

TEXTE

158/2026

Teilbericht

Machbarkeitsstudie zur Erarbeitung von Vergabekriterien für ein Umweltzeichen Blauer Engel für Videokonferenzsysteme

von:

Andreas R. Köhler, Tobias Sautter, Carlotta Gertsen
Öko-Institut Consult GmbH, Berlin

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 158/2026

Ressortforschungsplan des Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3723 37 302 0

Teilbericht

Machbarkeitsstudie zur Erarbeitung von Vergabekriterien für ein Umweltzeichen Blauer Engel für Videokonferenzsysteme

von

Andreas R. Köhler, Tobias Sautter, Carlotta Gertsen
Öko-Institut Consult GmbH, Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Öko-Institut Consult GmbH
Merzhauserstr. 173
79100 Freiburg i.Br.

Abschlussdatum:

September 2026

Redaktion:

Beratungsstelle nachhaltige Informations- und Kommunikationstechnik (Green-IT)
Rosemarie Bähne; Dr. Marina Proske FG III 1.3 Ökodesign, Umweltkennzeichnung,
Umweltfreundliche Beschaffung

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8869>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Oktober 2026

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Der Bericht untersucht die Machbarkeit von Vergabekriterien für das Umweltzeichen Blauer Engel für professionelle Videokonferenzsysteme (VKS). Hintergrund ist die stark gestiegene Nutzung von Videokonferenzen im beruflichen Umfeld. Das macht diese Geräte aus Umweltperspektive zu einer relevanten Produktgruppe. Ziel des Berichts ist es, die wesentlichen Umweltauswirkungen professioneller Videokonferenzsysteme zu analysieren und daraus eine fachliche Grundlage für Umweltaanforderungen und nachhaltige Beschaffung abzuleiten.

Die technische Analyse zeigt, dass moderne professionelle Videokonferenzsysteme komplexe, oft modulare Architekturen aufweisen. Sie kombinieren hochwertige Audio- und Videotechnik mit leistungsfähiger Datenverarbeitung, Netzwerkanbindung und softwaregestützten Funktionen wie Geräuschunterdrückung, Sprecherfokussierung, virtuellen Hintergründen oder KI-gestützter Untertitelung. Professionelle Systeme unterscheiden sich von Consumer-Lösungen insbesondere durch ihre Auslegung auf immersive, störungsarme Kommunikation, hohe Audio- und Bildqualität sowie den Einsatz in hybriden¹ Besprechungsszenarien mit mehreren zugeschalteten Räumen oder Teilnehmenden. Zudem sind professionelle VKS in der Regel für den Betrieb mit verschiedenen VK-Plattformen wie MS Teams, Zoom oder Webex zertifiziert. Dadurch unterliegen sie den Kompatibilitäts- und Lizenzanforderungen dieser Plattformen.

Die Markt- und Umfeldanalyse deutet ein starkes Wachstum des Marktes für professionelle Videokonferenzsysteme an, allerdings fehlen öffentlich zugängliche Marktdaten. Gleichzeitig zeigt sich, dass es für diese Produktgruppe bislang kaum spezifische regulatorische Vorgaben oder Umweltzeichen gibt. Zwar bestehen Anforderungen für verwandte Produktgruppen wie elektronische Displays oder allgemeine IT-Hardware, doch Videokonferenzsysteme als Gesamtlösungen werden bislang nicht gezielt adressiert. Daraus ergibt sich die Relevanz eines eigenständigen Umweltzeichens, das sowohl privaten als auch öffentlichen Beschaffungsstellen Orientierung bei der Auswahl umweltfreundlicher Geräte geben kann.

Als zentrale Umweltaspekte identifiziert der Bericht zum einen den direkten Stromverbrauch der Geräte im Betrieb und im Bereitschaftszustand. Hinzu kommen die Umweltwirkungen durch die Datenübertragung im Internet, insbesondere das Treibhausgaspotenzial der Stromerzeugung. Weitere relevante Aspekte sind die Lebensdauer der Systeme, ihre Reparierbarkeit, die Verfügbarkeit von Ersatzteilen sowie die Recyclingfähigkeit verwendeter Materialien.

Der Bericht kommt zu dem Schluss, dass professionelle Videokonferenzsysteme grundsätzlich eine geeignete Produktgruppe für die Entwicklung von Vergabekriterien des Blauen Engels darstellen. Für die weitere Ausarbeitung werden insbesondere vier Anforderungskomplexe empfohlen: erstens verbindliche Grenzwerte für die Leistungsaufnahme im Betrieb und im jeweiligen Bereitschaftszustand, zweitens Materialanforderungen mit Fokus auf der Vermeidung gefährlicher Stoffe und den Einsatz von Recyclingkunststoffen, drittens Kriterien zur Langlebigkeit und Reparierbarkeit einschließlich Ersatzteilverfügbarkeit sowie viertens Informationspflichten zu Umweltauswirkungen und ressourcenschonender Nutzung.

Insgesamt liefert der Bericht damit eine wissenschaftliche Grundlage, um nachhaltige öffentliche Beschaffung für Videokonferenztechnik zu unterstützen. Allerdings hat sich im Verlauf des Projekts ein eher geringes Interesse seitens Hersteller und Inverkehrbringer an einem Blauen Engel für professionelle Videokonferenzsysteme gezeigt. Es wird daher vorgeschlagen, die in dieser Machbarkeitsstudie skizzierten Vergabekriterien für ein Umweltzeichen zunächst in Gestalt eines Beschaffungsleitfadens für öffentliche Beschaffungsstellen anzulegen.

¹ Hybrid = Teilnehmende in Präsenz sowie Online-Teilnahme weiterer Personen via Videokonferenz

Abstract

This background report examines the feasibility of establishing award criteria for the Blue Angel eco-label for professional video conferencing systems (VCS). The report is prompted by the sharp increase in the use of video conferencing in the workplace. From an environmental perspective, this makes such equipment a relevant product group. The aim of the report is to analyse the key environmental impacts of professional video conferencing systems and to derive a technical basis for environmental requirements and sustainable procurement.

Technical analysis shows that modern professional video conferencing systems feature complex, often modular architectures. They combine high-quality audio and video technology with powerful data processing, network connectivity, and software-based features such as noise cancellation, speaker focus, virtual backgrounds, and AI-powered captioning. Professional systems differ from consumer solutions primarily in their design for immersive, low-interference communication, high audio and video quality, and use in hybrid meeting scenarios with multiple connected rooms or participants. In addition, professional VCS are usually certified for operation with various VCS platforms such as MS Teams, Zoom or Webex. This means they are subject to the compatibility and licensing requirements of these platforms.

The market and industry analysis suggests strong growth in the market for professional video conferencing systems; however, publicly available market data is lacking. At the same time, it is evident that there are currently few specific regulatory requirements or eco-labels for this product group. While requirements exist for related product groups such as electronic displays or general IT hardware, video conferencing systems as complete solutions have not yet been specifically addressed. This highlights the relevance of a standalone eco-label that can provide guidance to both private and public procurement agencies in selecting environmentally friendly equipment.

The report identifies the direct electricity consumption of the devices during operation and in standby mode as key environmental aspects. In addition, there are the environmental impacts resulting from data transmission over the Internet, particularly the greenhouse gas potential associated with electricity generation. Other relevant aspects include the systems' service life, their reparability, the availability of replacement parts, and the recyclability of the materials used.

The report concludes that professional video conferencing systems are, in principle, a suitable product group for the development of Blue Angel procurement criteria. For further elaboration, four sets of requirements are specifically recommended: first, binding limits for power consumption during operation and in standby mode; second, material requirements with a focus on avoiding hazardous substances and the use of recycled plastics; third, criteria for durability and reparability, including the availability of spare parts; and fourth, information requirements regarding environmental impacts and resource-efficient use.

Overall, the report thus provides a scientific basis for supporting sustainable public procurement of video conferencing technology. However, during the course of the project, there has been relatively little interest on the part of manufacturers and distributors in a Blue Angel label for professional video conferencing systems. It is therefore proposed that the award criteria, as outlined in this background report, should initially be created in the form of a procurement guide for public procurement agencies.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	10
Tabellenverzeichnis	11
Abkürzungsverzeichnis.....	12
Zusammenfassung.....	15
Summary	22
1 Hintergrund	28
2 Zielsetzung.....	29
3 Untersuchungsgegenstand.....	30
4 Technische Analyse von Videokonferenzsystemen für professionelle Anwendungen.....	33
4.1 Architektur von Videokonferenzsystemen	33
4.2 Allgemeine Ausstattung von VK-Räumen	35
4.3 VK-Terminals und Controller (Grundgeräte).....	36
4.4 Netzwerkkomponenten	37
4.5 VK-Bildanzeigergeräte	38
4.6 VK-Mikrofone	39
4.7 VK-Lautsprecher / Soundbars	39
4.8 Sonstige Hardware	39
4.9 Software.....	40
4.10 Codecs und Protokolle	41
5 Markt- und Umfeldanalyse.....	44
5.1 Marktanalyse	44
5.2 Regulatorisches Umfeld	45
5.2.1 Circular Economy Action Plan (CEAP)	45
5.2.2 Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)	46
5.2.3 Restriction of Hazardous Substances (RoHS).....	46
5.2.4 Batterieverordnung (BatterieVO)	47
5.3 Weitere regulatorische Aspekte	47
5.3.1 Anforderungen zur Ersatzteilverfügbarkeit	47
5.3.2 Deklaration zum SVHC-Gehalt des Erzeugnisses	49
5.4 Umfeldanalyse zu existierenden Umwelt- und Gütezeichen für VK-Systeme.....	50
5.4.1 Blauer Engel	50
5.4.2 ENERGY STAR	50

5.4.3	EPEAT - Electronic Product Environmental Assessment Tool.....	51
5.4.4	TCO Certified Generation 9 und 10.....	51
5.4.5	EU Ecolabel	51
5.5	Messstandards	51
6	Umweltauswirkungen	52
6.1	Leistungsaufnahme der VK-Grundgeräte	52
6.2	Herstellung und Entsorgung der VK-Geräte	57
6.3	Energieverbrauch von Bildanzeigegeräten	57
6.3.1	Energieverbrauch von VK-Bildanzeigegeräten im aktiven Betriebszustand.....	58
6.3.2	Leistungsaufnahme von VK-Bildanzeigegeräten im Sleep-Mode	65
6.4	Energieverbrauch für Datenübertragung im Internet	67
7	Vorschlag von Vergabekriterien für ein Umweltzeichen	69
7.1	Begriffsbestimmung	70
7.2	Geltungsbereich	72
7.3	Anforderungen an die Energieeffizienz	73
7.3.1	VK-Grundgeräte inklusive aller Komponenten	74
7.3.1.1	Aktiver Betriebszustand.....	74
7.3.1.2	Bereitschaftszustand (Standby-Zustand)	75
7.3.1.3	Aus-Zustand	76
7.3.2	Videokonferenz-Bildschirme.....	76
7.3.2.1	Energieeffizienz der Bildschirme im eingeschalteten Zustand	77
7.3.2.2	Umschaltung der Bildschirme in den Bereitschaftszustand (Standby-Zustand).....	77
7.3.3	All-in-One Videokonferenzsysteme	77
7.3.4	Energiemanagement.....	78
7.3.4.1	Ausschaltfunktion	78
7.3.4.2	Umschaltung in den vernetzten Bereitschaftsbetrieb oder den Bereitschaftszustand	78
7.3.4.3	Umschaltung des Bildschirms in den Bereitschaftszustand	79
7.4	Materialanforderungen	79
7.4.1	Materialanforderungen an die Primärkunststoffe der Gehäuse, Gehäuseteile und Kabel	79
7.4.2	Materialanforderungen an die Recyclingkunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile	81
7.4.2.1	Mindesteinsatz von Recyclingkunststoffen	81
7.4.2.2	Herkunft der Recyclingkunststoffe	82

7.4.2.3	Ausschluss bestimmter PCR-Zusatzstoffe in Recyclingkunststoffen	83
7.5	Langlebigkeit und Reparierbarkeit.....	83
7.5.1	Garantie	83
7.5.2	Kompatibilität	83
7.5.3	Software-Updates	84
7.5.4	Sichere Datenlöschung und Zurücksetzbarkeit für die Wiederverwendung.....	84
7.5.5	Ersatzteilverfügbarkeit.....	85
7.5.5.1	Austauschbarkeit von Ersatzteilen	85
7.5.6	Teilepaarung	86
7.6	Soziale Anforderungen an Produktion und Lieferkette	86
7.6.1	Sorgfaltspflichten von Unternehmen bei der Rohstoffgewinnung.....	86
7.6.2	Unterstützung von vor-Ort Initiativen zum verantwortungsvollen Bergbau.....	87
7.6.3	Soziale Nachhaltigkeit in der Fertigung	88
7.7	Produktinformationen	89
8	Fazit/Ausblick	91
9	Literatur	92
A	Zuordnung von Gefahrenkategorien und H-Sätzen	96
B	Liste der produktspezifischen Werkzeuge (Klasse B)	98

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung der Bestandteile von Videokonferenzsystemen inkl. Empfehlung eines Geltungsbereichs für das Umweltzeichen Blauer Engel.....	32
Abbildung 2:	Technisches Schema einer Videokonferenz	34
Abbildung 3:	Marktprognose für den Umsatz für Videokonferenzplattformen im deutschen Markt	45
Abbildung 4:	Thermografie (links) des Terminals und Kamera eines professionellen VKS vom HiNA-Typ im vernetzten Bereitschaftsbetrieb	54
Abbildung 5:	Thermografie (links) des Bildschirm-Controllers eines professionellen VKS im vernetzten Bereitschaftsbetrieb.....	55
Abbildung 6:	Thermografie (links) des Mikrofon-Arrays eines professionellen VKS im Bereitschaftszustand	55
Abbildung 7:	Thermografie (links) des Netzteils eines professionellen VKS im Bereitschaftszustand	56
Abbildung 8:	Treibhausgasemissionen Videokonferenz-Teilnahme bei verschiedenen Anzeigergeräte-Kombinationen (Herstellungs- und Nutzungsphase)	58
Abbildung 9:	On-Mode Leistungsaufnahme von Signage Displays aus der EPREL-Datenbank in Abhängigkeit von der Bildschirmdiagonale	59
Abbildung 10:	On-Mode Leistungsaufnahme von Signage Displays aus der EPREL-Datenbank in Abhängigkeit von der Bildschirmdiagonale	60
Abbildung 11:	On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays nach Bildschirmdiagonale.....	61
Abbildung 12:	On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays nach Bildschirmfläche und aufgeschlüsselt nach Bildschirm-Technologie	62
Abbildung 13:	On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Bildschirm-Technologie	62
Abbildung 14:	On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Bildschirmdiagonale und Technologie	63
Abbildung 15:	On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Bildschirmgröße und der Luminanz (farbcodiert)	63
Abbildung 16:	On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Lichtstärke	64
Abbildung 17:	On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Bildschirmgröße und der Luminanz (farbcodiert)	64
Abbildung 18:	On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Bildschirmgröße und der Lichtstärke	65
Abbildung 19:	Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays im Sleep-Mode	66

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Begriffsabgrenzungen.....	30
Tabelle 2:	Übersicht relevanter Video-Codecs.....	41
Tabelle 3:	Exemplarische Übersicht von im Jahr 2025 kommerziell verfügbaren VK-Geräten.....	44
Tabelle 4:	Zusammenstellung der Ersatzteilverfügbarkeit	47
Tabelle 5:	Definition der Ersatzteile gemäß EU-Umweltzeichens für elektronische Displays (EU 2020/1804)	48
Tabelle 6:	Vergleichstabelle: EU vs. ENERGY STAR zu On / Sleep / Standby / Off bei Bildschirmen	66
Tabelle 7:	Energieverbrauch der Datenübertragung im Internet	67
Tabelle 8:	Vergleich von Studien zum Energieverbrauch und Carbon-Footprint von Videostreaming und Videoconferencing.....	68
Tabelle 9:	Maximale Leistungsaufnahme für VKS inklusive aller Komponenten in ihrer am Markt angebotenen Grundkonfiguration.....	74
Tabelle 10:	Zuordnung von Gefahrenkategorien und H-Sätzen	96

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
2K / 4K	Videoauflösung mit 2048 bzw. 4096 Pixeln (Bildbreite)
5G	Mobilfunkstandard der fünften Generation
AEC	Acoustic Echo Cancellation
API	Application Programming Interfaces (Programmierschnittstellen)
AVC	Advanced Video Coding
BatterieVO	Batterieverordnung
CAGR	Compound annual growth rate
CEAP	Circular Economy Action Plan
CMR	Krebserzeugend, mutagen oder reproduktionstoxisch
CPU	Central Processing Unit
DSP	Digitaler Signalprozessor
EEE	Electrical and electronic equipment
EPREL	European Product Database for Energy Labelling
ESPR	Ecodesign for Sustainable Product Regulation (EU-Ökodesign-Verordnung)
EU	Europäische Union
GB	Gigabyte
GRS	Global Recycled Standard
HAL	Hardware Abstraction Layer (Hardwareabstraktionsschicht)
HD	High Definition Video (1280 x 720 Pixel)
HDMI	High Definition Multimedia Interface
HEVC	High Efficiency Video Coding
HiNA	High Network Availability
IETF	Internet Engineering Task Force
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IT	Informationstechnologie
kbps	KiloBits pro Sekunde
KI	Künstliche Intelligenz
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid Crystal Display

Abkürzung	Erläuterung
LTE	Long Term Evolution
Mbps	MegaBits pro Sekunde
MS	Microsoft
PBB	Polybromierte Biphenyle
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PBT	persistent, bioakkumulativ und toxisch
PC	Personal Computer
PCR	Post-Consumer Recycled
PMT	Persistent, mobil und toxisch
PTZ	Pan-Tilt-Zoom
vPvM	very persistent and very mobile
RoHS	Restriction of Hazardous Substances
RTOS	Real-Time Operating System (Echtzeitbetriebssystem)
RTP	Real-Time Transport Protocol
SDR	Standard-Dynamikumfang
SHA256	Secure Hash Algorithm 256-bit
SIP	Session Initiation Protocol
SRTP	Secure Real-time Transport Protocol
SVHC	Substance of Very High Concern
TCO- Certified	Nachhaltigkeits- und Qualitätslabel für IT-Produkte
TFT	Thin Film Transistor
TLS	Transport Layer Security
TV	Television
UC	Unified Communications
UCC	Unified Communications and Collaboration
USB	Universal Serial Bus
VK	Videokonferenz
VKS	Videokonferenzsystem
VO	Verordnung
VoIP	Voice over Internet Protocol

Abkürzung	Erläuterung
vPvB	Sehr persistent und sehr bioakkumulierbar
vPvM	Sehr persistent und sehr mobil
W	Watt
WebRTC	Web Real-Time Communication
WLAN	Wireless Local Area Network

Zusammenfassung

Die starke Zunahme von Videokonferenzen im beruflichen Umfeld hat deren Umweltrelevanz deutlich erhöht. Vor diesem Hintergrund besteht ein Bedarf zur Kennzeichnung von besonders energieeffizienten und umweltgerechten Videokonferenzsystemen, um die Entscheidungsfindung beim Kauf zu erleichtern.

Der Bericht dokumentiert die wissenschaftliche Vorarbeit zur Prüfung der Machbarkeit der Entwicklung von Vergabekriterien für das Umweltzeichen Blauer Engel für professionelle Videokonferenzsysteme (VKS). Ziel des Berichts ist es, die wesentlichen Umweltauswirkungen professioneller Videokonferenzsysteme zu analysieren und daraus eine fachliche Grundlage für Umweltaanforderungen und nachhaltige Beschaffung abzuleiten.

Die technische Analyse zeigt, dass moderne professionelle Videokonferenzsysteme komplexe, oft modulare Architekturen aufweisen. Sie kombinieren hochwertige Audio- und Videotechnik mit leistungsfähiger Datenverarbeitung, Netzwerkanbindung und softwaregestützten Funktionen wie Geräuschunterdrückung, Sprecherfokussierung, virtuellen Hintergründen oder KI-gestützter Untertitelung. Professionelle Systeme unterscheiden sich von Consumer-Lösungen insbesondere durch ihre Auslegung auf immersive, störungsarme Kommunikation, hohe Audio- und Bildqualität sowie den Einsatz in hybriden Besprechungsszenarien mit mehreren zugeschalteten Räumen oder Teilnehmenden. Im Fokus stehen professionelle Videokonferenzsysteme, die aus Hardware (z. B. Kamera, Mikrofone, Lautsprecher, Steuereinheit, Bildschirme) und zugehöriger Software bestehen. Zudem sind professionelle VKS in der Regel für den Betrieb mit verschiedenen VK-Plattformen wie MS Teams, Zoom oder Webex zertifiziert. Dadurch unterliegen sie den Kompatibilitäts- und Lizenzanforderungen dieser Plattformen.

Nicht betrachtet werden reine Softwarelösungen (wie Zoom oder Webex), einfache Peripheriegeräte (z. B. USB-Webcams) sowie Zusatztechnik wie Whiteboards oder Möbel. Entscheidend ist, dass ein professionelles System eine Mindestausstattung an hochwertiger Audio- und Videotechnik bietet, um immersive und störungsfreie Kommunikation zu ermöglichen.

Moderne Videokonferenzsysteme bestehen in der Regel aus mehreren Komponenten, die in Kombination (modular) oder im Verbund (all-in one) am Markt angeboten werden:

- ▶ Controller/Terminal: Steuereinheit mit leistungsfähigen Prozessoren für die Audio-/Videodatenverarbeitung.
- ▶ Kameras: Oft schwenkbar und mit automatischer Sprecherfokussierung.
- ▶ Mikrofone und Lautsprecher: Hochwertige, raumangepasste Systeme für klare Verständigung.
- ▶ Netzwerkmodule: Für stabile, sichere Verbindungen über LAN, WLAN oder Mobilfunk (LTE, 5G).
- ▶ Anzeigegeräte (Bildschirme, Projektoren)
- ▶ Software: Für Steuerung, Störgeräuschunterdrückung, virtuelle Hintergründe und teilweise KI-gestützte Funktionen wie automatische Untertitelung.

Die Architektur ist meist modular: Die Endgeräte werden flexibel über Netzwerke mit zentralen Videokonferenzplattformen verbunden, wobei Sicherheits- und Verschlüsselungsmechanismen eine wichtige Rolle spielen. Die Systeme unterstützen verschiedene Protokolle (SIP, H.323,

WebRTC) zur Integration in bestehende IT-Umgebungen. Das Herzstück moderner Architekturen bilden häufig cloudbasierte VK-Plattformen, die Audio-, Video- und Datenströme verwalten. Aus technischer Sicht ist dabei von Bedeutung, dass sich professionelle VKS heute in eine umfassendere Landschaft aus Meeting-Lösungen, Unified-Communications- und Unified-Communications-and-Collaboration-Plattformen einfügen. Dadurch steigen die Anforderungen an Interoperabilität, Schnittstellen, Softwareintegration und langfristige Kompatibilität.

Im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand ist hervorzuheben, dass professionelle VKS sowohl als integrierte Geräte als auch als modular aufgebaute Systeme vorliegen können. Für die Zuordnung zum Geltungsbereich dieser Studie ist der Lieferumfang entscheidend: Ein professionelles VKS soll mindestens ein Grundgerät sowie hochwertige Kamera-, Lautsprecher- und Mikrofonkomponenten umfassen. Nicht im Geltungsbereich liegen hingegen einfache externe Audio- und Videoperipherie ohne dedizierte Systemfunktion, Personal Computer, Tablets, Smartphones und Laptops sowie weitere Elemente von Videokonferenzräumen wie Beleuchtungseinrichtungen, Möblierung oder elektronische Whiteboards ohne Videokonferenzfunktion. Ebenfalls ausgenommen sind Systeme für Großveranstaltungen, Sportevents oder TV-Studios. Die Abgrenzung ist wichtig, weil nur so eine fachlich belastbare Grundlage für die Bewertung der Umweltauswirkungen der eigentlichen Produktgruppe geschaffen werden kann.

Die einzelnen Systembestandteile übernehmen unterschiedliche technische Funktionen und unterscheiden sich zugleich hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz. Die Controller stellen die zentrale Steuereinheit dar und sind für die Verarbeitung und Übertragung von Audio-, Video- und Datenströmen zuständig. Sie verfügen in der Regel über leistungsfähige Prozessoren, die eine Codierung und Decodierung mit geringer Latenz und hoher Qualität ermöglichen. Moderne Geräte bieten darüber hinaus Funktionen wie Verschlüsselung, Fehlerkorrektur und Bandbreitenmanagement. Über Schnittstellen wie HDMI, USB, Bluetooth und Netzwerkanschlüsse lassen sich Kameras, Mikrofonarrays, Lautsprechersysteme, Präsentationsgeräte oder Raumsteuerungssysteme anbinden. Netzwerkkomponenten sind für den Betrieb unverzichtbar, da professionelle VKS auf lokale Netzwerke, Internetzugang und teils auch WLAN- oder Mobilfunkverbindungen angewiesen sind. Gerade bei internetbasierten und cloudgestützten Architekturen bleibt die Netzwerkverbindung häufig dauerhaft aktiv. Bildanzeigegeräte nehmen in der Produktgruppe eine besondere Rolle ein: Bei All-in-One-Systemen sind sie oft fester Bestandteil des Produkts, während sie bei modularen Systemen frei gewählt und ausgetauscht werden können. Daraus ergeben sich unterschiedliche Beschaffungszyklen und erhöhte Anforderungen an die Schnittstellenkompatibilität. Diese Unterschiede sind für die Entwicklung umweltbezogener Anforderungen von großer Bedeutung, weil sich nicht alle umweltrelevanten Eigenschaften unmittelbar aus dem Grundgerät selbst ableiten lassen.

Der Markt für professionelle Videokonferenzsysteme ist in den letzten Jahren stark gewachsen. Dies betrifft sowohl die Verbreitung der Systeme im beruflichen Umfeld als auch die Vielfalt der verfügbaren Produkte. Es gibt zahlreiche Anbieter und eine breite Produktpalette, wobei die Systeme oft deutlich teurer und leistungsfähiger sind als Lösungen für den Privatgebrauch. Das Angebot reicht von kompakten All-in-One-Geräten für kleine Besprechungsräume bis hin zu modularen Lösungen für größere Konferenzräume. Jedoch ist die Datenlage zum Markt insgesamt begrenzt. Öffentlich zugängliche, belastbare Informationen zu Verkaufszahlen, Marktanteilen oder Gerätebeständen professioneller VKS sind kaum verfügbar. Marktanalysen beziehen sich deshalb häufig auf Videokonferenzplattformen oder allgemeine Unified-Communications-Märkte und nur indirekt auf die hier betrachteten VKS. Gleichwohl deuten verfügbare Prognosen auf ein anhaltendes Marktwachstum hin. Der Unternehmenssektor bleibt dabei der wichtigste Anwendungsbereich. Diese dynamische Marktentwicklung unterstreicht die Relevanz

der Produktgruppe für die nachhaltige Beschaffung, erschwert aber zugleich die Entwicklung eines Umweltzeichens, wenn sich Produktmerkmale, Integrationsformen und Funktionsumfänge schnell verändern.

Das regulatorische Umfeld adressiert professionelle Videokonferenzsysteme bislang nur indirekt. Der Circular Economy Action Plan der Europäischen Union formuliert allgemeine Ziele für langlebigere, reparierbarere und recyclingfähigere Elektronikprodukte, ohne jedoch VKS explizit zu behandeln. Auch die 2024 beschlossene Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) schafft bislang lediglich einen Rahmen für künftige Anforderungen; VKS gehören derzeit nicht zu den priorisierten Produktgruppen. Perspektivisch könnten sie jedoch unter allgemeinere Kategorien wie IKT- und Unterhaltungselektronik fallen. Bereits relevant sind horizontale Regelungen zum Stromverbrauch im Aus-Zustand, im Bereitschaftszustand und im vernetzten Bereitschaftsbetrieb. Ob und in welchem Umfang professionelle VKS hierunter fallen, hängt jedoch von ihrer konkreten Ausgestaltung ab, insbesondere von der Frage, ob sie Merkmale hoher Netzwerkverfügbarkeit (HiNA) aufweisen oder Komponenten wie Mini-computer enthalten, die sie von bestimmten Anwendungsbereichen der Regulierung ausnehmen können. Ergänzend gelten die stoffbezogenen Anforderungen der RoHS-Richtlinie für Elektro- und Elektronikgeräte sowie die Anforderungen der EU-Batterieverordnung (sofern Batterien integriert sind). Für einige Komponenten wie Konferenzkameras, portable Endgeräte oder Freisprecheinrichtungen können insbesondere Vorgaben zu enthaltenen Batterien, zur Austauschbarkeit und zu Informationspflichten relevant werden. Insgesamt fehlt es jedoch bislang an VKS-spezifischen regulatorischen Vorgaben, die die Produktgruppe als Ganzes adressieren.

Auch bei weiteren regulatorischen Aspekten zeigt sich eine Lücke zwischen der Umweltrelevanz der Produktgruppe und der Spezifität bestehender Anforderungen. Die Reparierbarkeit hängt entscheidend von der Verfügbarkeit von Ersatzteilen ab. Während es für andere Produktgruppen – etwa Smartphones, Tablets, elektronische Displays, Computer oder Server – bereits Vorgaben oder etablierte Orientierungspunkte gibt, fehlen solche spezifischen Anforderungen für professionelle VKS bislang. Die Studie verweist darauf, dass insbesondere für komplexe, modulare Systeme eine ausreichende Verfügbarkeit von Ersatzteilen, kompatiblen Baugruppen und geeigneten Reparaturinformationen von zentraler Bedeutung für die Nutzungsdauer ist.

Ein weiterer wichtiger regulatorischer Aspekt betrifft den Umgang mit problematischen Stoffen. Als besonders besorgniserregende Stoffe (Substances of Very High Concern, SVHC) gelten nach der REACH-Verordnung insbesondere krebserzeugende, mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe sowie persistente, bioakkumulierende und toxische bzw. sehr persistente und sehr bioakkumulierbare Stoffe. Die von der Europäischen Chemikalienagentur geführte Kandidatenliste umfasst mit Stand 2026 mehr als 240 Einträge und wird regelmäßig erweitert. Enthält ein Erzeugnis mehr als 0,1 Gewichtsprozent eines gelisteten SVHC, bestehen Informationspflichten: Gegenüber gewerblichen Abnehmern müssen Hersteller und Lieferanten unaufgefordert und kostenlos spätestens bei Lieferung informieren, gegenüber Verbraucherinnen und Verbrauchern besteht diese Pflicht auf Anfrage. Da die Kandidatenliste kontinuierlich wächst, reicht für Hersteller professioneller VKS eine einmalige Bewertung nicht aus; das Stoffdatenmanagement entlang der oft komplexen, internationalen Lieferkette muss fortlaufend aktualisiert werden. Von den SVHC-Anforderungen zu unterscheiden ist die RoHS-Richtlinie, die für eine begrenzte Zahl von Stoffen – darunter Blei, Quecksilber, Cadmium sowie bestimmte bromierte Verbindungen und Phthalate – verbindliche Höchstkonzentrationen je homogenem Werkstoff festlegt. Beide Regelwerke sind nebeneinander anwendbar und gelten für VKS als Elektro- und Elektronikgeräte in vollem Umfang.

Die Umfeldanalyse zu bestehenden Umwelt- und Gütezeichen macht deutlich, dass VKS als Produktgruppe bisher kaum adressiert werden. Beim Blauen Engel existiert aktuell keine Vergabegrundlage für VKS. Zwar wurden im Jahr 2013 mit DE-UZ 191 Vergabekriterien für damals marktübliche Videokonferenzsysteme veröffentlicht, diese wurden jedoch von den Herstellern nicht angenommen und liefen Ende 2019 aus. Seither haben sich Markt und Nutzungspraxis grundlegend verändert. Internationale Umwelt- und Gütezeichen wie ENERGY STAR, EPEAT, TCO Certified oder das EU Ecolabel decken VKS als Komplettsysteme ebenfalls nicht ab. Einzelne Komponenten – vor allem Bildschirme – können zwar unter bestehenden Kategorien zertifizierbar sein, nicht aber das professionelle VKS als Gesamtlösung. Erschwerend kommt hinzu, dass derzeit keine international einheitlichen, speziell für VKS entwickelten Messstandards für den Energieverbrauch vorliegen. Bestehende Normen zur Messung des Stromverbrauchs von Audio-/Video-Geräten können nur eingeschränkt als Referenz dienen. Dieser Befund ist für die Machbarkeit eines Umweltzeichens zentral, weil ein belastbarer Kriterienkatalog auf klaren Mess- und Nachweisverfahren beruhen muss.

Die wichtigsten Umweltaspekte professioneller VKS lassen sich in direkte und indirekte Effekte unterteilen:

- ▶ Direkte Effekte: Stromverbrauch während des Betriebs, im Bereitschaftszustand und im vernetzten Bereitschaftsbetrieb sowie Ressourcenverbrauch bei Herstellung und Entsorgung der Geräte.
- ▶ Indirekte Effekte: Energieverbrauch für die Datenübertragung und -verarbeitung im Internet, insbesondere in Netzwerk- und Rechenzentrumsinfrastruktur.
- ▶ Weitere Aspekte: Einsatz problematischer Stoffe (einschließlich RoHS-relevanter Substanzen und SVHC), Lebensdauer, Reparierbarkeit und Recyclingfähigkeit der Geräte.

Der direkte Stromverbrauch der VKS-Komponenten und der angeschlossenen Bildschirme während der Nutzung stellt einen wesentlichen Einflussfaktor auf die Umweltauswirkungen von VKS dar. Während einer Videokonferenz werden Controller, Kameras, Mikrofone, Lautsprecher, Netzwerkmodule und Bildschirme gleichzeitig betrieben. Die Studie weist darauf hin, dass es derzeit keine gesicherte, veröffentlichte Datenbasis zur Leistungsaufnahme professioneller VKS gibt. Technische Datenblätter enthalten häufig keine oder nur ungenaue Angaben zum Stromverbrauch oder nennen lediglich die maximale Leistungsfähigkeit der mitgelieferten Netzteile; mangels einschlägiger Teststandards ist zudem keine verifizierbare und vergleichbare Leistungsmessung etabliert. Gleichwohl lässt sich abschätzen, dass kompakte All-in-One-Systeme für kleine bis mittelgroße Räume im aktiven Betriebszustand etwa 5 bis 20 Watt aufnehmen, während leistungsstärkere Systeme für große Konferenzräume mit mehreren Kameras, Mikrofonen und rechenintensiven Prozessoren bis zu 60 Watt aufnehmen können. Auch der Bereitschafts- und vernetzte Bereitschaftsbetrieb ist relevant, weil professionelle Geräte oft dauerhaft mit Netzwerken verbunden bleiben; selbst der Aus-Zustand kann bei nicht vollständig vom Netz getrennten Geräten noch einen Stromverbrauch verursachen. Dabei hängt der Energieverbrauch im Bereitschaftszustand und im vernetzten Bereitschaftsbetrieb weniger von der Gerätegröße als von der Anzahl der aktiven Komponenten ab.

Neben dem direkten Betrieb sind auch Herstellung und Entsorgung der VK-Geräte mit Umweltbelastungen verbunden, etwa durch die Gewinnung von Metallen, Kunststoffen und seltenen Erden sowie durch den Energieeinsatz und die Emissionen entlang der Lieferkette. Spezifische wissenschaftliche Studien oder veröffentlichte Ökobilanzen zu den Umweltauswirkungen professioneller VKS liegen bislang nicht vor; dieser Informationsmangel konnte auch im

Rahmen dieses Berichts nicht behoben werden. Auf Basis des technischen Verständnisses ergeben sich jedoch keine Hinweise darauf, dass VK-Geräte in der Herstellung ein gegenüber anderen digitalen IKT-Geräten auffällig erhöhtes Umweltrisiko aufweisen; das Materialinventar unterscheidet sich nicht grundsätzlich von anderen IKT-Produkten. Die Entsorgung am Lebensende – insbesondere von Elektroschrott und Batterien – birgt Risiken, wenn sie nicht fachgerecht erfolgt, wobei sich diese Risiken ebenfalls nicht grundlegend von denen anderer IKT-Geräte unterscheiden.

Die Studie hebt zugleich hervor, dass Bildanzeigegeräte in vielen Anwendungsfällen einen besonders großen Anteil an den Umweltauswirkungen von VKS haben. Großformatige Bildschirme oder Beamer, wie sie in professionellen Videokonferenzräumen eingesetzt werden, weisen oft einen deutlich höheren Strombedarf auf als die eigentlichen VK-Grundgeräte, insbesondere weil sie häufig mit hoher Helligkeit betrieben werden und teils mehrere Geräte gleichzeitig im Einsatz sind. Die Studie verweist auf ökobilanzielle Vergleichsrechnungen, nach denen die Teilnahme an einer Videokonferenz mit einem Laptop Treibhausgasemissionen von etwa 55 g CO₂-Äquivalenten pro Stunde verursacht, während die Nutzung eines großen Videobildschirms bei etwa 295 g CO₂-Äquivalenten pro Stunde liegen kann. Daraus wird deutlich, dass die ökologische Bewertung professioneller VKS nicht auf die Grundgeräte beschränkt werden sollte, sondern die angeschlossenen Bildschirme mitberücksichtigen muss. Gerade bei modularen Systemen, bei denen Displays von den Anwenderinnen und Anwendern frei gewählt und unabhängig ersetzt werden können, stellt dies eine besondere Herausforderung dar.

