zu anderen Standards?	Die Bewertung des Aufwands für die Einhaltung von Standards basiert auf der Anzahl der notwendigen Referenzen, die berücksichtigt werden müssen. Es erfordert das Verständnis der oft miteinander verknüpften Standards einen erheblichen Zeit- und Ressourcenaufwand, da Standards häufig auf weitere Standards verweisen. Dabei dient die Anzahl der Referenzen lediglich als orientierender Anhaltspunkt. Mehrstufig verschachtelte Verweise erhöhen den Aufwand noch zusätzlich, werden jedoch in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt. Es ist zu beachten, dass nicht alle normativen Referenzen eines Standards automatisch in die Gesamtzahl der Referenzen einfließen. Vielmehr wird geprüft, ob die in dieser Studie analysierten Kriterien auf weitere Referenzen verweisen. Diese Verweise werden anschließend konsolidiert. Darüber hinaus spiegelt die Anzahl der Referenzen zudem nicht zwangsläufig den inhaltlichen Umfang der jeweiligen Referenz wider. Diese Voraussetzung wird deshalb **doppelt** bewertet, da der Aufwand möglicherweise unterschätzt werden könnte.
Wird eine Vorlage für die Berichte bereitgestellt? Und ist ein Beispiel enthalten, um die Ergebnisse der Berichterstattung zu veranschaulichen?	Eine klar strukturierte Berichtsvorlage sowie Beispiele reduzieren den Aufwand und sorgen gleichzeitig für mehr Transparenz.
Wird eine Unsicherheitsbewertung/Datenqualitätsbewertung benötigt? Und wird ein Beispiel bereitgestellt, um die Unsicherheit zu bewerten?	Die Unsicherheitsbewertung erhöht die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse, ist jedoch mit zusätzlichem Aufwand verbunden.
Organisatorische Voraussetzungen	
Erfordert die Erfüllung des Standards die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Geschäftsbereichen / Organisationseinheiten?	Die Bewertung dieser Voraussetzung basiert auf dem betrachteten Scope eines Standards. Wenn ein Standard den Energieverbrauch der Infrastruktur (z.B. Klimaanlage, USV) mitberücksichtigt, wird von einer Zusammenarbeit mit dem Gebäudemanagement ausgegangen.

Voraussetzungen	Erklärung
Erfordert die Erfüllung des Standards die Zusammenarbeit mit externen Stakeholdern (z.B. Lieferanten, Kunden)?	Werden geteilte Standorte durch verschiedene Netzbetreiber in einem Standard berücksichtigt, wird von einer Zusammenarbeit mit einem anderen Netzbetreiber ausgegangen.
Erfordert die Erfüllung des Standards eine Auditierung bzw. externe Überprüfung?	Eine externe Überprüfung erhöht den Qualitätsanspruch, erfordert jedoch zusätzlichen Aufwand und wurde daher hier **doppelt** bewertet. Es handelt sich um einen kontinuierlichen Aufwand, wenn eine jährliche Berichterstattung extern geprüft werden muss.

Quelle: Eigene Darstellung, Fettschrift kennzeichnet Kriterien mit doppelter Gewichtung

Die zusammenfassenden Ergebnisse der Aufwandsschätzung für die 15 untersuchten energierelevanten Standards sind in Tabelle 4-2 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten Standards hinsichtlich des Aufwands bei der Anwendung als „mittel“ eingestuft wurden. Standards mit niedrigem Aufwand haben flexible Messperioden und geringe methodische Abhängigkeiten, während verschachtelte Referenzen den Zeitaufwand erhöhen. Zu bemerken ist, dass der Aufwand für die Skalierung vom Teilnetz auf das Gesamtnetz im Standard ETSI ES 203 228 nicht bewertet wird, da er stark von der praktischen Umsetzung abhängt und daher schwer zu beurteilen ist. Kein Standard schreibt eine externe Überprüfung als Anforderung vor. Details zur Einschätzung des Aufwands bei der Anwendung der jeweiligen Standards entsprechend der 3-stufigen Bewertungskriterien sind in Anhang X wiedergegeben.

Tabelle 4-2: Zusammenfassung der Ergebnisse aus der semi-quantitativen Bewertung der Aufwandsschätzung zu Standards in der Kategorie Energiemanagement

Netzsegment	Standards	Aufwandsschätzung
RAN: 2G/3G/4G	ETSI EN 303 472 V1.1.1 (2018-10)	mittel
RAN: technologieunabhängig	ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04) / ITU-T L.1331	niedrig
RAN: technologieunabhängig	ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04)	niedrig
RAN: technologieunabhängig	ITU-T L.1350 (10/2016)	mittel
RAN: technologieunabhängig	ITU-T L.1351 (08/2018)	mittel
RAN: technologieunabhängig	ETSI EN 305 200-2-3 V1.1.1 (2018-06)	mittel
RAN: technologieunabhängig	ETSI TS 105 200-2-3 V1.2.1 (2019-12)	mittel
FAN: technologieunabhängig	ETSI EN 305 200-2-2 V1.2.1 (2018-08)	mittel
FAN: technologieunabhängig	ETSI TS 105 200-2-2 V1.3.1 (2019-12)	mittel
CAN: technologieunabhängig	ETSI ES 205 200-2-4 V1.1.1 (2015-06)	niedrig
5G-Mobilfunknetz: RAN, Kernnetz, end-to-end, NFV, Slicing	ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10)	mittel
ICT-Standort: Kernnetz	ETSI EN 305 200-3-1 V1.1.1 (2018-02)	mittel
ICT-Standort: Kernnetz	ETSI TS 105 200-3-1 V1.2.1 (2019-12)	mittel
ICT-Standort: Gesamtes Netz	ITU-T L.1332 (01/2018)	mittel
Gesamtes Zugangsnetz: NFV	ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01)	mittel

Quelle: Eigene Darstellung

4.3.2 Erkenntnisse aus der Befragung einzelner Stakeholder

Für das Energiemanagement führte die Stakeholder-Befragung zu dem Ergebnis, dass die Erfüllung der betrachteten Standards z.T. erhebliche Kosten verursache. Dies gelte v.a. für den Initialaufwand, der sowohl durch hohe Personal- und Sachkosten gekennzeichnet sei. Personalkosten entständen v.a. aufgrund der Tatsache, dass aktuell noch keine automatisierte Ablesung der Messeinrichtungen möglich sei. Ein genannter Grund dafür ist die Kombination aus verwendeter Alt- und Neutechnik

sowie teilweise fehlendem Empfang. Die Anschaffung von Zählern und deren digitale Integration in die vorhandene IT-Infrastruktur verursache außerdem hohe Sachkosten. Schätzungen der befragten Stakeholder für den Initialaufwand belaufen sich auf mehr als 1 % der gesamten Investitionskosten (*capital expenditure* – CAPEX). Selbst bei KMUs könnten so Kosten in der Größenordnung von ca. 1 Mio. Euro entstehen; zusätzlich müssten 1-2 Vollzeitkräfte eingestellt werden. Sobald die Infrastruktur für die Messung etabliert bzw. automatisiert sei, dürfte sich der Aufwand allerdings um den Faktor 10 reduzieren und bei unter 0,1 % des CAPEX liegen.

4.3.3 Fazit der Aufwandsschätzung der Kategorie Energiemanagement

In der folgenden Tabelle 4-3 werden die Ergebnisse zur Aufwandsschätzung zusammengefasst. Neben der semi-quantitativen Einschätzung des Aufwands für die Anwendung der Standards werden auch eine indikative Schätzung der aktuellen Marktdurchdringung sowie die Ergebnisse der Befragung einzelner Stakeholder angegeben.

Tabelle 4-3: Gesamtüberblick der Ergebnisse zur Aufwandsschätzung in der Kategorie Energiemanagement

Netzsegment	Standards	Semiquantitative Bewertung	Marktdurchdringung	Befragung einzelner Stakeholder
RAN: 2G/3G/4G	ETSI EN 303 472 V1.1.1 (2018-10)	mittel	• Keiner der vorliegenden Standards wird in der Taxonomie oder der CSRD erwähnt. • Umfrage: Netzbetreiber kennen die ETSI-Standards teilweise, allerdings gibt es keine Hinweise auf deren praktische Anwendung • BEREC-Studie (BEREC 2023): ETSI EN 303 472 und ETSI ES 203 228 wurden von manchen Netzbetreibern verwendet	• Initialaufwand: mehr als 1 % des CAPEX, • anschließend voraussichtlich <0,1 % CAPEX
RAN: technologieunabhängig	ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04) / ITU-T L.1331	niedrig		
RAN: technologieunabhängig	ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04)	niedrig		
RAN: technologieunabhängig	ITU-T L.1350 (10/2016)	mittel		
RAN: technologieunabhängig	ITU-T L.1351 (08/2018)	mittel		
RAN: technologieunabhängig	ETSI EN 305 200-2-3 V1.1.1 (2018-06)	mittel		
RAN: technologieunabhängig	ETSI TS 105 200-2-3 V1.2.1 (2019-12)	mittel		
FAN: technologieunabhängig	ETSI EN 305 200-2-2 V1.2.1 (2018-08)	mittel		
FAN: technologieunabhängig	ETSI TS 105 200-2-2 V1.3.1 (2019-12)	mittel		
CAN: technologieunabhängig	ETSI ES 205 200-2-4 V1.1.1 (2015-06)	niedrig		
5G-Mobilfunknetz: RAN, Kernnetz, end-to-end, NFV, Slicing	ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10)	mittel		
ICT-Standort: Kernnetz	ETSI EN 305 200-3-1 V1.1.1 (2018-02)	mittel		
ICT-Standort: Kernnetz	ETSI TS 105 200-3-1 V1.2.1 (2019-12)	mittel		
ICT-Standort: Gesamtes Netz	ITU-T L.1332 (01/2018)	mittel		
Gesamtes Zugangsnetz: NFV	ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01)	mittel		

Quelle: Eigene Darstellung

4.4 Aufwandsschätzung für die Anwendung der Standards in der Kategorie THG-Emissionen

4.4.1 Ergebnisse aus der semi-quantitativen Aufwandsschätzung

Die Ermittlung des Aufwands für die Anwendung der Standards in der Kategorie THG-Emissionen basierte auf einer Analyse von Kriterien, die als Leitfragen formuliert wurden. Diese Kriterien umfassten die fachlichen, methodischen und organisatorischen Voraussetzungen, die von den jeweiligen Standards an die THG-Bilanzierung und Berichterstattung geknüpft sind. Die Voraussetzungen sind in Tabelle 4-4 dargestellt und erklärt.