Darüber hinaus entsteht ein indirekter Energieverbrauch durch die Nutzung externer Datenübertragungsnetzwerke und Rechenzentren für den digitalen Austausch zwischen den VK-Endgeräten. Die Höhe dieses indirekten Energieverbrauchs hängt maßgeblich von den durch die jeweils beteiligten VKS erzeugten Datenmengen ab, sodass VKS auch auf diesem Weg mittelbar Einfluss auf den Gesamtenergiebedarf und damit auf die Umweltauswirkungen nehmen. Videokonferenzen in HD- oder 2K/4K-Auflösung verursachen hohe Datenströme, deren Umfang von Auflösung, Bildrate, Teilnehmendenzahl, eingesetzter Plattform und Komprimierungstechnologie abhängt. Insbesondere die Wahl des Video-Codecs hat einen erheblichen Einfluss auf die Datenmenge: Ein einzelner 4K-Video-Stream verursacht bei Nutzung des älteren H.264-Codecs typischerweise eine Datenrate von etwa 15 bis 25 Megabit pro Sekunde, mit dem moderneren H.265-Codec kann diese bei vergleichbarer wahrgenommener Bildqualität auf etwa 8 bis 15 Megabit pro Sekunde sinken. Für eine Stunde Videokonferenz ergibt sich daraus ein Datenvolumen von etwa 3,6 bis 11,25 GB pro Stream. Je nach Netztyp werden für die Übertragung von 1 GB Daten etwa 0,27 Wh bei Glasfaser, 1,20 Wh bei Kupfer-DSL, 2,23 Wh bei 5G-Mobilfunk und 7,05 Wh bei 4G-Mobilfunk benötigt. Die in der Studie referierte Forschung zeigt insgesamt eine sehr große Bandbreite an Ergebnissen, weil unterschiedliche Ansätze entweder datenabhängig oder zeitabhängig rechnen und unterschiedliche Systemgrenzen wählen: Je nachdem, ob nur Netzwerke oder zusätzlich Rechenzentren, Endgeräte und Vorketten einbezogen werden, unterscheiden sich die Ergebnisse teils um Größenordnungen. Als deutscher Referenzwert für den Datentransfer wird in der Studie ein Wert von 55 g CO₂-Äquivalenten pro Stunde genannt; andere Studien kommen je nach Annahmen auf deutlich niedrigere oder höhere Werte. Daraus folgt, dass die indirekten Umweltauswirkungen professioneller VKS zwar nicht vollständig im Einflussbereich der Gerätehersteller liegen, durch technische Eigenschaften der Geräte – insbesondere Datenrate und Codec-Effizienz – aber mitbestimmt werden.

Die Studie verdeutlicht insgesamt, dass die Entwicklung eines Umweltzeichens für professionelle VKS fachlich sinnvoll, jedoch auch methodisch anspruchsvoll ist. Die Produktgruppe ist durch eine hohe Heterogenität gekennzeichnet: Viele Systeme werden nicht als vollständig

standardisierte Einzelprodukte vermarktet, sondern als konfigurierbare Lösungen aus Grundgerät, Peripherie und frei wählbaren Bildanzeigegeräten. Diese unterschiedlichen Systemzusammenstellungen variieren hinsichtlich ihrer Leistungsaufnahme erheblich. Zudem liegen einzelne umweltrelevante Eigenschaften (insbesondere Art, Größe, Anzahl und Betriebsweise der Bildschirme) nicht immer im direkten Einflussbereich des Herstellers, sondern werden durch die Gegebenheiten im jeweiligen Anwendungskontext vor Ort bestimmt. Die fehlenden spezifischen Messstandards und die begrenzte Datenverfügbarkeit zu Markt und Energieverbrauch erschweren zusätzlich die Ableitung belastbarer, fairer und überprüfbarer Anforderungen. Gerade diese Heterogenität spricht jedoch zugleich dafür, Beschaffungsstellen eine fachlich fundierte Orientierung für umweltgerechte Auswahlentscheidungen an die Hand zu geben.

Der Bericht kommt zu dem Schluss, dass professionelle Videokonferenzsysteme grundsätzlich eine geeignete Produktgruppe für die Entwicklung von Vergabekriterien des Blauen Engels darstellen. Auf Grundlage der identifizierten Umwelt-Hotspots übersetzt die Machbarkeitsstudie in Kapitel 7 seine Ergebnisse in einen strukturierten Vorschlag für Vergabekriterien, der Anforderungen an Energieeffizienz, Materialien, Langlebigkeit und Reparierbarkeit, soziale Aspekte entlang der Lieferkette sowie Produktinformationspflichten umfasst. Die Anforderungen im Einzelnen betreffen die folgenden Kriterien:

- ▶ Anforderungen an die Energieeffizienz von VK-Grundgeräten inklusive aller Komponenten, Videokonferenz-Bildschirmen und All-in-One Videokonferenzsystemen
- ▶ Anforderungen an das Energiemanagement
- ▶ Materialanforderungen an die Primärkunststoffe der Gehäuse, Gehäuseteile und Kabel
- ▶ Materialanforderungen an die Recyclingkunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile, inkl. Mindesteinsatz von Recyclingkunststoffen, Herkunft der Recyclingkunststoffe und Ausschluss bestimmter PCR-Zusatzstoffe in Recyclingkunststoffen
- ▶ Anforderungen an die Langlebigkeit und Reparierbarkeit, Ersatzteilverfügbarkeit, Austauschbarkeit von Ersatzteilen, Kompatibilität, Teilepaarung, Software-Updates, sichere Datenlöschung und Zurücksetzbarkeit für die Wiederverwendung
- ▶ Soziale Anforderungen an Produktion und Lieferkette, inkl. Sorgfaltspflichten von Unternehmen bei der Rohstoffgewinnung, Unterstützung von vor-Ort Initiativen zum verantwortungsvollen Bergbau und Soziale Nachhaltigkeit in der Fertigung
- ▶ Anforderungen an Produktinformationen.

Im Projektverlauf hat sich jedoch gezeigt, dass das Interesse seitens Hersteller und Inverkehrbringer an einem Blauen Engel für professionelle Videokonferenzgeräte derzeit gering ausgeprägt ist. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, das Vorhaben zunächst nicht unmittelbar in ein formales Umweltzeichen zu überführen, sondern die erarbeiteten fachlichen Anforderungen in einem anderen Instrument nutzbar zu machen. Vorgeschlagen wird daher, die in der Machbarkeitsstudie skizzierten Anforderungen zunächst in Gestalt eines Beschaffungsleitfadens für öffentliche Beschaffungsstellen weiterzuentwickeln und gegebenenfalls anzupassen. Dieser Leitfaden bereitet die wesentlichen Umwelanforderungen strukturiert auf und bringt die ökologischen und sozialen Kriterien in eine für Ausschreibungen geeignete Form. Dadurch lässt sich der erarbeitete fachliche Stand kurzfristig für die nachhaltige öffentliche Beschaffung nutzen, auch ohne dass bereits ein formales Umweltzeichen am Markt etabliert ist. Zugleich

sollte die Markt- und Regulierungsentwicklung weiter beobachtet werden, um die Einführung eines Umweltzeichens Blauer Engel für professionelle Videokonferenzsysteme zu einem späteren Zeitpunkt erneut zu prüfen. Das Umweltzeichen wird damit nicht grundsätzlich verworfen, sondern vor dem Hintergrund der aktuellen Marktsituation zunächst zurückgestellt und als spätere Option offengehalten.

Summary

The sharp rise in the use of video conferencing in the workplace has significantly increased its environmental impact. Against this backdrop, there is a need to label particularly energy-efficient and environmentally friendly video conferencing systems in order to make it easier for purchasers to make purchasing decisions.

This report documents the scientific work carried out to assess the feasibility of developing award criteria for the Blue Angel eco-label for professional video conferencing systems (VCS). The aim of the report is to analyse the key environmental impacts of professional video conferencing systems and, on that basis, to establish a technical framework for environmental requirements and sustainable procurement.

Technical analysis shows that modern professional video conferencing systems feature complex, often modular architectures. They combine high-quality audio and video technology with powerful data processing, network connectivity and software-based functions such as noise cancellation, speaker focus, virtual backgrounds and AI-powered subtitling. Professional systems differ from consumer solutions in particular through their design for immersive, low-interference communication, high audio and video quality, and their use in hybrid meeting scenarios involving multiple connected rooms or participants. The focus is on professional video conferencing systems, which consist of hardware (e.g. cameras, microphones, loudspeakers, control units, screens) and associated software. Furthermore, professional video conferencing systems are generally certified for use with various video conferencing platforms such as Microsoft Teams, Zoom or Webex. As a result, they are subject to the compatibility and licensing requirements of these platforms.

Purely software-based solutions (such as Zoom or Webex), simple peripherals (e.g. USB webcams) and additional equipment such as whiteboards or furniture are not taken into account. The key factor is that a professional system must offer a minimum level of high-quality audio and video technology to enable immersive and uninterrupted communication.

Modern video conferencing systems generally consist of several components, which are available on the market either as a combination (modular) or as a single integrated unit (all-in-one).

- ▶ Controller/terminal: Control unit with high-performance processors for audio and video data processing.
- ▶ Cameras: Often pan-tilt capable and with automatic speaker tracking.
- ▶ Microphones and loudspeakers: High-quality systems optimised for the room to ensure clear communication.
- ▶ Network modules: For stable, secure connections via LAN, Wi-Fi or mobile networks (LTE, 5G).
- ▶ Display devices (screens, projectors)
- ▶ Software: For control, background noise suppression, virtual backgrounds and, in some cases, AI-supported functions such as automatic subtitling.

The architecture is usually modular: end devices are flexibly connected via networks to central video conferencing platforms, with security and encryption mechanisms playing a key role. The

systems support various protocols (SIP, H.323, WebRTC) for integration into existing IT environments. At the heart of modern architectures are often cloud-based video conferencing platforms that manage audio, video and data streams. From a technical perspective, it is significant that professional video conferencing systems now form part of a broader landscape comprising meeting solutions, unified communications and unified communications and collaboration platforms. This places greater demands on interoperability, interfaces, software integration and long-term compatibility.

With regard to the subject of the study, it should be emphasised that professional video conferencing systems (VCS) can take the form of both integrated devices and modular systems. The scope of delivery is decisive for determining whether a system falls within the scope of this study: a professional VCS should comprise at least a base unit as well as high-quality camera, loudspeaker and microphone components. However, the scope does not include simple external audio and video peripherals without a dedicated system function, personal computers, tablets, smartphones and laptops, or other elements of video conferencing rooms such as lighting equipment, furniture or electronic whiteboards without video conferencing functionality. Systems for large-scale events, sporting events or TV studios are also excluded. This distinction is important because it is the only way to establish a technically sound basis for assessing the environmental impacts of the actual product group.

The individual system components perform different technical functions and also vary in terms of their environmental impact. The controllers act as the central control unit and are responsible for processing and transmitting audio, video and data streams. They are usually equipped with powerful processors that enable high-quality encoding and decoding with low latency. Modern devices also offer functions such as encryption, error correction and bandwidth management. Cameras, microphone arrays, loudspeaker systems, presentation devices and room control systems can be connected via interfaces such as HDMI, USB, Bluetooth and network connections. Network components are essential for operation, as professional AV systems rely on local networks, internet access and, in some cases, Wi-Fi or mobile connections. Particularly in internet-based and cloud-supported architectures, the network connection often remains active at all times. Display devices play a special role within this product group: in all-in-one systems, they are often an integral part of the product, whereas in modular systems they can be freely selected and replaced. This results in different procurement cycles and increased demands on interface compatibility. These differences are of great significance for the development of environmental requirements, as not all environmentally relevant characteristics can be directly derived from the base unit itself.

The market for professional video conferencing systems has grown significantly in recent years. This applies both to the widespread adoption of such systems in the workplace and to the variety of products available. There are numerous suppliers and a wide range of products, with the systems often being significantly more expensive and more powerful than solutions for private use. The range extends from compact all-in-one devices for small meeting rooms to modular solutions for larger conference rooms. However, the data available on the market as a whole is limited. Publicly available, reliable information on sales figures, market shares or installed bases of professional video conferencing systems is scarce. Market analyses therefore often focus on video conferencing platforms or general unified communications markets, and only indirectly on the video conferencing systems under consideration here. Nevertheless, available forecasts point to sustained market growth. The corporate sector remains the most important area of application. This dynamic market development underlines the relevance of this product group for sustainable procurement, but at the same time makes it difficult to

develop an eco-label when product features, forms of integration and functional scope are changing rapidly.

To date, the regulatory framework has only addressed professional video conferencing systems indirectly. The European Union's Circular Economy Action Plan sets out general objectives for more durable, repairable and recyclable electronic products, without, however, explicitly addressing professional video conferencing systems. Similarly, the Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR), adopted in 2024, has so far merely established a framework for future requirements; professional video conferencing systems are not currently among the prioritised product groups. In the future, however, they could fall under more general categories such as ICT and consumer electronics. Horizontal regulations on power consumption in the off-state, standby mode and networked standby mode are already relevant. Whether and to what extent professional VCS fall under these regulations, however, depends on their specific design, in particular on whether they exhibit characteristics of high network availability (HiNA) or contain components such as minicomputers, which may exempt them from certain areas of application covered by the regulation. In addition, the substance-related requirements of the RoHS Directive on electrical and electronic equipment, as well as the requirements of the EU Battery Regulation (where batteries are incorporated), apply. For certain components, such as conference cameras, portable devices or hands-free kits, requirements relating specifically to the batteries they contain, their replaceability and information obligations may be particularly relevant. Overall, however, there is as yet a lack of VCS-specific regulatory requirements that address the product group as a whole.

A gap is also evident in other regulatory aspects between the environmental significance of this product group and the specificity of existing requirements. Repairability depends crucially on the availability of spare parts. Whilst guidelines or established benchmarks already exist for other product groups – such as smartphones, tablets, electronic displays, computers or servers – such specific requirements for professional VCS have so far been lacking. The study points out that, particularly for complex, modular systems, sufficient availability of spare parts, compatible components and suitable repair information is of central importance to the product's service life.

Another important regulatory aspect concerns the management of substances of concern. Under the REACH Regulation, substances of very high concern (SVHCs) are defined as, in particular, carcinogenic, mutagenic or toxic to reproduction substances, as well as persistent, bioaccumulative and toxic (PBT) or very persistent and very bioaccumulative (vPvB) substances. The Candidate List maintained by the European Chemicals Agency comprises more than 240 entries as of 2026 and is regularly updated. If an article contains more than 0.1 per cent by weight of a listed SVHC, there are information requirements: manufacturers and suppliers must provide information to professional users, unsolicited and free of charge, at the latest upon delivery; for consumers, this obligation applies upon request. As the list of candidates is constantly growing, a one-off assessment is not sufficient for manufacturers of professional VCS; substance data management throughout the often complex, international supply chain must be continuously updated. The RoHS Directive must be distinguished from the SVHC requirements; it sets binding maximum concentrations per homogeneous material for a limited number of substances – including lead, mercury, cadmium and certain brominated compounds and phthalates. Both sets of regulations apply in parallel and apply in full to VCS classified as electrical and electronic equipment.

The analysis of the landscape surrounding existing environmental and quality labels makes it clear that VCS have hardly been addressed as a product group to date. The Blue Angel currently has no award criteria for VCS. Although award criteria for video conferencing systems

commonly available on the market at the time were published in 2013 under DE-UZ 191, these were not adopted by manufacturers and expired at the end of 2019. Since then, the market and usage patterns have changed fundamentally. International environmental and quality labels such as ENERGY STAR, EPEAT, TCO Certified or the EU Ecolabel do not cover VCS as complete systems either. Whilst individual components – particularly screens – may be certifiable under existing categories, professional VCS as a complete solution are not. To complicate matters further, there are currently no internationally standardised measurement standards for energy consumption developed specifically for VCS. Existing standards for measuring the power consumption of audio/video equipment can only serve as a limited reference. This finding is central to the feasibility of an eco-label, because a robust set of criteria must be based on clear measurement and verification procedures.

The key environmental aspects of professional VCS can be divided into direct and indirect effects:

- ▶ Direct effects: electricity consumption during operation, in standby mode and in networked standby mode, as well as resource consumption during the manufacture and disposal of the equipment.
- ▶ Indirect effects: energy consumption for data transmission and processing on the internet, particularly in network and data centre infrastructure.
- ▶ Other aspects: the use of problematic substances (including RoHS-relevant substances and SVHCs), the service life, reparability and recyclability of the devices.

The direct power consumption of VCS components and connected screens during use is a key factor influencing the environmental impact of VCS. During a video conference, controllers, cameras, microphones, loudspeakers, network modules and screens are all in operation simultaneously. The study points out that there is currently no reliable, published database on the power consumption of professional VCS. Technical data sheets often contain no information, or only inaccurate information, on power consumption, or merely state the maximum output of the supplied power adapters; furthermore, in the absence of relevant testing standards, no verifiable and comparable method of measuring power consumption has been established. Nevertheless, it can be estimated that compact all-in-one systems for small to medium-sized rooms consume around 5 to 20 watts when active, whilst more powerful systems for large conference rooms with multiple cameras, microphones and computationally intensive processors can consume up to 60 watts. Standby and networked standby modes are also relevant, as professional devices often remain permanently connected to networks; even when switched off, devices that are not completely disconnected from the mains may still consume power. Energy consumption in standby and networked standby modes depends less on the size of the device than on the number of active components.

In addition to direct operation, the manufacture and disposal of VK equipment also have environmental impacts, for example through the extraction of metals, plastics and rare earths, as well as through energy consumption and emissions along the supply chain. No specific scientific studies or published life cycle assessments on the environmental impacts of professional VK systems are currently available; this lack of information could not be remedied within the scope of this report either. However, based on technical understanding, there is no evidence to suggest that VK devices pose a significantly higher environmental risk during manufacture compared with other digital ICT devices; the material inventory does not differ fundamentally from that of other ICT products. End-of-life disposal – particularly of electronic waste and batteries – poses

risks if not carried out properly, although these risks do not differ fundamentally from those associated with other ICT devices.

The study also highlights that, in many use cases, display devices account for a particularly large proportion of the environmental impact of video conferencing systems. Large-format screens or projectors, such as those used in professional video conference rooms, often have a significantly higher power consumption than the actual video conferencing terminals themselves, particularly because they are frequently operated at high brightness levels and, in some cases, several devices are in use simultaneously. The study refers to comparative life-cycle assessments, according to which participating in a video conference using a laptop generates greenhouse gas emissions of around 55 g CO₂ equivalents per hour, whilst the use of a large video screen can amount to around 295 g CO₂ equivalents per hour. This makes it clear that the environmental assessment of professional video conferencing systems should not be limited to the base units, but must also take into account the connected screens. This poses a particular challenge, especially in the case of modular systems where displays can be freely selected and replaced independently by users.

Furthermore, indirect energy consumption arises from the use of external data transmission networks and data centres for digital communication between video conferencing endpoints. The extent of this indirect energy consumption depends largely on the volume of data generated by the video conferencing systems involved in each instance, meaning that these systems also have an indirect influence on overall energy requirements – and thus on environmental impact – in this way. Video conferences in HD or 2K/4K resolution generate high data streams, the volume of which depends on the resolution, frame rate, number of participants, platform used and compression technology. In particular, the choice of video codec has a significant impact on the volume of data: A single 4K video stream typically results in a data rate of around 15 to 25 megabits per second when using the older H.264 codec; with the more modern H.265 codec, this can be reduced to around 8 to 15 megabits per second whilst maintaining comparable perceived image quality. For one hour of video conferencing, this results in a data volume of approximately 3.6 to 11.25 GB per stream. Depending on the type of network, transmitting 1 GB of data requires approximately 0.27 Wh for fibre-optic, 1.20 Wh for copper DSL, 2.23 Wh for 5G mobile networks and 7.05 Wh for 4G mobile networks. The research cited in the study shows a very wide range of results overall, because different approaches base their calculations either on data volume or time, and select different system boundaries: depending on whether only networks are included, or whether data centres, end devices and upstream chains are also taken into account, the results can differ by orders of magnitude. The study cites a figure of 55 g of CO₂ equivalents per hour as the German reference value for data transfer; other studies arrive at significantly lower or higher figures, depending on their assumptions. It follows that, whilst the indirect environmental impacts of professional video conferencing systems do not lie entirely within the sphere of influence of device manufacturers, they are nevertheless partly determined by the technical characteristics of the devices – in particular data rate and codec efficiency.

Overall, the study highlights that the development of an eco-label for professional video conferencing systems is technically sound, but also methodologically challenging. The product group is characterised by a high degree of heterogeneity: many systems are not marketed as fully standardised individual products, but as configurable solutions comprising a base unit, peripherals and freely selectable display devices. These different system configurations vary considerably in terms of their power consumption. Furthermore, individual environmentally relevant characteristics (in particular the type, size, number and operating mode of the screens) are not always directly within the manufacturer's control, but are determined by the conditions

in the respective on-site application context. The lack of specific measurement standards and the limited availability of data on the market and energy consumption further complicate the derivation of robust, fair and verifiable requirements. However, it is precisely this heterogeneity that makes it all the more important to provide procurement bodies with technically sound guidance for environmentally sound selection decisions.

The report concludes that professional video conferencing systems are, in principle, a suitable product group for the development of Blue Angel award criteria. Based on the identified environmental hotspots, the feasibility study in Chapter 7 translates its findings into a structured proposal for award criteria, covering requirements relating to energy efficiency, materials, durability and reparability, social aspects along the supply chain, and product information obligations. The specific requirements relate to the following criteria:

- ▶ Energy efficiency requirements for basic video conferencing units, including all components, video conferencing screens and all-in-one video conferencing systems
- ▶ Energy management requirements
- ▶ Material requirements for the virgin plastics used in housings, housing components and cables
- ▶ Material requirements for the recycled plastics used in housings and housing components, including the minimum use of recycled plastics, the origin of the recycled plastics and the exclusion of certain PCR additives in recycled plastics
- ▶ Requirements for durability and reparability, availability of spare parts, interchangeability of spare parts, compatibility, part pairing, software updates, secure data erasure and the ability to reset devices for reuse
- ▶ Social requirements for production and the supply chain, including companies' due diligence obligations regarding raw material extraction, support for local initiatives promoting responsible mining, and social sustainability in manufacturing
- ▶ Requirements for product information.

However, as the project has progressed, it has become apparent that there is currently little interest on the part of manufacturers and distributors in a Blue Angel label for professional video conferencing equipment. Against this background, it seems sensible not to convert the project directly into a formal eco-label at this stage, but rather to make the technical requirements developed available for use in another instrument. It is therefore proposed that the requirements outlined in the feasibility study be further developed, initially in the form of a procurement guide for public procurement bodies, and adapted where necessary. These guidelines set out the key environmental requirements in a structured manner and present the environmental and social criteria in a format suitable for use in tender documents. This allows the technical expertise developed to be utilised in the short term for sustainable public procurement, even without a formal eco-label already being established on the market. At the same time, market and regulatory developments should continue to be monitored in order to reconsider the introduction of a 'Blue Angel' eco-label for professional video conferencing systems at a later date. The eco-label is therefore not being rejected outright, but is being put on hold for the time being in light of the current market situation and kept open as a future option.

1 Hintergrund

Videokonferenzsysteme (VKS) haben sich im professionellen Anwendungsbereich als unentbehrliches Kommunikationsmittel für den Austausch von Informationen zwischen mehreren Beteiligten etabliert. Insbesondere in den vergangenen Jahren ist ihre Nutzung stark angestiegen, und es ist absehbar, dass diese Entwicklung auch in Zukunft anhalten wird (Statista 2025a). Im Gegensatz zu herkömmlichen Telefonkonferenzen ermöglichen Videokonferenzen neben der Übertragung von Audiosignalen auch die Übermittlung von Bildsignalen in Form von Videostreams. Die Teilnehmenden sind dabei über digitale Endgeräte mit Bildschirm, Mikrofon und Kamera in eine Softwareumgebung eingebunden, welche die Bild- und Tonsignale über ein digitales Netzwerk verteilt und zusammenführt. Ergänzend bieten moderne VKS häufig zusätzliche Funktionen wie textbasierte Kommunikation (Chat), Bildschirmfreigabe und Dateitransfer. Typischerweise nehmen mehr als zwei Personen an solchen Konferenzen teil.

Ein wesentlicher Vorteil professioneller VKS besteht in der Möglichkeit hybrider Meetings: Teilnehmende können entweder physisch in einem Konferenzraum anwesend sein oder sich virtuell von extern zuschalten, wobei auch mehrere Konferenzräume miteinander verbunden werden können. Charakteristisch für professionelle Systeme ist zudem die immersive Darstellung der Teilnehmenden mit hoher Bild- und Tonqualität sowie einer möglichst geringen Latenz, um eine reibungslose Interaktion zu ermöglichen. Für den professionellen Einsatz steht inzwischen eine breite Auswahl spezialisierter VKS zur Verfügung. Diese umfassen unter anderem schwenkbare Kameras und integrierte Lautsprechersysteme, die speziell für Besprechungsräume und größere Veranstaltungsräume konzipiert sind. Während Videokonferenzen grundsätzlich auch mit handelsüblichen Endgeräten wie Laptops oder Smartphones durchgeführt werden können, bieten diese in der Regel nicht die für immersive, professionelle Anwendungen erforderlichen Funktionsmerkmale und Qualitätsstandards.

Die Durchführung von Videokonferenzen erfordert einen multidirektionalen Austausch von Audio- und Videodaten, was hohe Anforderungen an die Bandbreite und Stabilität der genutzten Netzwerke stellt. Eine zuverlässige und leistungsfähige Internetverbindung ist daher essenziell, um Unterbrechungen und Qualitätseinbußen bei der Übertragung zu vermeiden. Moderne Geräte unterstützen neben kabelgebundenen und Wireless Local Area Network (WLAN)-Verbindungen zunehmend auch mobile Netzwerke wie LTE und 5G.

Fortschrittliche VKS verfügen oftmals über integrierte Netzwerkmanagement-Funktionen, die eine Überwachung und Optimierung der Verbindung in Echtzeit ermöglichen. Dadurch kann die Qualität der Übertragung dynamisch angepasst und der Datenverkehr priorisiert werden. Bei einfacheren Systemen erfolgt das Netzwerkmanagement hingegen meist extern, etwa über zusätzliche Software oder cloudbasierte Lösungen. Zur effizienten und hochwertigen Übertragung der Audio- und Videodaten kommen verschiedene Videocodecs zum Einsatz. Diese sind für die Komprimierung der übertragenen Daten verantwortlich und haben maßgeblichen Einfluss auf die benötigte Bandbreite sowie die Übertragungsqualität innerhalb der genutzten Netzwerke.

2 Zielsetzung

Diese Machbarkeitsstudie dokumentiert die Ergebnisse der Vorstudie zur Gerätekategorie Videokonferenzsysteme (VKS). Er dient zur Vorbereitung für mögliche Vergabekriterien für das Umweltzeichen Blauer Engel für professionelle VKS. Insbesondere adressiert der Machbarkeitsstudie die folgenden Aspekte:

- ▶ Klärung des möglichen Gegenstands und Geltungsbereichs für einen Blauen Engel für professionelle VKS.
- ▶ Einführung in die Produktgruppe und deren technische Charakteristika, typischen Anwender, verschiedene Nutzungsformen etc.
- ▶ Stand der technischen Merkmale und Varianten solcher Geräte.
- ▶ Darstellung der Marktsituation und des Umfelds, z.B. jährliche Verkaufsmengen, Umsatzzahlen, Anzahl und Größe der Hersteller, Marktanteile etc.
- ▶ Beschreibung des regulatorischen Umfelds, mit der wesentlichen Fragestellung: welche rechtlichen Regelungen bestehen für die Produktgruppe?
- ▶ Zeichnung des Produktlebensweges einschließlich der wesentlichen Akteure und Materialströme.
- ▶ Identifizierung von Hotspots der wichtigsten Umweltaspekte in der Produktgruppe.

Die indirekten Umweltentlastungseffekte zweiter Ordnung (auch als Handprint bekannt) sollen nicht im Geltungsbereich der hier entwickelten Vergabekriterien für professionelle VKS liegen. Solche Entlastungen können vor allem durch die Substitution physischer Mobilität von Konferenzteilnehmenden durch virtuelle Teilnahme entstehen. Dieser Aspekt wird bei der Machbarkeitsprüfung für Vergabekriterien jedoch nicht berücksichtigt, da er sich dem Einfluss der Gerätehersteller entzieht und anzunehmen ist, dass der Effekt für alle VKS gleichermaßen zutrifft.

3 Untersuchungsgegenstand

Gegenstand dieser Machbarkeitsstudie sind professionelle Videokonferenzsysteme (VKS). Der Geltungsbereich umfasst die elektronischen Hardwarekomponenten (VKS einschließlich Peripheriegeräten sowie Anzeigegeräten) sowie die zur Realisierung von Videokonferenzen erforderliche Software und Firmware, die üblicherweise in einem Videokonferenzraum zum Einsatz kommen (siehe Tabelle 1). Derartige VKS werden sowohl als Einzelgerät („All-in-one-Lösung“) als auch in modularer Form (mit diskreten Systembestandteilen) angeboten. Nicht adressiert sind jedoch die Diensteanbieter mit ihren jeweiligen Videokonferenzplattformen (wie z. B. Webex, Zoom, MS-Teams etc.). Auch wenn VKS üblicherweise über vorinstallierte oder integrierte Software-Apps dieser VK-Plattformen enthalten, um sich über das Internet mit den Rechenzentren dieser Diensteanbieter zu verbinden, liegt der Fokus dieser Machbarkeitsstudie auf den Endgeräten statt auf Telekommunikationsdienstleistungen.

Tabelle 1: Begriffsabgrenzungen

Begriff	Typ	Bestandteile / Fokus	Beispiele	
Videokonferenz (engl: video conference)	Funktion	Mehrere online verbundene Teilnehmende, einige davon physisch anwesend und mit VK-System zugeschaltet	Keine Angabe	²
VK-Gerät (engl: video conferencing equipment)	Hardware	Einzelgerät, oft integriert (Kamera, Mikrofon, Lautsprecher, Codec)	Logitech Rally Bar, Poly Studio, Cisco Webex Desk	³
VK-Peripherie- Geräte	Hardware	Modular anschließbare Komponenten ohne eigene Codec Verarbeitung (z.B. Kamera, Mikrofon, Lautsprecher)	Logitech Rally Plus	⁴
VK-System	Hardware + Software	Gesamtlösung aus mehreren Komponenten (Geräte, Zubehör, Software) oder All-in One	Cisco Room Kit + Display + Touchpanel, Poly G7500 System	⁵
VK-Raum (engl: video conferencing room)	Gebäude	spezieller für Video-Konferenzen konzipierter Raum in einer professionellen Umgebung	Keine Angabe	⁶
VK-Plattform (engl: video conference solutions)	Software / Internet / Cloud	Online-Dienst/Software für Verbindung, Zusammenarbeit und Verwaltung	Zoom, Microsoft Teams, Cisco Webex, Google Meet	^{7 8}

Quelle: Yealink Inc. 2023

² Yealink (2006a)

³ Yealink (2006b)

⁴ Yealink (2006c)

⁵ Yealink (2006d)

⁶ Yealink (2006e)

⁷ Yealink (2006f)

⁸ Yealink (2006g)

Im allgemeinen Sprachgebrauch und laut Herstellern (z. B. Yealink⁹) versteht man unter sogenannten „All-in-One Videokonferenzsystemen“ Geräte, die alle für Videokonferenzen notwendigen Komponenten (Kamera, Mikrofon, Lautsprecher, Steuerungsdisplay, Anzeigegerät(e)) in einem einzigen Gehäuse vereinen. Manche All-in-One VKS sind komplett in ein Anzeigegerät (meist ein großformatiger Bildschirm) integriert. Diese so genannten Kollaborationslösungen enthalten zumeist große Touch-Screen Displays oder andere elektronische Geräte wie interaktive White-Boards usw. Eine eindeutige rechtlich-verbindliche Definition für professionelle VKS existiert nicht.

In der EU Ökodesign-Verordnung 2019/2021 für elektronische Displays wird ein All-in-one-VKS als ein speziell für Videokonferenzen und Zusammenarbeit bestimmtes Gerät beschrieben (Europäische Kommission 2019). Dieses ist demnach in einem einzigen Gehäuse integriert und weist eine eigenständige Funktionalität auf, ohne dass zusätzliche externe Geräte erforderlich sind. Die Verordnung (EU) 2019/2021 spezifiziert All-in-one-VKS anhand folgender Merkmale:

- a) werkseitige Unterstützung des spezifischen Videokonferenzprotokolls ITU-T H.323 oder IETF SIP,
- b) Kamera(s), Bildschirm und Verarbeitungsfunktionen für eine Zweiweg-Videoübertragung in Echtzeit mit hoher Paketverlustresilienz,
- c) Lautsprecher und Audioverarbeitungsfunktion für eine Zweiweg-Audioübertragung in Echtzeit mit Freisprech-/Freihöreinrichtung und Echounterdrückung,
- d) Verschlüsselungsfunktion,
- e) hohe Netzwerk-Verfügbarkeit (High Network Availability, HiNa), Integrierte Komponenten wie Kamera, Mikrofon, Lautsprecher und Recheneinheit.

Diese Definition dient dazu, Ökodesign-Anforderungen für elektronische Displays zu klassifizieren und dabei konkret solche Bildschirme auszuklammern, die für die Nutzung als Bestandteil von All-in-one VKS konzipiert sind. Bislang gibt es jedoch keine Ökodesign-Anforderungen für All-in-one VKS an sich. Auch für andere Arten von VKS und „professionelle Displays“¹⁰ existieren bislang keine regulatorischen Ökodesignanforderungen.

In dieser Machbarkeitsstudie werden professionelle VKS betrachtet, die sowohl All-in-One VKS als auch modular aufgebaute Systeme mit diskreten Komponenten umfassen können. Entscheidend für die Zuordnung in den Geltungsbereich (Scope) dieser Studie ist der Lieferumfang: ein professionelles VKS soll eine Mindestausstattung von Grundgerät, hochwertige Kamera und Lautsprecher sowie richtungsempfindliche Mikrofone haben. Abbildung 1 veranschaulicht die typische technische Ausstattung eines für professionelle Zwecke genutzten Videokonferenzraums mit virtueller Einbindung eines weiteren derartigen VK-Raums sowie einzelnen virtuell Teilnehmenden.

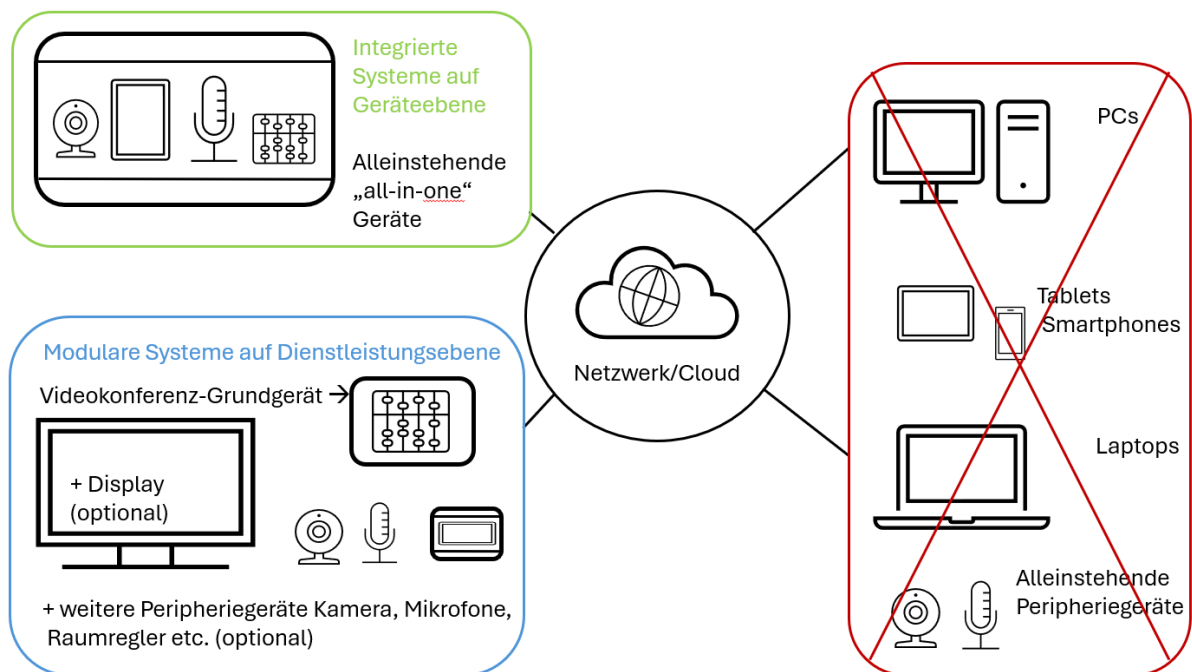
Visuelle Anzeigegeräte (Bildschirme, Beamer) können von den Anwender*innen nach Belieben gewählt und ausgewechselt werden. Da die Lebensdauer solcher Anzeigegeräte nicht unmittelbar im Zusammenhang mit den VKS steht, an die sie angeschlossen werden, kann es hier zu unterschiedlichen Beschaffungszyklen kommen. Dies stellt höhere Anforderungen an die Kompatibilität von Datenschnittstellen.

⁹ Yealink (2026h)

¹⁰ Definiert als Displays für die Bearbeitung von Video- und Grafikbildern im professionellen Bereich, mit einem Kontrastverhältnis von mindestens 1000:1 und mindestens 2,3 Megapixel Auflösung.

Nicht im Geltungsbereich dieser Machbarkeitsstudie liegen Peripheriegeräte sowie einfache externe Audio- und Videoperipherie, die weder eigenständig die Funktion eines Videokonferenzsystems erfüllt noch als dedizierte Systemlösung hierfür konzipiert ist. Beispiele dafür sind Einzel-Webcams oder Computerlautsprecher. Ebenfalls nicht im Geltungsbereich liegen weitere mögliche Elemente von Videokonferenzräumen, wie elektronische Whiteboards (ohne VK-Funktion), Raumbuchungsgeräte, Beleuchtungseinrichtungen, Möbel, (automatisch höhenverstellbare) Gestelle und Schalldämmung. Auch Personal Computers (PCs), Tablets, Smartphones und Laptops sind vom Untersuchungsgegenstand ausgeschlossen.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Bestandteile von Videokonferenzsystemen inkl. Empfehlung eines Geltungsbereichs für das Umweltzeichen Blauer Engel



Quelle: eigene Darstellung

Es wird einschränkend festgelegt, dass die hier betrachteten, professionellen VKS keine Bild- und Tonübertragungstechnik für Großveranstaltungen, Sportevents etc. enthalten. Ebenfalls ausgeschlossen sind Bild und Tontechnik für Television (TV)-Studios usw.

Der für die Ableitung von Umweltkriterien des Blauen Engels empfohlene Geltungsbereich von Videokonferenzsystemen bezieht sich dabei auf Anwendungsfälle:

- (1) Integrierte Systeme auf der Geräteebe, sogenannte „All-in-One“ Videokonferenzsysteme, welche neben der Signalverarbeitung in einer sogenannten Codec-Einheit auch die Funktionen zur Bild- und Tongebung sowie Steuerung in einem Gerät zusammenfasst, oder
- (2) modulare Systeme, bestehend aus einem VK-Grundgerät und gegebenenfalls weitere Peripheriegeräte wie Bildschirme, Mikrofone, Kameras.