Tabelle 4-4: THG: Grundlage für die Aufwandsschätzung unter Berücksichtigung technischer, methodischer und organisatorischer Voraussetzungen

Voraussetzungen	Erklärung
Technische Voraussetzungen	
Ist spezielle Modellierungssoftware erforderlich?	Der Aufwand für die Erstellung eines THG-Berichts hängt wesentlich von der Verfügbarkeit von Software ab, mit deren Hilfe die erhobenen Daten strukturiert und miteinander in Beziehung gesetzt werden können, um anschließend die THG-Auswirkungen der Aktivitäten in den jeweiligen Scopes zu ermitteln. Die Frage bezieht sich auf die Anforderung eines Standards, spezielle Software zu erstellen oder zu beschaffen und wird deshalb **doppelt** bewertet.
Methodische Voraussetzungen	
Müssen für die Anwendung des Standards spezifische Verfahren / methodische Leitlinien entwickelt werden?	Der Aufwand für die erstmalige Erstellung eines THG-Berichts kann höher sein, da noch keine etablierten Verfahren zur Datenerhebung existieren (“Lernkurve“). Wenn ein Standard diesbezüglich nur wenige Vorgaben macht, ist der Aufwand für die eigenständige Erstellung solcher Vorgaben höher.
Gibt es methodische Referenzen / Abhängigkeiten zu anderen Standards?	Querverweise auf andere Standards, die eingehalten werden müssen, erhöhen den Aufwand für die Anwender (Normen müssen beschafft, gelesen und zusätzlich zur THG-Norm umgesetzt werden).
Wie hoch ist der Aufwand zur Ermittlung der Scope 1- / Scope 2-Emissionen? Nur bei Auswertung Scopes 1&2	Hier wird der Detaillierungsgrad und der Umfang der Datenerhebung für Scope 1&2 betrachtet, die von der analysierten Norm gefordert werden. Eine detaillierte Anleitung zur Datenerhebung wird als Beitrag zur Aufwandsreduzierung gesehen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Bewertungskriterien der Vergleichbarkeitsanalyse in der Regel mit einem höheren Aufwand in Bezug auf Robustheit, Reproduzierbarkeit und Transparenz verbunden sind. Daher wird dieser Aspekt **doppelt** bewertet.
Wie hoch ist der Aufwand zur Ermittlung der Scope-3-Emissionen? Nur bei Auswertung Scope 3	Siehe oben. Zusätzlich ist anzumerken, dass der Aufwand für die Ermittlung von Scope 3 in der Regel deutlich höher ist als für Scope 1&2, was bei der Bewertung des Aufwands für die Anwendung einer Norm nicht berücksichtigt wird. Es geht nur darum, ob eine Norm dazu beiträgt, den Aufwand zu reduzieren (z.B. durch detaillierte und IKT-spezifische Anleitungen). Dieser Aspekt wird daher mit **doppelter** Gewichtung bewertet.
Wird eine Vorlage für die Berichte bereitgestellt? Und ist ein Beispiel enthalten, um die Ergebnisse der Berichterstattung zu veranschaulichen?	Eine Berichtsvorlage kann Anwendern eines Standards viel Arbeit zur Erstellung einer eigenen Berichtsstruktur abnehmen und wird daher als aufwandsreduzierend bewertet.
Wird eine Unsicherheitsbewertung/ Datenqualitätsbewertung benötigt? Und wird ein Beispiel bereitgestellt, um die Unsicherheit zu bewerten?	Die Vorschrift für eine Unsicherheitsbewertung erhöht die Bewertung der Robustheit, Reproduzierbarkeit und Transparenz. Jedoch ist diese ein zusätzlicher Arbeitsschritt, der mit erhöhtem Aufwand verbunden ist. Vorlagen und Beispiele können beitragen, diesen Zusatzaufwand gering zu halten.
Organisatorische Voraussetzungen	
Erfordert die Erfüllung des Standards die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Geschäftsbereichen / Organisationseinheiten?	Das Zusammenwirken unterschiedlicher Teilbereiche eines Unternehmens (z.B. Technik, Beschaffung, Controlling) zur Ermittlung der THG relevanten Aktivitäten bedingt einen erhöhten Kommunikationsaufwand. Ein Standard kann diesen Aspekt beeinflussen, wenn detaillierte Vorgaben oder Anleitungen gegeben werden.
Erfordert die Erfüllung des Standards die Zusammenarbeit mit	Dieser Aspekt wird **doppelt** bewertet, weil externe Kommunikation einen erhöhten Kommunikationsaufwand sowie mehr Datenverarbeitung bedingt.

Voraussetzungen	Erklärung
externen Stakeholdern (z.B. Lieferanten, Kunden)?	Ein Standard kann diesen Aspekt beeinflussen, wenn detaillierte Vorgaben oder Anleitungen gegeben werden.
Erfordert die Erfüllung des Standards eine Auditierung bzw. externe Überprüfung?	Die externe Überprüfung der THG-Berichterstattung ist ein zusätzlicher Arbeitsschritt und Kostenfaktor, der sich jedoch positiv auf die Bewertungskriterien der Vergleichbarkeit (Reproduzierbarkeit und Transparenz) auswirkt.

Quelle: Eigene Darstellung, Fettschrift kennzeichnet Kriterien mit doppelter Gewichtung

Die untenstehende Tabelle 4-5 zeigt die zusammenfassende Einschätzung des Aufwands für die THG-bezogenen Standards für die beiden Gruppen „Scopes 1&2“ sowie „Scope 3“.

Tabelle 4-5: Zusammenfassung der Ergebnisse aus der semi-quantitativen Bewertung der Aufwandsschätzung zu Standards in der Kategorie THG

Gruppe	Standards	Aufwandsschätzung
Gruppe 1 (Scopes 1&2)	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004), Amendment with Scope 2 Guidance (2015)	mittel
	ITU-T L.1420 (02/2012)	hoch
Gruppe 2 (Scope 3)	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004),	mittel
	ITU-T L.1420 (02/2012)	hoch
	Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011)	mittel
	Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators	mittel

Quelle: Eigene Darstellung

Details zur Einschätzung des Aufwands bei der Anwendung der jeweiligen Standards entsprechend der 3-stufigen Bewertungskriterien ist in Anhang XI wiedergegeben. Die Einschätzung, dass der Aufwand bei Anwendung des Standards ITU-T L.1420 in Scope 1&2 hoch ist, resultiert vor allem aus der verpflichtenden Anforderung einer Unsicherheitsbewertung bzw. quantifizierten Datenqualitätsbewertung. Zudem steht die anzuwendende Methodik in Abhängigkeit zu anderen Standards, welche daher zusätzlich zu beschaffen und zu implementieren sind. Für Scope 3 wird der Aufwand für ITU-T L.1420 aufgrund des Fehlens spezifischer methodischer Leitlinien der Scope-3-Kategorien als hoch eingeschätzt.

4.4.2 Erkenntnisse aus der Befragung einzelner Stakeholder

In der Kategorie „THG-Emissionen“ ergab die Befragung einzelner Stakeholder, dass mit der Erfüllung der betrachteten Standards z.T. erhebliche Kosten verbunden seien.

Analog zum Energiemanagement gelte dies v.a. für den Initialaufwand, der durch hohe Personal- und Sachkosten gekennzeichnet sei. Personalkosten entständen v.a. aufgrund der Tatsache, dass für die THG-Datenanalyse im Kern- und Anschlussnetz eine Vielzahl von Rohdaten zu einzelnen Standorten und Aktivitäten erfasst und dann manuell aggregiert, konsolidiert und analysiert werden müssten. Dies sei zumindest in der Einführungsphase der Fall, sofern noch keine systematische bzw. automatisierte Struktur zur Datenerfassung existiere. Zudem seien anfangs meist noch keine technischen Messpunkte für Emissionen bzw. Energieverbrauchsstellen[10] vorhanden. Die Anschaffung und Installation von Stromzählern und deren digitale Integration in die vorhandene IT-Infrastruktur verursache außerdem hohe Investitionskosten. Schätzungen der befragten Stakeholder für den

[10] Messungen von direkten THG-Emissionen sind bei Betreibern von Telekommunikationsinfrastruktur kaum relevant. Diese Aussage bezieht sich daher auf Messeinrichtungen für aus dem Verbrauch von Strom und Heizungsenergie auf Ebene von Netzwerkkomponenten bzw. aus Abrechnungen von Energielieferanten auf Standortebene. Die Zuordnung von Energieverbrauch auf THG-Emission erfolgt immer via Umrechnung auf Basis von Emissionsfaktoren.

Initialaufwand belaufen sich auf 1 - 5 % der gesamten Investitionskosten (CAPEX). Sobald die Infrastruktur für die Messung etabliert bzw. automatisiert sei, dürfte sich der Aufwand allerdings um den Faktor 10 reduzieren.

Befragt nach wesentlichen Kostentreibern für den Aufwand, benannten die Stakeholder v.a. die Datenerfassung für Scope 3 (gemäß GHG-Protocol), die ca. zwei Drittel der Kosten verursache, während das restliche Drittel auf Scope 1 und Scope 2 entfalle. Ein Großteil der Kosten würde durch die Ertüchtigung der ESG-Software verursacht, um die erfassten Verbräuche mittels Umrechnungsfaktoren aus verschiedenen Datenbanken in THG-Emissionen umrechnen zu können. Der primäre Nutzen der entsprechend ertüchtigten ESG-Software sei allerdings die Sicherstellung der Compliance mit der CSRD. Außerdem könne die Kommunikation mit Lieferanten und Kunden zur Ermittlung der THG-Potenziale des relevanten Scope 3 einen erheblichen Zeitaufwand und damit Personalkostenaufwand mit sich bringen. Es wird als schwierig beschrieben, an Herstellerdaten zum CO_2e der gekauften Güter zu kommen. Insbesondere in der Einführungsphase bestehe ein erhöhter Kommunikationsbedarf, der sich bisher nur teilweise automatisieren lasse. Eine im Vorfeld durchgeführte Wesentlichkeitsanalyse helfe, die relevanten Kategorien zu identifizieren. Dies sei zwar wiederum ein weiterer Aufwand, aber im Nachgang könne anhand der Analyseergebnisse die Datenerfassung fokussiert und damit effizient geplant werden. Ein Interviewpartner berichtet, dass zur Datenerfassung der Aktivitäten in Kategorien 3.1, 3.2, 3.3 und ggf. 3.15 kein Sonderaufwand entsteht, da diese Daten im Rechnungswesen bereits vorliegen. Die weiteren Umrechnungsschritte in Scope 3 Emissionen liessen sich mit geeigneter Software und Datenbanken für Emissionsfaktoren im Prinzip automatisieren. Allerdings wird von anderen befragten Stakeholdern berichtet, dass konkrete produktbezogene Emissionsfaktoren bisher kaum erhältlich seien.

4.4.3 Fazit der Aufwandsschätzung in der Kategorie THG

Die Resultate der Aufwandsschätzung sind in der nachfolgenden Tabelle 4-6 aggregiert dargestellt.

Tabelle 4-6: Gesamtüberblick der Ergebnisse zur Aufwandsschätzung in der Kategorie THG

Gruppe	Standards	Semiquantitative Bewertung	Marktdurchdringung	Befragung einzelner Stakeholder
Gruppe 1 (Scopes 1&2)	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004), Amendment with Scope 2 Guidance (2015)	mittel	hoch	• Initialaufwand: ca. 1-5 % des CAPEX, • anschließend voraussichtlich <0,1 % CAPEX
	ITU-T L.1420 (02/2012)	hoch	gering	
Gruppe 2 (Scope 3)	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004)	mittel	mittel	
	ITU-T L.1420 (02/2012)	hoch	gering	
	Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011)	mittel	mittel	
	Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators (2023)	mittel	gering*	

Quelle: Eigene Darstellung, *Anmerkung: Dieser auch als Supplement 57 zu ITU-T L.1420 veröffentlichte Anleitung wurde in den GHG-Reports relevanter TK Unternehmen nur in Einzelfällen als methodische Grundlage genannt. Dies heißt jedoch nicht, dass er gar nicht angewandt wird. Eine empirisch gesicherte Aussage ist daher im Rahmen dieser Studie nicht möglich.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Einführung einer THG-Berichterstattung auf Unternehmensebene einen nicht unerheblichen Aufwand für die Unternehmen darstellen könnte. Dies liegt vor allem an der Art der Aufgabe, die entsprechenden Aktivitätsdaten zu erfassen, zu aggregieren und daraus

THG-Kennzahlen zu berechnen. In diesem Zusammenhang entsteht vor allem ein erhöhter Kommunikationsaufwand, sowohl innerhalb des Unternehmens als auch mit externen Stakeholdern wie Lieferanten und Kunden. Der Aufwand ist auch abhängig von der Wahl des Standards bzw. der Guideline. Allerdings resultieren die besonders aufwändigen Arbeitsschritte bei der THG-Bilanzierung vor allem aus der Komplexität der Datenerhebung an sich und weniger durch die Wahl der im jeweiligen Standard hinterlegten Methode. Dies gilt insbesondere für den Scope 3, der eine umfangreiche Datenerhebung in 15 Aktivitätskategorien notwendig macht. Deshalb ist der Aufwand in Scope 3 unabhängig vom angewendeten Standard ohnehin höher einzuschätzen als für die Scopes 1+2. Insbesondere die Scope-3 Guidelines helfen jedoch bei der Aufwandsreduktion, indem sie neben detaillierter methodischer Anleitung auch eine Anleitung zur Priorisierung der Wesentlichkeit von Aktivitäten anbieten.