4 Technische Analyse von Videokonferenzsystemen für professionelle Anwendungen

4.1 Architektur von Videokonferenzsystemen

Moderne VKS sind ein integraler Bestandteil der digitalen Zusammenarbeit in Echtzeit zwischen Kommunikationspartnern, die sich (zum Teil) an verschiedenen, räumlich entfernten Orten befinden. Ein wesentliches Merkmal moderner Systeme ist die Möglichkeit der standortunabhängigen Vernetzung beliebiger Teilnehmer und Endgeräte.

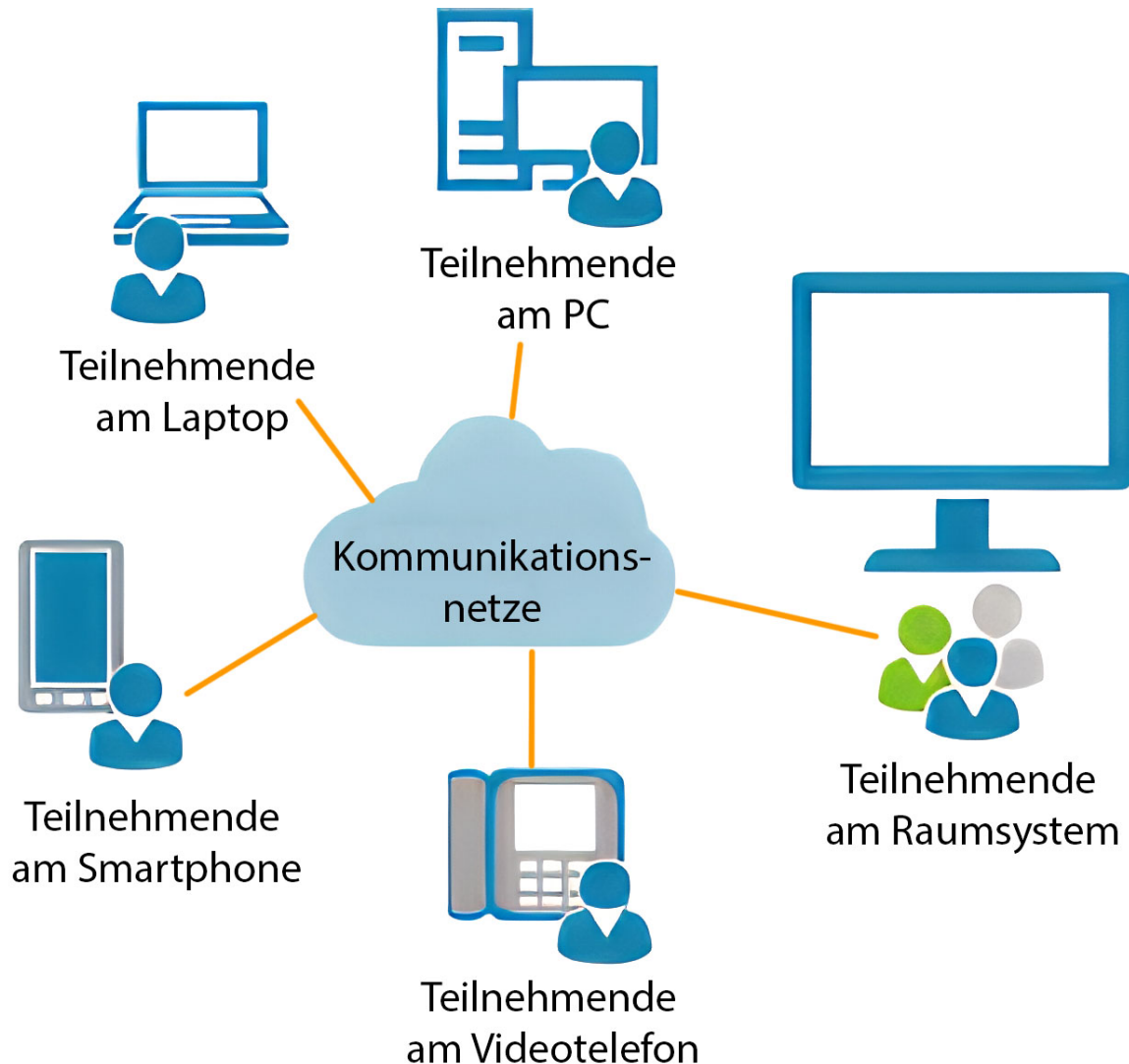
Ihre grundlegende Architektur hat sich mit dem Wandel von lokalen, hardwarebasierten Lösungen hin zu cloudbasierten VK-Plattformen grundlegend verändert. Das Herzstück der Architektur bildet eine VK-Plattform wie Webex, Zoom oder Microsoft Teams, die in der Regel als Cloud-Service betrieben wird. Sie übernimmt die zentrale Verwaltung der Konferenzen, steuert die Übertragung von Audio-, Video- und Datenströmen, verwaltet die Teilnehmenden und stellt Zusatzfunktionen wie Chat, Bildschirmfreigabe und Aufzeichnung bereit. Darüber hinaus bieten moderne VK-Plattformen zahlreiche Zusatzfunktionen, etwa die gemeinsame Nutzung von Bildschirmhalten und Dokumenten, Chat- und Kollaborationswerkzeuge. Entsprechend ihrer technischen Implementierung und ihres Funktionsumfangs lassen sich laut (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2020) verschiedene Kategorien von VK-Plattformen unterscheiden:

- ▶ **Meeting Solutions:** Weiterentwicklung der klassischen VKS, die neben Sprach und Bildübertragung auch Textnachrichten (Chat oder Instant Messaging), das Teilen von Bildschirmhalten und Präsentation sowie Einbindung in Groupware- oder Kalenderanwendungen ermöglichen.
- ▶ **Unified Communications (UC)** bezeichnet eine umfassende Kommunikationsplattform, die verschiedene Kommunikationskanäle und -dienste in einer einheitlichen Umgebung integriert. Dazu gehören neben Videokonferenzen auch Telefonie (VoIP), Instant Messaging, E-Mail, Präsenzanzeigen, Datei- und Bildschirmfreigabe sowie oft auch Aufzeichnungs- und Streamingmöglichkeiten. Ziel von UC ist es, die gesamte interne und externe Kommunikation eines Unternehmens nahtlos und effizient zu gestalten, unabhängig vom Endgerät oder Standort.
- ▶ **Unified Communications and Collaboration (UCC)** integriert sowohl die Kommunikation als auch die aktive Zusammenarbeit in einer Plattform. UCC-Plattformen ermöglichen es Teams nicht nur zu kommunizieren, sondern auch gemeinsam produktiv an Inhalten und Projekten zu arbeiten. Zusätzlich zur Integration der Kommunikationsdienste werden auch umfassende Kollaborationsfunktionen bereitgestellt. Dazu gehören beispielsweise gemeinsames Bearbeiten von Dokumenten in Echtzeit, virtuelle Whiteboards, Projektmanagement-Tools und Assistenzprogramme (Bots), sowie Analyse- und Berichtsfunktionen. Zunehmend kommen hierzu Künstliche Intelligenz- (KI)basierte Dienste wie automatische Transkription zum Einsatz.

Zu den technischen Kernkomponenten zählen Signalisierungsserver für die Koordination der Verbindungen und Medienserver für die Verteilung und gegebenenfalls Transkodierung der Medienströme. Über verschiedene Schnittstellen und Programmierschnittstellen (auf Englisch Application Programming Interfaces, oder APIs) lässt sich die Plattform in bestehende IT-Landschaften, beispielsweise Kalender- oder Verzeichnisdienste, integrieren.

Aus Sicht der Anwendenden stehen die VKS mit ihren jeweiligen Hardwarekomponenten wie professionelle Kamera-, Mikrofon- und Steuerungstechnik im Mittelpunkt. Dazu können neben den hier betrachteten professionellen VK-Geräten auch persönliche Nutzer- Endgeräte wie Arbeitsplatzrechner, Notebooks, Tablets und Smartphones genutzt werden. All diese Geräte werden in der Regel über lokale Netzwerke (Local Area Network (LAN) oder WLAN) oder das Internet mit der jeweiligen VK-Plattform verbunden (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2: Technisches Schema einer Videokonferenz



Quelle: (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2020)

Die Verbindung der VKS für Videokonferenzräume und anderer Endgeräte zur externen VK-Plattform erfolgt meist über das Internet oder interne Firmennetzwerke mit Hilfe standardisierter Protokolle wie SIP, H.323 oder WebRTC. Die Integration in bestehende Anwendungen wird durch offene Schnittstellen erleichtert. Um die Vertraulichkeit und Integrität der übertragenen Daten zu gewährleisten, spielen dabei auch Sicherheitsaspekte wie Firewalls, Proxys und Verschlüsselung eine Rolle¹¹. Mechanismen zur Priorisierung von Audio- und Videodaten („Quality of Service“) sorgen für eine stabile Verbindung und eine hohe Übertragungsqualität.

¹¹ Diese Systemkomponenten liegen außerhalb des in dieser Machbarkeitsstudie betrachteten Geltungsbereichs.

Ergänzend dazu regeln Authentifizierungs- und Zugriffssysteme den Schutz vor unbefugtem Zutritt.

Insgesamt ist die Architektur heutiger VKS durch eine klare Trennung zwischen Endgerät, Netzwerk und zentraler VK-Plattform geprägt. Die VK-Plattform übernimmt wesentliche Steuerungs- und Verwaltungsaufgaben, während die Endgeräte flexibel und ortsunabhängig angebunden werden können.

4.2 Allgemeine Ausstattung von VK-Räumen

Professionelle VKS versprechen eine hohe Bild – und Audioqualität und eine automatisierte Steuerung der Systemkomponenten. Eine Hervorhebungsfunktion kann beispielsweise die sprechende Person automatisch in den Fokus der Bildübertragung rücken, indem sie die beweglich gelagerte Kamera entsprechend dreht. VKS verfügen zudem in der Regel über eine Software zur Unterdrückung von Störgeräuschen und können Hintergründe der Teilnehmenden virtuell verändern sowie Verbesserungen bei Helligkeit und Kontrast der Videosignale vornehmen. Einige VKS bieten auch weitergehende Funktionalitäten, wie beispielsweise automatische Untertitelung und KI-Support. Letztere gelten jedoch als Zusatzfunktionen, die nicht in allen VKS implementiert sind.

Videokonferenzgeräte sind Teil von VKS, die es ermöglichen, audiovisuelle Kommunikation in Echtzeit zwischen zwei oder mehr Teilnehmern an verschiedenen Standorten durchzuführen. Diese Systeme nutzen das Internet oder andere Netzwerke, um Video- und Audiosignale zu übertragen, und bieten oft zusätzliche Funktionen wie Bildschirmfreigabe, Chat, virtuelle Whiteboards und Aufzeichnungsoptionen. VKS sind technische Lösungen, mit denen ein Konferenzraum ausgestattet werden kann, um Ton & Bild aufzunehmen, diesen über eine Software komprimiert an online-Teilnehmende an anderen Orten zu verteilen und deren Ton & Bild im Konferenzraum in Echtzeit wiederzugeben. Die technische Ausstattung von Videokonferenzsystem unterliegt einer großen Variabilität: Angefangen von geräteintegrierten Webcams und Mikrofonen in Smartphones, Tablets oder Laptops für zumeist private Anwendungen, über spezialisierte extern zuschaltbare Devices (z.B. Aufsteck-Webcam mit Universal Serial Bus (USB)-Anschluss) bis hin zu professionellen VKS für professionelle Anwendungen (LS IT & MEDIA GmbH & Co. KG o. J.). Zwischen diesen Anwendungsfeldern gibt es aus technischer Sicht große Überlappungsbereiche. VKS lassen sich anhand ihrer technischen Ausstattung und Funktionsumfang grob in folgende Kategorien einteilen:

1. Einfache Peripheriegeräte (ohne Control Panel) mit USB-Anschluss, die als Erweiterung eines Laptops oder PCs betrieben werden können (Beispiel: einfache, USB-betriebene Webcam).
2. Modulare VKS sind Angebote im Set (sogenannte „Bundles“), die sich aus konfigurierbaren Komponenten zusammensetzen. Solche VKS verfügen über ein eigenes Encoding-/Decodinggerät (Grundgerät) mit Internetanschluss, das als zentrale Steuereinheit für Videokonferenzen dient. Solche VKS bieten vor allem hochwertige und funktionsstarke Peripheriegeräte (Beispiel: Videobar mit Mikrofonen und schwenkbarer Webcam). Wenn das modulare VKS zum Verkaufszeitpunkt mit einem oder mehreren Bildschirmen ausgestattet ist, fallen letztere in den Geltungsbereich.
3. Ein All-in-one VK-System zeichnet sich durch die Integration aller Komponenten (z. B. Grundgerät, Kamera, Mikrofon, Lautsprecher) in einen großen Bildschirm aus, der auf einem eigens dafür vorgesehenen Gestell steht. Außerdem verfügt es über einen Internetanschluss. Weitere externe Komponenten gelten als Peripheriegeräte.

4. Collaborative Systeme mit interaktivem Bildschirm. Diese Geräte enthalten ein komplettes All-in-one VKS und zusätzlich ein integriertes Bildanzeigegerät mit Touchscreen.

Im Rahmen dieser Studie werden vor allem VKS für professionelle Anwendungen betrachtet. Diese zeichnen sich durch einen höheren Funktionsumfang und durch höherwertige technische Merkmale aus. Dies spiegelt sich auch im Preis wider: professionellen VK-Systeme sind üblicherweise deutlich teurer als solche für private Anwendungen.

Die Funktionalität wird bei kommerziell verfügbaren VKS oft wie folgt aufgeteilt (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2020):

- ▶ Bild- und Tonaufnahme in Echtzeit
- ▶ Echtzeitwiedergabe von Bild und Ton (insbesondere Anzeige eines Video-Streams und Audioübertragung)
- ▶ Physisches User-Interface (Terminal bzw. Bedienelemente)
- ▶ Schnittstellen zu optionalen Informations- und Kommunikationstechnik- (IKT) Geräten
- ▶ Datenverarbeitung und Software.

Darüber hinaus lassen sich den professionellen VKS auch folgende Funktions- und Qualitätsmerkmale zuordnen (TrustRadius 2025):

- ▶ Lebensechte HD-Videoqualität
- ▶ HD-Audioqualität, Unterstützung für mehrere Mikrofone
- ▶ Interoperabel mit Webkonferenzsoftware und VoIP-Diensten
- ▶ Selbstdiagnose und einfache Fehlerbehebung
- ▶ Raumbuchung, Kalender und Terminplanung mit Erinnerungen an geplante Ereignisse
- ▶ Aufzeichnung von Ereignissen auf Softwareplattform, Videodienst
- ▶ Dynamisch reagierende Videokamera (Fokus auf den Sprecher)
- ▶ Unterstützung für mehrere Bildschirme
- ▶ Bildschirmfreigabe, Unterstützung für Webkonferenz-Funktionen

4.3 VK-Terminals und Controller (Grundgeräte)

Die Controller stellen die zentrale Steuereinheit für das VKS dar und sind für die Verarbeitung und Übertragung von Audio-, Video- und Datenströmen zuständig. Sie verfügen in der Regel über leistungsfähige Prozessoren, die eine Video- und Tonkomprimierung (Encoding und Decoding) und Datenübertragung mit hoher Bild- und Tonqualität ermöglichen. Es gibt jedoch auch die Möglichkeit, VKS ohne eigenen Controller zu realisieren: in dem Fall werden beispielsweise Thin Clients oder Mini-Computer¹² zur Ansteuerung der Audio- und Videoaufnahme und -wiedergabe eingerichtet (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2020).

¹² Diese Varianten liegen außerhalb des in dieser Machbarkeitsstudie betrachteten Geltungsbereichs.

Controller bilden außerdem die Schnittstelle zwischen den angeschlossenen Peripheriegeräten und dem Internet. Hauptaufgabe des Controllers ist das Encoding und Decoding des digitalen Datenstroms (siehe Abschnitt 4.10). Dazu verfügen Controller üblicherweise über einem Prozessor, der speziell für die parallele Verarbeitung, Codierung und Decodierung von Audio- und Videodaten optimiert ist. In professionellen Systemen kommen oft spezialisierte DSPs (Digital Signal Processors) oder leistungsfähige Multi-Core-Central Processing Units (CPUs) zum Einsatz, um geringe Latenz und hohe Qualität der Audio- und Videoübertragung sicherzustellen.

Controller können unterschiedliche Designs aufweisen und sind meist in die Benutzer-Terminals integriert. Deren Hauptaufgabe ist die intuitive Bedienung des Systems: Mit ihnen lassen sich - meist mittels Touchpanel - Konferenzen starten, Teilnehmende einladen, Kamera- und Mikrofoneinstellungen anpassen, Präsentationen teilen und weitere Funktionen steuern. Die meisten Terminals unterstützen gängige Videokonferenzprotokolle (z. B. SIP, H.323) und ermöglichen die online Verbindung zu anderen VK-Teilnehmenden via Internet. Moderne Geräte bieten außerdem Funktionen wie Verschlüsselung, Fehlerkorrektur und Bandbreitenmanagement, um eine stabile und sichere Verbindung zu gewährleisten.

Sowohl Terminals als auch Controller sind darauf ausgelegt, mit weiteren Komponenten und Systemen zusammenzuarbeiten. Dazu verfügen diese Geräte über verschiedene Schnittstellen zur Anbindung von Peripheriegeräten wie Raumkameras mit PTZ-Funktion (Pan-Tilt-Zoom), professionelle Mikrofonarrays, Lautsprechersysteme, Präsentationsgeräte und auch die Anbindung an Raumsteuerungssysteme (z. B. Licht, Jalousien). Die Geräte unterstützen häufig verschiedene Schnittstellen wie High Definition Multimedia Interface (HDMI), USB, Bluetooth und Netzwerkanschlüsse, um eine flexible Anpassung an die Anforderungen des jeweiligen Konferenzraums zu ermöglichen.

4.4 Netzwerkkomponenten

VKS sind auf Netzwerkverbindungen angewiesen, um einen digitalen Datenaustausch mit entfernten Kommunikationspartnern zu ermöglichen. In der Regel erfolgt dies über ein lokales Netzwerk (LAN), das die Geräte innerhalb eines Standorts oder eines Gebäudes verbindet. Die VKS sind dabei meist über kabelgebundene LAN-Verbindungen mittels Switches und Router mit dem Internet verbunden. Das LAN sorgt für eine schnelle und sichere Übertragung der Video- und Audiodaten zwischen den Teilnehmern am gleichen Standort und stellt zudem die Verbindung zum Internet her, falls externe Teilnehmende zugeschaltet werden sollen. Zu diesem Zweck verfügen VK-Terminals über ein LAN-Modul, also eine spezialisierte Hardwarekomponente, die vom Prozessor angesteuert wird. Dieses bleibt in der Regel dauerhaft aktiv. Für die Kommunikation über größere Distanzen ist ein Internetanschluss, beispielsweise per Glasfaser, unerlässlich. Das Internet übernimmt somit die Übertragung der Video-, Audio- und Steuerdaten zwischen Teilnehmern an unterschiedlichen Orten und ermöglicht auch die Nutzung von Cloud-basierten Videokonferenzdiensten wie Zoom, Microsoft Teams oder Webex.

Ergänzend dazu ist auch eine Verbindung zum Internet über WLAN oder Mobilfunknetz, insbesondere mit LTE oder 5G, möglich. Geräteintegrierte WLAN-Module sowie Mobilfunkrouter mit (Online-)SIM-Karten ermöglichen dabei den Zugang zum WLAN- oder Mobilfunknetz. Diese Funktionen können an Orten aktiviert werden, an denen kein kabelgebundener LAN-Anschluss zur Verfügung steht.

Diese Netzwerkkomponenten arbeiten insgesamt Hand in Hand: Innerhalb eines Standorts wird meist das LAN genutzt, während die Verbindung zwischen verschiedenen Standorten oder mit

externen Partnern über das Internet erfolgt. WLAN und das Mobilfunknetz dienen als flexibles Backup oder zur Ergänzung mobiler Anwendungen.

4.5 VK-Bildanzeigergeräte

Die Ton- und Bildaufnahme sowie die gleichzeitige Wiedergabe dieser Signale auf den Wiedergabegeräten der Teilnehmenden sind das zentrale Merkmal von Videokonferenzen. Bei professionellen VKS ist insbesondere die Größe der Bildanzeigergeräte ein zentrales Funktionsmerkmal für das immersive Erlebnis der Teilnehmenden.

Bei All-in-one VKS ist das Bildanzeigergerät hingegen zumeist Bestandteil des Gesamtprodukts. Hier entscheidet der Hersteller über Art, Größe und Funktionsmerkmale der Anzeigergeräte. Oft handelt es sich bei diesen Gerätetypen um Touchscreen-Bildschirme, die ein interaktives Arbeiten ermöglichen. Je nach herstellereitiger Gerätekonfiguration sind auch VKS am Markt verfügbar, die mit all ihren Komponenten (wie Kameras, Mikrofone und Lautsprecher) fest im Bildschirm integriert sind. Daher sind keine (oder nur minimale) externe Verkabelung und Zusatzgeräte nötig, jedoch haben manche dieser Geräte wiederum eine extern Bedienkonsole mit Touchscreen-Display. In der Kategorie All-in-one VKS gibt es freistehende Tischgeräte, beweglich aufgestellte Konsolen und Videoleisten bzw. Soundbars zur Montage an der Wand.

Bei modularen VKS lassen sich zur Bildwiedergabe entweder großformatige Bildschirme oder Projektoren (Beamer) anschließen. Dies erfolgt in der Regel über eine HDMI-Schnittstelle. Die Auswahl der Bildwiedergabegeräte liegt hierbei meist nicht im Ermessen der Hersteller, sondern ist abhängig von den Anforderungen der Anwender bzw. der Entscheidung von Dienstleistern, die auf die Einrichtung von VK-Räumen spezialisiert sind. Die jeweils von den Anwendenden bevorzugte Lösung hängt von den räumlichen Gegebenheiten und der Anzahl der Teilnehmenden ab. In diesem Bereich besteht eine hohe Variabilität. Für eine immersive VK-Funktion müssen die Bildschirme auch von den am weitesten entfernten Sitzplätzen im VK-Raum gut zu sehen sein. Generell gilt: je größer der VK-Raum, desto größer oder zahlreicher fallen die verwendeten Bildschirme aus. Allerdings werden oft mehrere Bildschirme verwendet, um parallel zu den Videostreams der online zugeschalteten Teilnehmerschaft auch Präsentationen, Chats, geteilte Bildschirminhalte, interaktive Kollaborationssoftware oder sonstige Inhalte anzuzeigen. Die Zuweisung der jeweiligen Videosignale auf die Bildschirme erfolgt dabei softwaregesteuert durch die VKS.

In großen VK-Räumen mit besonderen Anforderungen (z. B. sehr große, helle Bildfläche) lassen sich sogenannte Signage-Displays einsetzen. Das sind professionelle Großbildschirme zur Anzeige von statischen oder bewegten Inhalten im Dauerbetrieb, beispielsweise Werbung, Menütafeln oder Wegweiser. Eine regulatorische Definition der Signage-Displays findet sich in der Verordnung (EU) 2019/2021 über die Anforderungen an elektronische Displays (Europäische Kommission 2019). Obwohl Signage-Displays nicht speziell für VKS optimiert sind, lassen sie sich für Videokonferenzen nutzen, wenn sie via HDMI-Kabel an das VK-Gerät angeschlossen werden. Sie bieten eine hohe Helligkeit, eine robuste Bauweise, schmale Rahmen und flexible Montagemöglichkeiten. Die am häufigsten verwendete Bildschirm-Technologie für moderne Liquid Crystal Display (LCD)-Flachbildschirme ist Dünnschichttransistor-LCD (Thin Film Transistor, TFT). Die Qualität hängt jedoch auch vom Typ (IPS, VA, TN) ab. Für Meetingräume sind IPS (In-Plane Switching) Bildschirme ideal, da sie auch bei seitlicher Betrachtung eine konsistente Bildqualität und gute Farbdarstellung bieten. Dies bietet sich für eine Nutzung in VK-Räumen an, wo mehrere Personen den Bildschirm gleichzeitig aus verschiedenen Winkeln sehen.

Alternativ dazu können auch großformatige TV-Geräte als Bildanzeigegeräte in VK-Räumen eingesetzt werden. Diese Geräte sind zwar nicht für einen Dauerbetrieb ausgelegt und weniger robust. Für viele Anwendungsfälle reicht deren Funktionalität jedoch auch in Kombination mit professionellen VKS aus. TV-Geräte sind in der Regel kostengünstiger und energiesparender, da sie oft mit geringerer Helligkeit betrieben werden und über Energiespar-Features wie den Eco-Modus, eine automatische Helligkeitsregelung und Standby-Funktionen verfügen.

4.6 VK-Mikrofone

Mikrofone, die in professionellen VKS für Konferenzräume eingesetzt werden, unterscheiden sich in mehreren entscheidenden Merkmalen von einfachen Mikrofonlösungen. Professionelle Mikrofone sind oft unauffällig designt und so platziert, dass sie die Akustik optimal erfassen, ohne die Optik des Raumes zu stören. Beispielsweise sind Mikrofone oft in zentrale Steuerungssysteme integriert und lassen sich über die Konferenzraumtechnik (z. B. Touchpanel) konfigurieren. Sie unterstützen automatische Stummschaltung oder Lautstärkeanpassung je nach Raumnutzung.

Die Aufnahmequalität professioneller Mikrofone ist auf Sprache mit einem breiten Frequenzbereich optimiert, mit besonderem Fokus auf Verständlichkeit und Reduktion von Verzerrungen. In Konferenzräumen werden oft Grenzflächenmikrofone (Boundary-Mikrofone) oder Deckenmikrofone mit mehreren Richtcharakteristiken verwendet, um alle Teilnehmende im Raum klar aufzunehmen. Moderne Systeme nutzen dazu Mikrofon-Arrays, also mehrere Mikrofone in einem Gerät, um die Position von Sprechern zu lokalisieren und gezielt deren Stimme zu verstärken (Beamforming). Professionelle Mikrofone verfügen zudem über eine Richtcharakteristik (z. B. Niere, Superniere oder Kugel), die gezielt den Sprechenden erfasst und Störgeräusche aus anderen Richtungen unterdrückt. Dies ermöglicht eine automatische Ausrichtung auf die aktiv Sprechenden und eine Reduzierung von Nebengeräuschen und Vermeidung von Rückkopplungen. Außerdem wird oft eine softwareseitige Rausch- und Echounterdrückung (sog. „Noise Cancelling“ und „Echo Cancellation“) mittels integrierte Algorithmen verwendet (Aswani 2024), um auch in akustisch schwierigen Räumen eine klare Übertragung zu ermöglichen.

4.7 VK-Lautsprecher / Soundbars

Professionelle Konferenzlautsprecher und Soundbars verfügen über hochwertige Treiber (Lautsprecher) und bieten dadurch eine breite Klangabstrahlung, sodass alle Teilnehmer im Raum die Sprache gut hören können, unabhängig von ihrer Sitzposition. Soundbars für Videokonferenzräume sind häufig spezialisierte Peripheriegeräte, die oft auch Mikrofonarrays enthalten. Durch die Kombination beider Komponenten wird die Installation vereinfacht und der Platzbedarf im Raum reduziert. Zur Reduktion von Rückkopplungen und Störgeräuschen sind einige professionelle Systeme mit fortschrittlichen Algorithmen zur Echounterdrückung (AEC, „Acoustic Echo Cancellation“) und Rauschunterdrückung ausgestattet. Dies erfordert eine spezielle Signalverarbeitung (z. B. digitaler Signalprozessor, DSPs), welche durch eine eigenständige Controller-Elektronik (unabhängig von Codec-Controller) realisiert wird.

4.8 Sonstige Hardware

VKS enthalten zumeist weitere Komponenten, die für deren Funktion unentbehrlich sind oder zur Verbesserung der Nutzungseigenschaften dienen. Dazu gehören:

- ▶ Netzteile wandeln die Netzspannung (230 V Wechselspannung) in eine Gleichspannung auf Geräteebe (z. B. 12 V) um. Sie sorgen zugleich für eine Trennung von der Netzspannung aus Sicherheitsgründen sowie für eine Filterung von kurzzeitigen Schwankungen der Netzspannung. Moderne Schaltnetzteile enthalten Brückengleichrichter und MOSFET-Transistoren, die eine effiziente Umwandlung und Regelung elektrischer Energie ermöglichen. Ältere Netzteile mit Transformator sind vergleichsweise wenig energieeffizient und haben eine klobigere Bauform.
- ▶ Verbindungskabel: Je nach System werden üblicherweise mehradrige Kupferkabel mit Abschirmung zur Verbindung zwischen den einzelnen Systemkomponenten verwendet. Typisch sind LAN-Kabel zur Verbindung an einen Internet-Router oder ein Local Area Netzwerk. HDMI-Kabel dienen zum Anschluss von Bildanzeigegeräten und USB-Kabel zum Anschluss von anderen IT-Geräten (z.B. Kameras, Laptops). Zudem gibt es Audiokabel zum Anschluss analoger Lautsprecher und Netzkabel für den Stromanschluss.
- ▶ Fernbedienungen: Manche VKS oder Bildanzeigegeräte verfügen über eine Fernbedienung mit Infrarot-Kopplung. Einige professionelle VKS lassen sich auch mit Bluetooth-Fernbedienung ansteuern.

4.9 Software

Professionelle VKS verfügen über eine spezialisierte Software, die direkt auf der Hardware des Geräts ausgeführt wird (Embedded-Firmware). Diese steuert und koordiniert alle grundlegenden und erweiterten Funktionen des Systems und bildet die Grundlage für die Interaktion mit Nutzern und externen Systemen. In der Regel wird die Firmware vom Hersteller speziell für das jeweilige Gerät entwickelt. VKS nutzen ein schlankes, eingebettetes Betriebssystem als Basis. Dabei handelt es sich häufig um angepasste Linux-Distributionen. Teilweise kommen auch Echtzeitbetriebssysteme (Real-Time Operating System, RTOS) oder proprietäre Embedded-Systeme zum Einsatz. Das Betriebssystem stellt grundlegende Funktionen wie Prozessmanagement, Speicherverwaltung, Netzwerkanbindung und Hardwarezugriff bereit.

Zunächst steuert das Betriebssystem alle Hardwarekomponenten des Geräts wie Kamera, Mikrofon, Lautsprecher und Bildschirm. Dazu gehört auch die Steuerung von PTZ-Kameras sowie die Verwaltung der verschiedenen Netzwerkschnittstellen, etwa LAN, WLAN oder Bluetooth. Zwischen diesen spezifischen Hardwarekomponenten und dem Betriebssystem befindet sich in der Regel eine Hardware-Abstraktionsschicht (HAL). Sie sorgt dafür, dass die Firmware unabhängig von der konkreten Hardwareplattform entwickelt und gepflegt werden kann. Dabei handelt es sich nicht um physische Komponenten, sondern um eine Software-Schicht innerhalb der Firmware-Architektur. Diese Architektur der Firmware ermöglicht eine Variabilität bei der Hardwareausstattung. So ist für die Veränderung der Peripherie-Hardware (z. B. Kamera) keine physische Änderung im Grundgerät, sondern nur ein Update der in der HAL hinterlegten Steuerungssoftware erforderlich. Auch die Videokonferenzsoftware bleibt davon unberührt.

Darüber hinaus unterstützt die Firmware verschiedene Kommunikationsprotokolle, die für die Verbindung mit anderen Geräten und Konferenzsystemen notwendig sind. Dazu zählen Standardprotokolle wie SIP, H.323 oder auch WebRTC. Dabei wird auf eine geringe Latenz und eine konstant hohe Übertragungsqualität geachtet (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2020). Für die Sicherheit der Übertragungen sorgt die Implementierung von Verschlüsselungs- und Authentifizierungsmechanismen, etwa durch TLS oder SRTP. Weiterhin bietet die Firmware professioneller VKS zudem Funktionen wie Echounterdrückung,

Rauschunterdrückung und automatische Lautstärkeregelung, um eine möglichst störungsfreie und klare Kommunikation zu ermöglichen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Benutzerinteraktion. Die Firmware stellt hierfür benutzerfreundliche Oberflächen bereit, beispielsweise Menüs auf dem Bildschirm, Touch-Bedienung oder Webinterfaces. Sie verwaltet Nutzerprofile, Adressbücher und erleichtert die Planung und Durchführung von Meetings.

4.10 Codecs und Protokolle

Video-Codecs spielen in VKS eine zentrale Rolle, indem sie die effiziente Übertragung und Darstellung von Videoinhalten ermöglichen (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2020). Video-Codecs sind Algorithmen, die Videodaten komprimieren, um sie über Netzwerke mit begrenzter Bandbreite zu übertragen, und sie anschließend wieder dekomprimieren, um eine möglichst verlustarme Darstellung zu gewährleisten.

In der Regel ist der Codec in der Firmware eines VKS-Grundgeräts hinterlegt. In professionellen Systemen ist diese oft in Form spezialisierter Encoder-/Decoder-Chips verankert. Es sind jedoch auch VKS auf dem Markt verfügbar, die statt eines Encoder/Decoder-Chips mit einer universellen CPU ausgestattet sind (z. B. Mini-Computer). Universelle CPUs sind weniger effizient in der Verarbeitung des Codecs als spezialisierte Encoder/Decoder-Chips, bieten jedoch eine größere Freiheit in der Anwendung (d. h. sie sind nicht auf einen Codec oder eine VK-Plattform festgelegt und ermöglichen einfachere Softwareupdates).

Der in VKS momentan am weitesten verbreitete Codec ist der in einem internationalen Standard spezifizierte **H.264 (Advanced Video Coding, AVC)**. Dieser proprietäre Codec bietet eine hohe Bildqualität bei vergleichsweise niedriger Bandbreite und ist daher zum Industriestandard geworden. H.264 ist nicht quelloffen, wird aber von nahezu allen VKS-Herstellern gegen Lizenzzahlung implementiert. Mit dem steigenden Bedarf an höheren Auflösungen, wie Full HD und 4K, gewinnt der modernere **H.265 (High Efficiency Video Coding, HEVC)** an Bedeutung. H.265 bietet im Vergleich zu H.264 eine nochmals verbesserte Kompression, sodass bei gleicher Qualität weniger Bandbreite benötigt wird. Dies ist insbesondere für große Konferenzräume, Veranstaltungen oder Telemedizinanwendungen relevant, bei denen hochauflösende Bilder übertragen werden müssen. H.265 (HEVC) ist ebenfalls ein proprietärer Codec, der nicht quelloffen ist und ohne entsprechende Lizenzierung nicht in Produkten verwendet werden darf. Der Codec nach Standard H.265 ist dabei effizienter als H.264 und kann bei gleicher Bildqualität eine geringere Datenrate erzielen (vgl. Tabelle 2).

Open-Source Codecs wie **AV1** (lizenzfrei) und **VP9** (offen lizenziert) können in bestimmten Bereichen eine Alternative zu den proprietären Codecs darstellen, insbesondere bei Anbietern, die Lizenzkosten vermeiden möchten. Daneben finden auch die beiden von Google entwickelten Codecs **VP8 und VP9** Anwendung – vor allem in softwarebasierten und webbasierten Lösungen, die auf WebRTC (Web Real-Time Communication) setzen (VK im Web-Browser). Sie sind offen lizenziert und werden vor allem von browserbasierten Systemen wie Google Meet oder Jitsi verwendet. In klassischen Hardware-Endpunkten spielen sie bislang eine untergeordnete Rolle. Für Audio werden häufig die Codecs G.711, G.722 oder Opus verwendet.

Tabelle 2: Übersicht relevanter Video-Codecs

Codec	Level	Max. Auflösung	Bild-Rate	Max. Bit Rate
H.264 AVC	1b	QCIF (176 x 144)	15	128 kbps

Codec	Level	Max. Auflösung	Bild-Rate	Max. Bit Rate
	2	CIF (352 x 288)	30	2 Mbps
	3	720x480	30	10 Mbps
	3.1	720x1280 (720p, HD)	30	14 Mbps
	3.2	720x1280 (720p, HD)	60	20 Mbps
	4	1080x1920 (1080p, Full HD)	30	20 Mbps
	4.2	1080x1920 (1080p, Full HD)	64	50 Mbps
H.264 SVC	bei Berücksichtigung eines Layer ca. 10% höhere Bitrate als H.264 AVC bei Berücksichtigung aller Layer ca. 30% höhere Bitrate als H.264 AVC			
H.265	1	QCIF (176 x 144)	15	128 kbps
	2	CIF (352 x 288)	30	1,5 Mbps
	3	720 x 576	37,5	6 Mbps
	3.1	720x1280 (720p, HD)	33,7	10 Mbps
	4	720x1280 (720p, HD)	68	12 Mbps
	4	1080x1920 (1080p, Full HD)	32	12 Mbps
	4.1	1080x1920 (1080p, Full HD)	64	20 Mbps
	5	3840x2160 (4K UHD)	30	40 Mbps
	5.1	3840x2160 (4K UHD)	60	60 Mbps
	5.2	3840x2160 (4K UHD)	120	120 Mbps
	6	7680x4320 (8K UHD)	30	160 Mbps
	6.1	7680x4320 (8K UHD)	60	240 Mbps
	6.2	7680x4320 (8K UHD)	120	480 Mbps
H.266 (Versatile Video Coding VCC) nach ITU-T H.266 / ISO IEC 23090-3				
		Bis zu 15360x8640 (16K)	120	Main Tier: 800 Mbps High Tier: 1,6 Gbits
VP 8	-	720x1280 (720p, HD)	30	17 Mbps
	-	1080x1920 (1080p, Full HD)	30	23 Mbps
VP 8	-	720x1280 (720p, HD)	30	15 Mbps
	-	1080x1920 (1080p, Full HD)	30	21 Mbps
AV1	2.0 – 6.3 (vorl.)	426x240 bis 7680x4320	30-120	bis zu 800 Mbps

Quelle: BSI 2020; ergänzt

Die Wahl des Video-Codex beeinflusst maßgeblich die Qualität, Stabilität und Kompatibilität von Videokonferenzlösungen. Professionelle Systeme setzen daher auf bewährte und weit verbreitete Standards, um eine reibungslose Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten

und VK-Plattformen zu gewährleisten. Die inzwischen veralteten Legacy-Codecs (H.263, H.261) werden nur noch in Ausnahmefällen oder zur Abwärtskompatibilität unterstützt.

Die von Mikrofonen und Kameras aufgenommenen analogen Signale (Ton und Bild) werden zunächst in digitale Daten umgewandelt, zumeist direkt in den Geräten. Dieser unkomprimierte digitale Datenstrom wird dann im Prozessor entsprechend eines Kompressionsalgorithmus (Codec) verarbeitet und komprimiert, um ihn effizient und mit geringer Latenz über das Internet zu übertragen. Dies reduziert die benötigte Bandbreite und ermöglicht eine effiziente Übertragung über Netzwerke. Die komprimierten Videodaten werden in kleine Pakete zerlegt, typischerweise nach RTP (Real-Time Transport Protocol) strukturiert, und über das Netzwerk versendet. Dabei werden die Daten zusätzlich durch Protokolle wie SIP oder H.323 gesteuert und verwaltet. Empfängerseitig werden die komprimierten Audio- und Videodaten nach denselben Standards dekomprimiert und für die Anzeige auf den jeweils verwendeten Bildanzeigeräten aufbereitet.

Moderne Codecs verfügen zudem über Mechanismen zur Fehlerkorrektur und Paketverlustkompensation, um auch bei schwankender Netzqualität eine stabile Verbindung zu gewährleisten. Zusätzlich werden Verschlüsselungsalgorithmen eingesetzt, um die Vertraulichkeit und Integrität der übertragenen Daten zu schützen. Eine einstündige Videokonferenz in 4K-Auflösung kann einen erheblichen Datenverkehr über das Internet verursachen. Die genaue Menge hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter die verwendete VK-Plattform, die eingesetzte Komprimierungstechnologie (z. B. H.264 oder H.265), die Bildrate sowie die Qualität der Audioübertragung. Typischerweise liegt die Datenrate eines einzelnen 4K-Videostreams in einer Videokonferenz bei etwa 15 bis 25 Megabit pro Sekunde, wenn der ältere H.264-Codec verwendet wird. Mit dem moderneren H.265-Codec kann die erforderliche Datenrate auf etwa 8 bis 15 Megabit pro Sekunde sinken, bei vergleichbarer wahrgenommener Bildqualität. Rechnet man diese Werte auf eine Stunde hoch, ergibt sich je nach verwendetem Codec ein Datenvolumen von etwa 3,6 Gigabyte (GB)¹³ bis 11,25 GB¹⁴ pro Stream. Dieser Wert kann sich erhöhen, wenn mehrere Teilnehmer gleichzeitig in hoher Qualität übertragen oder zusätzliche Inhalte wie Bildschirmfreigaben oder Präsentationen eingebunden werden. Die Übertragung von Daten über das Internet verursacht einen Energieverbräuche bei Internetanbietern in Backbone-Netzen und Rechenzentren. Bei einem geschätzten Energieverbrauch von etwa 0,5 – 26 Wh für die Übertragung von 1 GB Daten (Gröger et al. 2021) ergibt sich für einen einstündigen 4K-Videostream ein netzseitiger Energieverbrauch von etwa 1,8–293 Wh. Der in 2020 veröffentlichte Nachfolger zu H.265 Codec ist H.266: Versatile Video Coding. Dieser Codec ermöglicht eine ca. 50 % effizientere Kompression als H.265 bei gleicher Bildqualität. H.266/VVC ist zwar der technisch modernste Standard eines Video-Codecs, aber (noch) kaum in VKS-Endgeräten verfügbar.

Als Schlussfolgerung bleibt festzuhalten, dass der verwendete Codec einen deutlichen Einfluss auf den indirekten Energieverbrauch von Videokonferenzen hat. Im günstigsten Fall (H.265) beträgt das Verhältnis von lokalem zu netzseitigem Energieverbrauch etwa 1:1. Bei höheren Datenmengen kann dieses Verhältnis jedoch über 1:2 hinausgehen¹⁵. Deshalb kommt der Nutzung eines kompressionsstarken Codecs eine besondere Relevanz bei möglichen Vergabekriterien des Blauen Engels zu.

¹³ Bei 8 Megabit pro Sekunde

¹⁴ Bei 25 Megabit pro Sekunde

¹⁵ Aussage gilt nur für die Verarbeitung der Video- und Audiodaten ohne Einbezug der Bildanzeigeräte

5 Markt- und Umfeldanalyse

5.1 Marktanalyse

Bei der Betrachtung des Markts für VKS zeigt sich, dass es verschiedene Gerätetypen gibt, die Videokonferenzen ermöglichen oder in diesen genutzt werden können. In der Tabelle 3 sind einige kommerziell verfügbare Geräte aufgeführt. Die aufgelisteten Gerätetypen dienen einer groben Orientierung welche Funktionalitäten die VKS abdecken. Abweichungen bei Preisen in Euro oder Dollar je nach Webseite sind vorbehalten. Preise wurden von exemplarischen Anbietern ermittelt. Die Gerätetypen wurden kategorisiert und beschreiben ggf. nicht die volle Funktionalität. Die Preise wurden exemplarisch von einzelnen Anbietern online abgerufen und spiegeln den Stand zum Zeitpunkt der Datenerhebung (Juni 2025) wider.

Tabelle 3: Exemplarische Übersicht von im Jahr 2025 kommerziell verfügbaren VK-Geräten

Anbieter	Modelle	Typ	Ausstattung	Preisbereich (€.)
Poly (HP)	Studio X30/X50, G7500	All-in-One, Modular	Native Integration MS Teams/Zoom,	1.500–6.000
Logitech	Rally Bar, Rally Plus	All-in-One, Modular	Plug & Play, gute Integration,	1.200–5.000
Cisco	Webex Room Series	All-in-One, Modular	Sehr hohe Qualität, eigene Plattform	2.500–10.000
Yealink	MVC-Serie, MeetingBar	All-in-One	MS-Teams	1.000–5.000
Neat	Neat Bar, Neat Board	All-in-One	Zoom/MS-Teams, Touchscreen	2.000–7.000
Jabra	PanaCast 50	All-in-One	180°-Panorama, KI, Zoom / MS-Teams	1.000–1.500
AVer	CAM-Serie	Kamera	PTZ-Kameras	800–4.000
Lenovo	ThinkSmart Core Room Kit	Modular	MS-Teams, Zoom, Webex	750–3.500

Quelle: eigene Erhebung auf Basis von online-Vergleichsplattformen wie (onedirect 2025; PIK AG 2025);

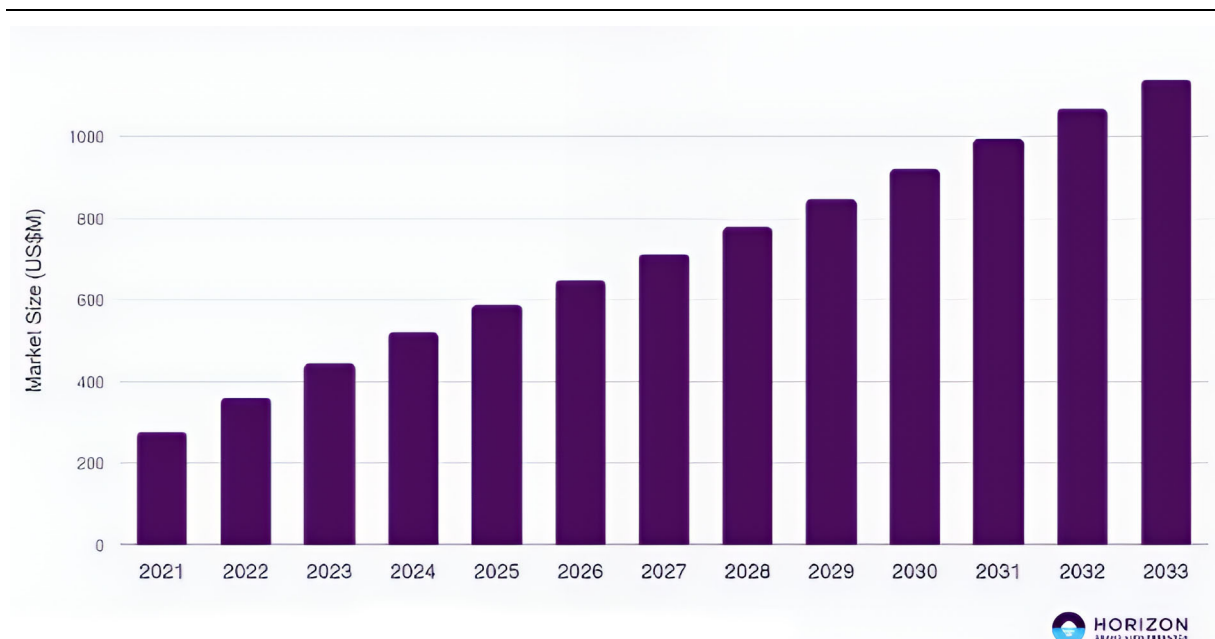
Im deutschen Markt für VK-Plattformen sind mit Stand September 2024 unter anderem folgende Anbieter vertreten (Statista 2025b):

- Zoom Video Communications
- Cisco Webex
- Microsoft Teams
- GoToWebinar / GoToMeeting
- ON24
- Livestorm
- Google Hangouts,

- ▶ Adobe Connect,
- ▶ TalkPoint Convey
- ▶ TANDBERG Video Conferencing

Das Marktvolumen der kommerziellen VK-Plattformen wurde 2019 auf 5 Milliarden USD geschätzt und soll sich bis 2027 auf 10 Milliarden USD verdoppeln. Hierbei liegt der Hauptmarkt im Unternehmenssektor (Statista 2025b). Marktprognosen gehen für die kommenden Jahre von einem fortgesetzten stetigen Wachstum des Markts für Videokonferenzplattformen aus (siehe Abbildung 3) und prognostizieren von 2025 bis 2033 eine durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (CAGR) von 8,7 % (Grand View Research, Inc., 2025).

Abbildung 3: Marktprognose für den Umsatz für Videokonferenzplattformen im deutschen Markt



Quelle: Grand View Research, Inc. (2025)

5.2 Regulatorisches Umfeld

5.2.1 Circular Economy Action Plan (CEAP)

Der Circular Economy Action Plan der EU zielt darauf ab, Produkte nachhaltiger, langlebiger, reparierbarer und recyclingfähiger zu machen. Der Plan nennt explizit einige Produktgruppen (wie Elektronik, IKT, Batterien, Textilien, Möbel), legt aber keine spezifischen Einzelbestimmungen für VKS fest (Europäische Kommission 2024). Letztere fallen unter die breite Kategorie „Elektronik und IKT“. Obwohl die allgemeinen Ziele des CEAP (z.B. längere Lebensdauer, bessere Reparierbarkeit, Förderung von Recycling) für die gesamte Elektronikbranche und daher auch für Videokonferenzhardware gelten, gibt es im CEAP keine explizite Nennung oder Sonderregelung für VKS.

5.2.2 Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)

Die EU-Ökodesign-Verordnung ESPR wurde im Jahr 2024 beschlossen und tritt schrittweise in Kraft. Sie legt einen Rahmen für nachhaltige Produktanforderungen fest, die künftig für eine Vielzahl von Produktgruppen verbindlich werden. Derzeit gibt es noch keine spezifischen Durchführungsrechtsakte (delegierte Verordnungen) für VKS und diese sind auch nicht auf der aktuell priorisierten Liste für Produktgruppen unter ESPR gelistet (Europäische Kommission 2025a). Jedoch könnten diese künftig unter die allgemeinere Kategorie „IKT und Unterhaltungselektronik“ fallen, sobald die EU-Kommission delegierte Rechtsakte für diese Gruppe erlässt. In dem Fall könnten die allgemeinen Anforderungen an Haltbarkeit, Reparierbarkeit, Energieeffizienz und Informationspflichten (z. B. digitaler Produktpass) zukünftig auch für VKS relevant werden.

Ab Mai 2025 gelten im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EG) nach Vorgaben der Verordnung (EU) 2023/826 neue Grenzwerte für den Stromverbrauch von elektrischen und elektronischen Haushalts- und Bürogeräten (Europäische Kommission 2023). Diese Verordnung legt Grenzwerte für den Stromverbrauch im Aus-Zustand, im Bereitschaftszustand und im vernetzten Bereitschaftsbetrieb für viele Bürogeräte mit Stromnetzanschluss fest. VKS fallen unter den Geltungsbereich dieser Regulierung insofern sie gemäß Anhang 2.3 als „sonstige Geräte zur Aufnahme oder Wiedergabe von Bild oder Ton“ gelten.

Geräte dürfen im Aus-Zustand maximal 0,3 W Leistung aufnehmen sowie im Bereitschaftszustand (Standby-Modus) maximal 0,5 W (mit Bildschirm: 0,8 W). Für sogenannte HiNA-Geräte gilt im vernetzten Bereitschaftsbetrieb (z. B. WLAN-Verbindung) ein Grenzwert von 7 W¹⁶. HiNA-Geräte sind netzwerkfähige Geräte mit hoher Netzwerkverfügbarkeit – das heißt, sie müssen im Bereitschaftszustand oder Aus-Zustand weiterhin ihre Netzwerkverbindung aufrechterhalten, um bestimmte Funktionen auszuführen. Darunter fallen laut Verordnungstext auch Videotelefone, während VKS nicht explizit als solche genannt werden. Ob auch professionelle Raum-VKS unter den Begriff Videotelefon fallen ist im Rahmen dieser Studie nicht beantwortbar. Sofern jedoch ein VKS als vernetztes Gerät eine hohe Netzwerk-Verfügbarkeit als Funktionsmerkmal aufweist ist es im Sinne der Verordnung (EU) 2023/826 Anhang 1, Punkt 8 als „HiNA-Gerät“ zu betrachten¹⁷. Die Grenzwerte für die Leistungsaufnahme von Videotelefonen gelten jedoch keinesfalls für VKS, die einen Minicomputer für die Codec-Verarbeitung enthalten. VKS auf Basis solcher Geräte sind daher nicht von der Regelung betroffen (dies könnte ggf. für VKS mit On-Premises-Architektur zutreffen).

Die Durchführungsverordnung EU 2019/2021 „zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an elektronische Displays“ (Europäische Kommission 2019) legt spezifische Ökodesign-Anforderungen für elektronische Displays (wie Fernseher und Monitore) fest. Jedoch sind laut Artikel 1c All-in-One VKS vom gegenwärtigen Geltungsbereich ausgeschlossen und auch für andere in Frage kommende Bestandteile von VKS (z.B. professionelle Displays (b) und digitale Signage-Displays (f)) gelten die Bestimmungen dieser Verordnung nur eingeschränkt.

5.2.3 Restriction of Hazardous Substances (RoHS)

Die RoHS-Richtlinie (2011/65/EU) beschränkt die Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (Europäische Union 2011). Ziel ist es, Umwelt und Gesundheit vor Schadstoffen wie Blei, Quecksilber, Cadmium, sechswertigem Chrom, Polybromierte

¹⁶ Seit April 2025

¹⁷ Jedoch nicht als „vernetztes Gerät mit HiNA-Funktionen“ im Sinne der Verordnung (EU) 2023/826 Anhang 1, Punkt 9, da ein VKS nicht primär die Funktionen eines Routers, Netzwerk-Schalters oder Drahtlos-Netzzugangspunkts erfüllt.

Biphenyle (PBB) und Polybromierte Diphenylether (PBDE) zu schützen. VKS sind elektrische und elektronische Geräte, die typischerweise als „Geräte der Informations- und Telekommunikationstechnik“ (IKT) in der RoHS-Kategorie 3 eingeordnet werden.

5.2.4 Batterieverordnung (BatterieVO)

Die EU-Batterieverordnung (EU) 2023/1542 trat am 18. Februar 2024 in Kraft und ersetzt die bisherige Batterierichtlinie 2006/66/EG (Europäische Kommission 2023a). Die Verordnung gilt für geräteintegrierte Batterien und beinhaltet Anforderungen an Nachhaltigkeit, Sicherheit, Entnehmbarkeit und Austauschbarkeit sowie Kennzeichnungs- und Informationsanforderungen. Ab dem 18. Februar 2027 sollen alle Batterien mit einem QR-Code gekennzeichnet werden (Artikel 13, Absatz 6). Die in den Batteriepass aufzunehmenden Informationen sind in im Anhang VI Teil A der BatterieVO angegeben. Dazu gehört die Angabe über die Größe oder der Art der Batterie, den Ort und das Datum der Erzeugung, Herstellung, das Gewicht, die Kapazität, die chemische Zusammensetzung. Bestimmte gefährliche Stoffe, die in der Batterie enthaltenen sein können, werden beschränkt oder verboten. Für tragbare Batterien gelten folgende Beschränkungen:

- ▶ Quecksilber: 0,0005 % (5 mg/kg)
- ▶ Cadmium: 0,002 % (20 mg/kg)
- ▶ Blei: 0,004 % (40 mg/kg)

VKS, bzw. einzelne Komponenten modularer Systeme (z. B. Konferenzkameras, Freisprech-einrichtungen, portable Endgeräte) können Batterien enthalten. Die sind zumeist Akkus für einen kabellosen Betrieb, insbesondere bei mobilen Geräten. Manche VKS können auch Pufferbatterien (z.B. wiederaufladbare Knopfzellen) enthalten. Solche Geräte fallen unter die Vorschriften der Batterieverordnung. Bisher gibt es keine Ausnahmen (Derogations) für VKS.

5.3 Weitere regulatorische Aspekte

5.3.1 Anforderungen zur Ersatzteilverfügbarkeit

Die Reparierbarkeit von Produkten hängt entscheidend von der Verfügbarkeit von Ersatzteilen ab. Dies ist im europäischen Recht zunehmend adressiert, jedoch gibt es speziell für VKS noch keine dezidierten Vorgaben. Unter der europäischen ESPR-Richtlinie sind horizontale Maßnahmen zur Reparierbarkeit derzeit in der Erarbeitung. Existierende Anforderungen an die Ersatzteilverfügbarkeit für elektronische Produkttypen verschiedener Art sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Diese ergeben sich teilweise aus verbindlichen regulatorischen Vorgaben (obere 2 Zeilen) oder aus freiwillig anwendbaren Umweltzeichen (untere 2 Zeilen).

Tabelle 4: Zusammenstellung der Ersatzteilverfügbarkeit

Gerätetyp	Ersatzteilverfügbarkeit	Zeitraum bezogen auf	Quelle
Mobiltelefone, Smartphones, Tablets	7 Jahre (gesetzlich)	nach dem Datum der Beendigung des Inverkehrbringens	Regulation (EU) 2023/1670 (Ecodesign-Anforderungen)

Gerätetyp	Ersatzteilverfügbarkeit	Zeitraum bezogen auf	Quelle
Elektronische Bildschirme (Displays)	8 Jahre (für mit dem EU-Ecolabel zertifizierte Produkte)	nach dem Ende der Produktion	EU Ecolabel criteria 2020/1804 (Europäische Kommission 2020)
Computer, Tastaturen und Mäuse	10 Jahre (für mit dem Blauen Engel zertifizierte Produkte)	ab dem Zeitpunkt des Inverkehrbringens	Blauer Engel DE-UZ 78 (2024) (Umweltbundesamt 2024)
Server und Datenspeicherprodukte	8 Jahre (für mit dem Blauen Engel zertifizierte Produkte)	ab Produktions-einstellung	Blauer Engel DE-UZ 213 (2025) (Umweltbundesamt 2025)

Quelle: Eigene Darstellung

Ersatzteile sind funktionsgleiche oder kompatible und in ihrer Funktion verbesserte Komponenten oder Baugruppen eines Elektro- oder Elektronikgeräts, die im Fall einer Reparatur als Ersatz für defekte Teile eingewechselt werden. Tabelle 5 zeigt exemplarisch die im EU-Umweltzeichens für elektronische Displays 2020/1804 definierten Ersatzteile.

Tabelle 5: Definition der Ersatzteile gemäß EU-Umweltzeichens für elektronische Displays (EU 2020/1804)

	Für wen?	Definition der Ersatzteile	Quelle
EU-Umweltzeichen für elektronische Displays	keine explizite Beschreibung, aber „öffentlich zugänglich“	Bildschirm und LED-Hintergrundbeleuchtung, Ständer und Netzteilkarte und Steuerleiterplatte;	Buchstabe a Ziffer i von EU Ecolabel criteria 2020/1804, (Seite 12)
	fachliche kompetente Reparatoren	internes Netzteil, Verbindungsteile für den Anschluss externer Geräte, Kondensatoren, Batterien und Akkumulatoren, DVD-/Blue-Ray-Modul und HD/SSD-Modul (falls zutreffend)	Verordnung (EU) 2019/2021: Ökodesign-Anforderungen an elektronische Displays: Anhang II; Nummer 5
	fachliche kompetente Reparatoren und Endnutzer	externes Netzteil und Fernbedienung	Buchstabe a (Verfügbarkeit von Ersatzteilen) (Seite 18, 19)

Die Ersatzteile müssen laut (Artikel 16, Seite 4) der **"Recht auf Reparatur"-Richtlinie (EU) 2024/1799** zu angemessenen Preisen vom Hersteller selbst oder von einem Dritten angeboten werden: „Der Preis sollte angemessen sein, d. h., er sollte in einer Höhe festgelegt werden, die Verbraucher nicht absichtlich davon abhält, von der Reparaturverpflichtung der Hersteller zu profitieren. Der Preis für die Reparatur und die Reparaturbedingungen sollten in einem Vertrag zwischen dem Verbraucher und dem Hersteller vereinbart werden, und der Verbraucher sollte frei entscheiden dürfen, ob dieser Preis und die Bedingungen für ihn annehmbar sind. Die Notwendigkeit eines solchen Vertrags sowie der Wettbewerbsdruck durch andere Reparaturbetriebe sollten

die zur Reparatur verpflichteten Hersteller dazu bringen, die Preise für die Verbraucher annehmbar zu halten.“ (Europäische Union 2024)

5.3.2 Deklaration zum SVHC-Gehalt des Erzeugnisses

Als „Substances of Very High Concern“ (SVHC) bezeichnet die Registration, Evaluation Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 Stoffe, die aufgrund ihrer intrinsischen Eigenschaften als besonders besorgniserregend eingestuft werden, darunter krebserzeugende, mutagene oder reproduktionstoxische (CMR)-Stoffe der Kategorie 1A/1B, persistente, bioakkumulierende und toxische (PBT)- und sehr persistente und sehr bioakkumulierbare (vPvB)-Stoffe sowie Stoffe mit äquivalenter Besorgnis (z. B. endokrin wirksame Stoffe, persistente, mobile und toxische (PMT)/sehr persistente und sehr mobile (vPvM)). Das zentrale Instrument zu ihrer Identifizierung ist die von der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) geführte Kandidatenliste gemäß REACH Artikel 59. Die Kandidatenliste wird regelmäßig aktualisiert und umfasst mit Stand 2026 mehr als 240 Einträge. Diese Liste gilt zunächst nur für die betreffenden Chemikalien selbst und nicht für Produkte, die sie enthalten. Die Aufnahme eines SVHC in Anhang XIV der REACH-Verordnung löst eine Zulassungspflicht aus, d.h. Stoffe auf Anhang XIV dürfen nach Ablauf eines festgelegten Stichtags nur noch verwendet oder in Verkehr gebracht werden, wenn die EU-Kommission eine ausdrückliche Zulassung erteilt hat. Die Zulassung muss beantragt werden und setzt voraus, dass der Antragsteller nachweist, dass entweder das Risiko ausreichend beherrscht wird oder der sozioökonomische Nutzen die Risiken überwiegt und keine geeigneten Alternativen verfügbar sind. Für VKS-Hersteller ist dieser Mechanismus relevant, wenn Bauteile oder Prozessmaterialien Stoffe enthalten, die auf Anhang XIV stehen.

Für die Verwendung von SVHC in Produkten gelten konkrete Informationspflichten gemäß Artikel 33 REACH, wenn der SVHC-Gehalt im Erzeugnis mehr als 0,1 Gewichtsprozent beträgt. Maßgeblich ist das Erzeugnis als Ganzes, nicht der einzelne homogene Werkstoff (ein wichtiger Unterschied zur RoHS-Richtlinie). Gegenüber gewerblichen Abnehmern (B2B) besteht eine aktive, automatische Pflicht: Der Lieferant muss Stoffname, Konzentration und Informationen zur sicheren Verwendung unaufgefordert und kostenlos spätestens bei Lieferung mitteilen. Gegenüber Verbrauchern (B2C) gilt die Pflicht auf Anfrage (kostenlose Antwort innerhalb von 45 Tagen). Da die Kandidatenliste kontinuierlich wächst, reicht für Hersteller von VKS eine einmalige Bewertung nicht aus; das Stoffdatenmanagement entlang der gesamten Lieferkette muss fortlaufend aktualisiert werden.

Eine weitere, seit 2021 geltende Pflicht für Inverkehrbringer von Produkten mit einem SVHC-Gehalt von mehr als 0,1 Gewichtsprozent betrifft die Meldung an die ECHA für die Eintragung in der SCIP-Datenbank. Diese regulatorische Vorgabe fußt auf Artikel 9 der Abfallrahmenrichtlinie (2008/98/EG). Die Meldung muss den Stoff, seine Konzentrationsspanne, die Erzeugnis-kategorie (nach SCIP-Nomenklatur) sowie Hinweise zur sicheren Handhabung enthalten. Für VKS-Hersteller und -Importeure bedeutet die SCIP-Meldung einen erheblichen Datenerhebungsaufwand, da die benötigten Informationen häufig aus einer komplexen, internationalen Lieferkette zusammengeführt werden müssen. Allerdings hat die EU-Kommission am 10. Dezember 2025 vorgeschlagen (Europäische Kommission 2025b), die SCIP-Datenbank und die zugehörige Meldepflicht abzuschaffen. Die Meldepflicht zur SCIP-Datenbank wird als bürokratisch und wenig effektiv kritisiert, da sie hohe Kosten für Unternehmen verursacht, eine geringe Nutzungsrate aufweist und bestehende Pflichten nach REACH (z. B. Artikel 33 REACH zur Informationsweitergabe über SVHC) dupliziert.

Abgrenzung zur RoHS-Richtlinie

Die RoHS-Richtlinie (2011/65/EU) reguliert ebenfalls gefährliche Stoffe in Elektroprodukten, verfolgt dabei jedoch einen grundlegend anderen Ansatz: Sie legt für eine Anzahl von Stoffen (aktuell zehn: Blei, Quecksilber, Cadmium, sechs bromierte Verbindungen und vier Phthalate) verbindliche Höchstkonzentrationen je homogenem Werkstoff fest. Deren Überschreitung in Produkten ist grundsätzlich untersagt, außer es gilt eine befristete Ausnahme für die betreffende Substanz im Zusammenhang ihrer Verwendung in eng umrissenen Produktgruppen. Beide Regelwerke sind nebeneinander anwendbar; RoHS gilt nach Artikel 2 Absatz 2 REACH als *lex specialis* für EEE, schließt die REACH-Pflichten jedoch nicht aus. Da VKS-Elektroprodukte (EEE) sind, gelten die Beschränkungen der RoHS-Richtlinie vollumfänglich. Gegenwärtig geltende Ausnahmen für den Bleigehalt könnten jedoch für einzelne Komponenten von VKS wie optische Gläser, piezo-basierte Beeper oder einzelne keramische Kondensatoren gelten.

5.4 Umfeldanalyse zu existierenden Umwelt- und Gütezeichen für VK-Systeme

Im Umfeld des Umweltzeichens "Der Blaue Engel" gibt es weitere relevante internationale Umweltzeichen, die prinzipiell auf VKS angewendet werden könnten. Diese sind das EPEAT-Umweltsiegel, die Nachhaltigkeitszertifizierung TCO sowie der US-ENERGY STAR®. Im Folgenden wird die Abdeckung für VKS geprüft und erläutert.

5.4.1 Blauer Engel

Es gibt aktuell beim Blauen Engel keine Vergabegrundlage für VKS. In 2013 wurden die Vergabekriterien DE-UZ 191 für damals marktübliche VKS veröffentlicht, die bis Ende 2019 Bestand hatte (Umweltbundesamt 2013), von den Herstellern jedoch nicht angenommen wurde. Allerdings hat sich die Arbeitsweise in der professionellen Kommunikation seitdem infolge der Covid-19-Pandemie grundlegend gewandelt und die Nutzung von Videokonferenzen enorm vorangetrieben. So gaben 93 % befragter Unternehmen an, infolge der Covid-19-Pandemie dazu übergegangen zu sein, vermehrt Videokonferenzsysteme (sic!)¹⁸ zu nutzen (Hofmann et al. 2020). Daher hat sich sowohl das Angebot als auch die Nachfrage nach Videokonferenzsystemen seit dem Ablauf des UZ 191 stark gewandelt.

5.4.2 ENERGY STAR

Nach aktuellem Stand sind VKS als Produktkategorie nicht von der ENERGY STAR-Zertifizierung abgedeckt. Laut den offiziellen ENERGY STAR Program Requirements für Audio/Video Equipment sind Videokonferenzsysteme explizit von der Zertifizierung ausgeschlossen („videoconferencing systems“ werden in der Liste der ausgenommenen Produkte geführt) (United States government 2014). Das bedeutet, dass komplette Videokonferenzsysteme selbst kein ENERGY STAR-Label erhalten können. Zudem wird es auch in absehbarer Zeit keine Erweiterung geben, da die ENERGY STAR-Zertifizierung für Audio/ Video-Produkte ab 20. August 2025 komplett eingestellt wird.

Jedoch können einzelne Peripheriegeräte wie Bildschirme und andere Komponenten weiterhin ENERGY STAR-zertifiziert sein.

¹⁸ Gemeint sind hier vermutlich VK-Dienste (= VK-Plattformen)

5.4.3 EPEAT - Electronic Product Environmental Assessment Tool

Aktuell gibt es keine eigene EPEAT-Kategorie oder spezifische EPEAT-Kriterien für VKS als Produktgruppe. Einzelne Komponenten (z.B. Bildschirme, die in einem Videokonferenzsystem verwendet werden), können jedoch EPEAT-zertifiziert sein, sofern sie als eigenständiges Produkt verkauft werden (EPEAT 2025).

5.4.4 TCO Certified Generation 9 und 10

Derzeit existiert keine eigenständige Kategorie für VKS als Komplettsystem, die den TCO Certified-Standard erfüllen. VKS und Webcams sind nicht als eigenständige Produktgruppe zertifizierbar (TCO Certified 2025). Es ist jedoch festzuhalten, dass Bildschirme, die in einem Videokonferenzsystem verwendet werden, unter die Kategorie "TCO Certified" fallen können, sofern sie als eigenständiges Produkt vertrieben werden.

5.4.5 EU Ecolabel

VKS werden von diesem Umweltzeichen nicht abgedeckt.

5.5 Messstandards

Es gibt aktuell keine international einheitlichen, speziell für VKS entwickelten Messstandards für den Energieverbrauch. Für Audio/Video-Geräte (z. B. Bildschirme, Set-Top-Boxen, Receiver) existieren jedoch internationale und europäische Normen für die Energieverbrauchsmessung, z.B.:

- **IEC 62087:** „Methods of measurement for the power consumption of audio, video and related equipment“. Dieser Standard wird oft für TVs, Displays, Blu-ray-Player, aber nicht explizit für VKS angewendet.

6 Umweltauswirkungen

Die Umweltauswirkungen von professionellen VKS umfassen neben den Energie- und Ressourcenaufwendungen der Herstellung von elektronischen und optischen Komponenten der VKS sowie der Netzwerkkomponenten insbesondere die Umweltauswirkungen der Stromerzeugung in der Betriebsphase. Die Umweltauswirkungen bezogen auf die CO₂-Bilanz von Videokonferenzen stammen zu 27,8% aus der Tonübertragung und zu 72,2% aus der Bildübertragung (Fischer 2022).

In diesem Kontext ist eine Differenzierung zwischen der direkten Leistungsaufnahme der VK-Geräte und dem indirekten Energieverbrauch von Videokonferenzen erforderlich. Letztere entsteht durch die Nutzung der Telekommunikationsnetze und Datenzentren bzw. Cloud-Infrastruktur bei der Übertragung von VK-Datenströmen im Internet. Obwohl diese externen Infrastrukturen außerhalb des Betrachtungsrahmens dieser Hintergrundstudie für den Blauen Engel liegen, haben VKS einen nicht unwesentlichen Einfluss auf diesen indirekten Energieverbrauch. Dieser ist auf die von den VKS verantwortete Datenmenge zurückzuführen, die für die Online-Übertragung bestimmt ist. Außerdem entstehen Umweltauswirkungen in der Entsorgungsphase von Elektroaltgeräten.

6.1 Leistungsaufnahme der VK-Grundgeräte

Betriebsmodus

Im Rahmen einer Videokonferenz werden diverse technische Komponenten aktiviert, neben dem VK-Terminal und Controller auch Kameras, Mikrofone, Lautsprecher sowie Netzwerkmodule. Die Leistungsaufnahme hängt stark vom Gerätetyp ab. Es ist zu betonen, dass es derzeit keine gesicherte, veröffentlichte Datenbasis zur Leistungsaufnahme von VK-Geräten gibt. Die von Herstellern in Datenblättern angegebene Leistungsaufnahme betrifft jedoch nur Werte für die maximale Leistungsfähigkeit der mitgelieferten Netzteile. In den meisten Fällen enthalten die technischen Produktdatenblätter der VK-Geräte, sofern vorhanden, keine oder sehr ungenaue Angaben zur Leistungsaufnahme dieser Geräte. Es sei auch darauf hingewiesen, dass mangels einschlägiger Teststandards für VK-Geräte keine verifizierbare Messung und Angabe der Leistungsaufnahme dieser Geräte möglich ist.

Zudem variiert die Leistungsaufnahme professioneller Videokonferenzgeräte je nach Systemklasse erheblich. Für kompakte All-in-one-Systeme, die für kleine bis mittelgroße Konferenzräume ausgelegt sind, wird sie auf etwa 5 bis 20 Watt geschätzt. Leistungsstärkere Systeme für große Konferenzräume, die mehrere Kameras, Mikrofone, Lautsprecher und rechenintensive Prozessoren integrieren, können eine Leistungsaufnahme von bis zu 60 Watt aufweisen.

Es ist an dieser Stelle zu betonen, dass Bildschirme und Beamer im Zusammenhang mit ihrem Betrieb in VKS eine vergleichsweise höhere Leistungsaufnahme aufweisen, weil sie mit höherer Bildschirmhelligkeit betrieben werden. Die Art, Größe und Anzahl der tatsächlich in VK-Räumen installierten Bildanzeigergeräte liegt im Ermessen der Anwender*innen und kann unabhängig von den betrachteten VK-Geräten stark variieren. Aus diesem Grund wird empfohlen, die Bildschirme und All-in-one Geräte mit Bildschirm in den Geltungsbereich der Vergabekriterien aufzunehmen.

Verbindungsart zu Datennetzwerken

Der Stromverbrauch professioneller VKS im Betrieb hängt maßgeblich davon ab, welche Netzwerkverbindung genutzt wird: LAN, WLAN oder Mobilfunknetz. Grundsätzlich zeichnen sich kabelgebundene LAN-Verbindungen durch eine besonders energieeffiziente Übertragung aus.

Die Netzwerkhardware, wie Switches und Router, ist meist für den Dauerbetrieb ausgelegt und verbraucht relativ wenig Strom pro übertragenem Datenvolumen. VK-Terminals benötigen bei LAN-Anbindung nur wenig zusätzliche Energie für die Netzwerkkommunikation selbst, da die Datenübertragung über das Kabel erfolgt und keine aufwendige Signalverarbeitung für Funkverbindungen notwendig ist.

Anders verhält es sich bei der Nutzung von WLAN. Hier muss das VKS kontinuierlich mit dem lokalen Funknetz kommunizieren, was sowohl bei den Endgeräten als auch beim WLAN-Router zu einer erhöhten Leistungsaufnahme führt. WLAN-Module in den Geräten benötigen mehr Energie als kabelgebundene Netzwerkchips, da sie permanent senden, empfangen und auf Störungen im Funkbereich reagieren müssen. Gerade bei hochauflösenden Videokonferenzen mit großen Datenmengen kann der Strombedarf deutlich steigen, insbesondere wenn mehrere Geräte gleichzeitig über WLAN verbunden sind.

Noch energieintensiver ist der Betrieb über das Mobilfunknetz, beispielsweise mit LTE oder 5G. Die ständige Datenübertragung über Mobilfunk erfordert einen erheblichen Energieaufwand, da die Signalstärke häufig angepasst werden muss und die Kommunikation mit entfernten Funkzellen mehr Sendeleistung benötigt als bei lokalen Netzwerken. Mobilfunkrouter oder mobile Endgeräte verbrauchen daher im Videokonferenzbetrieb deutlich mehr Strom, was sich vor allem bei längeren Sitzungen oder bei Nutzung im Akkubetrieb bemerkbar macht.

Insgesamt gilt: Für einen energieeffizienten Betrieb professioneller Videokonferenzsysteme ist die kabelgebundene LAN-Verbindung am vorteilhaftesten, während WLAN mit einem höheren Energieverbrauch verbunden ist. Es sei jedoch angemerkt, dass diese Aussagen auf Basis grundsätzlicher Erwägungen über die technische bzw. physikalische Natur der verschiedenen Netzwerktechnologien getroffen wurden. Im Rahmen dieser Hintergrundstudie konnten keine konkreten Angaben zum Energieverbrauch der genannten Netzwerktechnologien bei professionellen Videokonferenzsystemen ermittelt werden.

Bereitschaftszustand (Standby-Modus)

Die Leistungsaufnahme im Bereitschaftszustand ist besonders relevant, da viele professionelle VK-Geräte dauerhaft mit dem Stromnetz verbunden sind und auch die Netzwerkverbindung aktiv bleibt. In dieser Zeit warten die Geräte auf Eingaben von Nutzern über das Terminal oder auf eingehende Konferenzeinladungen über den LAN-Anschluss. Deshalb bleiben wesentliche Teile der Controller-Elektronik aktiv und verbrauchen Strom. In der Regel übersteigt die Zeit, in der sich die VK-Geräte im Bereitschaftszustand befinden, die Zeit im aktiven Betriebsmodus deutlich. In einem normalen 8-Stunden-Bürobetrieb macht die Nutzungszeit beispielsweise etwa ein Drittel eines Tages aus, sodass sich die Geräte ca. 16 Stunden im Bereitschaftszustand befinden (zuzüglich Wochenenden und Feiertage).