Die Marktdurchdringung des GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard ist sehr hoch, da er weltweit von vielen Unternehmen in den unterschiedlichen Industriesektoren angewendet wird. In der Regel umfasst die Berichterstattung die Scopes 1&2 sowie zunehmend auch des Scope 3, der im Telekommunikationssektor eine hohe THG-Relevanz hat. Die spezifische Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators wurde bislang noch nicht umfassend adaptiert, zumal es sich um eine relativ neue Guideline (2023) handelt. Allerdings wurde im Rahmen dieser Studie keine robuste empirische Erhebung zur Anwendungshäufigkeit von Standards erarbeitet.

4.5 Aufwandsschätzung für die Anwendung der Standards in der Kategorie Kreislaufwirtschaft

4.5.1 Ergebnisse aus der semi-quantitativen Aufwandsschätzung

Grundsätzlich wurde bei der Abschätzung des Aufwands in der Kategorie „Kreislaufwirtschaft“ ein weitgehend vergleichbarer Kriterienkatalog wie bei der der Kategorie „Energiemanagement“ verwendet (s. Tabelle 4-1). Allerdings mussten bei den technischen Voraussetzungen Anpassungen vorgenommen und folgende Kriterien definiert werden, wobei für das erste Kriterium eine doppelte Gewichtung vorgesehen wird:

- Sieht der Standard eine Primärdatenerhebung vor?
- Ist eine Datenerfassung über einen längeren Zeitraum erforderlich?
- Ist spezielle Modellierungssoftware erforderlich?

Die Kriterien für die methodischen Voraussetzungen wurden hingegen unverändert aus der Kategorie „Energiemanagement“ übernommen. Anstelle des zweiten Kriteriums wurde jedoch das erste Kriterium doppelt gewichtet. Grund hierfür ist, dass in der Kategorie „Kreislaufwirtschaft“ die Standards nicht spezifisch für die Netzinfrastruktur sind und daher die Entwicklung spezifischer Verfahren bzw. methodischer Leitlinien einen besonders hohen Aufwand verursacht. Bei den organisatorischen Voraussetzungen blieben sowohl die Kriterien als auch die vorgenommenen Gewichtungen unverändert.

Die folgende Tabelle enthält die zusammenfassende Einschätzung des Aufwands für die Standards der beiden Gruppen „Vor der Nutzung“ sowie „End-of-Life“ der Kategorie „Kreislaufwirtschaft. Eine Übersicht der Definitionen für die dabei verwendeten Bewertungskriterien und deren Zuordnung zu einem 3-stufigen Skalensystems kann Tabelle 7-46 in Anhang XII entnommen werden.

Tabelle 4-7: Zusammenfassung der Ergebnisse aus der semi-quantitativen Bewertung der Aufwandsschätzung zu Standards in der Kategorie Kreislaufwirtschaft

Gruppe	Standards	Aufwandsschätzung
Vor der Nutzung	ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02)	mittel
	DIN EN 45556 (2020)	mittel
	DIN EN 45557 (2020)	mittel
End-of-Life (EoL)	GRI 306	niedrig
	ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01)	niedrig
	ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12)	niedrig

Quelle: Eigene Darstellung

Details zur Einschätzung des Aufwands bei der Anwendung der jeweiligen Standards entsprechend der 3-stufigen Bewertungskriterien sind in Anhang XII wiedergegeben.

4.5.2 Erkenntnisse aus der Befragung einzelner Stakeholder

Im Rahmen der Befragung einzelner Stakeholder war es in der Kategorie „Kreislaufwirtschaft“ leider nicht möglich, die Ergebnisse der semi-quantitativen Aufwandsschätzung mit konkreten Kostenangaben hinsichtlich Personal- bzw. Sachkosten zu hinterlegen.

So haben die meisten befragten Stakeholder angegeben, dass sich der Aufwand aktuell nicht quantitativ abschätzen lässt und daher auch eine Einordnung der Gesamtkosten im Verhältnis zu den Investitionskosten (CAPEX) und Betriebskosten (OPEX) nicht möglich ist.

Eine Erfassung und Berichterstattung wären zukünftig grundsätzlich nur dann praktikabel, wenn von den Zulieferern entsprechende Informationen zu den einzelnen Indikatoren bereitgestellt würden. Die Produktinventare vorhandener ERP (Enterprise Resource Planning) Datenbanken müssten zudem um zusätzliche Felder ergänzt werden, z.B. um die Information erfassen zu können, ob das Produkt „refurbished“ ist. In den Einkaufsabteilungen der Unternehmen würden zudem zusätzliche Personalkosten (v.a. in Form von Schulungsbedarf) entstehen.

4.5.3 Fazit der Aufwandsschätzung in der Kategorie Kreislaufwirtschaft

In der folgenden Tabelle werden die Ergebnisse zur Aufwandsschätzung zusammengefasst. Mit Blick auf die Marktdurchdringung der untersuchten Standards kann festgehalten werden, dass keine normativen Referenzen im regulatorischen Umfeld bestehen und diese den befragten Stakeholdern auch nicht bekannt sind. Aus den genannten Gründen kann davon ausgegangen werden, dass die untersuchten Standards gegenwärtig in der Praxis zum größten Teil nicht angewendet werden. Eine Ausnahme bildet GRI 306, der zumindest von acht der 81 befragten Unternehmen im Fragebogen von BEREC (2023) im Zusammenhang mit der Umweltberichterstattung genannt wurde. Insgesamt wird die Marktdurchdringung der Standards in der Kategorie „Kreislaufwirtschaft“ daher als gering eingestuft. Bezüglich der Möglichkeiten zur Quantifizierung des Aufwands mit Informationen aus der Stakeholder-Befragung wird auf Kapitel 4.5.2 verwiesen.

Tabelle 4-8: Gesamtüberblick der Ergebnisse zur Aufwandsschätzung in der Kategorie Kreislaufwirtschaft

Gruppe	Standards	Semi-quantitative Bewertung	Marktdurchdringung	Befragung einzelner Stakeholder

Vor der Nutzung	ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02)	mittel	• keine normativen Referenzen • Standards sind weitgehend nicht bekannt • kaum Anwendung in der Praxis (Ausnahme GRI 306)	Aufwand aktuell nicht quantifizierbar
	DIN EN 45556 (2020)	mittel		
	DIN EN 45557 (2020)	mittel		
End-of-Life (EoL)	GRI 306	niedrig		
	ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01)	niedrig		
	ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12)	niedrig		

Quelle: Eigene Darstellung

5 Ergebnisübersicht

5.1 Energiemanagement

Die in der Studie untersuchten energierelevanten Standards eignen sich für unternehmensinterne Trendanalysen, jedoch weniger für Vergleiche bzw. zur Aggregation der Messergebnisse zu einer aussagekräftigen Datengrundlage zwischen Netzbetreibern. Tabelle 5-1 ist eine Ergebnisübersicht und zeigt die geringe Vergleichbarkeit und eingeschränkte Eignung.

Eine Ausnahme bildet der Standard ETSI EN 303 472, dessen Ergebnisvergleichbarkeit aufgrund klarer Vorgaben zu Messprozessen und Datenerfassung als hoch eingestuft wird. Zudem bietet die detaillierte Vorgabe zur Berichterstattung eine solide Grundlage für die Bewertung der Vergleichbarkeit. Ebenso wird die Eignung von ETSI ES 203 228 aufgrund solcher Vorgaben hoch eingestuft.

Grundsätzlich gilt: Ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Messungen bei Anwendung eines Standards eingeschränkt, ist auch die Vergleichbarkeit der Messergebnisse des Standards nicht gewährleistet. Insgesamt ist die eingeschränkte Vergleichbarkeit auf unterschiedliche Indikatoren, Variationen in den Datenerfassungsmethoden (Messperiode, Messfrequenz, Messpunkte) sowie abweichende Abgrenzungen (geteilte Standorte, Einbeziehung von Infrastruktur) zurückzuführen, die zu unterschiedlichen Ergebnissen der Messungen führen können.

Wesentliche Gemeinsamkeiten der Standards bestehen in der Berücksichtigung vor Ort erzeugter erneuerbarer Energie in der Energiebilanz, unabhängig davon, ob dies als separater Indikator ausgewiesen wird. Zudem wird eine kontinuierliche Echtzeitmessung des Energieverbrauchs bevorzugt und Umgebungsbedingungen wie Temperatur oder Lastprofile werden als variable Einflussfaktoren betrachtet, die den Energieverbrauch und die Energieeffizienz beeinflussen. Die Flexibilität der Anforderungen der Standards ist oft Praktikabilitätsgründen geschuldet, da eine vollständige Erfassung des Netzwerkverbrauchs für Betreiber häufig nicht praktikabel oder zu kostspielig ist. Viele Standards gelten ausschließlich für Standorte, die von einem einzigen Netzbetreiber betrieben werden und schließen geteilte Infrastruktur in der Anwendung aus. Infrastruktur Sharing hat aber erhebliche Potentiale für Kosteneinsparungen und wird von den Netzbetreibern zunehmend genutzt. Geteilte Infrastruktur zwischen verschiedenen Netzbetreibern erfordert klare Allokationsregelungen. Sofern Standards Vorgaben zur Allokation machen, variieren die Parameter, z.B. RF-Leistung bei RAN, Energiekosten oder Vereinbarungen, die Netzbetreiber durch kommerzielle Regelungen oder bewährte Praktiken festlegen. Nur wenige Standards, die für statistische Berechnungen relevant sind, enthalten Vorgaben zur Unsicherheitsbewertung. Anforderungen an interne oder externe Validierung fehlen in allen Standards.

Der Initial- und fortlaufende Aufwand der meisten Standards wird als mittel eingestuft, wobei diese Einschätzung indikativ ist. Standards mit niedrigem Aufwand zeichnen sich durch flexible Messperioden und geringe methodische Abhängigkeiten von anderen Referenzen aus. Dagegen erhöhen

verschachtelte und miteinander verknüpfte Referenzen den Zeitaufwand erheblich. Rückmeldungen von Netzbetreibern bestätigen, dass die initialen Kosten für die Umsetzung der Standards sehr hoch sind. Durch etablierte, standardisierte Routinen könnten diese Kosten langfristig gesenkt werden.

Im regulatorischen Umfeld werden keine der 15 untersuchten energierelevanten Standards in der EU-Taxonomie oder der CSRD erwähnt. Die Umfrage ergab, dass keine Nachweise für eine praktische Anwendung der Standards vorliegen. Laut der BEREC-Studie (BEREC 2023) wurden die Standards ETSI EN 303 472 und ETSI ES 203 228 von einigen Netzbetreibern genutzt.