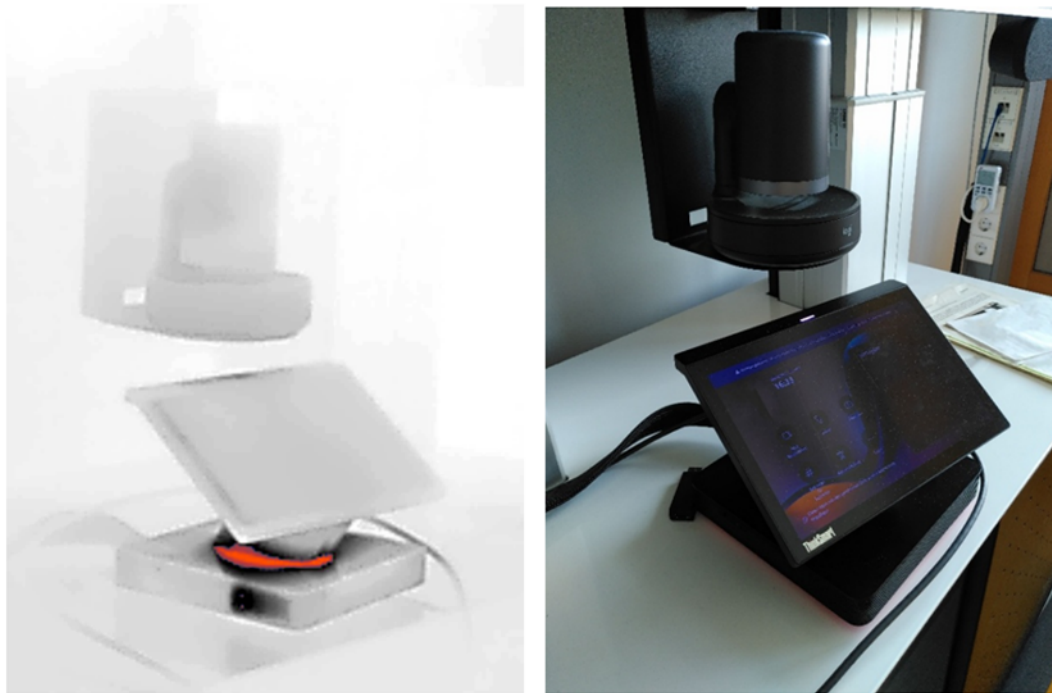
Im Bereitschaftszustand sind viele Komponenten, wie beispielsweise Kameras und Mikrofone, abgeschaltet. Das Terminal bleibt jedoch in einem aktiven Zustand, d. h., die Firmware bzw. das Betriebssystem bleiben im Arbeitsspeicher und im Prozessor aktiv und warten auf Interaktionen mit Nutzern oder Netzwerk-Events. Beispielsweise haben viele professionelle VKS eine Raumüberwachung mit Präsenzerkennung eintretender Personen, welche eine Weckfunktion auslösen. HiNA-Geräte (mit hoher Netzwerkverfügbarkeit) bleiben über den LAN-Anschluss empfangsbereit, um auf eingehende VK-Einladungen reagieren zu können. Außerdem haben manche VK-Geräte Terminals mit Bildschirm.

Die Leistungsaufnahme einfacher VK-Geräte im Bereitschaftszustand liegt in der Regel zwischen 0,5 und 3 Watt und ist abhängig vom Funktionsumfang und Energiemanagement. Sofern professionelle VKS über eine HiNA-Funktion verfügen und entsprechend konfiguriert sind,

dürfen sie gemäß Verordnung (EU) 2023/826 eine Leistungsaufnahme im Bereitschaftszustand von bis zu 7 Watt haben. Für VKS ohne HiNA-Funktion gilt ein Grenzwert von 1,50 W, sofern sie einen vernetzten Bereitschaftsbetrieb aufweisen. Für Geräte mit einfacher Reaktivierungsfunktion und Statusanzeige gilt gemäß Anhang III Nr. 1 / b der Verordnung (EU) 2023/826 ein Grenzwert von 0,8 W.

Die verbrauchte elektrische Energie wird in Wärme umgewandelt und in die Umgebung abgegeben (siehe Abbildung 4).

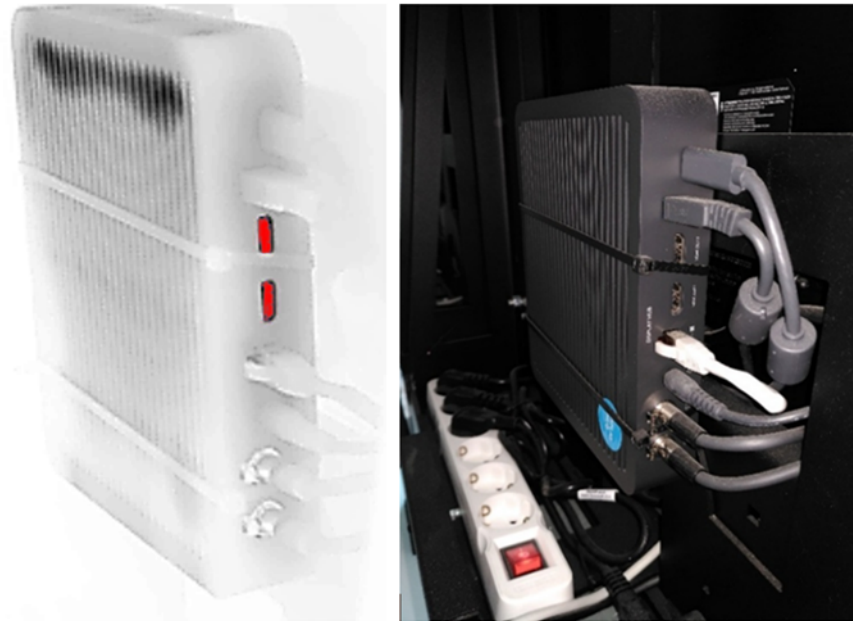
Abbildung 4: Thermografie (links) des Terminals und Kamera eines professionellen VKS vom HiNA-Typ im vernetzten Bereitschaftsbetrieb



Quelle: eigene Aufnahme

Bemerkung: Die Thermografie zeigt die wärmeren Bereiche in dunkler Schattierung, die wärmsten Bereiche sind rot markiert.

Abbildung 5: Thermografie (links) des Bildschirm-Controllers eines professionellen VKS im vernetzten Bereitschaftsbetrieb

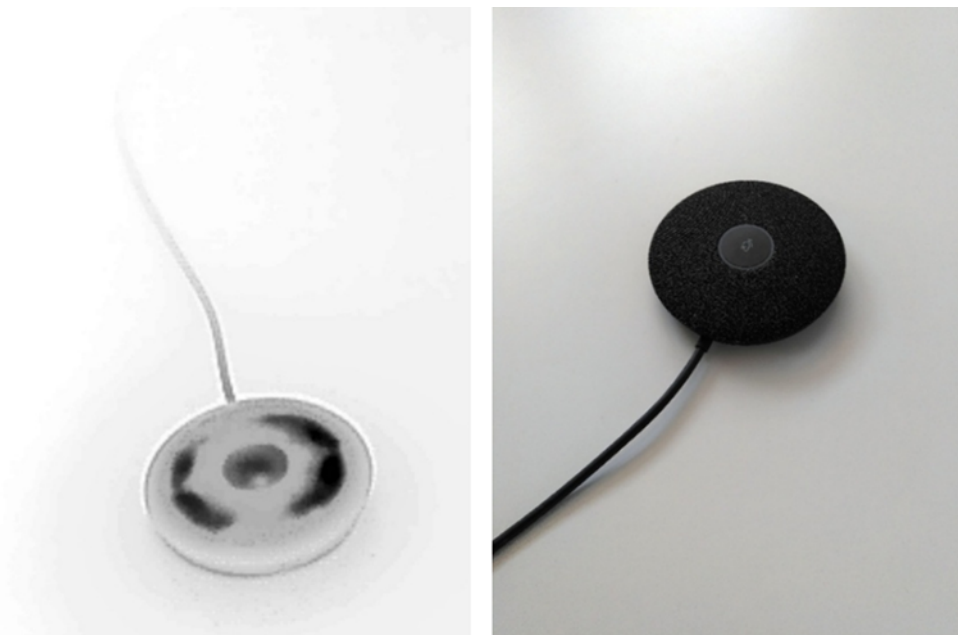


Quelle: eigene Aufnahme

Bemerkung: Die Thermografie zeigt warme Bereiche in dunkler Schattierung, die wärmsten Bereiche sind rot markiert und zeigen die Wärmeabstrahlung von Komponenten auf der Leiterplatte, die nicht von Gehäuseteilen bedeckt sind.

Selbst Komponenten ohne Netzwerkfunktion können im Bereitschaftszustand eine Leistungsaufnahme aufweisen, der sich in permanenter Wärmeentwicklung äußert (Abbildung 6).

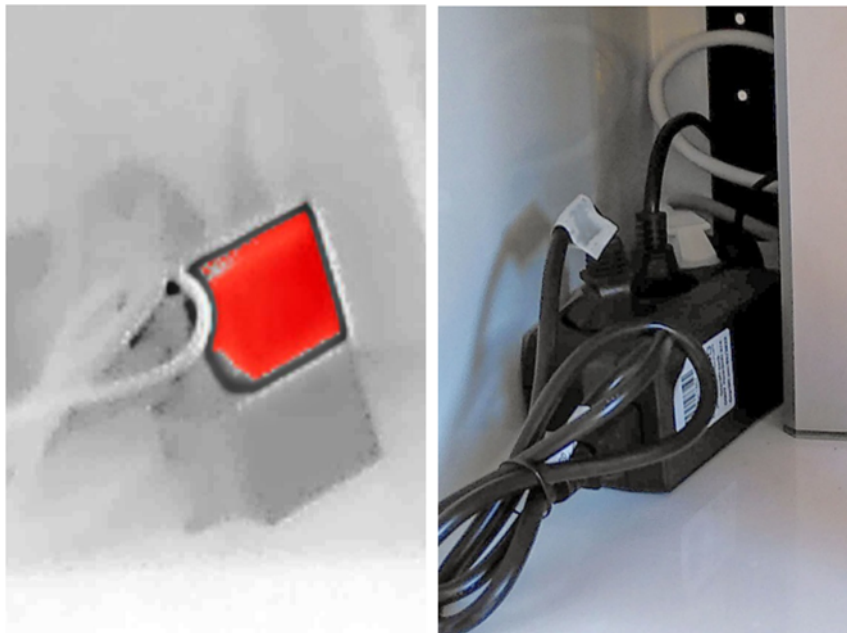
Abbildung 6: Thermografie (links) des Mikrofon-Arrays eines professionellen VKS im Bereitschaftszustand



Quelle: eigene Aufnahme

Bemerkung: Die Thermografie zeigt die wärmsten Bereiche in dunkler Schattierung

Abbildung 7: Thermografie (links) des Netzteils eines professionellen VKS im Bereitschaftszustand



Quelle: eigene Aufnahme

Bemerkung: Die Thermografie zeigt die wärmeren Bereiche in dunkler Schattierung, die wärmsten Bereiche sind rot markiert.

Verbindungsart zu Datennetzwerken

Wie oben bereits erwähnt, können einige professionelle VKS je nach Ausstattung eine Netzwerkverbindung wahlweise via LAN, WLAN oder Mobilfunknetz herstellen. Wie im aktiven Betriebszustand gilt auch im vernetzten Bereitschaftsbetrieb, dass eine kabelgebundene LAN-Verbindung energieeffizienter ist als WLAN oder Mobilfunk.

Im vernetzten Bereitschaftsbetrieb mit WLAN hält das VK-Terminal die Verbindung zum WLAN-Access-Point aufrecht. Dazu müssen regelmäßig kleine Datenpakete (sogenannte "Keep-Alive"- oder "Beacon"-Pakete) ausgetauscht werden, damit das Gerät im Netzwerk angemeldet bleibt. Dazu bleibt das WLAN-Modul des Geräts eingeschaltet. Moderne Geräte und Betriebssysteme nutzen verschiedene Stromsparmodi (z. B. „Wi-Fi Power Save Mode“), bei denen das WLAN-Modul in regelmäßigen Abständen in einen Energiesparmodus wechselt und nur kurzzeitig „aufwacht“, um nach neuen Daten zu suchen. Ein WLAN-Modul allein benötigt im vernetzten Bereitschaftsbetrieb typischerweise meist zwischen 0,05 und 0,3 Watt, je nach Technologie und Energiesparmodus.

Auch ein VK-Terminal mit Mobilfunkrouter hält im vernetzten Bereitschaftsbetrieb die Mobilfunkverbindung zum Netzbetreiber (z. B. LTE oder 5G) aufrecht. Wie bei WLAN werden dazu im Leerlauf kleine Datenpakete ausgetauscht (z. B. „Keep-Alive“-Pakete, Steuerdaten, Netzsynchronisation). Moderne Mobilfunkrouter und Chipsätze verfügen über Energiesparmodi, in denen sie die Sendeleistung und Aktivität reduzieren. Ein typischer LTE-Router benötigt im vernetzten Bereitschaftsbetrieb ca. 3 bis 5 Watt, je nach Modell, Netzqualität und Anzahl der verbundenen Geräte. 5G SA (Stand Alone)-Geräte weisen aufgrund häufigerer Synchronisationen und Paging-Vorgänge einen höheren Leerlaufstromverbrauch auf als LTE-Geräte (Yuan et

al. 2019; Ichimescu et al. 2024). 5G-Router können daher im vernetzten Bereitschaftsbetrieb etwas mehr Strom verbrauchen, oft 5 bis 10 Watt im Standby.

Aus-Zustand

Im ausgeschalteten Zustand (sofern sie nicht komplett vom Netz getrennt sind) dürfen Geräte entsprechend der Verordnung (EU) 2023/826 eine maximale Leistungsaufnahme von 0,3 Watt aufweisen. Dieser Strom resultiert v.a. aus der Schaltelektronik der Netzteile. Bei mehreren Geräten und über lange Zeiträume hinweg kann auch dieser Verbrauch ins Gewicht fallen. Allerdings ist der Aus-Zustand bei professionellen VK-Geräten (insbesondere HiNA-Geräten) eher die Ausnahme. Mobile VK-Geräte können dagegen komplett vom Stromnetz und dem LAN getrennt werden und verbrauchen dann in der Regel gar keinen Strom. Einige Geräte verfügen jedoch über eine interne Pufferbatterie, die auch im ausgeschalteten Zustand eine interne digitale Systemuhr am Laufen hält. Das Aufladen dieser Pufferbatterie erfolgt im Betriebszustand, sodass dieser Energieverbrauch nicht dem Aus-Zustand zuzurechnen ist.

6.2 Herstellung und Entsorgung der VK-Geräte

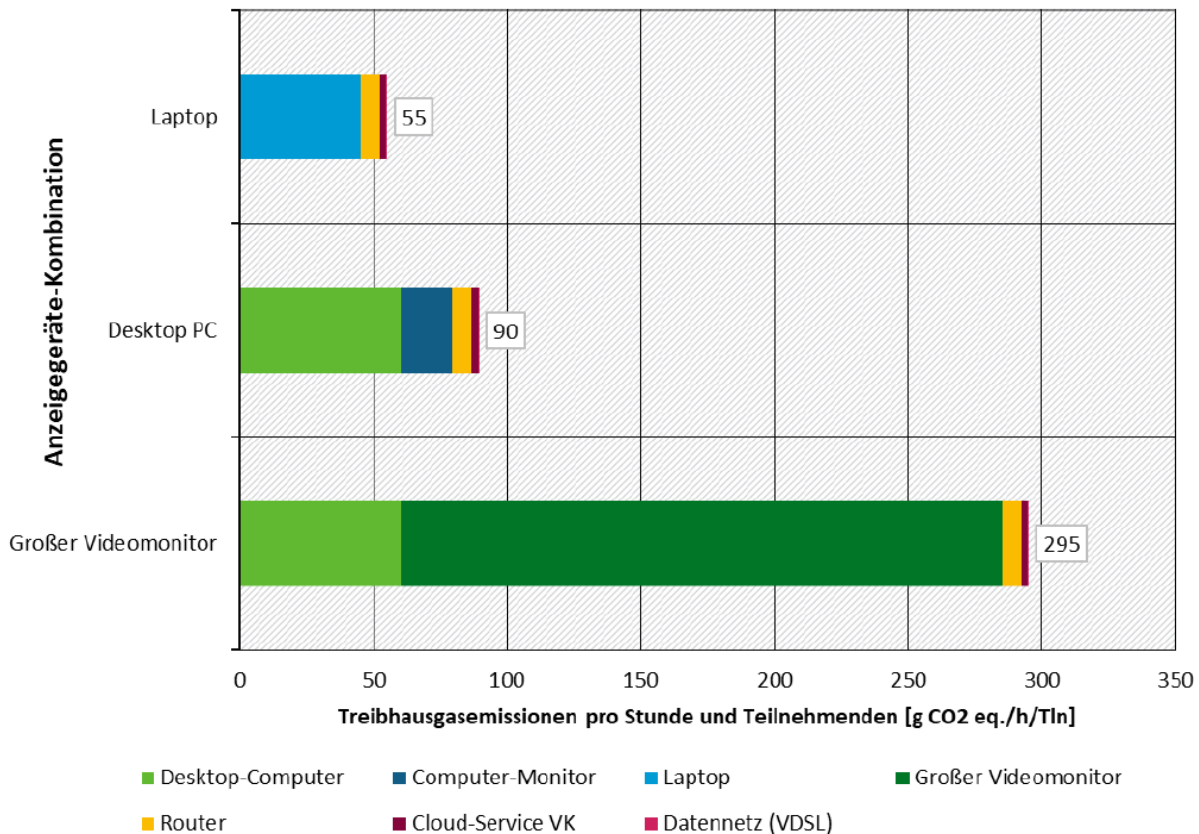
Die Produktion der VK-Geräte verursacht Umweltbelastungen durch Rohstoffgewinnung (vor allem Metalle, Kunststoffe, seltene Erden), Energieeinsatz und Emissionen. Aktuelle wissenschaftliche Studien bzw. Ökobilanzen zu den Umweltauswirkungen von VKS sind jedoch nicht öffentlich verfügbar. Auch im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie konnte dieser Informationsmangel nicht behoben werden. Auf Basis eines grundlegenden technischen Verständnisses lässt sich gleichwohl festhalten, dass bei VK-Geräten keine Komponenten mit im Vergleich zu anderen digitalen IKT-Geräten überdurchschnittlich auffälligen Umweltrisiken in der Herstellung bekannt sind.

Das Materialinventar der VK-Geräte unterscheidet sich nicht grundsätzlich von anderen IKT-Geräten. Die Entsorgung am Lebensende (Elektroschrott, Batterien) birgt Risiken, wenn sie nicht fachgerecht erfolgt. Die mit der Entsorgung von VK-Geräten verbundenen Risiken unterscheiden sich nicht grundsätzlich von den Umweltproblemen anderer IKT-Geräte.

6.3 Energieverbrauch von Bildanzeigeräten

Bildanzeigeräte stellen einen zentralen Bestandteil der untersuchten Videokonferenzsysteme dar, da ihre Leistungsaufnahme während des Betriebs einen erheblichen Einfluss auf die Umweltbilanz und somit auf die ökologische Gesamtbewertung der VK-Geräte hat. Insbesondere großformatige Bildschirme oder Beamer, wie sie in VK-Räumen zum Einsatz kommen – oft sogar mehrere davon –, haben einen im Vergleich zu den VK-Geräten hohen Strombedarf. Dieser resultiert in den Vorketten der Stromerzeugung, je nach Strommix, in Treibhausgasemissionen durch Kraftwerke. Abbildung 8 zeigt die Resultate einer ökobilanziellen Vergleichsrechnung der Treibhausgasemissionen bei der Nutzung von Videokonferenzen. Zwar wurde hier die Videokonferenz-Teilnahme nicht mittels Videokonferenz-Gerät, sondern mit Laptop bilanziert, aber dieser kann als Vergleichsbasis zum Videobildschirm dienen. Es wird deutlich, dass die Umweltauswirkungen des Videobildschirms die des Laptops (in Analogie zum Videokonferenzgerät) deutlich übersteigen: Die untenstehende Abbildung 8 verdeutlicht, dass die Teilnahme an einer Videokonferenz mit einem Laptop Treibhausgasemissionen von 55 Gramm CO₂-Äquivalenten pro Stunde verursacht. Findet die Teilnahme dagegen vor einem großen Videobildschirm statt, sind es 295 Gramm CO₂-Äquivalente pro Stunde (Gröger et al. 2021).

Abbildung 8: Treibhausgasemissionen Videokonferenz-Teilnahme bei verschiedenen Anzeigergeräte-Kombinationen (Herstellungs- und Nutzungsphase)



Quelle: Gröger et al. 2021

6.3.1 Energieverbrauch von VK-Bildanzeigegeräten im aktiven Betriebszustand

Hinsichtlich des Energieverbrauchs von VK-Bildanzeigegeräten ist bei großformatigen Bildschirmen die Leistungsaufnahme im aktiven Betriebszustand (On-Mode) besonders relevant, da sie in dieser Zeit eine entsprechend große Fläche ausleuchten müssen. Für mittlere und große professionelle VK-Räume werden oft Signage-Bildschirme (digitale Werbe- und Informationsbildschirme) mit HDMI-Anschluss mit dem VKS verbunden (siehe Kapitel 4.1). Es gibt bereits Gütesiegel zur Energieeffizienz für Bildwiedergabegeräte, auf die sich eine Vergabegrundlage des Blauen Engels für VKS berufen könnte.

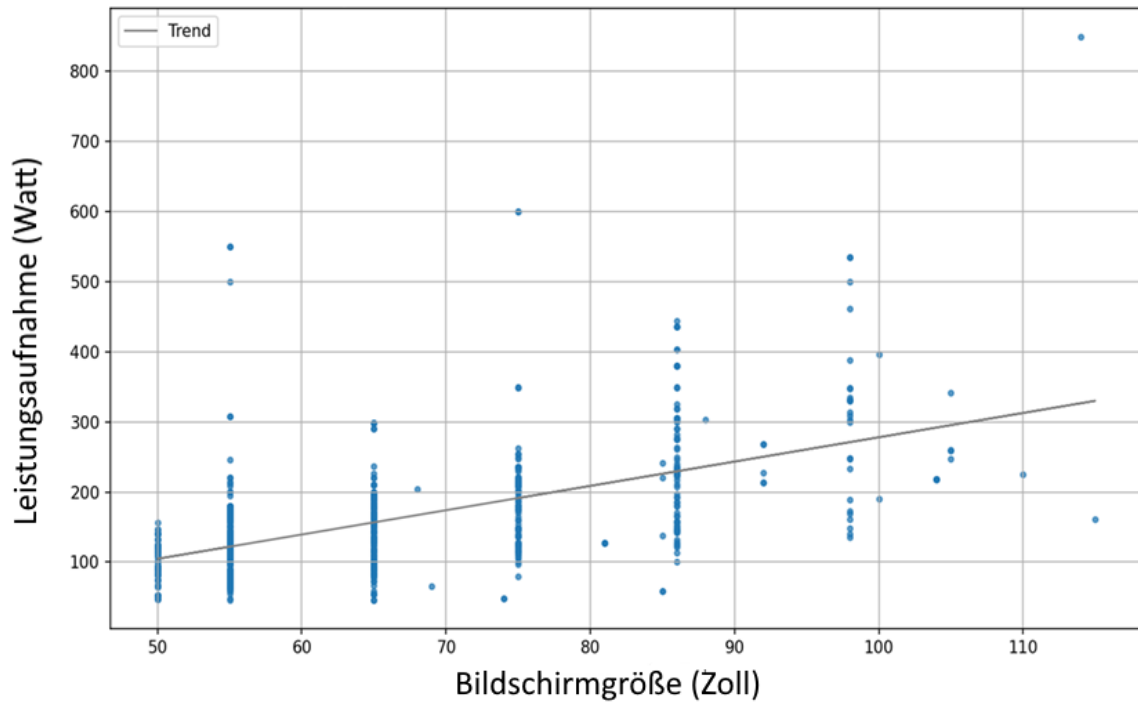
Auswertung EPREL Datenbank

Die EPREL-Datenbank (European Product Database for Energy Labelling) ist eine zentrale Online-Plattform der EU, auf der Hersteller und Importeure energieverbrauchsrelevante Produkte registrieren müssen, bevor sie diese im europäischen Wirtschaftsraum in Verkehr bringen. Zweck der Datenbank ist es, Transparenz und Vergleichbarkeit hinsichtlich der Energieeffizienz und weiterer Produkteigenschaften zu schaffen. EPREL enthält Informationen zu Signage Displays wie z. B. Bildschirmgröße, Auflösung, Leistungsaufnahme im Betrieb und Bereitschaftszustand, sowie die Energieeffizienzklasse. Diese Angaben ermöglichen es, Signage Displays hinsichtlich ihrer Leistungsaufnahme in Abhängigkeit von deren Größe zu vergleichen. Allerdings enthält die EPREL-Datenbank anderes als das Verzeichnis der Energy-Star-zertifizierten Geräte (vgl. 7.1.3.1.1) keine Angaben zur Helligkeit (Luminanz) der Geräte, da

Signage Displays vom Geltungsbereich des Annex II der EU- Verordnung (EU) 2019/2021 ausgenommen sind.

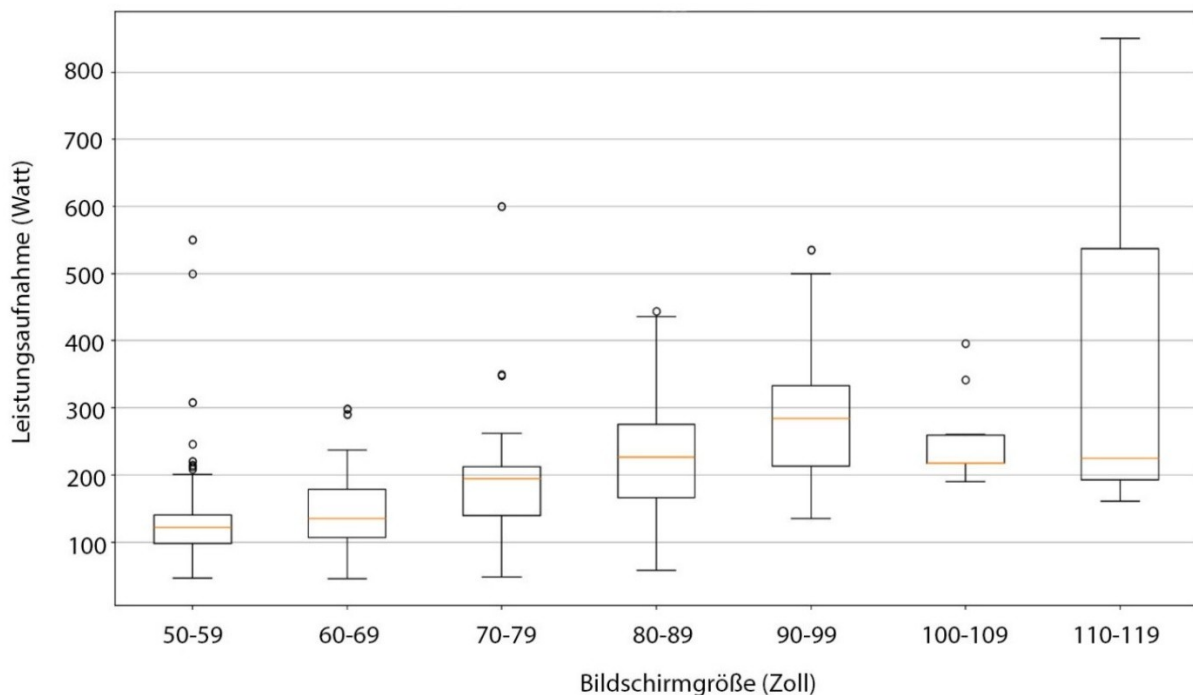
Im Folgenden werden die per September 2025 in EPREL verfügbaren 805 Datensätze zu Signage Displays ausgewertet. Die folgende Abbildung 9 zeigt die Verteilung der Leistungsaufnahme im on-Mode auf Basis von Datensätze zu Signage Displays in der EPREL-Datenbank.

Abbildung 9: On-Mode Leistungsaufnahme von Signage Displays aus der EPREL-Datenbank in Abhängigkeit von der Bildschirmdiagonale



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von: <https://eprel.ec.europa.eu/screen/product/electronicdisplays>

Abbildung 10: On-Mode Leistungsaufnahme von Signage Displays aus der EPREL-Datenbank in Abhängigkeit von der Bildschirmdiagonale



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von: <https://eprel.ec.europa.eu/screen/product/electronicdisplays>

In der EPREL-Datenbank sind mit Stand Dezember 2025 nur zwei Produkte in den Kategorien „Signage-Displays“ oder „Professionelle Displays“ mit einer Bildschirmdiagonale von über 50 Zoll¹⁹ verzeichnet, die bei Standard-Dynamikum (SDR) eine Energieeffizienzklasse von D oder besser aufweisen. In der Energieeffizienzklasse E sind lediglich sieben Geräte verzeichnet. Jedoch gibt es in der Größenklasse über 50 Zoll bereits 84 Produkte in den Kategorien „Monitore“ und „Fernsehergeräte“, die im SDR-Modus die eine Energieeffizienzklasse C oder besser aufweisen. Die Eignung dieser Bildschirme für den Einsatz als Bildanzeigergeräte mit professionellen VKS könnte geprüft werden.

Auswertung ENERGY STAR

Für professionelle Signage Displays, wie sie in VK-Räumen eingesetzt werden, kann auch das US-amerikanische Energy Star-Label herangezogen werden²⁰. Eine ENERGY STAR-Zertifizierung definiert die Effizienzanforderungen an Bildschirme entsprechend der Programmanforderungen nach folgender Formel (U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) 2021):

$$P_{ON_MAX} = (4.0 \times 10^{-5} \times \ell \times A) + 120 \times \tanh(0.0005 \times (A - 140.0) + 0.03) + 20$$

wobei:

- P_{ON_MAX} : maximale Leistungsaufnahme im An-Modus (Watt)
- A: Bildschirmfläche in Zoll

¹⁹ Angenommene Mindestgröße für die Nutzung mit professionellen VKS

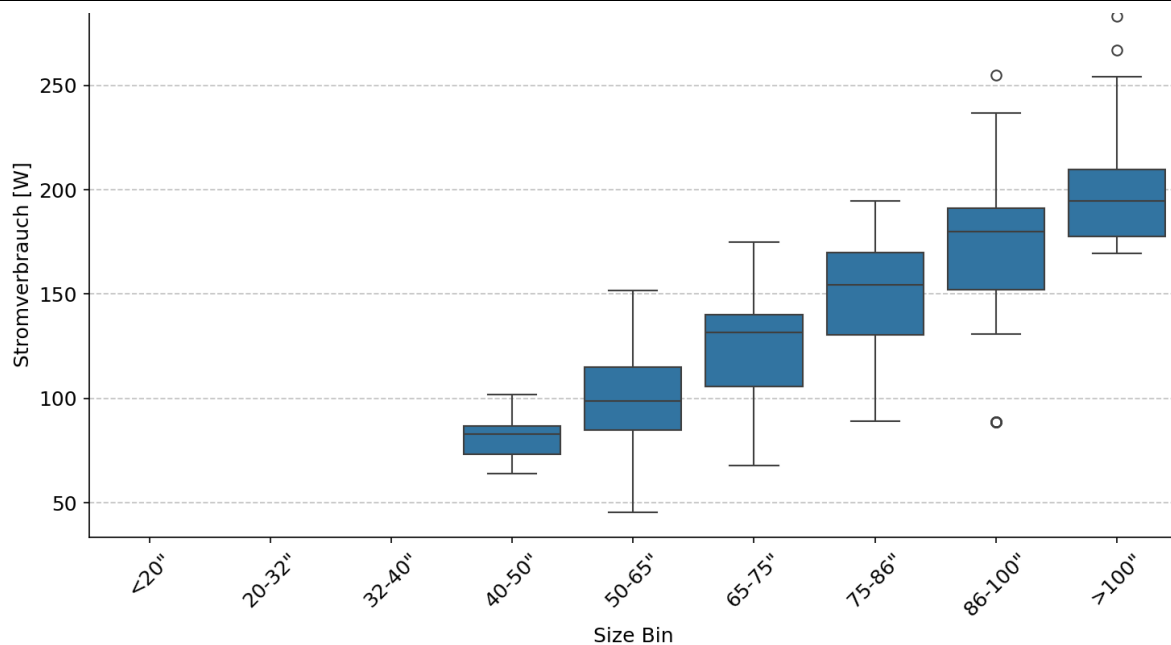
²⁰ Unter Energy Star gilt eine von der EU-Verordnung (EU) 2019/2021 abweichende Definition von Signage Displays: (U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) 2021.

► ℓ : Maximal gemessene Leuchtdichte des Bildschirms in Candela pro Quadratmeter

Die einzelnen Parameter der von ENERGY STAR zertifizierten Geräten wird von der US-EPA in einer jährlich aktualisierten Liste veröffentlicht (U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) 2025). Diese Produktliste umfasst gegenwärtig 1128 Einträge²¹ für Signage Displays, die für die Nutzung in VK-Räumen in Frage kommen.

Die Leistungsaufnahme von Signage-Bildschirmen im aktiven Betriebszustand korreliert mit deren Größe (Abbildung 11). Kleine Bildschirme (in dieser Studie wird eine Bildschirmdiagonale von 50" als untere Betrachtungsgrenze für VK-Räume angesetzt) verbrauchen im Mittel rund 80 W, während sehr große Bildschirme (> 100") durchschnittlich über 200 W benötigen. Allerdings zeigen auch die Einträge der ENERGY STAR Datenbasis, dass es bei der Leistungsaufnahme eine erhebliche Bandbreite innerhalb der gleichen Größenklasse gibt (Abbildung 12).

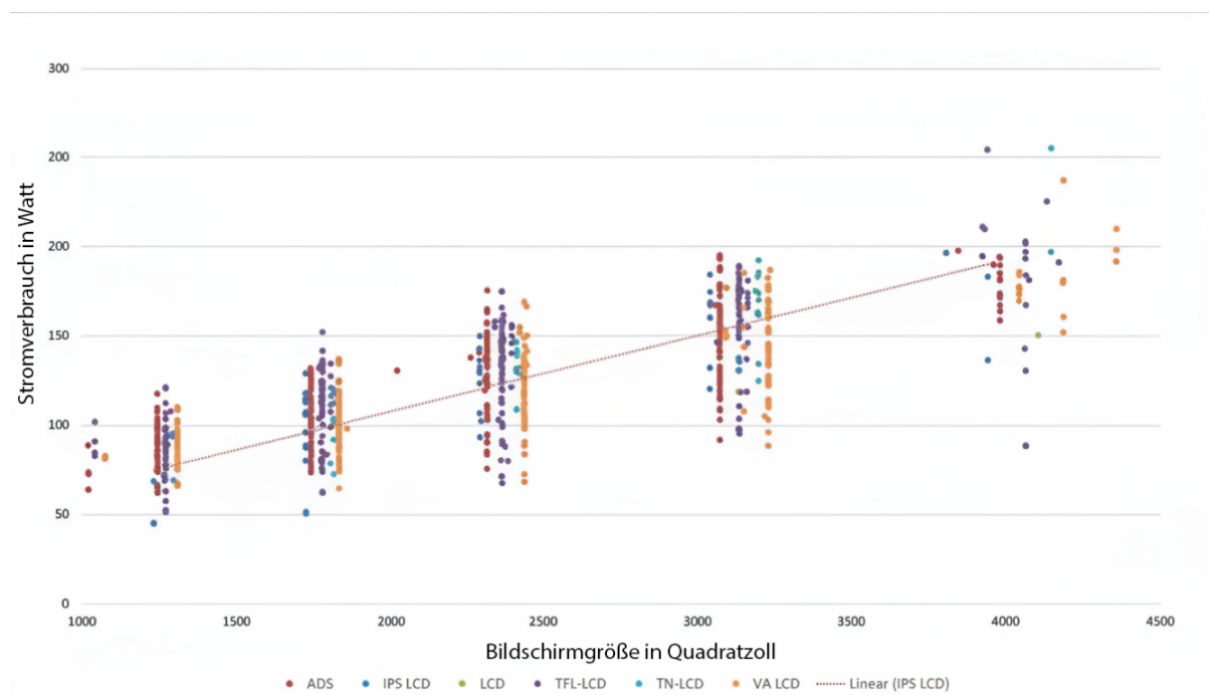
Abbildung 11: On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays nach Bildschirmdiagonale



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von: <https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-displays/results>

²¹ Stand September 2025 / Anzumerken ist, dass die hier gelisteten Modelle nicht den Markt in der EU abbilden.

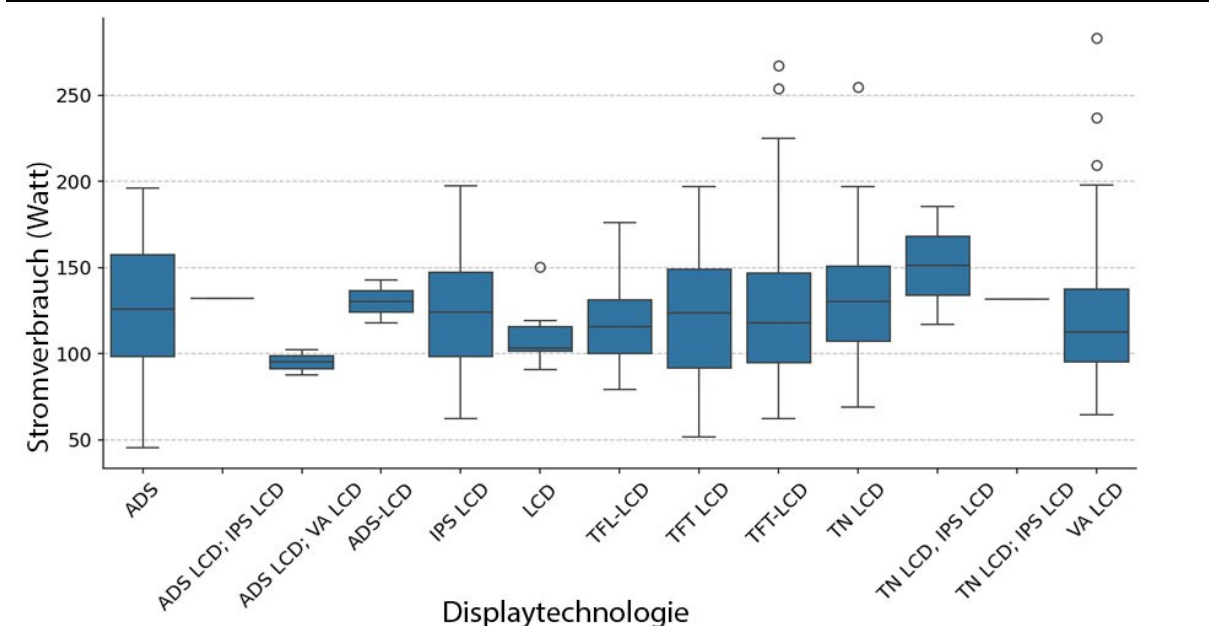
Abbildung 12: On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays nach Bildschirmfläche und aufgeschlüsselt nach Bildschirm-Technologie



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von: <https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-displays/results>

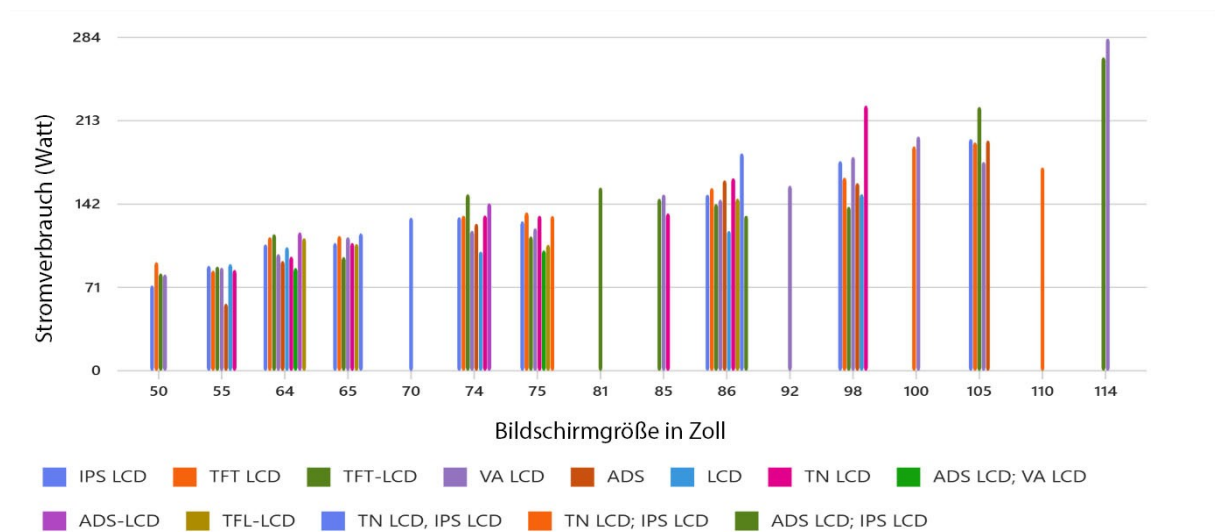
Die Bildschirm-Technologien (Panel-Typen) unterscheiden sich im Mittelwert des Leistungsaufnahme nur geringfügig, wobei TN LCD und IPS LCD tendenziell etwas höhere Werte zeigen (Abbildung 13). Die Unterschiede sind aber moderat und die Standardabweichungen zeigen, dass es auch innerhalb der jeweiligen Bildschirm-Technologien große Bandbreiten in der Leistungsaufnahme gibt.

Abbildung 13: On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Bildschirm-Technologie



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von: <https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-displays/results>

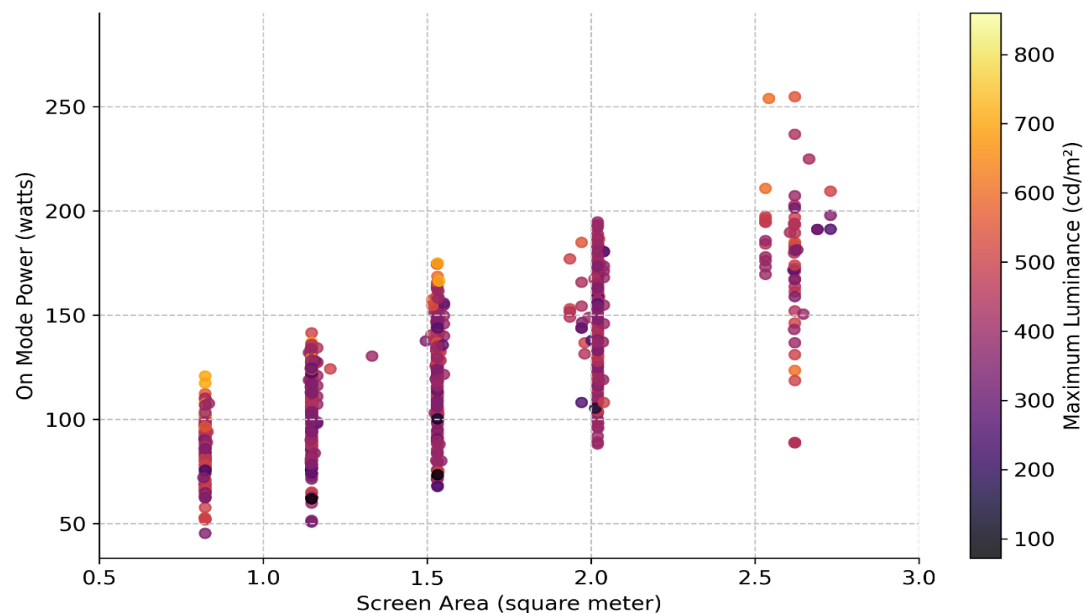
Abbildung 14: On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Bildschirmdiagonale und Technologie



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von: <https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-displays/results>

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Abhängigkeit der Leistungsaufnahme in angeschalteten Zustand (On-Mode) von der Lichtstärke (Abbildung 16) und der Bildschirmgröße mit Lichtstärke (Abbildung 15).

Abbildung 15: On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Bildschirmgröße und der Luminanz (farbcodiert)

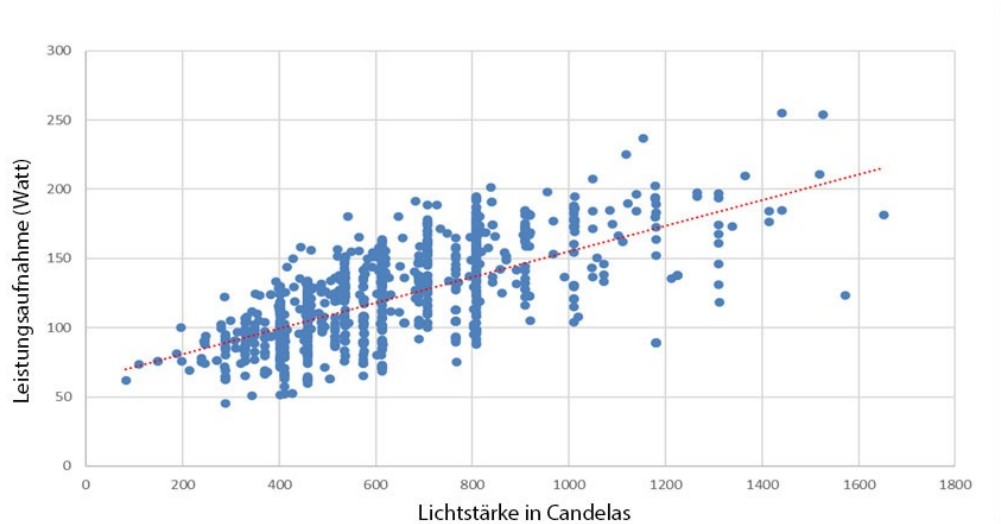


Quelle: eigene Darstellung auf Basis von: <https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-displays/results>

Die Lichtstärke wurde aus gerätespezifischen Herstellerangaben des Parameters „Maximum Luminance (candelas per square meter)“ in Abhängigkeit von der angegebenen Bildschirmgröße ermittelt (U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) 2025). Es zeigt sich, dass der On-Mode Leistungsaufnahme deutlich mit zunehmender Bildschirmgröße korreliert, aber weniger

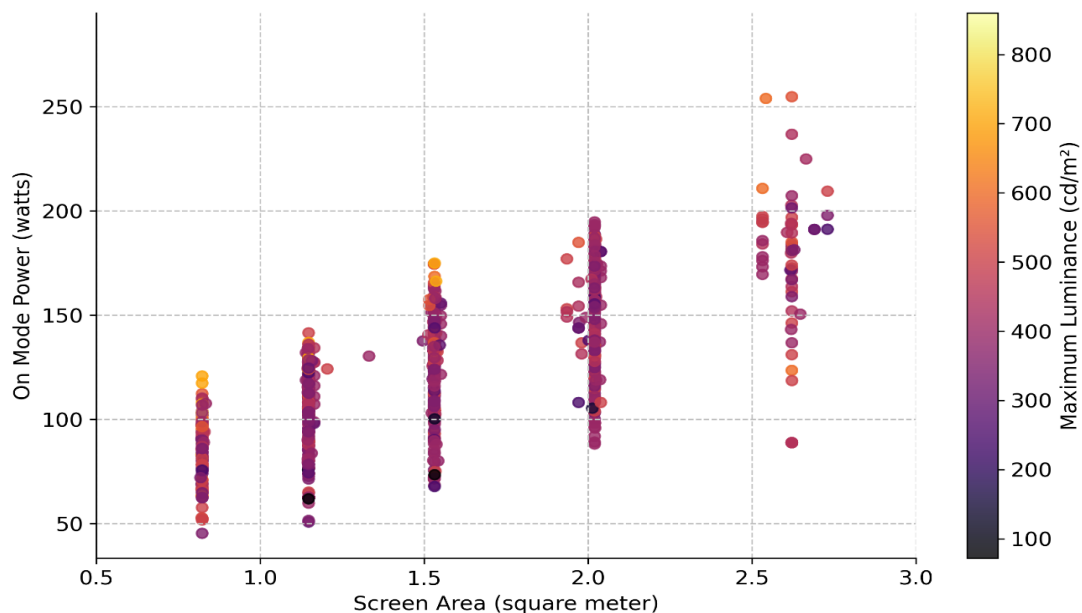
deutlich mit der Lichtstärke. Da es in jeder Bildschirm-Größenklasse eine große Bandbreite von weniger hellen bis sehr hellen Geräten gibt, bleibt der Zusammenhang zwischen Leistungsaufnahme und Lichtstärke trivial. Es zeigt sich lediglich, dass große Signage Displays tendenziell heller sind als kleine.

Abbildung 16: On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Lichtstärke



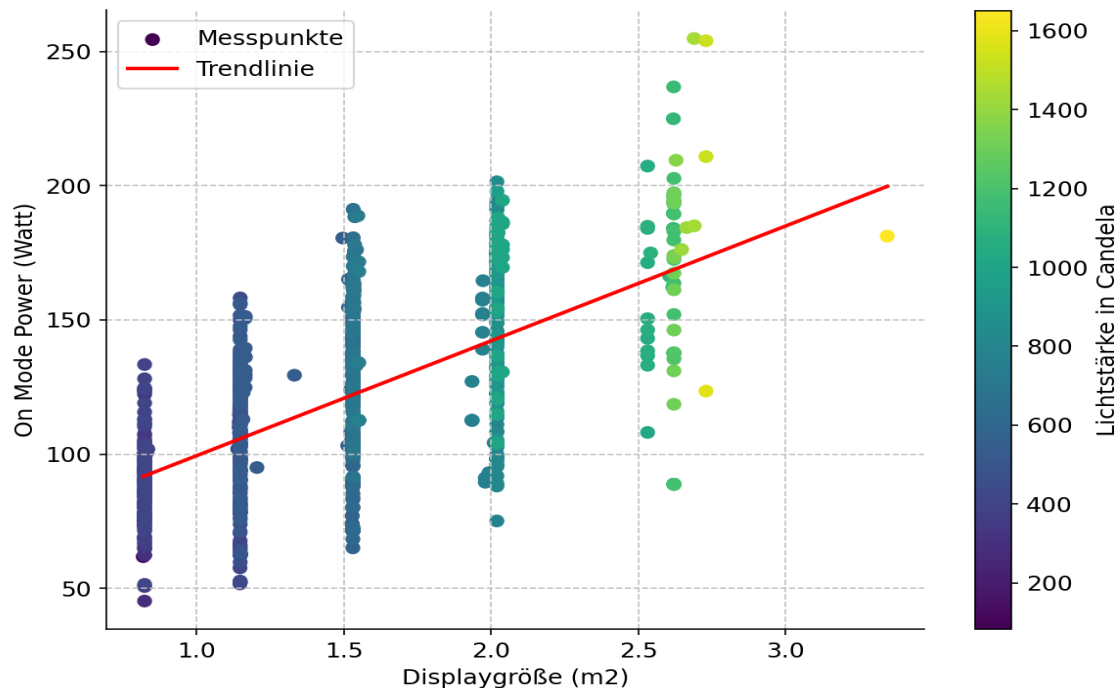
Quelle: eigene Darstellung auf Basis von: <https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-displays/results>

Abbildung 17: On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Bildschirmgröße und der Luminanz (farbcodiert)



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von: <https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-displays/results>

Abbildung 18: On-Mode Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays in Abhängigkeit von der Bildschirmgröße und der Lichtstärke



Quelle: eigene Darstellung auf Basis von: <https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-displays/results>

6.3.2 Leistungsaufnahme von VK-Bildanzeigegeräten im Sleep-Mode

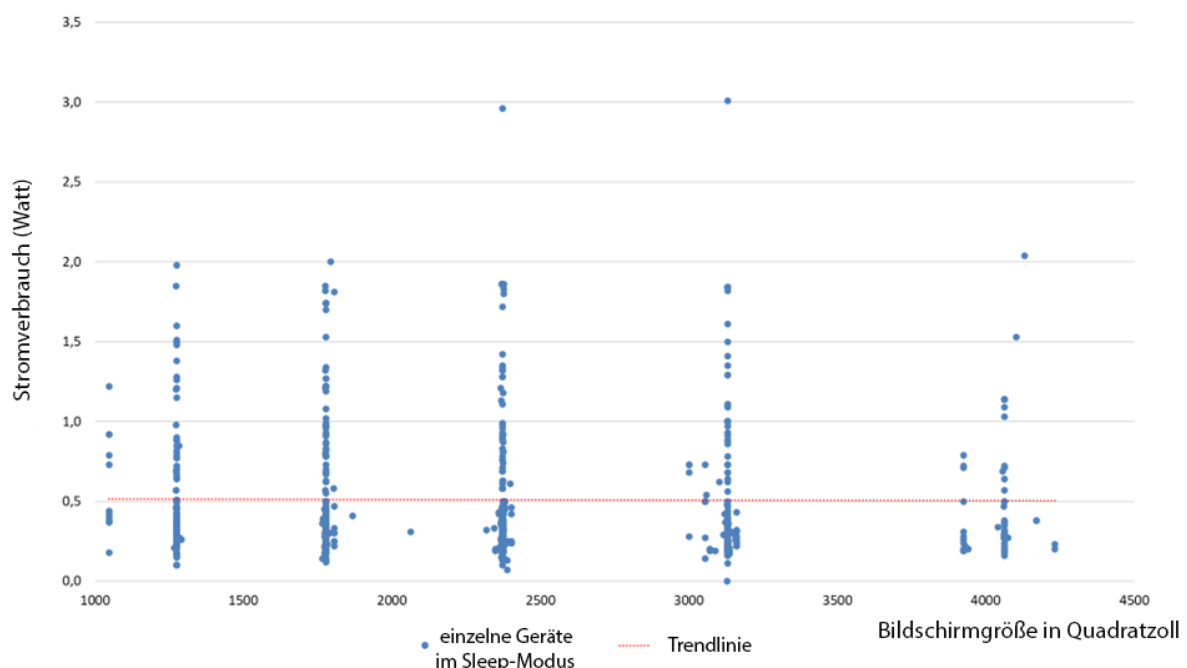
Im Sleep Mode²² hat weder die Bildschirmgröße noch der Panel-Typ einen starken Einfluss auf die Leistungsaufnahme. Tabelle 6 zeigt eine Gegenüberstellung der im ENERGY STAR verwendeten Begriffe zum EU-Recht. Dies liegt daran, dass die Hintergrundbeleuchtung im Sleep Mode abgeschaltet ist und das Panel selbst sowie die meisten Elektronik-Komponenten inaktiv sind. Die Leistungsaufnahme in diesem Zustand wird hauptsächlich durch die Elektronik bestimmt, die für das „Aufwachen“ bereit bleibt (z.B. Netzteil, Steuerungsplatine, ggf. Netzwerkmodul). Diese Komponenten zeigen jedoch unabhängig von der Bildschirmgröße deutliche Unterschiede in ihrer Leistungsaufnahme (Abbildung 19). Bei ENERGY STAR gilt für Signage Displays ein maximal zulässiger Energiebedarf im Sleep Mode von 0,5 W (U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) 2021). Bildschirme mit HINA-Funktion haben dafür eine zusätzliche Erlaubnis von 3W Energie im Sleep Mode (ebda.).

²² Der im ENERGY STAR für Displays verwendete Begriff „Sleep Mode“ entspricht ungefähr dem Begriff „Standby-Modus“ (Bereitschaftszustand) wie er im EU-Recht zu Displays (Verordnung (EU) 2019/2021) als eigener Rechtsbegriff definiert ist.

Tabelle 6: Vergleichstabelle: EU vs. ENERGY STAR zu On / Sleep / Standby / Off bei Bildschirmen

Modus	ENERGY STAR für Displays	EU-Recht für Displays
On	On Mode definiert Höchstwerte bzw. Berechnungsformeln für die zulässige Leistungsaufnahme, etwa für Signage Displays	Im EU-Recht wird für Displays die Leistungsaufnahme im On-Mode bzw. im Ein-Zustand geregelt, insbesondere über die Ökodesign-Anforderungen der Verordnung (EU) 2019/2021.
Sleep	Sleep Mode bezieht sich als Modusbegriff für Displays auf die Spezifikationen und Messanforderungen des ENERGY STAR.	„Sleep Mode“ ist im EU-Recht kein eigener Rechtsbegriff.
Standby	ENERGY STAR verwendet bei Displays in der neueren Terminologie stärker Sleep Mode und Off Mode.	Standby Mode (Bereitschaftszustand) ist im EU-Recht ein maßgeblicher Rechtsbegriff. Displays müssen Leistungsgrenzen jeweils für Off Mode, Standby Mode oder Networked Standby Mode einhalten
Off	Displayspezifikationen des ENERGY STAR verwenden Off Mode in den Testanforderungen.	Im EU-Recht ist Off Mode ein Teil der regulatorischen Anforderungen für Displays bzw. der horizontalen Standby-/Off-Mode-Vorgaben.

Abbildung 19: Leistungsaufnahme von ENERGY STAR-zertifizierten Signage Displays im Sleep-Mode



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Zahlen von Energy Star:

<https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-displays/results>

Die in der EPREL Datenbank registrierten Signage Displays zeigen ein ähnliches Bild: 95 % der dort verzeichneten Geräte weisen im Bereitschaftszustand eine Leistungsaufnahme von 0,5 W oder weniger auf.

6.4 Energieverbrauch für Datenübertragung im Internet

Professionelle Videokonferenzen verursachen hohe Datenströme, deren Umfang von Faktoren wie Auflösung, Teilnehmendenzahl und Übertragungsqualität abhängt. Für die Übertragung dieser Daten wird eine Vielzahl an Netzwerkinfrastrukturen beansprucht, lokale Router, Zugangsnetze, d.h. in der Regel Festnetz (Mobilfunk nur in Ausnahmefällen), metropolitane Netze sowie die überregionalen Backbone-Netze des Internets. Weiterer Energieverbrauch entsteht in Cloud-Rechenzentren, in denen Datenpakete mit Video- und Audioinhalten zusammengeführt und an die Teilnehmenden verteilt werden.

Der Energiebedarf für die Netzübertragung je nach genutzter Infrastruktur erheblich: Schätzungen zufolge werden für das Übertragen von 1 GB Daten etwa 0,3 bis 7 Wattstunden benötigt (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Energieverbrauch der Datenübertragung im Internet

Übertragungsart	Energieverbrauch (Wh/GB)
4G-Mobilfunk	7,05
5G-Mobilfunk	2,23
Festnetz (Kupfer DSL)	1,20
Festnetz (Glasfaser)	0,27

Quelle: (Gröger et al. 2021), Abbildung 19, Daten für 2023)

Diese Werte beziehen sich ausschließlich auf die Übertragungsinfrastruktur (Netzwerk) und schließen weder den Energieverbrauch der Endgeräte noch den der Rechenzentren ein. Letztere sind jedoch für die Verarbeitung von Videostreamingdaten in Echtzeit (= Videokonferenzen), insbesondere solche mit hoher Auflösung (2K/4k), ein wichtiger Faktor.

Die Forschungslage zu Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen digitaler Videodienste ist durch eine außerordentlich große Bandbreite an Schätzwerten gekennzeichnet.

Jancovic & Keilbach (2023) stellen fest, dass Studien je nach Systemgrenzen, geografischem Kontext und Berechnungsmethodik um bis zu drei Größenordnungen voneinander abweichen können. Ein zentraler Streitpunkt ist dabei die Wahl des Berechnungsansatzes: Der datenabhängige Ansatz (energy per bit/GB) folgt den Datenpaketen durch das Netz und berücksichtigt die installierte Kapazität; der zeitabhängige Ansatz (energy per subscriber per time) geht davon aus, dass Netzwerkequipment seine Energie weitgehend unabhängig von der tatsächlich übertragenen Datenmenge verbraucht (Oxenløwe et al. 2023). Beide Ansätze führen zu systematisch unterschiedlichen Ergebnissen.

Ein weiterer zentraler Einflussfaktor ist die Definition der Systemgrenzen. Es ist erheblich ergebnisrelevant, ob nur die Netzwerke einbezogen werden (wie bei Gröger et al. 2021), oder auch Rechenzentren, Endgeräte, sowie lebenszyklusbasierte Vorketten (wie Hardware-Produktion und Infrastrukturbau). Studien, die alle Systemkomponenten einschließen, kommen zu erheblich höheren Werten als solche, die sich auf den Netzbetrieb beschränken.

Tabelle 8: Vergleich von Studien zum Energieverbrauch und Carbon-Footprint von Videostreaming und Videoconferencing

Studie	Metrik	Wert	Methodischer Ansatz / Scope
(Obringer et al. 2021)	Carbon Footprint pro GB	28–63 g CO ₂ e/GB (Median: 32 g)	Festnetz-Internet: Datenspeicherung + Übertragung (ohne Endgeräte, ohne Mobilfunk) Global (mit Ländervergleich: z. B.
(Obringer et al. 2021)	Carbon Footprint pro Stunde	441 g CO ₂ e/h bei Ultra HD/4K, 7 GB/h 157 g CO ₂ e/h bei HD, ~2,5 GB/h 22 g CO ₂ e/h bei Standard-Qualität, ~1 GB/h	Festnetz, Datenspeicherung + Übertragung Global
(Kamiya 2020)	Carbon Footprint pro Stunde	36 g CO ₂ e/h Generische Daten	Zeitabhängiger Ansatz; Netzwerk + Rechenzentrum, ohne Endgeräte; Global (Strommix basierend auf 2019)
Kamiya 2020	Energieverbrauch pro GB	2 Wh/GB	zeitabhängiger Ansatz; nur Netzwerkinfrastruktur (Backbone, Metro, Access); Global
(Oxenløwe, LM., et al. 2023)	Energieverbrauch pro Stunde	45 Wh/h	Zeitabhängiger Ansatz; Netzwerk + WLAN-Router + Laptop; ohne Rechenzentrumsinfrastruktur; Global
Oxenløwe et al. 2023	Energieverbrauch pro Stunde	130 - 252 Wh/h je nach Wahl der Parameter	Datenabhängiger Ansatz; inkl. gesamter Netzkapazität, Rechenzentrum (PUE=1 / 1,8); Netzwerk + Laptop; Global
(Aslan et al. 2018)	Energieverbrauch pro GB	0,06 kWh/GB	Netzwerk (ohne Endgeräte, ohne Rechenzentren); Festnetz inkl. Core, Metro, Access; Global
(Malmodin und Lundén 2018)	Energieverbrauch pro Jahr	Operativer Strom: ca. 242 TWh/Jahr für Netze	Bottom-up: Betrieblicher Strom; Festnetz + Mobilfunk, 35 Länder, 40 % der mobilen Anschlüsse weltweit; Zeitbezug Jahr 2015

Quellen: Siehe Literaturverzeichnis (Kapitel 9)

Zusammenfassend lassen sich aus den oben zitierten Studien folgende Spannweiten für die Teilnahme an einer einstündigen Videokonferenz annehmen.

Als Referenzwert für den Datentransfer im deutschen Kontext kann der Wert von 55 g CO₂e/Stunde (Gröger et al. 2021) verwendet werden, da er den deutschen Strommix, typische Endgeräte und Netzinfrastruktur berücksichtigt. Für Videokonferenzen mit internationalen VK-Plattformen kann der IEA-Wert von 36 g CO₂/Stunde (reiner Netzbetrieb) oder die Angabe von Obringer et al (2021) von 157 g CO₂e/Stunde (inkl. Endgerät, Festnetz, Rechenzentrum) herangezogen werden, je nach gewählter Systemgrenze und Berechnungsmethode.

7 Vorschlag von Vergabekriterien für ein Umweltzeichen

In diesem Kapitel werden Vergabekriterien für das Umweltzeichen „Blauer Engel“ für Videokonferenzsysteme vorgeschlagen.

Der Stromverbrauch während der Nutzung stellt einen signifikanten Einflussfaktor auf die Umweltauswirkungen von VKS dar. Der direkte Energieverbrauch umfasst die Stromaufnahme der Geräte im Betrieb. Dabei ist insbesondere der Energiebedarf während einer aktiven Videokonferenz als auch der Standby-Verbrauch, also der Stromverbrauch im Bereitschaftszustand ohne laufende Konferenz, relevant. Darüber hinaus entsteht ein indirekter Energieverbrauch durch die Nutzung externer Datenübertragungsnetzwerke und Rechenzentren, die für den digitalen Austausch zwischen den VK-Endgeräten notwendig sind. Die Höhe dieses indirekten Energieverbrauchs hängt maßgeblich von den durch die Geräte verursachten Datenübertragungsmengen ab, sodass VKS auch auf diesem Weg mittelbar Einfluss auf den Gesamtenergiebedarf und damit auf die Umweltauswirkungen nehmen.

Die aus dem Energieverbrauch entstehenden Umweltbelastungen resultieren hauptsächlich aus den Treibhausgasemissionen, die bei der Stromerzeugung anfallen. Deshalb setzt das Umweltzeichen bei der Energieeffizienz während der Nutzung an. Des Weiteren sollen die Vergabekriterien des „Blauen Engel“ auch andere Umweltaspekte adressieren, die üblicherweise im Zusammenhang mit der Produktion, dem Materialinventar und der Entsorgung der VKS stehen. Insbesondere ist im gesamten Lebenszyklus von Elektronikgeräten die Herstellung von Mikroelektronik-Komponenten umweltrelevant (Lövehagen et al, 2023). Es gilt daher, die Funktionsfähigkeit dieser umweltrelevanten Komponenten möglichst lange zu bewahren. Dies kann beispielsweise durch ein reparaturfreundliches Produktdesign, die Verfügbarkeit von Ersatzteilen und die Updatefähigkeit integrierter Software erreicht werden.

Im Geltungsbereich dieser Vorschläge für Vergabekriterien liegen Geräte oder Gerätekombinationen, die mindestens folgende Komponenten beinhalten:

- ▶ Grundgerät (Codec Gerät) mit Netzwerkanschluss
- ▶ Bedienterminal, separat oder in Kombination mit einem Grundgerät
- ▶ Videokameras (ggf. im Bedienterminal integriert)
- ▶ Mikrofone / Mikrofonarrays (ggf. im Bedienterminal integriert)
- ▶ Lautsprecher / Soundbars (ggf. im Bedienterminal integriert)

Optional:

- ▶ Bildanzeigergeräte (Bildschirme bzw. Displays), die mit dem VKS zusammen ausgeliefert werden
- ▶ Datenverarbeitungsgeräte zur Codec-Verarbeitung (z.B. Mini-Computer), die mit dem VKS zusammen ausgeliefert werden
- ▶ Netzteile

Dabei fallen modulare Systeme in ihrer Gesamtkonfiguration zum Zeitpunkt des Verkaufs in den Geltungsbereich. Bei All-in-one VKS können sich verschiedene der oben genannten Komponenten im selben Gehäuse befinden.

Die Geräte sollen in der Hauptsache für die Teilnahmen an Videokonferenzen in speziell dafür hergerichteten Videokonferenzräumen konzipiert sein, können aber auch transportabel sein, d.h. in beliebigen Besprechungsräumen temporär aufgebaut werden. Professionelle VKS können auch Zusatzfunktionen anbieten (z.B. Ansteuerung für Beleuchtung, Raumbuchungssysteme, Multimediageräte wie interaktive Whiteboards etc.). Letztere Funktionen werden jedoch in den Vergabekriterien nicht separat berücksichtigt.

Ausgenommen vom Geltungsbereich dieser Vergabekriterien sind Netzwerkanschlussgeräte und Netzwerkinfrastruktur (LAN/WLAN Router, Repeater, Thin Clients, Server etc.) sowie Datenverarbeitungsgeräte der Endnutzenden (Notebooks, Computer, Smartphones).

7.1 Begriffsbestimmung

Aktiver Betrieb: bezeichnet laut Verordnung (EU) 2023/826 einen Zustand, in dem das Gerät mit dem Versorgungsnetz verbunden ist und mindestens eine der Hauptfunktionen aktiviert ist;

Bereitschaftszustand (Standby) bezeichnet laut Verordnung (EU) 2023/826 einen Zustand, in dem das Gerät mit dem Versorgungsnetz verbunden ist, auf die Energiezufuhr aus dem Versorgungsnetz angewiesen ist, um bestimmungsgemäß zu funktionieren, und zeitlich unbegrenzt nur eine oder mehrere der folgenden Funktionen bereitstellt:

- a) Reaktivierungsfunktion;
- b) Reaktivierungsfunktion zusammen mit lediglich einer Anzeige, dass die Reaktivierungsfunktion aktiv ist;
- c) Informations- oder Statusanzeige;

Vernetzter Bereitschaftsbetrieb (Netzwerk-Standby). bezeichnet laut Verordnung (EU) 2023/826 einen Zustand, in dem das Gerät eine Funktion wiederaufnehmen kann, wenn es über eine Netzwerkverbindung ein Fernauslösesignal erhält.

Das System wird automatisch in den vernetzten Bereitschaftsbetrieb (Netzwerk-Standby-Zustand) geschaltet, wenn über einen längeren Zeitraum keine Daten über das Netz übertragen wurden, obwohl das System weiterhin mit einer Versorgungsspannung versorgt und an ein Netz angeschlossen ist. Der Energieverbrauch im vernetzten Bereitschaftsbetrieb ist geringer als im aktiven Zustand. Das System kann über ein externes Signal (in der Regel über das Netz gesendet) aus dem vernetzten Bereitschaftsbetrieb in einen anderen Betriebszustand geschaltet werden.

Vernetztes Gerät mit hoher Netzwerk-Verfügbarkeit („HiNA-Gerät“) bezeichnet laut Verordnung (EU) 2023/826 ein Gerät, das als Hauptfunktion(en) ausschließlich eine oder mehrere der folgenden Funktionen erfüllt: Funktionen eines Routers, Netzwerk-Schalters, Drahtlos-Netzzugangspunkts, Hubs, Modems, VoIP-Telefone, Videotelefone.²³ Ein „vernetztes Gerät mit HiNA-Funktionen“ bezeichnet ein Gerät, das unter anderem die Funktionen eines Routers, Netzwerk-Schalters, Drahtlos-Netzzugangspunkts oder eine Kombination dieser Funktionen erfüllt, aber kein HiNA-Gerät ist.

Aus-Zustand bezeichnet laut Verordnung (EU) 2023/826 einen Zustand, in dem das Gerät mit dem Versorgungsnetz verbunden ist, aber keine Funktion bereitstellt oder nur Folgendes bereitstellt:

²³ VKS sind in der Verordnung (EU) 2023/826 nicht erwähnt, jedoch unterscheiden sich diese in technischer und funktioneller Hinsicht stark von den als HiNA-Geräte bezeichneten VoIP-Telefonen und Videotelefonen. Eine Abgrenzung von Geräten mit HiNA-Funktionen und Nicht-HiNA-Geräten ist laut Artikel 8 b) bis 9. Mai 2027 vorgesehen.

- a) Anzeige des Aus-Zustandes;
- b) Funktionen zur Gewährleistung der elektromagnetischen Verträglichkeit.

Bildschirm (Anzeigegerät) – bezeichnet eine elektronische Anzeigeeinheit mit zugehöriger Elektronik, entsprechend der Definition „elektronische Displays“ im Sinne der Verordnungen (EU) 2019/2013 und 2019/2021. Die Hauptfunktion ist die Wiedergabe visueller Informationen, einschließlich bewegter oder unbewegter Bilder, Text, Grafiken oder Multimediainhalte, die via Benutzerschnittstellen oder Netzwerkanschluss eingespeist werden. Ein Bildschirm basiert auf einer Flachbett-Bilddarstellungstechnologie (z. B. LCD, TFT, OLED, LED-Matrix) und enthält eine elektronische Komponente zur Signalverarbeitung von Videosignalen. Ein für Videokonferenzen genutzter Bildschirm kann einen Tuner (zum Empfang von Fernsehsignalen) enthalten, dies ist jedoch kein Bestimmungsmerkmal.

Garantie ist eine freiwillige Leistung eines Herstellers und richtet sich nach seinen Bedingungen. Sie läuft parallel zur Gewährleistung und häufig zeitlich auch darüber hinaus und schützt im Gegensatz zur Gewährleistung auch vor Mängeln, die nach Kauf entstehen.

Netzwerk – bezeichnet eine Geräteinfrastruktur mit einer definierten Verbindungstopologie, einem Rahmenwerk aus physischen Komponenten, Organisationsprinzipien, Kommunikationsprozessen und -formaten (Protokollen). Beispiele für Netzwerke sind GAN (Global Area Network), WAN (Wide Area Network), MAN (Metropolitan Area Network), LAN (Local Area Network), WLAN (Wireless Local Area Network), PAN (Personal Area Network) und ISDN (Integrated Services Digital Network).

Professionelle Anwendung – bezeichnet im Kontext von Videokonferenzgeräten/-systemen ein raumoptimiertes, robustes, skalierbares und interoperables Kommunikationssystem mit hochwertigen Audio- und Video-funktionen sowie Verwaltungs- und Integrationsmöglichkeiten.

Videokonferenz – bezeichnet einen audiovisuellen Kommunikationsdienst zwischen zwei oder mehreren Personen, bei dem bewegte Bilder, Audiodaten und ggf. andere Multimediainhalte in Echtzeit synchron übertragen werden und optional Benutzerdaten (z. B. Dokumente) bereitgestellt werden können.

Teilepaarung (engl. part pairing) bezeichnet ein Design von Produkten, die einen Teil oder mehrere Teile mit einer eindeutigen Seriennummer enthalten, die (in der Regel von Herstellern) mit einer einzelnen Einheit des Produkts mittels Software gepaart wird. Wenn gepaarte Teile ausgetauscht werden, werden sie nicht vollständig akzeptiert, oder Funktionalität geht (teilweise) verloren, es sei denn, sie werden erneut mit dem Gerät gepaart. Die erfolgt in der Regel über eine Software, die nur vom Hersteller verfügbar ist.

Videokonferenz-Grundgerät (VK-Grundgerät) – bezeichnet ein Gerät, dessen Aufgabe in der elektronischen Verarbeitung der Codecs zur Aufbereitung von Audio- und Videodaten für die weitere Übertragung über das Netzwerk (Digitalisierung, Komprimierung, Verschlüsselung, Verwendung von Übertragungsprotokollen) sowie im Empfang der Daten und deren Rückwandlung in Audio- und Videosignale ist. Das VK-Grundgerät stellt somit die zentrale Systemkomponente in einem VKS dar. Die Funktionalität des Grundgeräts kann auch in andere Systemkomponenten integriert sein.

Videokonferenzsysteme (VKS) – bezeichnet Systeme, die für die Durchführung von professionellen Videokonferenzen konzipiert sind. Sie ermöglichen die gleichzeitige Teilnahme mehrerer physisch in einem Videokonferenzraum anwesender Personen in einer Videokonferenz mit virtuell verbundenen VK-Teilnehmenden.

Die Mindestausstattung eines VKS beinhaltet folgende Bestandteile:

- ▶ Bildanzeigergeräte (Bildschirme bzw. Displays)
- ▶ Videokameras (ggf. im Bedienterminal integriert)
- ▶ Mikrofone / Mikrofonarrays (ggf. im Bedienterminal integriert)
- ▶ Lautsprecher / Soundbars (ggf. im Bedienterminal integriert)
- ▶ Netzteile

Zudem kann ein VKS ein eigenes Codec-Gerät zur Encodierung und Decodierung von Audio- und Video-Signalen enthalten) sowie folgende weitere Komponenten enthalten:

- ▶ Terminal mit Display und Eingabeelementen (Tasten) sowie elektronische Schnittstellen
- ▶ Fernbedienung.

VK-Plattform – ist ein softwarebasierter Dienst, über den Nutzer Audio-, Video- und oft auch Chat, Bildschirmfreigabe oder Aufzeichnungen für digitale Besprechungen nutzen können, zum Beispiel Zoom, Microsoft Teams oder Webex.