Tabelle 5-1: Übersicht der Gesamtergebnisse: Energiemanagement

Netzsegment	Standards	Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung desselben Standards	Eignung	Aufwandsschätzung: Semi-quantitativ	Marktdurchdringung	Befragung einzelner Stakeholder
RAN: 2G/3G/4G	ETSI EN 303 472 V1.1.1 (2018-10)	**hoch**	**hoch**	mittel	• Keiner der vorliegenden Standards wird in der Taxonomie oder der CSRD erwähnt. • Umfrage: Netzbetreiber kennen die ETSI-Standards teilweise, allerdings gibt es keine Hinweise auf deren praktische Anwendung • ETSI EN 303 472 und ETSI ES 203 228 wurden von einigen Netzbetreibern genutzt.	• Initialaufwand: mehr als 1 % des CAPEX, anschließend voraussichtlich <0,1 % CAPEX
RAN: technologieunabhängig	ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04) / ITU-T L.1331	mittel	**hoch**	niedrig		
RAN: technologieunabhängig	ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04)	niedrig	mittel	niedrig		
RAN: technologieunabhängig	ITU-T L.1350 (10/2016)	niedrig	niedrig	mittel		
RAN: technologieunabhängig	ITU-T L.1351 (08/2018)	niedrig	niedrig	mittel		
RAN: technologieunabhängig	ETSI EN 305 200-2-3 V1.1.1 (2018-06)	mittel	mittel	mittel		
RAN: technologieunabhängig	ETSI TS 105 200-2-3 V1.2.1 (2019-12)	mittel	mittel	mittel		
FAN: technologieunabhängig	ETSI EN 305 200-2-2 V1.2.1 (2018-08)	mittel	mittel	mittel		
FAN: technologieunabhängig	ETSI TS 105 200-2-2 V1.3.1 (2019-12)	mittel	mittel	mittel		
CAN: technologieunabhängig	ETSI ES 205 200-2-4 V1.1.1 (2015-06)	niedrig	niedrig	niedrig		
5G-Mobilfunknetz: RAN, Kernnetz, end-to-end, NFV, Slicing	ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10)	niedrig	niedrig	mittel		
ICT-Standort: Kernnetz	ETSI EN 305 200-3-1 V1.1.1 (2018-02)	mittel	mittel	mittel		
ICT-Standort: Kernnetz	ETSI TS 105 200-3-1 V1.2.1 (2019-12)	mittel	mittel	mittel		
ICT-Standort: Gesamtes Netz	ITU-T L.1332 (01/2018)	niedrig	niedrig	mittel		
Gesamtes Zugangsnetz: NFV	ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01)	mittel	mittel	mittel		

Quelle: Eigene Darstellung

5.2 Treibhausgasemissionen

Die Auswertung der THG-bezogenen Standards zeigt, dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Messungen bei Anwendung eines Standards für Scope 1 und 2 eher als niedrig bis mittel einzustufen ist (s. Tabelle 5-2), da beide relevanten Standards relativ hohe Freiheitsgrade hinsichtlich der Vorgehensweise bei der Primärdatenerhebung und der Festlegung von Allokationsregeln aufweisen. Die Eignung der beiden betrachteten Standards für Scope 1 & 2 ist daher mittel.

Dies gilt prinzipiell auch für Scope 3 (s. Tabelle 5-2): Auch hier sind die Freiheitsgrade bei der Primärdatenerhebung und den Allokationsregeln bei drei betrachteten Standards hoch bzw. es fehlen konkrete Vorgaben. Lediglich die Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators bietet hier konkrete und branchenspezifische Anleitungen. Die Vergleichbarkeit dieses Standards wird daher als hoch eingeschätzt. Darüber hinaus ist seine Eignung für Scope 3 insgesamt ebenfalls als hoch einzustufen, da die GSMA-Guidance verbindliche Anforderungen an die Offenlegung der verwendeten Indikatoren und Annahmen enthält. Dies kommt der Glaubwürdigkeit und Transparenz der darauf basierenden THG-Berichte zugute. Eine Verpflichtung zur unabhängigen externen Validierung wird jedoch in keinem der betrachteten Standards gefordert, obwohl dies in der Praxis als Voraussetzung für Vertrauenswürdigkeit angesehen wird.

Tabelle 5-2: Übersicht der Gesamtergebnisse: THG

THG-Gruppen	Standards	Vergleichbarkeit der THG-Bilanzen bei Anwendung desselben Standards	Eignung	Aufwandsschätzung	Marktdurchdringung	Befragung einzelner Stakeholder
Scope 1 & Scope 2	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004) & Scope 2 Guidance	niedrig	mittel	mittel	• GHG Protocol Corporate: hoch aufgrund von CSRD und Praxisanwendung (Nachhaltigkeitsberichte von Netzbetreibern) (Anhang VI) • ITU 1420 und GSMA: wurde von zwei Netzbetreibern verwendet (Anhang VI)	Initialaufwand: ca. 1-5 % des CAPEX, anschließend voraussichtlich <0,1 % CAPEX
	ITU-T L.1420 (02/2012)	mittel	mittel	**hoch**		
Scope 3	GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004)	niedrig	niedrig	mittel		
	ITU-T L.1420 (02/2012)	niedrig	niedrig	**hoch**		
	Protocol Corporate (Value Chain) Standard (2011)	mittel	niedrig	mittel		
	GSMA Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators	**hoch**	**hoch**	mittel		

Quelle: Eigene Darstellung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004) einschließlich des Scope 2 Amendments (2015) trotz der eingeschränkten Vergleichbarkeit der darauf basierenden THG-Berichte in der Praxis am besten geeignet ist. Dies liegt daran, dass dieser Standard weltweit am weitesten verbreitet ist und seine Methodik weithin bekannt ist und breite Akzeptanz in Unternehmen, bei Stakeholdern und staatlichen Instanzen hat. Zudem ist seine Anwendung innerhalb der EU aufgrund der regulatorischen Festlegung in der CSRD für Unternehmen ab einer bestimmten Größe ohnehin verpflichtend. Der Mehraufwand für seine Anwendung wird daher als mittel eingestuft. Die Anwendung von ITU-T L.1420 ist dagegen mit einem vergleichsweise höheren Aufwand verbunden, da dieser Standard für die Scopes 1&2 eine obligatorische Datenqualitätsbewertung vorsieht.

Für Scope 3 ist im Vergleich zu den Scopes 1&2 typischerweise mit einem deutlich höheren Aufwand zu rechnen, da der Umfang der Datenerfassung und -auswertung in seinen 15 Kategorien um ein Vielfaches höher ist. Dies gilt unabhängig vom zugrundeliegenden Standard. Allerdings zeigt die GSMA-Guidance bereits eine Priorisierung der Wesentlichkeit bestimmter Kategorien für den Telekommunikationssektor auf, sodass zumindest der initiale Aufwand auf diese wesentlichen Kategorien fokussiert werden kann. Demgegenüber ist der Aufwand für ITU-T L.1420 höher einzuschätzen, da hier keine derartige Priorisierung vorgegeben ist.

Hinsichtlich der in der JRC-Studie benannten „Must-Have"-Indikatoren decken diese Standards ausschließlich die THG-Scopes 1, 2 und 3 ab. Die Ergebnisse des Energiemanagements, insbesondere Energieverbrauchsdaten, können zwar als Inputdaten für die THG-Bilanzierung im Rahmen der Scopes 1 bis 3 verwendet werden, diese Datenquellen werden jedoch in den THG-Standards nicht explizit erwähnt.

5.3 Kreislaufwirtschaft

Nach den vorliegenden Ergebnissen stößt die Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung eines Standards an Grenzen und auch die Eignung für den Code of Conduct wird als stark eingeschränkt eingestuft. Dies liegt daran, dass die untersuchten Standards mit Ausnahme der E-Waste-Mengen keine der vom JRC vorgeschlagenen „Must-Have"-Indikatoren adressieren. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass es in der JRC-Studie „Should-Have"-Indikatoren gibt, die sich auf die Komponentenebene beziehen. Diese werden als funktionsfähige Komponenten verstanden, die in neuen oder überarbeiteten Produkten eingesetzt werden. Einige dieser „Should-Have"-Indikatoren werden in den Standards adressiert. Indikatoren auf Komponentenebene sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Studie.

Der Aufwand bei Anwendung der Standards wird als gering bis mittel eingestuft, wobei diese Einschätzung als indikativ zu betrachten ist. Das Ergebnis zur Aufwandsschätzung konnte durch die Befragung einzelner Stakeholder weder bestätigt noch widerlegt werden, da die untersuchten Standards den befragten Netzbetreibern nicht bekannt sind.

In Tabelle 5-3 sind die einzelnen Ergebnisse für die Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards, der Gesamtbewertung der Eignung und der Aufwandsschätzung zusammengestellt.

Tabelle 5-3: Übersicht der Gesamtergebnisse: Kreislaufwirtschaft

Lebenszyklusphase	Standards	Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Anwendung desselben Standards	Eignung	Aufwandschätzung	Marktdurchdringung	Befragung einzelner Stakeholder-
Vor der Nutzung	ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02)	niedrig	niedrig	mittel	• keine normativen Referenzen • Standards sind weitgehend nicht bekannt • kaum Anwendung in der Praxis	Aufwand aktuell nicht quantifizierbar
	DIN EN 45556 (2020)	mittel	mittel	mittel		
	DIN EN 45557 (2020)	mittel	mittel	mittel		
End-of-Life	GRI 306	mittel	niedrig	niedrig		
	ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01)	mittel	niedrig	niedrig		
	ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12)	mittel	mittel	niedrig		

Lebenszyklus-phase	Standards	Vergleich-barkeit der Ergebnisse bei Anwen-dung des-selben Standards	Eignung	Aufwand-schätzung	Markt-durch-dringung	Befragung einzelner Stakehol-der-
					(Ausnahme GRI 306)	

Quelle: Eigene Darstellung

6 Schlussfolgerungen

6.1 Übergeordnete Aspekte

Belastbare und nachvollziehbare Vergleiche der bei Anwendung von Nachhaltigkeitsstandards bei verschiedenen Netzbetreibern generierten Must-Have-Indikatoren erfordert neben einheitlichen Messvorgängen, Datenerfassungen, klaren Definitionen der Systemgrenzen und einer einheitlichen methodischen Allokation bei geteilter Netzinfrastruktur die Berücksichtigung weiterer Aspekte. Dazu zählen Umweltbedingungen, Betriebsalter, Technologie und Generation, Unterschiede in der Anschlussdichte zwischen Ballungsräumen und ländlichen Gebieten, Standorte, die Netzarchitektur der Netzsegmente sowie die Lastprofile. Derzeit fehlt eine solche methodische Grundlage. Die in dieser Studie untersuchten Standards dienen in erster Linie der internen Trendanalyse, um die eigene Performance bezüglich Energieverbrauch, THG und Kreislaufwirtschaft im Zeitverlauf zu überwachen. Allerdings können sie nicht zur Aggregation von Messergebnissen genutzt werden und erlauben keine Analysen auf der Ebene des Gesamtnetzes. Die betrachteten Standards unterstützen jedoch keine Bestimmung des netzbezogenen Umweltfußabdrucks für die öffentliche Kommunikation von Netzbetreibern. Für diesen Zweck wären standardisierte Messmethoden und Allokationsregeln, Definitionen, standardisierte Berichtsformate sowie eine verpflichtende Validierung erforderlich, um eine ausreichend robuste und transparente Datengrundlage zu schaffen.

Es wird **empfohlen**, aufgrund der unterschiedlichen Netzebenen (Anschlussnetz und Kernnetz), der unterschiedlichen Netzsegmente (RAN, FAN, CAN) und der damit verbundenen unterschiedlichen Netzinfrastruktur und -technologie, praxisorientierte Fallbeispiele über die Relevanz der verschiedenen Einflussfaktoren für die spezifischen Standards gemeinsam mit Netzbetreibern durchzuführen. Auf dieser Grundlage könnten gemeinsame Leitlinien für einheitliche bzw. vergleichbare Messumgebungen entwickelt werden, wodurch die Anwendung der Standards erleichtert und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erhöht würde. Die verstärkte Einbindung der Netzbetreiber könnte auch die Aufwandsschätzungen (Initial- und fortlaufender Aufwand) auf eine belastbarere Datengrundlage stellen und die Höhe des Aufwands könnte als weiteres Auswahlkriterium für geeignete Standards genutzt werden. Standards, die einen geringen Aufwand für die Netzbetreiber verursachen, werden voraussichtlich mehr angewendet. Die Akzeptanz der Netzbetreiber ist erforderlich, damit möglichst viele - trotz freiwilliger Anwendung - den CoC anwenden. Eine ausreichend große Datengrundlage ist erforderlich, um valide Aussagen zum Umweltfußabdruck der TK-Netze zu treffen. Zugleich würde ein klares Signal gesendet, dass Bürokratielasten begrenzt bzw. Kosten der Umweltberichterstattungen angemessen berücksichtigt werden.

6.2 Kategorie-spezifische Schlussfolgerungen

Ziel des geplanten EU-Verhaltenskodex ist bewährte Verfahren auf Grundlage von Standards zu identifizieren und festzulegen, um die ökologischen Auswirkungen von Telekommunikationsnetzen zu messen und zu bewerten. Er enthält einen Rahmen, der bei der Bewertung von Investitionen als nachhaltige Investitionen berücksichtigt werden soll, sofern eine Erweiterung der EU-Taxonomie um Telekommunikationsnetze tatsächlich erfolgt. Organisationen, die diesen EU-Verhaltenskodex einhalten, können diese Investitionen dann als grüne Investitionen in ihrer Nachhaltigkeitsberichterstattung ausweisen.

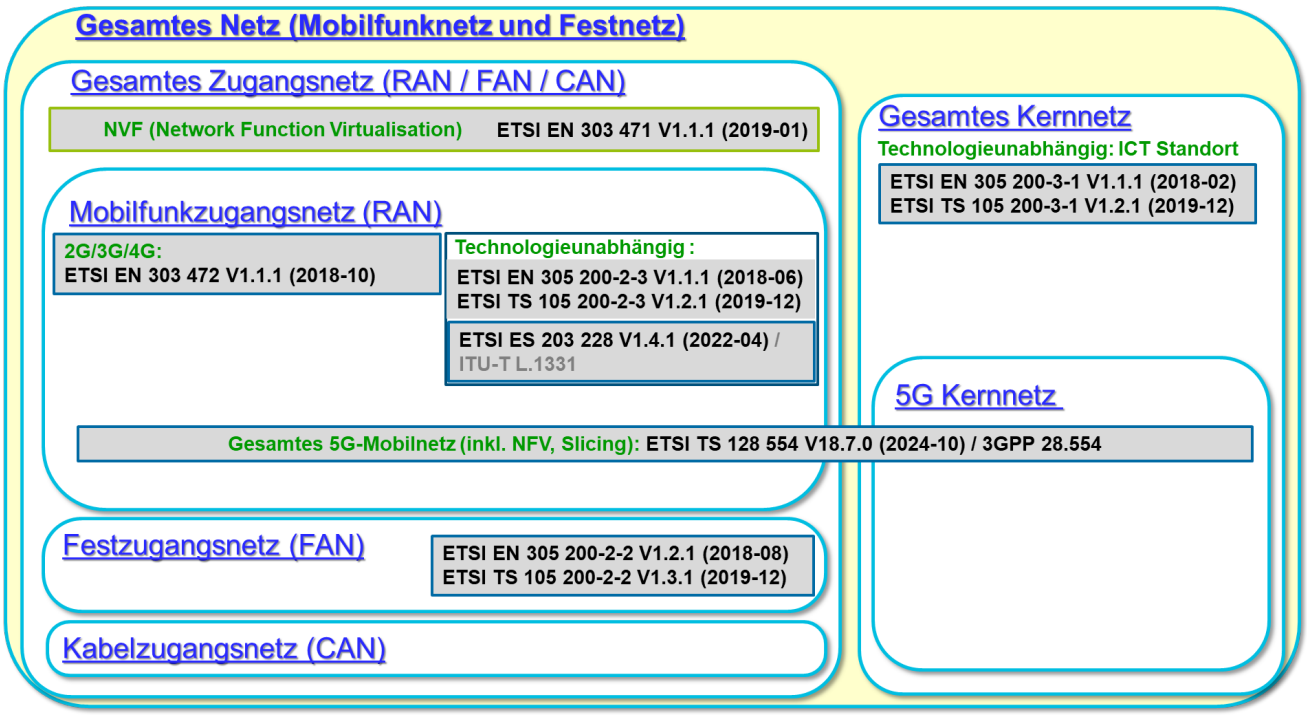
Der aktuelle Entwurf des EU-Verhaltenskodex weist auch auf potenzielle Lücken in der Standardisierung hin, die durch künftige Standardisierungsaktivitäten geschlossen werden sollten. Die Studie gibt auf Grundlage eines wissenschaftlich basierten Ansatzes Empfehlungen für geeignete Standards für den CoC.

6.2.1 Energiemanagement

Es wird empfohlen bereits in der Entwicklungsphase des CoC, die Anwendbarkeit der vorgeschlagenen Standards gemeinsam mit Netzbetreibern zu diskutieren. So können potenzielle Einschränkungen bei der praktischen Umsetzung frühzeitig erkannt und notwendige Anpassungen oder Ergänzungen der Standards vorgenommen werden, um eine breite Akzeptanz bei der Anwendung des CoC sicherzustellen.

Eine eingeschränkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Messungen schließt nicht aus, dass ein Standard in der Praxis zur Ermittlung der Must-Have-Indikatoren geeignet ist. Abbildung 6-1 zeigt die potenziellen Standards, die für die Must-have-Indikatoren verwendet werden können, gegliedert nach Netzsegment.

Abbildung 6-1: Zuordnung potenzieller Standards, die für die Must-have-Indikatoren verwendet werden können



Quelle: Eigene Darstellung

ETSI EN 303 472 (RAN: 2G/3G/4G) und ETSI ES 203 228 (RAN: 2G bis 5G) sind grundsätzlich für den CoC geeignet. ETSI EN 303 472 liefert vergleichbare Ergebnisse, sofern die Betriebsbedingungen ähnlich sind, ist aber laut Standard nicht für den Vergleich von Messergebnissen gedacht, wenn diese Bedingungen nicht erfüllt sind. ETSI ES 203 228 bietet flexible Messperioden, was praktisch ist, erschwert aber die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Die Extrapolationsmethode dieses Standards ist bislang in der Praxis nicht nachgewiesen. Einige Netzbetreiber ermitteln den Energieverbrauch direkt über Zähler, Abrechnungen oder durch Schätzungen auf Basis der installierten Leistung, wie aus den Rückmeldungen der Stakeholder-Umfrage hervorgeht.

Die ETSI EN 305 200-x-Serie definiert globale KPIs, die regulatorische Ziele unterstützen könnten. In der Studie werden jedoch nur die „Objective KPIs“ betrachtet. Die zugehörigen Technischen Spezifikationen (TS) sind nicht immer konsistent mit den EN-Normen und können nicht allein als Referenz dienen, da sie z. B. keine Messperioden festlegen. Eine Aktualisierung der Standards und eine rechtliche Prüfung zur Anerkennung erneuerbarer Energien sind notwendig.

Für Kabelzugangsnetze ist ETSI ES 205 200-2-4 derzeit der einzige Standard, wird aber wegen geringer Genauigkeit (u. a. kurze Messzeiträume) aktuell nicht empfohlen. Nach einer Aktualisierung des Standards ist jedoch eine Anwendung möglich, sodass eine Entwicklung von Grund auf nicht erforderlich ist.

ETSI EN 303 471 kann als ergänzender Standard für Zugangsnetze bei NFV-Anwendungen genutzt werden, wobei Messungen auf Standortebene erfolgen. ETSI TS 128 554 (basierend auf 3GPP TS 28.554) deckt 5G-RAN und -Kernnetz ab und ist zukunftsorientiert, aber technisch komplex. Für den CoC sollte klar definiert werden, welche Teile des Standards relevant sind; fehlende Messvorgaben (z. B. Messperiode) müssen im CoC ergänzt werden, um eine einheitliche Anwendung zu gewährleisten.

Zusammengefasst lässt sich folgende Empfehlung zur Ermittlung der energierelevanten Must-Have-Indikatoren für den CoC ableiten. Die Einschränkungen und Stärken der Standards sind in Tabelle 6-1 dargestellt, wobei die technischen Spezifikationen (TS) unter den jeweiligen europäischen Normen (EN) zugeordnet sind. Diese Aspekte können als Grundlage für Diskussionen mit Stakeholdern zur Weiterentwicklung des CoC dienen.

Tabelle 6-1: Zusammenfassung der Stärken und Einschränkung der Standards, die für den CoC potenziell verwendet werden könnten

Standards	Netzsegment	Stärke	Einschränkung
ETSI EN 303 472 V1.1.1 (2018-10)	RAN: 2G/3G/4G	• Umfasst drei Must-Have-Indikatoren • Berücksichtigt ICT-Equipment & Infrastruktur • klare Festlegung der Messmethode • Detaillierte Anforderungen an die Berichterstattung	• Unterstützt keine 5G-Technologie • Keine Berücksichtigung der geteilten Basisstationen-Standorte
ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04) / ITU-T L.1331	RAN: 2G/3G/4G/5G	• Abdeckung 2G bis 5G • Berücksichtigt ICT-Equipment & Infrastruktur • Detaillierte Anforderungen an die Berichterstattung • Bereitgestellte Skalierungsmethode	• 2 von den 3 Must-Have-Indikatoren (keine explizierte Ausweisung des Indikators „erneuerbare Energie“, verlangt jedoch die Angabe des Prozentsatzes der vor Ort genutzten Energie aus erneuerbaren Quellen.) • Flexibilität bei Messperiode und Messfrequenz

Standards	Netzsegment	Stärke	Einschränkung
		• Praktikable Allokationsregel für geteilte Standorte	
• ETSI EN 305 200-2-3 V1.1.1 (2018-06) • ETSI TS 105 200-2-3 V1.2.1 (2019-12)	RAN	• Umfasst drei Must-Have-Indikatoren • Berücksichtigt ICT-Equipment & Infrastruktur • Messperiode: Standard 365 Tage, kürzer (mind. 7 Tage) möglich, wenn jahresrepräsentativ • „**Globale KPIs“: Potenzial für zukünftige Vergleiche**	• Unterschiedliche Behandlung zu geteilten Standorten: →EN: Keine Berücksichtigung von geteilten Basisstationen →TS: Allokation auf Basis der Energiekosten • Messung des Datenvolumens: →EN: gemäß ETSI EN 303 472 normativ →TS: informativ • „Grüne“ Energie, die als erneuerbar zertifiziert ist, wird nicht anerkannt. Eine Aktualisierung ist erforderlich.
• ETSI EN 305 200-2-2 V1.2.1 (2018-08) • ETSI TS 105 200-2-2 V1.3.1 (2019-12)	FAN	• Umfasst drei Must-Have-Indikatoren • Berücksichtigt ICT-Equipment & Infrastruktur • Messperiode: Standard 365 Tage, kürzer (mind. 7 Tage) möglich, wenn jahresrepräsentativ • „**Globale KPIs“: Potenzial für zukünftige Vergleiche**	• Unterschiedliche Behandlung von geteilten Standorten: s. EN 305 200-2-3 • TS: wenn eine direkte Messung nicht möglich ist, kann der maximale Verbrauch der Geräte nach den technischen Spezifikationen des Herstellers herangezogen werden • „Grüne“ Energie, die als erneuerbar zertifiziert ist, wird nicht anerkannt. Eine Aktualisierung ist erforderlich.
• ETSI EN 305 200-3-1 V1.1.1 (2018-02) • ETSI TS 105 200-3-1 V1.2.1 (2019-12)	ICT-Standorte für Kernnetz	• Berücksichtigt ICT-Equipment & Infrastruktur • Messperiode: Standard 365 Tage, kürzer (mind. 7 Tage) möglich, wenn jahresrepräsentativ • Messpunkte sind klar definiert • „**Globale KPIs“: Potenzial für zukünftige Vergleiche**	• 2 von den 3 Must-Have-Indikatoren[11]. Energieeffizienz-Indikator fehlt • Keine Allokationsregel für geteilte Standorte • „Grüne“ Energie, die als erneuerbar zertifiziert ist, wird nicht anerkannt. Eine Aktualisierung ist erforderlich.
ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01)	NVF für die Zugangsnetze	• Ganzheitlicher Ansatz: Aggregierte Messungen der gesamten NFVI ohne Differenzierung auf VNF- oder Komponentenebene. • Als ergänzender Standard für RAN und FAN bei der NFV-Anwendung.	• Keine Berücksichtigung von geteilten Basisstationen • „Grüne“ Energie, als erneuerbar zertifiziert, wird nicht anerkannt.
ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10) / 3GPP TS 28.554 version 18.7.0	5G End-to-End: RAN & Kernnetz	• Umfasst sowohl RAN als auch Kernnetz • **Zukunftsorientiert**: →5G NFV auf Komponentenebene, Network slicing →Umfangreiche Performance-Indikatoren.	• 2 von den 3 Must-Have-Indikatoren • Keine Anforderung zu dem Indikator „erneuerbare Energie“ • Keine Angaben zu Messverfahren, z.B. Messperiode und Messfrequenz • Energieverbrauch der Infrastruktur wird nicht erwähnt • Keine Berichtstemplate und Berichtsanforderungen. • Keine Allokationsregel für geteilte Standorte