7.2 Geltungsbereich

Das Umweltzeichen gilt für professionelle Videokonferenzsysteme, die zur Durchführung von professionellen Videokonferenzen in Konferenz-, Schulungs- und Besprechungsräumen bestimmt sind. Sie ermöglichen eine Bild- und Tonübertragung in Echtzeit über digitale Netzwerke und sind für die stationäre Nutzung vorgesehen. Die Systeme können damit zwar grundsätzlich portabel sein, für den Betrieb müssen sie jedoch stationär eingerichtet sein. Zugleich gewährleistet der Geltungsbereich technologische Offenheit, indem sowohl integrierte All-in-one VKS als auch modulare Lösungen mit eigener Videokonferenzverarbeitung berücksichtigt werden.

Das Umweltzeichen kann für folgende Gerätekategorien vergeben werden:

a) **All-in-one-Videokonferenzsysteme**

Integrierte Systeme, die sämtliche Hauptfunktionen einer Videokonferenzlösung in einem Gerät bündeln. Die äußerliche Erscheinungsform wird vom Bildschirm dominiert. Um eigenständig Videokonferenzen durchführen zu können, verfügt das All-in-one VKS über eine integrierte Codec-Einheit zur Videokonferenzverarbeitung sowie über die im Folgenden genannten Komponenten:

- ▶ Kamera(s),
- ▶ Mikrofon(e),
- ▶ Lautsprecher und ggf.
- ▶ Bedienterminal (ggf. mit Bediendisplay).

a) **Modulare Videokonferenzsysteme mit dedizierter Codec-Einheit**

Systeme, bei denen die zur Durchführung einer Videokonferenz erforderlichen Komponenten (Codec, Kamera, Mikrofon(e), Lautsprecher und optional ein oder mehrere Bildschirme) in

separaten, aber zusammengehörigen Modulen ausgeführt sind. Voraussetzung ist, dass die Videokonferenzverarbeitung in einer eigenständigen, hardwarebasierten VK-Grundgerät (Codec-Einheit) erfolgt, die nicht auf die Rechenleistung eines externen Computers angewiesen ist.

b) Videokonferenz-Bildschirme

Der Blaue Engel kann auch für Bildschirme vergeben werden, die speziell für den Einsatz in Videokonferenzumgebungen konfiguriert sind. Dies umfasst insbesondere die folgenden Typen:

- ▶ Eigenständige Videokonferenz-Bildschirme, die über integrierte Audio- und/oder Kameraeinheiten verfügen oder zur direkten Kopplung mit einem Codec-Gerät vorgesehen sind,
- ▶ Bildschirme, die interaktive Funktionen bieten (z. B. Touch-Bedienung, Whiteboard- oder Steuerungsfunktionen) und für die Visualisierung, Steuerung oder Interaktion während Videokonferenzen ausgelegt sind.
- ▶ Professionelle Raum-Bildschirme („Signage-Displays“), die für den stationären Einsatz in Konferenz-, Schulungs- oder Präsentationsräumen bestimmt sind und neben der Anzeige von Videokonferenzinhalten zur visuellen Kommunikation in solchen Umgebungen genutzt werden. Diese Bildschirme gelten als einbezogen, sofern sie:
 - eine Bildschirmdiagonale von 50 Zoll oder größer aufweisen,
 - für den Dauerbetrieb in professionellen Kommunikationsumgebungen ausgelegt sind (z. B. erhöhte Lebensdauer, spezielle Energiemanagement-Funktionen),
 - über Videokonferenz- oder Präsentationsschnittstellen (z. B. HDMI, DisplayPort, USB-C oder IP-basierte Steuerung) verfügen, und
 - von einem Zeichennehmer als Bestandteil oder Zubehör ausgewählt und funktional in Videokonferenzsysteme integriert und entsprechend konfiguriert werden.

Vom Geltungsbereich ausgeschlossen sind softwarebasierte VK-Plattformen (wie. z.B. Cisco Webex, MS-Teams usw.),

7.3 Anforderungen an die Energieeffizienz

Der Stromverbrauch während der Nutzungsphase stellt den zentralen Umwelt-Hotspot professioneller VKS dar. Wie in Kapitel 6.1 dargelegt, verursachen die im Betrieb aktivierten Komponenten (VK-Grundgerät, Controller, Kameras, Mikrofone, Lautsprecher und Netzwerkmodule) je nach Systemklasse eine Leistungsaufnahme von schätzungsweise 5 bis 60 Watt. Die aus diesem Energieverbrauch resultierenden Umweltbelastungen entstehen hauptsächlich durch Treibhausgasemissionen bei der Stromerzeugung in Deutschland. Besonders relevant ist dabei der Verbrauch im Bereitschaftszustand: Da professionelle VKS dauerhaft mit dem Stromnetz verbunden bleiben und ihre Netzwerkverbindung aktiv halten, kann im normalen Bürobetrieb die Zeit im Bereitschaftszustand die Zeit im aktiven Betrieb deutlich übersteigen. Hinzu kommt, dass professionelle VKS oft als HiNA-Geräte konfiguriert sind und auch im Bereitschaftszustand wesentliche Teile ihrer Controller-Elektronik aktiv halten müssen. Mangels einschlägiger Teststandards für VKS und aufgrund fehlender oder ungenauer Herstellerangaben zur Leistungsaufnahme in technischen Produktdatenblättern gibt es derzeit keine Markttransparenz bezüglich der Energieeffizienz dieser Geräte. Verbindliche Grenzwerte für alle Betriebszustände

(aktiver Betrieb, Bereitschaftszustand und Aus-Zustand) sind daher ein zentrales Instrument des Blauen Engels, um den direkten Energieverbrauch der Geräte zu begrenzen und für Verbesserungen am Markt zu sorgen. Die Differenzierung nach Raumgröße (kleine, mittlere und große VK-Räume) trägt der Tatsache Rechnung, dass die Leistungsaufnahme je nach Systemklasse erheblich variiert. Die Anforderung an die Bekanntmachung der Leistungsaufnahme im Produktdatenblatt schafft erstmals die für einen fairen Marktvergleich notwendige Transparenz.

Die im Folgenden vorgeschlagenen Maximalwerte für die Leistungsaufnahme von VKS folgen der etablierten Logik des Blauen Engels, nur die energieeffizienteren Produkte eines Segments auszuzeichnen. Daher liegen alle in Tabelle 9 vorgeschlagenen Werte unterhalb der jeweils genannten Obergrenze der Schätzspanne bzw. 1/3 unterhalb Vorgaben der Verordnung (EU) 2023/826 zuzüglich geringfügiger Aufschläge für größere VKS.

7.3.1 VK-Grundgeräte inklusive aller Komponenten

Die elektrische Leistungsaufnahme der VK-Grundgeräte (inkl. aller Peripheriegeräte, aber ohne Bildschirm) darf folgende Werte nicht überschreiten:

Tabelle 9: Maximale Leistungsaufnahme für VKS inklusive aller Komponenten in ihrer am Markt angebotenen Grundkonfiguration

Typischer Einsatzbereich	Aktiver Betriebszustand (Watt)	Bereitschaftszustand (Standby) (Watt)	HiNA-Standby (Watt)	Netzwerk-Standby (Watt)	Aus-Zustand (Watt)
Geräte für kleine VK-Räume (für 2-4 Personen)	10	0,53	4,7	1,33	0,2
Geräte für mittlere VK-Räume (für 5-10 Personen)	15	0,63	4,7	1,53	0,2
Geräte für große VK-Räume (für 10-20 Personen)	40	0,73	4,7	1,73	0,2

* HiNA-Funktion unabhängig von Raumgröße

7.3.1.1 Aktiver Betriebszustand

Der Zeichennehmer verpflichtet sich, die durchschnittliche Leistungsaufnahme des VKS (VK-Grundgerät einschließlich aller daran angeschlossener Peripheriegeräte außer dem Bildschirm) im aktiven Betriebszustand in einem öffentlich zugänglichen Produktdatenblatt anzugeben. Die durchschnittliche Leistungsaufnahme ist in der Einheit Watt (W) bzw. der Energieverbrauch in der Einheit Wattstunden (Wh) anzugeben. Die Angabe zur Leistungsaufnahme soll alle Komponenten des VKS einschließen, die für den bestimmungsgemäßen Betrieb im aktiven Zustand erforderlich sind. Es gelten die in Tabelle 9 genannten Werte für die maximal zulässige Leistungsaufnahme im aktiven Betriebszustand (je nach Raumgröße).

Der aktive Zustand ist hier definiert als die Aufzeichnung, Übertragung und Wiedergabe von Video- und Audiosignalen in der höchstmöglichen Video- und Audioqualität. Der Testaufbau für

die Messung des Energieverbrauchs muss mindestens zwei miteinander kommunizierende Videokonferenzsysteme umfassen.

Begründung:

Die in Tabelle 9 genannten Maximalwerte für die zulässige Leistungsaufnahme im aktiven Betriebszustand orientieren sich mangels belastbaren, öffentlich zugänglichen Herstellerangaben bzw. Messwerten (vgl. Kapitel 6.1) an Schätzwerten und technischen Plausibilitätsüberlegungen. Die genannten Werte werden wie folgt begründet:

- ▶ VKS für kleine VK-Räume: 10 W -> Unteres Ende der Schätzspanne 5–20 W (Kap. 6.1), einfache Komponentenausstattung
- ▶ VKS für mittlere VK-Räume: 15 W -> Zuschlag von 33 % (5 W) für leistungsfähigere Prozessoren, PTZ-Kamera, stärkere Lautsprecher
- ▶ VKS für große VK-Räume: 40 W -> deutlich unterhalb der oberen Schätzgrenze von 60 W

7.3.1.2 Bereitschaftszustand (Standby-Zustand)

Es gelten die in Tabelle 9 genannten Werte für die maximal zulässige Leistungsaufnahme im Bereitschaftszustand (je nach Raumgröße). Komponenten eines VKS, die an ein Netzwerk (z. B. LAN, WLAN, Mobilfunk) angeschlossen sind, müssen über einen vernetzten Bereitschaftsbetrieb (siehe Definitionen der Betriebsarten) verfügen, dessen Leistungsaufnahme maximal 1,73 Watt beträgt. Sofern eine HiNA-Funktion vorhanden und aktiviert ist, gilt ein Maximalwert der Leistungsaufnahme von 4,7 Watt.

Sofern ein Netzwerkanschluss via WLAN oder Mobilfunk vorhanden ist, sollen diese im vernetzten Bereitschaftsbetrieb nur dann aktiviert sein, wenn keine LAN-Verbindung zur Verfügung steht. Bei vorhandenem LAN-Anschluss sollen die WLAN oder Mobilfunk Verbindungen per Menüeinstellung automatisch deaktiviert sein.

Begründung:

Die vorgeschlagenen Werte für die verschiedenen Bereitschaftszustände (Standby) orientieren sich an den Vorgaben der Verordnung (EU) 2023/826. Diese sieht jedoch keine Differenzierung für Multikomponentensysteme vor. Der Blaue Engel soll hingegen VKS auszeichnen, die nicht als Einzelgeräte im Sinne der Verordnung (EU) 2023/826 anzusehen sind (z. B. Mikrofone), sondern sich teilweise aus einer Vielzahl von Komponenten zusammensetzen. Demzufolge gelten die Energieverbrauchsgrenzwerte der Verordnung für den gesamten funktionalen Verbund der VKS einschließlich aller seiner Komponenten. Hier gilt es jedoch, nach dem Ausstattungsgrad (= Raumgröße) zu differenzieren. Je größer ein VK-Raum ist, desto mehr Komponenten sind im VKS zusammengeschaltet. Allerdings sind nur wenige dieser Komponenten im Sinne der Definition von HiNA und vernetzten Bereitschaftsbetrieb relevant, da sie keine eigenständigen IP-Geräte sind, sondern von einem zentralen IP-Gerät aus angesteuert werden. Die in Tabelle 9 aufgeführten Maximalwerte für die Leistungsaufnahme betreffen ein IP-fähiges Grundgerät. Dessen Leistungsaufnahme in den jeweiligen Standby-Modi hängt zunächst nicht mit der Größe des VK-Raums zusammen. Daher ist für HiNA keine Progression der Wattzahlen nach Raumgröße vorgesehen. Die Leistungsaufnahme in den Standby- und Netzwerk-Standby-Modi ist hingegen abhängig von der Anzahl der aktiv gehaltenen Peripheriekomponenten, da diese je nach Anzahl mehr netzwerkübertragene Daten generieren. Daher ist hier jeweils eine Progression der Wattzahlen nach Raumgröße vorgesehen.

Die in Tabelle 9 aufgeführten Maximalwerte für die Leistungsaufnahme stellen eine über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinausgehende verbesserte Energieeffizienz dar. Es wird ein Verbesserungsgrad von jeweils 33 % gegenüber dem regulatorischen Grenzwert vorgeschlagen:

- ▶ Bereitschaftszustand (Standby). Grenzwert laut Verordnung (EU) 2023/826 = 0,8 W;
1/3 niedrigerer Vorschlagswert für Blauer Engel: 0,53 W (kleiner VK-Raum) + je 0,1 W pro größerem VKS
- ▶ HiNA-Standby: Grenzwert laut Verordnung (EU) 2023/826 = 7 W;
1/3 niedrigerer Vorschlagswert für Blauer Engel: 4,7 W (unabhängig von Raumgröße)
- ▶ Vernetzter Bereitschaftsbetrieb: Grenzwert laut Verordnung (EU) 2023/826 = 2 W;
1/3 niedrigerer Vorschlagswert für Blauer Engel: 1,33 W (kleiner VK-Raum) + je 0,2 W pro größerem VKS

7.3.1.3 Aus-Zustand

Es gelten die in Tabelle 9 genannten Werte für die maximal zulässige Leistungsaufnahme im Aus-Zustand (unabhängig von der Raumgröße).

Begründung:

Die in Tabelle 9 genannten Maximalwerte für die zulässige Leistungsaufnahme im Aus-Zustand orientieren sich am Grenzwert laut Verordnung (EU) 2023/826 = 0,3 W; 1/3 niedrigerer Vorschlagswert für Blauer Engel: 0,2 W (unabhängig von Raumgröße).

Nachweis

Der Zeichennehmer gibt Leistungsaufnahme des VKS und dessen Funktionsumfang in Anhang X des Vertrags an und legt die entsprechenden Seiten der Produktdokumentation, in denen diese Werte angegeben sind, in Anhang X ein. Für den Aus-Zustand, den Bereitschaftszustand sowie den HINA-Standby-Zustand sind die Prüfbedingungen gemäß Verordnung (EU) 2023/826 einzuhalten²⁴. Für die Leistungsaufnahme im Betrieb beschreibt der Zeichennehmer die verwendeten Prüfbedingungen in Anhang X und legt den entsprechenden Messbericht vor.

7.3.2 Videokonferenz-Bildschirme

Großformatige Bildschirme sind ein zentraler Bestandteil professioneller VKS und weisen im Verhältnis zu den übrigen VK-Komponenten eine besonders hohe Leistungsaufnahme auf, zumal sie in VK-Räumen typischerweise mit erhöhter Bildschirmhelligkeit betrieben werden. Wie Kapitel 6.3 dieser Machbarkeitsstudie darlegt, übersteigen die Treibhausgasemissionen einer Videokonferenz-Teilnahme vor einem großen Video-Bildschirm (295 g CO₂-Äq./Stunde) jene eines Laptops (55 g CO₂-Äq./Stunde) um ein Vielfaches. In professionellen VK-Räumen kommen oft mehrere großformatige Bildschirme zum Einsatz, was den Energieverbrauch weiter steigert. Daher muss deren Energieeffizienz bei der Systembeschaffung berücksichtigt werden. Durch die Aufnahme von VK-Bildschirmen in den Geltungsbereich der Kriterienvorschläge für den Blauen Engel wird sichergestellt, dass auch dieser bedeutende Energieverbrauchsanteil adressiert wird.

²⁴ Verordnung (EU) 2023/826 der Kommission vom 17. April 2023 zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an den Energieverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Aus-Zustand, im Bereitschaftszustand und im vernetzten Bereitschaftsbetrieb gemäß der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 1275/2008 und (EG) Nr. 107/2009 der Kommission; <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/826/oj?locale=de>

Die im Kapitel 6.3 dieser Machbarkeitsstudie dargestellte Auswertung der EPREL-Datenbank und von ENERGY STAR-zertifizierten Signage-Displays zeigt eine große Bandbreite an Leistungsaufnahmen am Markt, die von der Bildschirmdiagonale, der Technologie und der eingestellten Luminanz abhängen. Da bislang keine spezifischen EU-Ökodesign-Anforderungen für Bildschirme im VK-Kontext gelten (All-in-One-VKS sind laut Artikel 1c der Verordnung EU 2019/2021 sogar explizit ausgenommen), besteht eine regulatorische Lücke. Das vorgeschlagene Kriterium für den Blauen Engel füllt diese Lücke, indem es die Einhaltung der EU-Energieeffizienzklasse C als Mindeststandard fest schreibt und damit sicherstellt, dass besonders ineffiziente Bildschirme nicht als Teil eines zertifizierten VKS vermarktet werden können.

7.3.2.1 Energieeffizienz der Bildschirme im eingeschalteten Zustand

Bildschirme, die als Einzelgeräte im Zusammenhang mit modularen VKS eingesetzt und mit diesen zusammen als Gesamteinheit angeboten werden, müssen im eingeschalteten Zustand mindestens die Energieeffizienzklasse C entsprechend der Verordnung (EU) 2019/2013 zur Energieverbrauchskennzeichnung von elektronischen Displays aufweisen.

Nachweis:

Der Zeichennehmer legt die Einhaltung der Anforderung gemäß den in Verordnung (EU) 2019/2013 verwendeten Prüfbedingungen zur Energieverbrauchskennzeichnung von elektronischen Displays dar.

7.3.2.2 Umschaltung der Bildschirme in den Bereitschaftszustand (Standby-Zustand)

Der für ein Videokonferenzsystem genutzte Bildschirm muss über eine automatische Abschaltfunktion verfügen, die ihn nach Beendigung der Videokonferenz in den Bereitschaftszustand (Standby-Zustand) schaltet. Die oben genannte Energiesparfunktion muss in den Werkseinstellungen des Videokonferenzsystems voreingestellt sein und maximal 15 Minuten nach Ende der letzten Videokonferenz aktiviert werden.

Nachweis:

Der Zeichennehmer muss die Einhaltung der Anforderungen in Anhang 1 des Vertrags erklären und die Zeitverzögerung in den Werkseinstellungen angeben, bevor das System automatisch in den Bereitschaftszustand geschaltet wird.

7.3.3 All-in-One Videokonferenzsysteme

Eine gesonderte Betrachtung dieser Geräteklasse ist notwendig, da diese einen großformatigen Bildschirm sowie mehrere Funktionskomponenten (Codec-Einheit, Kamera, Mikrofon und Lautsprecher) in einem einzigen Gehäuse integriert. Um angemessene Anforderungen zu stellen und eine Schlechterstellung gegenüber modularen Systemen zu vermeiden, werden den Anforderungen die Kriterien für Bildschirme zugrunde gelegt und mit den Grenzwerten für die Leistungsaufnahme der Grundgeräte kombiniert. Die Bewertung der Energieeffizienz ist jedoch komplex, da die Leistungsaufnahme des integrierten Bildschirms und der sonstigen Komponenten nicht separat gemessen werden kann.

Für All-in-One VKS mit integriertem Bildschirm gilt die Anforderung die Anforderungen an die Energieeffizienz gemäß Abschnitt 7.3.2 (analog zur Energieeffizienzklasse C entsprechend der in Verordnung (EU) 2019/2013 festgelegten Berechnungsregel) mit einem erlaubten zusätzlichen Aufschlag entsprechend Tabelle 9 für die weiteren Videokonferenzfunktionalitäten.

Nachweis:

Es gilt, dass der Zeichennehmer die Leistungsaufnahme des gesamten VKS und dessen Funktionsumfang in Anhang X des Vertrags angibt und die entsprechenden Seiten der Produktdokumentation vorlegt, in denen diese Werte angegeben sind, in Anhang X ein. Darüber hinaus beschreibt der Zeichennehmer die verwendeten Prüfbedingungen für das All-in-One VK-Gerät in Anhang X und legt den entsprechenden Messbericht vor.

Bezüglich des VK-Bildschirms gilt die Einhaltung der Mindestanforderung bezüglich Energieeffizienzklasse C gemäß den in der Verordnung (EU) 2019/2021 verwendeten Prüfbedingungen zur Energieverbrauchskennzeichnung von elektronischen Displays.

Für den Aus-Zustand, den Bereitschaftszustand sowie den HINA-Standby-Zustand sind die Prüfbedingungen gemäß Verordnung (EU) 2023/826 einzuhalten.

Hinweis: Bildschirme von (All-in-One-)Videokonferenzsysteme sind aus der Verordnung (EU) 2019/2021 ausgenommen. Das freiwillige Umweltzeichen der Blaue Engel für Videokonferenzsysteme zielt deshalb darauf ab, diese Energieeffizienzanforderungen auch an die in All-in-One VKS verwendeten Bildschirme zu stellen. All-in-One VKS mit Bildschirm dürfen also eine maximale kumulierte Leistungsaufnahme gemäß Energieeffizienzklasse C nach Verordnung 2019/2021/EU für den Bildschirm sowie einen Aufschlag gemäß Tabelle 9 für die VKS haben.

7.3.4 Energiemanagement

Neben absoluten Grenzwerten für die Leistungsaufnahme ist das Energiemanagement der Geräte entscheidend dafür, dass die dazugehörigen Modi im tatsächlichen Nutzungsbetrieb auch erreicht werden. Wie in den Kapiteln 6.1 und 6.3 dieser Machbarkeitsstudie ausführt, verbringen professionelle VK-Geräte einen wesentlichen Anteil ihrer Nutzungsdauer im Bereitschaftszustand. Ohne automatische Abschaltmechanismen verbrauchen Geräte unnötig Energie, selbst wenn kein Meeting stattfindet. Die Anforderungen an das Energiemanagement stellen sicher, dass Geräte nach einer definierten Inaktivitätsphase automatisch in einen energiesparenden Zustand wechseln, ohne dass Nutzerinnen und Nutzer dies manuell veranlassen müssen.

7.3.4.1 Ausschaltfunktion

Alle einzelnen Geräte des Videokonferenzsystems müssen über eine manuelle Abschaltfunktion (Schalter, Taste oder Fernbedienungsfunktion) oder elektronische Abschaltfunktion verfügen, mit der das Gerät in den Aus- oder Bereitschaftszustand (siehe Definitionen) geschaltet werden kann. Im Bereitschaftszustand sollen alle Peripheriegeräte, die nicht zur Aktivierung des VKS dienen automatisch deaktiviert werden.

Nachweis:

Der Zeichennehmer erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anhang 1 des Vertrags.

7.3.4.2 Umschaltung in den vernetzten Bereitschaftsbetrieb oder den Bereitschaftszustand

Das Videokonferenzsystem muss über eine automatische Abschaltfunktion verfügen, die das System spätestens 15 Minuten nach Beendigung der Videokonferenz in den vernetzten Bereitschaftsbetrieb oder bei nicht vernetzten Geräten in den Bereitschaftszustand (Standby-Zustand) schaltet. Die oben genannte Energiesparfunktion muss in den Werkseinstellungen des

Videokonferenzsystems voreingestellt sein und maximal 15 Minuten nach Ende der Videokonferenz aktiviert werden.

Nachweis

Der Zeichennehmer muss die Einhaltung der Anforderungen in Anhang 1 des Vertrags erklären und die Zeitverzögerung in den Werkseinstellungen angeben, bevor das System automatisch in den s vernetzten Bereitschaftsbetrieb oder den Bereitschaftszustand (Standby-Zustand) geschaltet wird.

7.3.4.3 Umschaltung des Bildschirms in den Bereitschaftszustand

Die mit einem VKS verbundenen Bildschirme müssen über eine automatische Abschaltfunktion verfügen, die ihn nach Beendigung der Videokonferenz in den Bereitschaftszustand (Standby-Zustand) schaltet. Die oben genannte Energiesparfunktion muss in den Werkseinstellungen des Videokonferenzsystems voreingestellt sein und maximal 15 Minuten nach Ende der letzten Videokonferenz aktiviert werden.

Nachweis

Der Zeichennehmer muss die Einhaltung der Anforderungen in Anhang 1 des Vertrags erklären und die Zeitverzögerung in den Werkseinstellungen angeben, bevor das System automatisch in den vernetzten Bereitschaftsbetrieb oder den Bereitschaftszustand (Standby-Zustand) geschaltet wird.

7.4 Materialanforderungen

Die Reduzierung von Schadstoffen in Produkten entlastet die Umwelt und ermöglicht eine effizientere Wiederverwertung des Produktes am Ende seiner Nutzungsdauer. Daher unterliegen Produkte, die dieses Umweltzeichen tragen sollen, spezifischen Materialanforderungen.

7.4.1 Materialanforderungen an die Primärkunststoffe der Gehäuse, Gehäuseteile und Kabel

Professionelle VKS bestehen zu wesentlichen Teilen aus Kunststoffgehäusen und Kabeln, die typischerweise Additive wie Flammschutzmittel, Weichmacher und Stabilisatoren enthalten. Einige dieser Substanzen können während der Nutzungsphase ausdünsten und die Gesundheit belasten. Zudem birgt die Entsorgung von Elektroaltgeräten am Lebensende Umweltrisiken, wenn problematische Stoffe (z. B. halogenierte Flammschutzmittel, CMR-Stoffe sowie persistente und bioakkumulierbare Substanzen) in die Entsorgungspfade gelangen und dort durch Verbrennung toxische Emissionen verursachen. Darüber hinaus erschweren solche Schadstoffe das hochwertige werkstoffliche Recycling, da kontaminierte Kunststofffraktionen nicht ohne aufwändige Aufbereitung in neue Produkte zurückgeführt werden können. Die im Folgenden definierten Ausschlusskriterien entsprechen dem aktuellen Stand des europäischen Chemikalienrechts und gehen bewusst über die Mindestanforderungen der RoHS-Richtlinie hinaus. Letztere beschränkt nur eine begrenzte Anzahl von Stoffen. Da VKS typischerweise in Büroräumen betrieben werden, in denen Nutzende ihnen täglich über lange Zeiträume ausgesetzt sind, dient die Reduktion dieser Schadstoffe zudem dem unmittelbaren Gesundheitsschutz der Nutzerinnen und Nutzer. Im Fokus steht dabei die Vermeidung eines Ausdunstens volatiler Substanzen (z.B. Weichmacher, Flammschutzmittel) während der Nutzungsdauer der VKS.

Die Primärkunststoffe der Gehäuse, Gehäuseteile und externen Kabel aller Komponenten der VKS mit einer Masse >25g dürfen keine Stoffe mit folgenden Eigenschaften als konstitutionelle Bestandteile²⁵ enthalten:

- ▶ Stoffe, die unter der Chemikalienverordnung REACH (EG/1906/2006)²⁶ (Europäische Union 2006) als besonders besorgniserregend identifiziert und in die gemäß REACH Artikel 59 Absatz 1 erstellte Liste (sogenannte „Kandidatenliste“) aufgenommen wurden.²⁷
- ▶ Stoffe, die gemäß der CLP-Verordnung in die folgenden Gefahrenkategorien eingestuft sind oder die Kriterien für eine solche Einstufung erfüllen²⁷:
 - karzinogen (krebserzeugend) der Kategorie Carc. 1A oder Carc. 1B
 - keimzellmutagen (erbgutverändernd) der Kategorie Muta. 1A oder Muta. 1B
 - reproduktionstoxisch (fortpflanzungsgefährdend) der Kategorie Repr. 1A oder Repr. 1B
 - endokriner Disruptor mit Wirkung auf die menschliche Gesundheit, Kategorie ED HH 1 und 2
 - endokriner Disruptor mit Wirkung auf die Umwelt, Kategorien ED ENV 1 und 2
 - vPvB Stoffe und
 - PMT/vPvM-Stoffe 2.²⁸
- ▶ Halogenhaltige Polymere, die Chlor, Brom oder Fluor enthalten.
- ▶ Als Flammschutzmittel sind
 - keine halogenorganischen Verbindungen zugelassen und auch
 - keine Stoffe zugelassen, die nach CLP-Verordnung als krebserzeugend der Kategorie Carc. 2 oder als gewässergefährdend der Kategorie Aquatic Chronic 1 eingestuft sind.

Die Vorgabe gilt auch als erfüllt, wenn keine Stoffe vorhanden sind, die im Bewertungssystem GreenScreen²⁹ mit einem Benchmark Score von 1 bewertet wurden.

Die den Gefahrenkategorien entsprechenden Gefahrenhinweise (H-Sätze) sind Anhang A zu entnehmen.

Von dieser Regelung ausgenommen sind:

²⁵ Konstitutionelle Bestandteile sind Stoffe, die dem Produkt als solches oder als Bestandteil von Gemischen zugegeben werden und dort unverändert verbleiben, um bestimmte Produkteigenschaften zu erreichen oder zu beeinflussen. Auf ein Minimum reduzierte Restmonomere fallen beispielsweise nicht darunter.

²⁶ Die Kandidatenliste in der jeweils aktuellen Fassung findet sich unter folgendem Link: <https://echa.europa.eu/de/candidate-list-table>

²⁷ Es gilt die Fassung der Verordnung zum Zeitpunkt der Antragstellung. Der Zeichennehmer ist verpflichtet, aktuelle Entwicklungen dieser zu berücksichtigen. Wird während der Vergabelaufzeit ein Inhaltsstoff mit einer der genannten Gefahrenkategorien eingestuft, reicht der Zeichennehmer eine formlose Mitteilung unter Nennung des Stoffs mit der CAS- oder EC-Nummer und der neuen Gefahrenkategorie ein. Anschließend werden mit dem Zeichennehmer Fristen zur Substitution vereinbart.

²⁸ ED, PBT, vPvB, PMT, vPvM: Neue Gefahrenkategorien unter CLP-VO, rechtlich verbindlich für Stoffe spätestens ab 01. Mai 2025, für bereits in Verkehr befindliche Stoffe spätestens ab 01. Mai 2026.

²⁹ Greenscreen Assessment registry (2026)

- ▶ fluororganische Additive (wie z.B. Anti-Dripping-Reagenzien), die zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der Kunststoffe eingesetzt werden, sofern sie einen Gehalt von 0,5 Gewichts-% nicht überschreiten. Wenn solche Stoffe enthalten sind, sind sie anzugeben (chemische Bezeichnungen und CAS-Nummern);

Nachweis

Der Zeichennehmer

- ▶ erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage X zum Vertrag.
- ▶ benennt alle verwendeten Kunststoffe der Kunststoffteile mit einer Masse >25g in Anlage X.
- ▶ legt für jeden der verwendeten Kunststoffe eine schriftliche Erklärung der Kunststoffhersteller vor oder stellt die Vorlage derselben gegenüber der RAL gGmbH sicher.

Sind diese Informationen dem Zeichennehmer nicht zugänglich, reicht es aus, wenn der Kunststoffhersteller diese Informationen als vertrauliche Informationen dem RAL mitteilt. In dieser Erklärung sind die chemischen Bezeichnungen der eingesetzten Flammschutzmittel und der fluororganischen Additive inklusive der CAS-Nummer und der Einstufungen (H-Sätze) anzugeben (Anlage X zum Vertrag). Der Hersteller kann auch eine entsprechende Erklärung zum Ausschluss von Stoffen mit dem GreenScreen Benchmark Score 1 vorlegen. Beide Erklärungen bestätigen, dass die auszuschließenden Substanzen den Kunststoffen nicht zugesetzt sind.

Die vorgelegten Erklärungen (Anlage X und Anlage X) dürfen bei erstmaliger Antragstellung nicht älter als 6 Monate sein. Werden durch den gleichen Zeichennehmer weitere Anträge für die Kennzeichnung von Produkten gestellt, die die gleichen Kunststoffe enthalten, so können die vorgelegten Erklärungen während der Laufzeit der Vergabegrundlage unverändert vorgelegt werden. Davon abweichend kann der RAL eine aktualisierte Fassung der Erklärungen einfordern, wenn seitens des Umweltbundesamtes festgestellt worden ist, dass die Kandidatenliste um produktrelevante Stoffe erweitert wurde.

7.4.2 Materialanforderungen an die Recyclingkunststoffe der Gehäuse und Gehäuseteile

Die Förderung von Recyclingkunststoffen (insbesondere c) ist ein zentrales Instrument der Kreislaufwirtschaft und wird durch den EU Circular Economy Action Plan (CEAP) sowie die Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) ausdrücklich angestrebt. Der Einsatz von PCR-Kunststoffen in VKS reduziert den Bedarf an Primärrohstoffen und die damit verbundenen Umweltbelastungen durch Rohstoffgewinnung und Kunststoffproduktion. Gleichzeitig schafft er Nachfrage für Rezyklate und stärkt damit die Wirtschaftlichkeit von Recyclingsystemen. Die Anforderungen an die Herkunft der Recyclingkunststoffe (Post-Consumer-Rezyklat) stellen sicher, dass tatsächlich konsumenten-seitig anfallende Abfälle verwertet werden und kein bloßes Produktionsabfall-Recycling (Pre-Consumer) angerechnet wird. Der Ausschluss bestimmter Zusatzstoffe in PCR-Materialien schützt zuvor, dass durch den Einsatz von Rezyklaten keine problematischen Substanzen in das Produkt eingetragen werden, und trägt so zu einer sicheren Kreislaufführung bei.

7.4.2.1 Mindesteinsatz von Recyclingkunststoffen

Der Einsatz von PCR-Kunststoffen oder wiederverwendeter Kunststoffteile trägt in besonderem Maße zur Ressourcenschonung bei und muss in Kunststoffteilen von Geräten eingesetzt werden.

Der PCR-Kunststoff-Anteil an der gesamten Kunststoffmasse (davon ausgenommen sind: Leiterplatten, Etiketten, Kabel, Stecker, elektronische Komponenten) im Produkt soll deshalb mindestens 5 % betragen.

Nachweis

Der Hersteller listet in Anlage X das Gesamtgewicht aller Kunststoffteile und nennt die Kunststoffteile, die PCR-Kunststoffe enthalten, deren PCR-Gewichtsanteil in Gramm und die Art des verwendeten Kunststoffes. Verifiziert wird dies durch eine Bestätigung des Lieferanten (Lieferantenschreiben) oder dessen Zulieferer, der den Hersteller mit den entsprechenden Kunststoffteilen beliefert (Anlage X).

7.4.2.2 Herkunft der Recyclingkunststoffe

Eingesetzte Post-Consumer-Recyclingmaterialien (PCR-Materialien) müssen aus

- ▶ zertifizierten Quellen stammen und die Zertifikate müssen die Herkunft des Recyclingkunststoffes eindeutig belegen.
- ▶ dem werkstofflichen Recycling stammen.

Nachweis:

Die Herkunft und die Zusammensetzung der PCR-Kunststoffe sind durch den Zeichennehmer mittels eines Zertifikates (einschließlich Bericht) nachzuweisen.

Akzeptiert werden derzeit:

- *das EuCertPlast-Zertifizierungsschema,*
- *das RecyClass-Zertifizierungsschema (für „Recycling Process“),*
- *der Global Recycled Standard (GRS) oder*
- *ein gleichwertiges Zertifizierungsschema gemäß EN 15343:2007³⁰ bzw. DIN EN 15343:20085 nachzuweisen.*

Außerdem wird akzeptiert:

- *Zertifizierung nach UL Environmental Claim Validation Procedure (ECVP) for Recycled Content (UL ECVP 2809-214) in Verbindung mit UL Environmental Claim Validation Procedure (ECVP) for Defined Source Content (UL ECVP 2809-1) mit folgenden Einschränkungen:*
 - *die Zertifizierung gemäß Abschnitt 6.4 „Recycled Plastics“ in UL ECVP 2809-2 erfolgt, wodurch gewährleistet wird, dass die Vorgaben gemäß EN 15343 eingehalten werden.*
 - *Zulässig sind ausschließlich die „Chain of Custody“-Modelle (CoC-Modelle) gemäß Abschnitt 815 (Identity Preserved chain), 916 (Segregated Management of Materials) oder 1017 (Controlled Blending chain) in UL ECVP 2809-1. Ausdrücklich nicht zugelassen sind die CoC-Modelle gemäß Abschnitte 1118 (Mass Balance chain) und 12 19 (Book and Claim) in UL ECVP 2809-1.*

³⁰ Entspricht DIN EN 15343:2008

Der Zeichennehmer erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag und weist das Zertifikat in Anlage 4 nach.

7.4.2.3 Ausschluss bestimmter PCR-Zusatzstoffe in Recyclingkunststoffen

PCR-Materialien dürfen grundsätzlich keine Stoffe zugefügt werden, die unter Absatz 7.4.1 ausgeschlossen werden.

Nachweis

Der Zeichennehmer erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag.

7.5 Langlebigkeit und Reparierbarkeit

Eine lange Nutzung des Produktes trägt zu geringer Umweltwirkung der Ressourcennutzung der Produktion bei. Um eine lange Nutzung zu ermöglichen, stellt dieser Blaue Engel in den folgenden Abschnitte Anforderung an die Reparaturfähigkeit, Softwareupdates und sicheres Datenlöschen für die Wiederverwendbarkeit.

7.5.1 Garantie

Der Zeichennehmer gewährt für die gelieferten Geräte eine Garantie von mindestens 3 Jahren ab dem Lieferdatum. Davon muss mindestens 1 Jahr kostenlos gewährt werden. Diese Anforderung gilt nicht für Akkus (falls vorhanden), für die eine kostenlose Garantie von einem Jahr gewährt werden muss.

Nachweis

Der Zeichennehmer erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag.

7.5.2 Kompatibilität

Das Videokonferenzsystem muss mindestens einer der internationalen Normen für kommerzielle Videokonferenzsysteme entsprechen. Die Produktdokumentation muss Angaben zu den verwendeten Standards und zur Kompatibilität des Videokonferenzsystems enthalten.

Zulässige Normen sind unter anderem die von der TU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector) und der IETF (Internet Engineering Task Force) definierten Normen:

Codec für Videoencoding:

- ▶ H.264
- ▶ H.265 (HEVC)
- ▶ H.266 (VVC)

Transportprotokoll:

- ▶ RTP/SRTP ist Standard für die Medienübertragung via SIP, H.323, WebRTC.