Quelle: Eigene Darstellung

[11] Hinweis: Es gibt eine Abweichung im Vergleich zu anderen ETSI EN 303 200-2-x-Serien, bei denen der Indikator „Task Effectiveness“ das Verhältnis zwischen Datenvolumen und Energieverbrauch beschreibt. In diesem Standard bezieht sich der Indikator „Task Effectiveness“ auf das Verhältnis zwischen dem Energieverbrauch der IT-Geräte und dem gesamten Energieverbrauch einschließlich Infrastruktur (z. B. Kühlung).

Standardübergreifende Schlussfolgerungen zum Energiemanagement:

Die Allokation von Energieverbräuchen beim Infrastruktur-Sharing stellt eine methodische Herausforderung für die Berechnung der Must-have-Indikatoren dar, da es bisher keine universelle, wissenschaftlich fundierte Methode gibt, um den Energieverbrauch gemeinsamer Netzinfrastrukturen zwischen Netzbetreibern zu verteilen. Unterschiedliche Allokationsansätze führen zu variierenden Ergebnissen und auch zu möglichen Doppelerfassungen oder fehlenden Erfassungen. Die Auswahl und Begründung von Allokationsparametern erfordert fundiertes Wissen über Telekommunikationsnetze und ihre Umweltbewertung sowie einzelfallbezogene Spielräume. Fehlen in der CoC-Entwicklungsphase weiter wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse zu Allokationsparametern für Telekommunikationsnetze, wird angeregt, dass Netzbetreiber ihre Parameter zur Berechnung des Energieverbrauchs an geteilten Standorten offenlegen. Dies fördert Transparenz, ermöglicht praktische Erfahrungen und unterstützt die Weiterentwicklung des CoC.

6.2.2 Treibhausgasemissionen

Im Rahmen der JRC-Studie wurde vorgeschlagen, die klimarelevanten Nachhaltigkeitsindikatoren auf Basis der definierten THG-Emissionen in drei Scopes als Must-Have-Indikatoren zusammenzufassen.

Es wird empfohlen das GHG Protocol Corporate als methodische Referenz für die quantifizierte Erfassung und Berichterstattung der Treibhausgasemissionen eines IKT-Unternehmens in den CoC aufzunehmen. Zwar ist das GHG Protocol Corporate als generischer Standard weniger spezifisch als ITU L.1420, der speziell für die GHG-Berichterstattung von IKT-Unternehmen entwickelt wurde. Die Analyse zeigt jedoch, dass letzterer Standard aufwändiger in der Anwendung ist und bisher seltener genutzt wird als das GHG Protocol. Um den Aufwand zu reduzieren, wird für den CoC empfohlen, für die Scopes 1 und 2 das GHG Protocol, das ohnehin in der CSRD vorgeschrieben ist, als methodische Referenz angeben.

Für die Scope 3 Emissionen hat sich die GSMA/Gesi/ITU Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators als methodischer Leitfaden mit der besten Vergleichbarkeit der Anwendungsergebnisse erwiesen. Um die GHG-Berechnungen auf die für den Telekommunikationssektor als wesentlich erachteten Aspekte zu fokussieren, priorisiert die Scope 3 Guidance die Scope 3 Kategorien (1, 2, 3, 8, 13 und 15) (s. Anhang V.a). Es wird daher empfohlen, diesen Standard im CoC als Referenz für Scope 3 anzuführen. Darüber hinaus kann es sinnvoll sein, im CoC netzbezogene THG-relevante Aspekte innerhalb dieser wesentlichen Kategorien klar zu definieren, damit die Netzbetreiber diese separat ausweisen können, z.B. Kat. 1 (u.a. eingekaufte netzbezogene Geräte, Switch, Server, Router, Glasfaserkabel, Masten (s. ITU L. 1050)); Kat. 3 (Fahrt zu Wartung); Kat. 2 (u.a. Trassentiefbau zum Netzausbau und Verlegung von Kabeln) (s. Tabelle 7-18).

Netzbetreiber sollten zudem ermutigt werden, branchenspezifische, jedoch durchschnittliche CO_2e-Emissionsfaktoren für vorgelagerte und nachgelagerte Prozesse, z.B. aus der Herstellungsphase von Netzkomponenten wie Servern, Switches oder Routern, gemeinsam in einer zentralen Datenbankplattform zu erfassen. Ziel ist es, die Berechnung umfangreicher Scope 3-Kategorien zu erleichtern und gleichzeitig die Harmonisierung und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu verbessern.

6.2.3 Kreislaufwirtschaft

Wie bereits in Kapitel 3.4 festgestellt, adressiert mit Ausnahme von GRI 306 und des dort definierten Indikators für die E-Waste keiner der untersuchten Standards die vom JRC vorgeschlagenen „Must-

Have“-Indikatoren auf Produktebene. Allerdings ist dabei zu bedenken, dass eine Erfassung der Indikatoren auf Produktebene aus Sicht einer Kreislaufwirtschaft zwar sinnvoll, in der betrieblichen Praxis jedoch nur schwer umsetzbar ist. Diese Einschätzung wurde von Netzbetreibern im Rahmen der Stakeholder-Befragung bestätigt. Vor diesem Hintergrund kann es sinnvoller sein, die Indikatoren in der Kategorie „Kreislaufwirtschaft“ auf der Materialebene (Recycling) beziehungsweise Komponentenebene (Reuse, Refurbishment) zu definieren. Ein wesentlicher Grund für die schwierige praktische Umsetzung ist, dass Produkte in der Regel heterogen aus verschiedenen, weltweit bezogenen Komponenten und Materialien zusammengesetzt sind. Dadurch sind differenziertere Analysen und Schlussfolgerungen auf Komponentenebene nur sehr schwer möglich. Auf der Komponentenebene existieren bereits einige Indikatoren (s. Tabelle 7-32 und Tabelle 7-33 in Anhang IX). Diese wurden jedoch nicht spezifisch für Netzinfrastrukturen entwickelt und sind dadurch für den Telekommunikationssektor nur sehr eingeschränkt geeignet. Aufgrund der geringen Eignung der bestehenden Standards sowie der geringen Vergleichbarkeit bei Anwendung desselben Standards besteht in der Kategorie „Kreislaufwirtschaft“ offensichtlich Entwicklungsbedarf für spezifische Standards auf Komponentenebene für Telekommunikationsnetzinfrastrukturen. Es muss aber bedacht werden, dass die Entwicklung neuer Standards nicht kurzfristig erfolgen kann. Eine Voraussetzung für die Anwendung solche Standards wäre, dass die Technikausrüster den Netzbetreibern entsprechende Daten zur Verfügung stellen. Diese Einschätzung wurde auch von den befragten Stakeholdern geteilt. Dies gilt insbesondere für die Gruppe „Vor der Nutzung“. In der Gruppe „End-of-Life“ steht mit GRI 306 zwar ein Indikator zur Ermittlung von E-Waste-Mengen zur Verfügung; die Gesamtbewertung der Eignung dieses Standards fällt jedoch aufgrund zu großer Spielräume bei der Umsetzung vergleichsweise gering aus.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die in den verfügbaren Standards betrachteten Indikatoren die Qualität von wiederverwendeten, recycelten oder aufbereiteten Produkten nicht berücksichtigen.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass der Standard ITU-T L.1050 zwar keine quantitativen Indikatoren enthält, jedoch eine strukturierte, nach Netzsegmenten gegliederte Identifikation der relevanten Telekommunikationseinrichtungen bietet. Dazu gehören sowohl Netzgeräte als auch technische Infrastrukturausrüstung in Zugangs-, Backhaul- und Backbone-Netzen. Die im Standard gelisteten Geräte können als Grundlage für die systematische Erfassung relevanter E-Waste im Netzbereich verwendet werden.

Literaturverzeichnis

1&1 AG (2024): Pressemitteilung: Neueste Rewheel-Studie zeigt: Weiterhin geringe Wettbewerbsintensität im deutschen Mobilfunkmarkt, vom 03.05.2024. Montabaur. Kontakt: Thomas Kahmann. Online verfügbar unter https://unternehmen.1und1.de/corporate-news/2024/neueste-rewheel-studie-zeigt-weiterhin-geringe-wettbewerbsintensitaet-im-deutschen-mobilfunkmarkt, zuletzt geprüft am 07.01.2025.

1&1 AG (Hg.) (2023): Gesonderter nichtfinanzieller Konzernbericht 2023. Montabaur. Online verfügbar unter https://imagepool.1und1.ag/v2/download/nachhaltigkeitsbericht/1und1-AG_NFB-2023_DE.pdf, zuletzt geprüft am 27.12.2024.

Baldini, G.; Cerutti, I.; Chountala, C. (2024): Identifying common indicators for measuring the environmental footprint of electronic communications networks (ECNs) for the provision of electronic communications services (ECSs) (JRC136475). European Commission, Joint Research Centre (Hg.). Online verfügbar unter https://data.europa.eu/doi/10.2760/093662, zuletzt geprüft am 25.09.2024.

Barrionuevo, P. (2023): Digitisation in the European Taxonomy, The European Taxonomy is crucial to redirect investment towards activities that meet EU environmental objectives and its alignment with European policy objectives is fundamental to establish a sound regulatory framework in the context of the European Green Pact. Telefónica, S. A. (Hg.). Online verfügbar unter https://www.telefonica.com/en/communication-room/blog/digitisation-in-the-european-taxonomy/, zuletzt geprüft am 30.12.2024.

BEREC (2023): BEREC Report on Sustainability Indicators for Electronic Communications Networks and Services (BoR, 166). Body of European Regulators for Electronic Communications (Hg.). Online verfügbar unter https://www.berec.europa.eu/system/files/2023-10/BoR%20%2823%29%20166%20Final%20Report%20on%20sustainability%20indicators%20for%20ECN%20ECS.pdf, zuletzt geprüft am 20.02.2025.

BGBl. 2023 I Nr. 309 (2023): Bundestag. Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland1 (Energieeffizienzgesetz - EnEfG), BGBl. 2023 I Nr. 309. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/enefg/BJNR1350B0023.html, zuletzt geprüft am 29.04.2025.

Bilsen, V.; Gröger, J.; Devriendt, W.; Liu, R.; Gaušas, S.; Behrens, F.; Bley, F.; Carpentier, M.; Duchêne, V.; Köhler, A. R.; Lecocq, C.; Legein, E.; Quack, D. (2021): Study on Greening Cloud Computing and Electronic Communications Services and Networks, Towards Climate Neutrality by 2050. European Commission ,Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology (Hg.). Online verfügbar unter https://www.oeko.de//fileadmin/oekodoc/Study-on-Greening-Cloud-Computing-and-Electronic-Communications-Services-and-Networks.pdf, zuletzt geprüft am 28.04.2025.

BMAS (o.J.): Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), Die neue EU-Richtlinie zur Unternehmens-Nachhaltigkeitsberichterstattung im Überblick. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hg.). Online verfügbar unter https://www.csr-in-deutschland.de/DE/CSR-Allgemein/CSR-Politik/CSR-in-der-EU/Corporate-Sustainability-Reporting-Directive/corporate-sustainability-reporting-directive-art.html, zuletzt geprüft am 28.12.2024.

BNetzA (2023): Jahresbericht Telekommunikation, 2023. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hg.). Online verfügbar unter https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2023/240515_JB_TK_23_web_barrierefrei.pdf, zuletzt geprüft am 07.01.2025.

BNetzA; BMDV (2025): Downloads. Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen und Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hg.). Online verfügbar unter https://gigabitgrundbuch.bund.de/GIGA/DE/Downloads_Suche/Formular.html#searchResult, zuletzt geprüft am 07.01.2025.

Bundesnetzagentur (2024): Jahresbericht Telekommunikation 2023. Bundesnetzagentur (Hg.). Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2024/20240516_JB_TK2023.html.

Deutsche GigaNetz GmbH (2023): Environment, Social & Governance, Policy Statement der Deutschen GigaNetz. Deutsche GigaNetz GmbH (Hg.). Online verfügbar unter https://www.deutsche-giganetz.de/images/dgn/download-center/sonstiges/Deutsche_GigaNetz_ESG-Policy-Statement.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

Deutsche Telekom AG (2023a): Corporate Responsibility Bericht, CO2e-Emissionen. Deutsche Telekom AG (Hg.). Online verfügbar unter https://www.cr-bericht.telekom.com/2023/kennzahlen-tool/comparision/532cb555-7fe4-4d63-8c5a-cf20e590aee5/47635218-1c62-4451-94f5-1bdb5af12248, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

Deutsche Telekom AG (Hg.) (2023b): Corporate Responsibility Bericht 2023. Bonn. Online verfügbar unter https://www.cr-bericht.telekom.com/2023/sites/default/files/pdf/cr_de_2023_dt_final.pdf, zuletzt geprüft am 21.12.2024.

DIN EN 45556:2020-03: Allgemeines Verfahren zur Bewertung des Anteils an wiederverwendeten Komponenten in energieverbrauchsrelevanten Produkten. Online verfügbar unter https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-45556/317433757, zuletzt geprüft am 26.05.2025.

DIN EN 45557:2020-09: Allgemeines Verfahren zur Bewertung des Anteils an recyceltem Material von energieverbrauchsrelevanten Produkten;. Online verfügbar unter https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-45557/316877808, zuletzt geprüft am 26.05.2025.

DIN EN ISO 14064-1:2018: Treibhausgase - Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene (ISO 14064-1:2018). Online verfügbar unter https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nagus/veroeffentlichungen/wdc-beuth:din21:291289049, zuletzt geprüft am 20.05.2025.

ESRS - European Sustainability Reporting Standards (o.J.): ESRS E1-5 Umweltaspekte. European Sustainability Reporting Standards (Hg.). Online verfügbar unter https://esrs-nachhaltigkeitsberichterstattung.de/esrs/umwelt/esrs-e5, zuletzt geprüft am 20.05.2025.

ETNO (2021): ETNO response to the Call for feedback by the Platform on Sustainable Finance on the draft report on preliminary recommendations for technical screening criteria for the EU taxonomy. European Telecommunications Network Operators' Association (Hg.). Online verfügbar unter https://connect-europe.org/sites/default/files/2024-09/downloads/positionpapers/etno%2520response_draft%2520report%2520on%2520preliminary%2520recommendations%2520for%2520technical%2520screening%2520criteria%2520for%2520the%2520eu%2520taxonomy_final.pdf, zuletzt geprüft am 27.12.2024.

ETSI EN 303 471 V1.1.1 (2019-01): Environmental Engineering (EE); Energy Efficiency measurement methodology and metrics for Network Function Virtualisation (NFV). Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303400_303499/303471/01.01.01_60/en_303471v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ETSI EN 303 472 V1.1.1 (2018-10): Environmental Engineering (EE); Energy Efficiency measurement methodology and metrics for RAN equipment. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303400_303499/303472/01.01.01_60/en_303472v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ETSI EN 303 808 V1.1.1 (2023-01): Environmental Engineering (EE); Applicability of EN 45552 to EN 45559 methods for assessment of material efficiency aspects of ICT network infrastructure goods in the context of circular economy. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/303800_303899/303808/01.01.01_60/en_303808v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 12.05.2025.

ETSI EN 305 174-8 V1.1.1 (2018-01): Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Broadband Deployment and Lifecycle Resource Management; Part 8: Management of end of life of ICT equipment (ICT waste/end of life). Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/305100_305199/30517408/01.01.01_60/en_30517408v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 07.01.2024.

ETSI EN 305 200-2-2 V1.2.1 (2018-08): Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Energy management; Operational infrastructures; Global KPIs; Part 2: Specific requirements; Sub-part 2: Fixed broadband access networks. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/305200_305299/3052000202/01.02.01_60/en_3052000202v010201p.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ETSI EN 305 200-2-3 V1.1.1 (2018-06): Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Energy management; Operational infrastructures; Global KPIs; Part 2: Specific requirements; Sub-part 3: Mobile broadband access networks. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/305200_305299/3052000203/01.01.01_60/en_3052000203v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ETSI EN 305 200-3-1 V1.1.1 (2018-02): Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Energy management; Operational infrastructures; Global KPIs; Part 3: ICT Sites; Sub-part 1: DCEM. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/305200_305299/3052000301/01.01.01_60/en_3052000301v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2025.

ETSI ES 202 706-1 V1.8.1: Environmental Engineering (EE); Metrics and measurement method for energy efficiency of wireless access network equipment; Part 1: Power consumption - static measurement method. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/202700_202799/20270601/01.08.01_60/es_20270601v010801p.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ETSI ES 203 199 V1.4.1 ((2024-11): Environmental Engineering (EE); Methodology for environmental Life Cycle Assessment (LCA) of Information and Communication Technology (ICT) goods, networks and services. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/203100_203199/203199/01.04.01_50/es_203199v010401m.pdf, zuletzt geprüft am 19.12.2024.

ETSI ES 203 228 V1.4.1 (2022-04): Environmental Engineering (EE); Assessment of mobile network energy efficiency. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/203200_203299/203228/01.04.01_60/es_203228v010401p.pdf, zuletzt geprüft am 19.12.2024.

ETSI ES 203 539 V1.1.1 (2019-06): Environmental Engineering (EE); Measurement method for energy efficiency of Network Functions Virtualisation (NFV) in laboratory environmen. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/203500_203599/203539/01.01.01_60/es_203539v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 19.12.2024.

ETSI ES 205 200-2-4 V1.1.1 (2015-06): Integrated broadband cable telecommunication networks (CABLE); Energy management; Global KPIs; Operational infrastructures; Part 2: Specific requirements; Sub-part 4: Cable Access Networks. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_es/205200_205299/2052000204/01.01.01_60/es_2052000204v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2025.

ETSI TR 103 476 V1.1.2 (2018-02): Environmental Engineering (EE); Circular Economy (CE) in Information and Communication Technology (ICT); Definition of approaches, concepts and metrics. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103400_103499/103476/01.01.02_60/tr_103476v010102p.pdf, zuletzt geprüft am 13.05.2025.

ETSI TR 103 540 V1.1.1 (2018-04): Environmental Engineering (EE); Mobile Network (MN) Energy Consumption (EC) estimation method; Energy estimation method based on statistical approach. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103500_103599/103540/01.01.01_60/tr_103540v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ETSI TR 103 541 V1.1.1 (2018-05): Environmental Engineering (EE); Best practice to assess energy performance of future Radio Access Network (RAN) deployment. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103500_103599/103541/01.01.01_60/tr_103541v010101p.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ETSI TS 105 174-8 V1.2.1 (2019-12): Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Broadband Deployment and Lifecycle Resource Management; Part 8: Implementation of WEEE practices for ICT equipment during maintenance and at end-of-life. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/105100_105199/10517408/01.02.01_60/ts_10517408v010201p.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2025.

ETSI TS 105 200-2-2 V1.3.1 (2019-12): Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Energy management; Operational infrastructures; Implementation of Global KPIs; Part 2: Specific requirements; Sub-part 2: Fixed broadband access networks. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/105200_105299/1052000202/01.03.01_60/ts_1052000202v010301p.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2025.

ETSI TS 105 200-2-3 V1.2.1 (2019-12): Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Energy management; Operational infrastructures; Implementation of Global KPIs; Part 2: Specific requirements; Sub-part 3: Mobile broadband access networks. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/105200_105299/1052000203/01.02.01_60/ts_1052000203v010201p.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2025.

ETSI TS 105 200-3-1 V1.2.1 (2019-12): Access, Terminals, Transmission and Multiplexing (ATTM); Energy management; Operational infrastructures; Implementation of Global KPIs; Part 3: ICT Sites; Sub-part 1: DCEM. Online verfügbar unter https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/105200_105299/1052000301/01.02.01_60/ts_1052000301v010201p.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2025.

ETSI TS 128 554 V18.7.0 (2024-10): 5G; Management and orchestration; 5G end to end Key Performance Indicators (KPI) (3GPP TS 28.554 version 18.7.0 Release 18). Online verfügbar unter https://shop.standards.ie/en-ie/standards/etsi-ts-128-554-v18-7-0-2024-10--1399555_saig_etsi_etsi_3602014/, zuletzt geprüft am 22.05.2025.

Europäische Kommission (2024): Berichtigung der Delegierten Verordnung (EU) 2023/2772 der Kommission vom 31. Juli 2023 zur Ergänzung der Richtlinie 2013/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates durch Standards für die Nachhaltigkeitsberichterstattung. In: *Amtsblatt der Europäischen Union*, S. 1–287. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202490457, zuletzt geprüft am 03.01.2024.

European Commission (2020): REGULATION (EU) 2020/852 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment, and amending Regulation (EU) 2019/2088. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/852/oj?locale=de, zuletzt geprüft am 28.05.2025.

European Commission (2021a): Commission Delegated Regulation (EU) 2021/2139 of 4 June 2021 supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council by establishing the technical screening criteria for determining the conditions under which an economic activity qualifies as contributing substantially to climate change mitigation or climate change adaptation and for determining whether that economic activity causes no significant harm to any of the other environmental objectives. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2021/2139/oj/eng, zuletzt geprüft am 28.05.2025.

European Commission (2021b): COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2021/2178 of 6 July 2021 supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council by specifying the content and presentation of information to be disclosed by undertakings subject to Articles 19a or 29a of Directive 2013/34/EU concerning environmentally sustainable economic activities, and specifying the methodology to comply with that disclosure obligation. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32021R2178, zuletzt geprüft am 28.05.2025.

European Commission (2023a): Commission Delegated Directive (EU) 2023/2775 of 17 October 2023 amending Directive 2013/34/EU of the European Parliament and of the Council as regards the adjustments

of the size criteria for micro, small, medium-sized and large undertakings or groups. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32023L2775, zuletzt geprüft am 28.05.2025.