Neuere Video-Codecs (z. B. H.265) weisen eine höhere Datenkompressionsrate auf als ältere (z. B. H.264). Dadurch verringern sich die über das Internet übertragenen Datenmengen während des Betriebs, was zu einer Energieeinsparung in Datenzentren führt. Der Effekt ist jedoch nicht sehr stark. Aus Gründen der Kompatibilität wird daher vorgeschlagen, den Codec H.264 weiterhin zuzulassen, um eine vorzeitige Obsoleszenz älterer VKS zu vermeiden.

Nachweis

Der Zeichennehmer muss die im System verwendeten Normen angeben und in Anhang 1 des Vertrags die verbindliche Einhaltung mindestens einer der oben genannten Normen durch das System erklären. Der Zeichennehmer muss eine Erklärung über die Kompatibilität des Videokonferenzsystems vorlegen und in der Produktdokumentation angeben, welche Systeme anderer Hersteller mit diesem System zusammenarbeiten können, oder alternativ die öffentlich zugängliche Quelle (z. B. Internetadresse) angeben, unter der das Übertragungsprotokoll offengelegt ist.

7.5.3 Software-Updates

Folgende Anforderungen an Software-Updates gelten ab dem Inverkehrbringen eines Produktes bis mindestens 10 Jahre nach Produktionseinstellung des Produktes:

Der Zeichennehmer gewährleistet, dass Sicherheitsupdates in diesem Zeitraum kostenlos zur Verfügung stehen. Für vorinstallierte Firmware (z.B. BIOS, Firmware) muss die letzte verfügbare Sicherheitsaktualisierung während des gesamten Zeitraums kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Sofern ein Betriebssystem vorinstalliert ist, muss für dieses entweder die letzte verfügbare Sicherheitsaktualisierung während des gesamten Zeitraums kostenlos zur Verfügung gestellt werden oder es muss möglich sein, dieses Betriebssystem durch ein aktuelleres Betriebssystem zu ersetzen.

Neue Software-Updates (z.B. Betriebssystem, Firmware, Treiber) dürfen nicht zu einer Verschlechterung der Leistung des Geräts führen. Nutzer*innen müssen die Möglichkeit haben, Updates zu deinstallieren und die vor dem Update auf dem Gerät laufende Version des Betriebssystems erneut zu installieren.

Nachweis

Der Zeichennehmer erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag

7.5.4 Sichere Datenlöschung und Zurücksetzbarkeit für die Wiederverwendung

Zur Ermöglichung einer Zweitnutzung ist das Gerät so konzipiert, dass die Nutzenden alle persönlichen Daten selbst und ohne Zuhilfenahme von kostenpflichtiger Software vollständig und sicher mit Hilfe einer vom Inverkehrbringer kostenlos bereitgestellten Software entfernen können. Alternativ zur Entfernung der Daten können die persönlichen Daten auch von einer bereitgestellten Software auf dem Datenträger verschlüsselt und eine sichere Löschung des Schlüssels ermöglicht werden.

Darüber hinaus bietet das Gerät eine Funktion, die das Gerät in den Auslieferungszustand zurücksetzt.

Diese Funktion kann auch durch eine externe Software oder Dienstleistung bereitgestellt werden, die durch den Hersteller ab der Markteinführung bis mindestens 10 Jahre nach Produktionseinstellung kostenlos zur Verfügung gestellt wird.

Nachweis

Der Zeichennehmer erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag und dokumentiert das Verfahren in Anlage X.

7.5.5 Ersatzteilverfügbarkeit

Der Zeichennehmer verpflichtet sich, dafür zu sorgen, dass für die Reparatur der Geräte die Ersatzteilversorgung für mindestens 10 Jahre ab Produktionseinstellung sichergestellt ist.

Da VKS verschiedene Geräte und Komponenten enthalten, werden die vorzuhaltenden Ersatzteile je nach Geräteausstattung zum Verkaufszeitpunkt definiert.

Dies betrifft insbesondere die folgenden Bestandteile eines Videokonferenzsystems:

- ▶ Bildschirm: LCD-Panel mit Hintergrundbeleuchtung
- ▶ Netzteile
- ▶ Anschlüsse/Ports bzw. Verbindungsteile für den Anschluss externer Geräte
- ▶ Kameras
- ▶ Mikrofone
- ▶ Lautsprecher
- ▶ Die folgenden Gehäuseteile: Hauptgehäuse (Chassis), Frontabdeckung, Rückabdeckung, Anschlussblenden. Sofern die jeweilige Komponente Teil des Systems ist, gilt dies auch für das Kameramodul-Gehäuse, das Lautsprechergehäuse und die Mikrofonabdeckung, Akkus
- ▶ Netzteilkarte und Steuerleiterplatte Netzwerkkarten
- ▶ Fernbedingungen

Anmerkung 1:

Bei all-in-one Videokonferenzsystemen kann es sich bei den oben genannten Bestandteilen um geräteintegrierte Komponenten handeln.

Anmerkung 2:

Am Markt weit verbreitete und standardisierte Komponenten, z.B. Knopfbatterien, müssen vom Hersteller nicht selbst vorgehalten werden.

Nachweis

Der Zeichennehmer erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage X zum Vertrag.

7.5.5.1 Austauschbarkeit von Ersatzteilen

Das Produkt muss folgende Anforderungen erfüllen:

- ▶ Die Geräte müssen so konstruiert sein, dass eine Reparatur der in Abschnitt 7.5.5 genannten Ersatzteile ohne Werkzeuge, mit einem Produkt oder Ersatzteil gelieferten Werkzeug oder mit grundlegenden Werkzeugen (Klasse A gemäß EN 45554 §A.4.4) oder mit produktspezifischen Werkzeugen (Klasse B gemäß EN45554 §A.4.4) unter einem angemessenen Aufwand durchgeführt werden kann, so dass nach dem Austausch dieselbe Funktionalität wie vorher erreicht wird.

- Befestigungselemente, die zum Austausch der Ersatzteile gelöst werden müssen, müssen abnehmbar sein. Zudem müssen sie wiederverwendbar sein oder mit dem Ersatzteil mitgeliefert werden.

Eine Liste der produktspezifischen Werkzeuge (Klasse B) für Geräte findet sich in Anhang B der Vergabekriterien.

Nachweis

Der Zeichennehmer erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag.

7.5.6 Teilepaarung

Das Produkt darf keine softwarebasierten Hürden für die Nutzung von physisch und technisch kompatiblen Ersatzteilen anderer Hersteller enthalten.

Der Zeichennehmer verpflichtet sich, interessierte Hersteller von Ersatzteilen zu befähigen, geeignete Schnittstellen herzustellen. Dazu zählt eine faire Preisgestaltung für den Zugang zu notwendigen Informationen. Bestenfalls sind Schnittstellendokumentationen öffentlich zugänglich.

Ausnahme: Ausgenommen sind Li-Ion Akkus wegen Brandgefahr.

Nachweis

Der Zeichennehmer erklärt die Einhaltung der Anforderungen in Anlage 1 zum Vertrag.

7.6 Soziale Anforderungen an Produktion und Lieferkette

Die sozialen Anforderungen an Produktion und Lieferkette wurden analog zu den bestehenden Anforderungen für andere IKT-Geräte im Blauen Engel formuliert.

7.6.1 Sorgfaltspflichten von Unternehmen bei der Rohstoffgewinnung

Der Zeichennehmer muss für die in den Geräten enthaltenen mineralischen Rohstoffe unternehmerische, menschenrechtliche Sorgfaltspflichten wahrnehmen, indem er den „OECD-Leitfaden für die Erfüllung der Sorgfaltspflicht zur Förderung verantwortungsvoller Lieferketten für Minerale aus Konflikt- und Hochrisikogebieten (jeweils aktuellste Ausgabe)“ anwendet³¹.

Der Bericht muss den gesamten Prozess der menschenrechtlichen Sorgfaltspflichten in der Lieferkette gemäß des OECD-Leitfadens zur Erfüllung der Sorgfaltspflicht zur Förderung verantwortungsvoller Lieferketten für Minerale aus Konflikt- und Hochrisikogebieten (jeweils aktuelle Ausgabe) beinhalten und von einer unabhängigen dritten Prüfstelle geprüft sein. Die Prüfstellen müssen die Anforderungen an die Unabhängigkeit (Kapitel VIII(A) des Fair Labor Association (FLA) Charta), Kompetenz und Rechenschaftspflicht (ISO 19011) der unabhängigen, dritten Prüfstellen erfüllen. Der Bericht darf zum Zeitpunkt der Antragstellung für den Blauen Engel nicht älter als zwei Jahre sein.

Der Bericht ist auf der Produktwebseite gut sichtbar zu verlinken.

³¹ OECD (2016). OECD-Leitfaden für die Erfüllung der Sorgfaltspflicht zur Förderung verantwortungsvoller Lieferketten für Minerale aus Konflikt- und Hochrisikogebieten, https://www.oecd-ilibrary.org/governance/oecd-leitfaden-fur-die-erfullung-der-sorgfaltspflicht-zur-forderung-verantwortungsvoller-lieferketten-fur-minerale-aus-konflikt-und-hochrisikogebieten_3d21faa0-de, Stand: 2024.

Nachweis

Der Zeichennehmer legt als Nachweis einen Bericht vom Hersteller der Geräte in Anlage 6 vor. Der Bericht muss den gesamten Prozess der menschenrechtlichen Sorgfaltspflichten in der Lieferkette gemäß des OECD-Leitfadens zur Erfüllung der Sorgfaltspflicht zur Förderung verantwortungsvoller Lieferketten für Minerale aus Konflikt- und Hochrisikogebieten (jeweils aktuelle Ausgabe) beinhalten und von einer unabhängigen dritten Prüfstelle geprüft sein (Anlage 6/6a). Die Prüfstellen müssen die Anforderungen an die Unabhängigkeit (Kapitel VIII(A) des Fair Labor Association (FLA) Charta), Kompetenz und Rechenschaftspflicht (ISO 19011) der unabhängigen, dritten Prüfstellen erfüllen.

Berichte folgender Prüfstellen werden anerkannt:

- *Prüfung eines vom RBA anerkannten Auditors anhand eines Audits nach dem RBA VAP Standard im Punkt E3 des jeweils aktuellen RBA-Verhaltensstandards*
- *Prüfstellen, die nach SA 8000 akkreditiert sind*
- *Berichte, die nach Dodd Frank Act (Abschnitt 1502) unter Verwendung des CMR-Templates oder EU Conflict Minerals Verordnung (2017/821) erstellt werden und an die US Securities and Exchange Commission (SEC) übermittelt werden.*
- *Berichte weiterer Prüfstellen können auf Antrag und Prüfung durch das UBA zugelassen werden.*

Nach erfolgreicher Prüfung des Berichts durch eine dritte Prüfstelle stellt der Zeichennehmer einen Weblink des veröffentlichten Berichtes des Herstellers, in dem alle Schritte des OECD-Sorgfaltspflichtenprozesses abgedeckt sind, der RAL gGmbH zur Verfügung (Anlage X). Der Bericht darf zum Zeitpunkt der Einreichung des Antrags nicht älter als zwei Jahre sein.

7.6.2 Unterstützung von vor-Ort Initiativen zum verantwortungsvollen Bergbau

Der Zeichennehmer bestätigt, dass der Hersteller der Geräte (oder auch der Mutterkonzern) mindestens eine der folgenden Initiativen³² zum verantwortungsvollen Bergbau finanziell unterstützt:

- ▶ ITSCI Programme for Responsible Mineral Supply Chains/ Conflict Free Tin Initiative (CFTI)³³
- ▶ Fair Trade Gold³⁴
- ▶ Fairmined Gold³⁵
- ▶ Responsible Minerals Initiative³⁶

³² Ggf. können nach Prüfung des Umweltbundesamtes weitere Initiativen aufgenommen werden. Dazu sind dem Umweltbundesamt Informationen über die Art der Initiative (Organisationsstruktur, Ziel, Land, materieller Umfang, Art der Unterstützung) vorzulegen, die beschreiben, wie das Projekt zu einer Verbesserung der Menschenrechte sowie der relevanten sozialen und ökologischen Bedingungen in und um die Bergbaustätte(n) führt).

³³ <https://www.itsci.org/>

³⁴ <https://www.fairtrade-deutschland.de/produkte/gold>

³⁵ https://www.fairever.gold/de/shop/category/fairmined-gold-56?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwzN-vBhAkEiwAYiO7oFFedvf5avdEBPqz7MkzaqCrPEculTEir7V3hRiBHE1hBnFMh7RR6hoCPG0QAvD_BwE

³⁶ <https://www.responsiblemineralsinitiative.org/>

- ▶ The European Partnership for Responsible Minerals (EPRM)³⁷
- ▶ JATAM Project Indonesia (Mining Advocacy Network)³⁸

Nachweis

Als Nachweis wird die Mitgliedschaft des Herstellers der Geräte in einer der oben genannten Initiativen anerkannt. Die Mitgliedschaft kann beispielsweise durch die Sichtbarkeit des Herstellernamens auf der Liste der Mitglieder auf der Webseite der jeweiligen Initiative(n) belegt werden.³⁹

7.6.3 Soziale Nachhaltigkeit in der Fertigung

Der Zeichennehmer sorgt bei der Herstellung der Geräte für die Einhaltung der folgenden grundlegenden Arbeitsbedingungen:

- ▶ Vereinigungsfreiheit und Kollektivverhandlungen (ILO C087 und C098),
- ▶ Nicht-Diskriminierung (ILO C100 und C111),
- ▶ Verbot von Zwangsarbeit (ILO C29 und C105),
- ▶ Verbot der schlimmsten Formen von Kinderarbeit und Mindestalter (ILO C182 und C138)

Sowie die Einhaltung weiterer ILO-Normen zu relevanten sozialen Risiken:

- ▶ Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz (ILO C155)
- ▶ Sicherheit bei der Verwendung chemischer Stoffe (ILO C170)
- ▶ Zahlung des gesetzlichen Mindestlohns (bei Standardarbeitswoche) (ILO C131)
- ▶ Arbeitszeiten (ILO C001)
- ▶ Soziale Absicherung (ILO C102).

Die Verpflichtung zur Einhaltung der Anforderungen erstreckt sich auf die Stufen 1 und 2 der Lieferkette. Dabei sind die einzelnen Stufen der Lieferkette nach (BMI/Bitkom 2019)⁴⁰ definiert:

- ▶ Stufe 1: die Endproduktionsstätte und für den Fall, dass in der Endproduktionsstätte lediglich eine Produktveredlung stattfindet, auch auf deren direkte Zulieferbetriebe;
- ▶ Stufe 2: alle direkten Zulieferbetriebe der Produktionsstätten der Stufe 1;

Der Wesensgehalt der von diesen Anforderungen umfassten Arbeits- und Sozialstandards ist auch dann einzuhalten, wenn nationales Recht eines Landes gilt, in dem eine oder mehrere ILO-Normen nicht ratifiziert sind oder nicht in nationales Recht umgesetzt worden sind.

³⁷ <https://europeanpartnership-responsibleminerals.eu/>

³⁸ <https://www.jatam.org/en/>

³⁹ Ggf. können nach Prüfung des Umweltbundesamtes weitere Initiativen aufgenommen werden. Dazu sind dem Umweltbundesamt Informationen über die Art der Initiative (Organisationsstruktur, Ziel, Land, materieller Umfang, Art der Unterstützung) vorzulegen, die beschreiben, wie das Projekt zu einer Verbesserung der Menschenrechte sowie der relevanten sozialen und ökologischen Bedingungen in und um die Bergbaustätte(n) führt.

⁴⁰ BMI/Bitkom (2019), Beschaffungsamt des Bundesministeriums des Innern & Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien, Gemeinsame Erklärung zur sozialen Nachhaltigkeit im IT-Einkauf der öffentlichen Hand, https://www.nachhaltige-beschaffung.info/DE/Themen/2_2_2_VE_2019/2_2_2_VE_2019_node.html, Stand: 2026

Nachweis

Für Stufe 1 der Lieferkette: Der Zeichennehmer nennt Name und Standorte der Produktionsstätten der Stufe 1 in Anlage Z und erklärt die Einhaltung der oben genannten Anforderungen für diese Produktionsstätten. Die Bescheinigung (Anlage X) anerkannt wird⁴¹:

- *der Audit-Standard SA 8000. Auf die Vorlage von Bescheinigungen zur Fehlerbehebung wird bei diesen Audit-Standard verzichtet⁴².*
- *Der Audit-Standard RBA VAP Recognition Program platinum/gold.⁴³ Auf die Vorlage von Bescheinigungen zur Fehlerbehebung wird bei diesen Audit-Standard verzichtet. Auch der Audit-Standard RBA VAP Recognition Program silver wird anerkannt, soweit im Rahmen des abschließenden Audits bestätigt wird, dass keine erheblichen Mängel (priority findings) oder schweren Mängel (major findings), bezogen auf die geforderten ILO-Normen vorhanden sind. Die nachweisliche Erfüllung dieser Voraussetzung kann beispielsweise durch die Offenlegung der detaillierten Bewertung der Audit-Ergebnisse bezogen auf die geforderten ILO-Normen dargelegt werden.*
- *Alternativ legt der Zeichennehmer als Nachweis einen Auditbericht eines vom RBA anerkannten Auditors oder nach SA 8000 akkreditierten Auditors vom Hersteller der Geräte in Anlage XX vor. Oder der Bericht muss von unabhängigen nach ISO/IEC 17065 akkreditierten Prüfstellen, die die Einhaltung der oben genannten Anforderungen bestätigen, erstellt worden sein. Das Audit, auf welches sich der Bericht bezieht, darf bei der Vorlage nicht älter als drei Jahre sein.⁴⁴*

Für Stufe 2 der Lieferkette: Der Hersteller bestätigt in Anlage Z, dass die Einhaltung der Anforderungen durch die vertraglichen Verpflichtungen zwischen einem Betrieb der Stufe 1 und einem Betrieb der Stufe 2 sichergestellt wird.

Der Zeichennehmer hat bei begründetem Zweifel jederzeit aktuelle Unterlagen zur Glaubhaftmachung anzufordern und dem RAL-Rückmeldung zu geben. Namen und Adressen der betroffenen Produktionsstätten zur Abklärung des Sachverhalts sind dem RAL zu melden.

7.7 Produktinformationen

Die folgenden umweltrelevanten Informationen für Nutzer*innen müssen mit freiem Zugang öffentlich verfügbar sein. Diese müssen im Internet ab dem Zeitpunkt der Auslieferung bis zu mindestens 10 Jahre nach dem Inverkehrbringen des letzten Produktmodells abrufbar sein.

⁴¹ Zertifikate anderer Initiativen können auf Antrag durch das UBA zugelassen werden. Für die Zulassung orientiert sich das UBA an den Kriterien der Verpflichtungserklärung zwischen BITKOM und Beschaffungsamt des BMI.

⁴² SA 8000 Standard: <https://sa-intl.org/programs/sa8000> Stand: 2026

⁴³ Responsible Business Alliance, Validated Assessment Program (VAP), <http://www.responsiblebusiness.org/vap/about-vap> Stand: 2026

⁴⁴ Hierbei gilt, dass der Hersteller der Geräte verpflichtet ist, in regelmäßigen Abständen eine Revision der vorgelegten Nachweise vorzunehmen, wenn sich der Erklärungsgehalt ändert. Die Häufigkeit der Revisionen der vorgelegten Nachweise bestimmt sich durch die Zuordnung der Produktionsstätten der Stufen 1 und 2 anhand der länderspezifischen Risikokategorien gemäß dem aktuell gültigen Ranking des SA 8000-Prozesses zur Bewertung der Länderrisiken (SA 8000 Country Risk Assessments Process), der auf den World Governance Indicators (WGI) basiert, eingestuft ist. Für die jeweiligen Produktionsstätten der Stufen 1 und 2 in Ländern der Risikokategorie 1 müssen die Revisionen demnach jährlich erbracht werden. Für Produktionsstätten der Stufen 1 und 2 in Ländern der Risikokategorie 2 gilt eine 24-monatige Revisionspflicht. Für Produktionsstätten der Stufen 1 und 2 in Ländern der Risikokategorie 3 gilt eine 36-monatige Revisionspflicht. Bei festgestellten Mängeln bei den jeweiligen Revisionen bzw. Audits tritt der Prozess zur Fehlerbehebung („Corrective Action Plan“) in Kraft. Dieser beinhaltet eine entsprechende Informationspflicht des Zeichennehmers und der relevanten Lieferanten gegenüber der RAL gGmbH sowie eine sechsmonatige Übergangsfrist zur Behebung der Mängel bzw. Ergänzung der Nachweise

Folgende Informationen für Nutzer*innen müssen in den Produktunterlagen oder auf der Website des Herstellers mindestens angegeben werden:

- a) Informationen über die Ersatzteilversorgung bezüglich der Verfügbarkeit gemäß Abschnitt 3.5.2,
- b) Informationen zur Reparatur und Wartung, dazu zählen Angaben zur Verfügbarkeit von Soft-/Firmwareupdates gemäß Abschnitt 7.5.5.1,
- c) Leistungsaufnahme (mit Einheit Watt) der VK-Grundgeräte einschließlich der in der Konfiguration zum Verkaufszeitpunkt angeschlossenen Peripheriegeräte in allen in den Abschnitten 3.1 und 3.3 genannten Betriebszuständen (d.h. im Aus-Zustand, Bereitschaftszustand, HINA-Standby-Zustand falls zutreffen sowie den aktiven Betriebszustand)
- d) Für All-in-One VKS ist die Leistungsaufnahme (mit Einheit Watt) des Gesamtgeräts in allen in den Abschnitten 7.3.1 und 7.3.2 genannten Betriebszuständen (d.h. im Aus-Zustand, Bereitschaftszustand, HINA-Standby-Zustand falls zutreffen sowie den aktiven Betriebszustand) anzugeben.

Nachweis

Der Antragsteller erklärt die Einhaltung der Anforderung in Anlage X zum Vertrag und gibt in Anlage X den zugehörigen Internetverweis (URL) auf die eigene Website an, auf der die Informationen beschrieben wird.

8 Fazit/Ausblick

Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass das Interesse seitens Hersteller und Inverkehrbringer an einem Blauen Engel für professionelle Videokonferenzgeräte derzeit gering ausgeprägt ist. Die Heterogenität der in der Praxis möglichen Konfigurationen von modular aufgebauten VKS macht es ebenfalls schwierig, einheitliche und nicht übermäßig komplizierte Kriterien abzuleiten. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, das Vorhaben zunächst nicht unmittelbar in ein formales Umweltzeichen zu überführen, sondern die in der Machbarkeitsstudie erarbeiteten Anforderungen in einem anderen Instrument nutzbar zu machen. Damit kann der bereits erarbeitete fachliche Stand gesichert und zugleich ein praxisnaher Beitrag zur nachhaltigen öffentlichen Beschaffung geleistet werden.

Es wird daher vorgeschlagen, die in der Machbarkeitsstudie skizzierten Vergabekriterien zunächst in Gestalt eines Beschaffungsleitfadens für öffentliche Beschaffungsstellen weiterzuentwickeln und ggf. anzupassen. Dieser Leitfaden bereitet die wesentlichen Umweltanforderungen an professionelle Videokonferenzgeräte strukturiert auf und übersetzt sie in eine für Ausschreibungen geeignete Formulierung. Auf diese Weise könnten öffentliche Auftraggeber bereits kurzfristig in die Lage versetzt werden, anspruchsvolle Umweltkriterien in ihre Beschaffungspraxis zu integrieren, auch ohne, dass bereits ein formales Umweltzeichen am Markt etabliert ist.

Parallel dazu wäre es sinnvoll, die Marktentwicklung sowie das Interesse relevanter Herstellerakteure weiter zu beobachten, um die Einführung eines Umweltzeichens Blauer Engel für professionelle Videokonferenzgeräte zu einem späteren Zeitpunkt erneut zu prüfen.

9 Literatur

Aslan, J.; Mayers, K.; Koomey, J. G.; France, C. (2018). Electricity Intensity of Internet Data Transmission: Untangling the Estimates. *Journal of industrial ecology* 22 (4), S. 785–798. <https://doi.org/10.1111/jiec.12630>

Aswani, Rad (2024). Essential Video Conferencing Gear 2024: Top Choices & Set-Up. Hrsg. v. Kumospace. Online verfügbar unter <https://www.kumospace.com/blog/video-conferencing-equipment>, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2020). Kompendium Videokonferenzsysteme. Version 1.0.1. Online verfügbar unter https://www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/Presse/Alle-Meldungen-News/Meldungen/KoViKo_140420.html, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

ECHA European Chemicals Agency. Online verfügbar unter <https://echa.europa.eu/de/candidate-list-table>

EPEAT (2025). EPEAT® Registered Product Reports. Online verfügbar unter <https://www.epeat.net>, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Europäische Kommission (Hrsg.) (2019). Verordnung (EU) 2019/2021 der Kommission vom 1. Oktober 2019 zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an elektronische Displays gemäß der Richtlinie 2009/125/EG. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R2021>, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Europäische Kommission (2020). Beschluss (EU) 2020/1804 der Kommission vom 27. November 2020 zur Festlegung der Kriterien für die Vergabe des EU-Umweltzeichens für elektronische Displays. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020D1804>, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Europäische Kommission (Hrsg.) (2023). Verordnung (EU) 2023/826 zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an den Energieverbrauch elektrischer und elektronischer Haushalts- und Bürogeräte im Aus-Zustand, im Bereitschaftszustand und im vernetzten Bereitschaftsbetrieb. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02023R0826-20250701>, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Europäische Kommission (Hrsg.) (2024). Circular economy action plan. Online verfügbar unter https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en?prefLang=de, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Europäische Kommission (Hrsg.) (2025a). Arbeitsplan 2025-2030 für Ökodesign für nachhaltige Produkte und für die Energieverbrauchskennzeichnung (Mitteilung der Kommission, COM(2025) 187 final). Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52025DC0187>, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Europäische Kommission (Hrsg.) (2025b). Simplifying for sustainable competitiveness. Mitteilung der Kommission (SWD(2025) 990 final). Online verfügbar unter https://environment.ec.europa.eu/document/download/9cc9e1e8-13c4-45f3-b9bc-90e7e1b8133e_en?filename=SWD_2025_990_1_EN_autre_document_travail_service_part1_v3.pdf, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Europäische Union (Hrsg.) (2006). Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1907>, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

- Europäische Union (Hrsg.) (2011). Richtlinie 2011/65/EU zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (Neufassung). Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011L0065-20250101> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.
- Europäische Union (Hrsg.) (2024). Richtlinie (EU) 2024/1799 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 über gemeinsame Vorschriften zur Förderung der Reparatur von Waren. Online verfügbar unter https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401799, zuletzt geprüft am 06.09.2026.
- Fischer, K. (2022). Diese Videokonferenz-Apps sind die sparsamsten bei Energie und Daten. Hrsg. v. *Netzwoche*. Online verfügbar unter <https://www.netzwoche.ch/news/2022-01-19/diese-videokonferenz-apps-sind-die-sparsamsten-bei-energie-und-daten/0lt0> , (abgerufen am 24.09.2026)
- Grand View Research, Inc. (2025) Germany Video Conferencing Market Size & Outlook. Online verfügbar unter <https://www.grandviewresearch.com/horizon/outlook/video-conferencing-market/germany> (abgerufen am 24.09.2026)
- Greenscreen Assessment Registry (2026). Online verfügbar unter <https://registry.greenscreenchemicals.org/>
- Gröger, J.; Liu, R.; Stobbe, L.; Druschke, J.; Richter, N. (2021). Green Cloud Computing: Lebenszyklusbasierte Datenerhebung zu Umweltwirkungen des Cloud Computing. Umweltbundesamt (Hrsg.). Umweltbundesamt. <https://doi.org/10.60810/openumwelt-6716>
- Hofmann, J.; Piele, A.; Piele, C. (2020). Arbeiten in der Corona-Pandemie - Auf dem Weg zum New Normal. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/0d0dd7d5-aa92-454d-8017-aa445a635b77> , zuletzt geprüft am 06.05.2026.
- Ichimescu, A.; Popescu, N.; P., Eduard C.; Toma, A. (2024). Energy Efficiency for 5G and Beyond 5G: Potential, Limitations, and Future Directions. *Sensors* (Basel, Switzerland) 24 (22). <https://doi.org/10.3390/s24227402>
- Kamiya, G. (2020). The carbon footprint of streaming video: fact-checking the headlines. IEA (Carbon Brief). Online verfügbar unter <https://www.iea.org/commentaries/the-carbon-footprint-of-streaming-video-fact-checking-the-headlines> (abgerufen am 24.09.2026)
- Lövehagen, N.; Malmmodin, J.; Bergmark, P.; Matinfar, S. (2023). Assessing embodied carbon emissions of communication user devices by combining approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 183. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113422>
- LS IT & MEDIA GmbH & Co. KG (Hrsg.) (o. J.). Professionelle Videokonferenz Ausstattung: welche Geräte & Systeme? Online verfügbar unter <https://www.ls-it-media.de/medientechnik/konferenzloesungen/professionelle-videokonferenz-austattung/#all-in-one-videokonferenz> , zuletzt geprüft am 06.05.2026.
- Malmmodin, J.; Lundén, D. (2018). The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015. *Sustainability* 10 (9), S. 3027. <https://doi.org/10.3390/su10093027>
- Obringer, R.; Rachunok, B.; Maia-Silva, D.; Arbabzadeh, M.; Nateghi, R.; Madani, K. (2021). The overlooked environmental footprint of increasing Internet use. *Resources, Conservation and Recycling* 167, S. 105389. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105389>
- onedirect (Hrsg.) (2025). TOP 10 – Die besten Videokonferenzsysteme des Jahres 2025. Online verfügbar unter <https://www.onedirect.de/top-10-videokonferenzsysteme> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.
- Oxenløwe, L.M.; Saudan, Qu.; Riebesehl, J.; Zahidy, M.; Swain, S. (2023). Evaluating energy consumption of internet services. *IEICE Trans. Commun.* (11), S. 1036–1043. <https://doi.org/10.1587/transcom.2022OBI0001>

PIK AG (2025). Die TOP 3 der besten Videokonferenzsysteme 2025 – Anbieter im Vergleich. Online verfügbar unter <https://pik.de/videokonferenz/videokonferenzsystem/#top-3-mittlere> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Umweltbundesamt (2013). BLUE ANGEL - The German Ecolabel - Video Conference Systems. DE-UZ 191. RAL gGmbH (Hrsg.). Bonn. Online verfügbar unter <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/en/191-2409-e.doc.pdf> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Umweltbundesamt (2024). Umweltzeichen Blauer Engel - Computer, Tastaturen und Mäuse (DE UZ 78). Ausgabe Juli 2024, Version 2. RAL gGmbH (Hrsg.). Bonn. Online verfügbar unter www.blauer-engel.de/uz78 , (abgerufen am 24.09.2026).

Umweltbundesamt (2025). Blauer Engel für Server und Datenspeicherprodukte DE-UZ 213. Ausgabe 2025. RAL gGmbH (Hrsg.). Bonn. Online verfügbar unter <https://produktinfo.blauer-engel.de/uploads/criteriafile/de/234/DE-UZ-213-202501-de%20Kriterien-V2.pdf> , (abgerufen am 7.10.2026).

Statista (Hrsg.) (2025a). Videokonferenzsysteme - ein Überblick. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/themen/7888/videokonferenzsysteme> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Statista (Hrsg.) (2025b). Marktanteile der führenden Unternehmen für Video- und Audiokonferenzsysteme. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1228015/umfrage/marktanteile-der-fuehrenden-unternehmen-fuer-video-und-audiokonferenzsysteme/> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.

TCO Certified (2025). Product Finder. Online verfügbar unter <https://tcocertified.com/de/product-finder/> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.

TrustRadius (2025). Best Video Conferencing Equipment 2025. Video Conferencing Equipment Features & Capabilities. Online verfügbar unter <https://www.trustradius.com/categories/video-conferencing-equipment?> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) (Hrsg.) (2014). ENERGY STAR® Program Requirements for Audio/Video. Partner Commitments. Online verfügbar unter <https://www.energystar.gov/sites/default/files/2024-08/Final%20Version%203.0%20AV%20Program%20Requirements%20Rev%20Dec-2014.pdf> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) (Hrsg.) (2021). ENERGY STAR® Program Requirements for Displays Partner Commitments. Partner Commitments. Online verfügbar unter <https://www.energystar.gov/sites/default/files/asset/document/Displays%20Version%208.0%20Program%20Requirements%20Rev.%20Nov-2021.pdf> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.

U.S. Environmental Protection Agency (US EPA) (Hrsg.) (2025). ENERGY STAR Certified Displays. Online verfügbar unter <https://www.energystar.gov/productfinder/product/certified-displays/results> , zuletzt geprüft am 06.09.2026.

Yealink (Hrsg.) (2026a). What Is a Video Teleconference? Online verfügbar unter <https://www.yealink.com/en/onepage/what-is-video-teleconference> , zuletzt geprüft am 07.10.2026.

Yealink (Hrsg.) (2026b). What Is Video Conferencing Equipment? Online verfügbar unter <https://www.yealink.com/en/onepage/what-is-video-conferencing-equipment> , zuletzt geprüft am 07.10.2026.

Yealink (Hrsg.) (2026c). EINFACHE UND FLEXIBLE VIDEOKONFERENZEN IN JEDEM RAUM. Online verfügbar unter <https://www.logitech.com/de-de/business/rally-family.html> , zuletzt geprüft am 07.10.2026.

Yealink (Hrsg.) (2026d). What Is a Video Conferencing System? Online verfügbar unter <https://www.yealink.com/en/onepage/what-is-video-conferencing-system> , zuletzt geprüft am 07.10.2026.

Yealink (Hrsg.) (2026e). What Is a Conference Room? Online verfügbar unter <https://www.yealink.com/en/onepage/what-is-a-conference-room>, zuletzt geprüft am 07.10.2026.

Yealink (Hrsg.) (2026f). Was ist eine Videokonferenzplattform? Online verfügbar unter <https://www.yealink.com/de/onepage/what-is-video-conferencing-platform>, zuletzt geprüft am 07.10.2026.

Yealink (Hrsg.) (2026g). What Is a Video Conference Solution? Online verfügbar unter <https://www.yealink.com/en/onepage/what-is-video-conferencing-solution>, zuletzt geprüft am 07.10.2026.

Yealink (Hrsg.) (2026h). Was ist ein All-in-One-Videokonferenzsystem? Online verfügbar unter <https://www.yealink.com/de/onepage/what-is-all-in-one-video-conference-system>, zuletzt geprüft am 07.10.2026.

Yuan, Z.; George-Kelso, S.; Boixadera, F.; Hao, H.; Zhao, J.; Wang, G.; Yangyang, P.; Tao, L.; Jiang, Y.; Kong, L.; Bo, J.; Shi, Z.; Zhang, J.; Chiang, TT; Tang, S. (2019). GTI 5G Device Power Consumption White Paper. Hrsg. v. GTI. Online verfügbar unter <https://www.gtigroup.org/Uploads/File/2022/03/14/u622ee9a89e632.pdf>, zuletzt geprüft am 06.09.2026.

A Zuordnung von Gefahrenkategorien und H-Sätzen

Folgende Tabelle 10 ordnet den Gefahrenkategorien der generell ausgeschlossen Stoffe die entsprechenden Gefahrenhinweise (H-Sätze) zu.

Tabelle 10: Zuordnung von Gefahrenkategorien und H-Sätzen

CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008		
Gefahren- kategorie	Gefahrenhinweise	
	H-Satz	Wortlaut
karzinogene Stoffe		
Carc. 1A Carc. 1B	H350	Kann Krebs erzeugen.
Carc. 1A Carc. 1B	H350i	Kann beim Einatmen Krebs erzeugen.
keimzellmutagene Stoffe		
Muta. 1A Muta. 1B	H340	Kann genetische Defekte verursachen.
reproduktionstoxische Stoffe		
Repr. 1A Repr. 1B	H360D	Kann das Kind im Mutterleib schädigen.
Repr. 1A Repr. 1B	H360F	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
Repr. 1A Repr. 1B	H360FD	Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. Kann das Kind im Mutterleib schädigen.
Repr. 1A Repr. 1B	H360Df	Kann das Kind im Mutterleib schädigen. Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.
Hautsensibilisierende Stoffe		
Sens Haut 1	H317	Kann allergische Hautreaktionen hervorrufen
Endokrine Stoffe mit Wirkung auf die menschliche Gesundheit		
ED Mensch 1	EUH380	Kann beim Mensch endokrine Störungen verursachen.
ED Mensch 2	EUH381	Steht in dem Verdacht, beim Mensch endokrine Störungen zu verursachen.
Endokrine Stoffe mit Wirkung auf die Umwelt		
ED Umwelt 1	EUH430	Kann endokrine Störungen in der Umwelt verursachen.
ED Umwelt 2	EUH431	Steht in dem Verdacht, endokrine Störungen in der Umwelt zu verursachen.

CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008

PBT und vPvB-Stoffe ((sehr) persistent, (sehr) bioakkumulativ, toxisch)

PBT	H440	Anreicherung in der Umwelt und in lebenden Organismen einschließlich Menschen.
vPvB	H441	Starke Anreicherung in der Umwelt und in lebenden Organismen einschließlich Menschen.

PMT und vPvM-Stoffe ((sehr) persistent, (sehr) mobil, toxisch)

PMT	EUH450	Kann lang anhaltende und diffuse Verschmutzung von Wasserressourcen verursachen.
vPvM	EUH451	Kann sehr lang anhaltende und diffuse Verschmutzung von Wasserressourcen verursachen.

B Liste der produktspezifischen Werkzeuge (Klasse B)

Die produktspezifischen Werkzeuge (Klasse B) für VK-Geräte umfassen folgendes:

- ▶ Mikroskop
- ▶ Mikrolötstation mit Heißluftpistole und Entlötpinzette
- ▶ Präzisionspinzette
- ▶ Entlötpumpe
- ▶ Plex (Plastikhebewerkzeug)
- ▶ Heißbrühsystem / Heizkissen
- ▶ andere Schraubendreher:
 - Torx mit Stift-Schraubendreher;
 - Dreieckschraubendreher;
 - Tri-Wing-Schraubendreher;
 - Y-Schraubendreher;
 - Torq-Set-Schraubendreher;
 - Pentalob-Schraubendreher;
 - Feinwerkzeug/Uhrmacher-Schraubendreher.