European Commission (2023b): COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2023/2485 of 27 June 2023 amending Delegated Regulation (EU) 2021/2139 establishing additional technical screening criteria for determining the conditions under which certain economic activities qualify as contributing substantially to climate change mitigation or climate change adaptation and for determining whether those activities cause no significant harm to any of the other environmental objectives. In: *Official Journal of the European Union*, S. 1–69. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302485, zuletzt geprüft am 30.12.2024.

European Commission (2023c): Commission Delegated Regulation (EU) 2023/2486 of 27 June 2023 supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council by establishing the technical screening criteria for determining the conditions under which an economic activity qualifies as contributing substantially to the sustainable use and protection of water and marine resources, to the transition to a circular economy, to pollution prevention and control, or to the protection and restoration of biodiversity and ecosystems and for determining whether that economic activity causes no significant harm to any of the other environmental objectives and amending Commission Delegated Regulation (EU) 2021/2178 as regards specific public disclosures for those economic activities. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2023/2486/oj/eng, zuletzt geprüft am 27.12.2024.

European Commission (2023d): Commission delegated regulation (EU) 2023/2772 of 31 July 2023 supplementing Directive 2013/34/EU of the European Parliament and of the Council as regards sustainability reporting standards, zuletzt geprüft am 27.05.2024.

European Commission (2023e): COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2023/2772 of 31 July 2023 supplementing Directive 2013/34/EU of the European Parliament and of the Council as regards sustainability reporting standards. In: *Official Journal of the European Union*, S. 1–284. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302772, zuletzt geprüft am 02.01.2025.

European Commission (2024): EU Taxonomy Navigator. European Commission (Hg.). Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/, zuletzt aktualisiert am 21.12.2024.

European Commission (Hg.) (2023f): A user guide to navigate the EU taxonomy for sustainable activities. European Commission. Directorate General for Climate Action. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/assets/documents/Taxonomy%20User%20Guide.pdf, zuletzt geprüft am 21.12.2024.

European Union (2013): Directive 2013/34/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the annual financial statements, consolidated financial statements and related reports of certain types of undertakings, amending Directive 2006/43/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Council Directives 78/660/EEC and 83/349/EEC. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/34/oj/deu, zuletzt geprüft am 28.04.2025.

European Union (2014): DIRECTIVE 2014/95/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 October 2014 amending Directive 2013/34/EU as regards disclosure of non-financial and diversity information by certain large undertakings and groups. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=celex:32014L0095, zuletzt geprüft am 28.04.2025.

European Union (2021): RECOMMENDATIONS COMMISSION RECOMMENDATION (EU) 2021/2279 of 15 December 2021 on the use of the Environmental Footprint methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32021H2279, zuletzt geprüft am 20.05.2025.

European Union (2022a): Directive (EU) 2022/2464 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 amending Regulation (EU) No 537/2014, Directive 2004/109/EC, Directive 2006/43/EC and Directive 2013/34/EU, as regards corporate sustainability reporting. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng, zuletzt geprüft am 28.04.2025.

European Union (2022b): DIRECTIVE (EU) 2022/2464 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 14 December 2022 amending Regulation (EU) No 537/2014, Directive 2004/109/EC, Directive 2006/43/EC and Directive 2013/34/EU, as regards corporate sustainability reporting. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32022L2464, zuletzt geprüft am 28.04.2025.

European Union (2022c): DIRECTIVE (EU) 2022/2464 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 14 December 2022 amending Regulation (EU) No 537/2014, Directive 2004/109/EC, Directive 2006/43/EC and Directive 2013/34/EU, as regards corporate sustainability reporting. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32022L2464, zuletzt geprüft am 28.05.2025.

Fantini, L.; Leiendecker, J.; Friedrich, R.; Kuroki, M. (2024): How the telecom industry can prepare for CSRD/ESRS. Boston Cunsulting Group (Hg.). Online verfügbar unter https://media-publications.bcg.com/How-the-Telecom-Industry-can-prepare-for-CSRD-ESRS.pdf, zuletzt geprüft am 30.12.2024.

freenet AG (2023): Geschätsbericht 2023. freenet AG (Hg.). Online verfügbar unter https://www.freenet.ag/binaries/_ts_1716993793852/content/assets/freenetgroup/pdf/ir-deutsch/es/gb23_d_nfe-web.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

Greenhouse Gas Protocol (2004): A Corporate Accounting and Reporting Standard. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development (Hg.). Online verfügbar unter https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2025.

Greenhouse Gas Protocol (2011): Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development (Hg.). Online verfügbar unter https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporing-Standard_041613_2.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2025.

Greenhouse Gas Protocol (2015): GHG Protocol Scope 2 Guidance, An amendment to the GHG Protocol Corporate Standard. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development (Hg.). Online verfügbar unter https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope%202%20Guidance.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2025.

Greenhouse Gas Protocol Initiative (2004): The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development (Hg.). Online verfügbar unter https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

Greenhouse Gas Protocol Initiative (2011): Greenhouse Gas Protocol, Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. Supplement to the GHG Protocol Corporate. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development (Hg.). Online verfügbar unter https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporing-Standard_041613_2.pdf, zuletzt geprüft am 19.12.2024.

Greenhouse Gas Protocol Initiative (2013): Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions, Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard (Version 1.0). World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development (Hg.). Online verfügbar unter https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope3_Calculation_Guidance_0%5B1%5D.pdf, zuletzt geprüft am 19.05.2025.

GRI 306: Waste 2020. Online verfügbar unter https://www.globalreporting.org/pdf.ashx?id=12521, zuletzt geprüft am 26.05.2025.

GSMA - GSM Association; GeSi - Global Enabling Sustainability Initiative; ITU - International Telecommunication Union (Hg.) (2023): Scope 3 Guidance for Telecommunication Operators. Online verfügbar unter https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/external-affairs/wp-content/uploads/2023/07/Scope-3-Guidance-2023.pdf, zuletzt geprüft am 19.05.2025.

Hafenrichter, N. (2024): Mehr Speed auf alten Frequenzen: 2G-Abschaltung sorgt für besseres Netz. Telecom (Hg.). Online verfügbar unter https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/mehr-speed-auf-alten-frequenzen-2g-abschaltung-sorgt-fuer-besseres-netz-1081802, zuletzt geprüft am 07.01.2025.

Huckins, S. (2025): 2024 Reflections and Looking Ahead: Letter from GHG Protocol Steering Committee Chair and Vice Chair. Greenhouse Gas Protocol Initiative (Hg.). Online verfügbar unter https://ghgprotocol.org/blog/2024-reflections-and-looking-ahead-letter-ghg-protocol-steering-committee-chair-and-vice-chair, zuletzt geprüft am 29.04.2025.

ITU-T L. 1023 (08/2023): Assessment method for circularity performance scoring. Online verfügbar unter https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1023-202308-I, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ITU-T L. 1325 (12/2016): Green ICT solutions for telecom network facilities. Online verfügbar unter https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1325-201612-I, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ITU-T L. 1331 (01/2022): Assessment of mobile network energy efficiency. Online verfügbar unter https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=14940&lang=en, zuletzt geprüft am 19.12.2024.

ITU-T L. 1332 (01/18): Total network infrastructure energy efficiency metrics. Online verfügbar unter https://shop.standards.ie/en-ie/standards/itu-t-l-1332-01-18--1220821_saig_itu_itu_2963393/, zuletzt geprüft am 22.05.2025.

ITU-T L. 1350 (10/2016): Energy efficiency metrics of a base station site. Online verfügbar unter https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=12883&lang=en, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ITU-T L. 1351 (08/2018): Energy efficiency measurement methodology for base station sites. Online verfügbar unter https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=13580&lang=en, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ITU-T L. 1382 (06/2020): Smart energy solution for telecommunication rooms. Online verfügbar unter https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?id=14306&lang=en, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

ITU-T L. 1390 (08/2022): Energy saving technologies and best practices for 5G radio access network (RAN) equipment. Online verfügbar unter https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=15029&lang=en, zuletzt geprüft am 22.05.2025.

ITU-T L. 1420 (02/12): Methodology for energy consumption and greenhouse gas emissions impact assessment of information and communication technologies in organizations. Online verfügbar unter https://www.itu.int/rec/T-REC-L.1420-201202-I, zuletzt geprüft am 26.05.2025.

ITU-T L. 1420 (02/2012): Methodology for energy consumption and greenhouse gas emissions impact assessment of information and communication technologies in organizations. Online verfügbar unter https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=16010&lang=en, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

M-net Telekommunikations GmbH (Hg.) (2023): Treibhausgasemissionsbericht, nach Greenhouse Gas Protocol der M-net Telekommunikations GmbH. Online verfügbar unter https://www.m-net.de/fileadmin/0_Allgemein/8_Ueber_M-net/Allgemein/M-net_Treibhausgasemissionsbericht_2023.pdf, zuletzt geprüft am 22.01.2025.

Stadtwerke Köln GmbH (2022): Nachhaltigkeitsbericht 2022. Stadtwerke Köln GmbH (Hg.). Online verfügbar unter https://www.stadtwerkekoeln.de/fileadmin/gb/2022/pdf/Gesamt_pdf/01_SWK_Nachhaltigkeitsbericht_2022_gesamt.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

statista (2023): Marktanteile der Provider an den Breitbandanschlüssen in Deutschland im 2. Quartal 2023. statista (Hg.). Online verfügbar unter https://de.statista.com/statistik/daten/studie/949908/umfrage/marktanteile-der-fuehrenden-breitbandanbieter-in-deutschland/, zuletzt geprüft am 07.01.2025.

Tele Columbus AG (2023): CSR Bericht 2023. Tele Columbus AG (Hg.). Online verfügbar unter https://www.telecolumbus.com/wp-content/uploads/2024/05/de_tc-ag_csr-bericht-2023_2024.pdf, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

Telefónica Deutschland Holding AG (2023a): ESG-Daten und Indizes (GRI, TCFD, SASB). Telefónica Deutschland Holding AG (Hg.). Online verfügbar unter https://www.telefonica.de/nachhaltigkeit/reporting.html, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

Telefónica Deutschland Holding AG (Hg.) (2023b): Gesonderter nichtfinanzieller Konzernbericht Telefónica Deutschland Holding AG für das Berichtsjahr 2023. Online verfügbar unter https://www.telefonica.de/file/public/1913/Telefonica-Deutschland-Nichtfinanzieller-Bericht-DE-2023.pdf?attachment=1, zuletzt geprüft am 27.12.2024.

TKG (2021): Bundestag mit Zustimmung des Bundesrates. Telekommunikationsgesetz vom 23. Juni 2021 (BGBl. I S. 1858), das zuletzt durch Artikel 35 des Gesetzes vom 6. Mai 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 149) geändert worden ist, TKG. Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/tkg_2021/, zuletzt geprüft am 29.04.2025.

United Internet AG (Hg.) (2025): Nachhaltigkeitsbericht 2024. Montabaur. Online verfügbar unter https://www.united-internet.de/fileadmin/user_upload/United_Internet_NHB24.pdf, zuletzt geprüft am 06.05.2025.

Verbraucherzentrale NRW e.V. (Hg.) (2023): 3G-Netz-Abschaltung: Achtung bei älteren Handys und Verträgen. Online verfügbar unter https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/digitale-welt/mobilfunk-und-festnetz/3gnetzabschaltung-achtung-bei-aelteren-handys-und-vertraegen-56539, zuletzt geprüft am 07.01.2025.

Vodafone Group Plc (2024): ESG Methodology. Vodafone Group Plc (Hg.). Online verfügbar unter https://reports.investors.vodafone.com/view/197500047/18/, zuletzt geprüft am 18.12.2024.

Weber, T. (2022): Wann wird 3G abgeschaltet – und wie bereiten Sie sich darauf vor?. emnify (Hg.). Online verfügbar unter https://www.emnify.com/de/blog/wann-wird-3g-abgeschaltet, zuletzt geprüft am 07.01.2025.

Anhang

(siehe separates Dokument)