



Hardware produktneutral ausschreiben für den Schulbereich

Leitfaden für den öffentlichen IT-Einkauf
Stand: Januar 2021

Herausgeber

Bitkom
Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e. V.
Albrechtstraße 10 | 10117 Berlin
T 030 27576-0
bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org

Ansprechpartner

Marc Danneberg | Bitkom e. V.
T 030 27576-526 | M.Danneberg@bitkom.org

Verantwortliches Bitkom-Gremium

FA Produktneutrale Ausschreibungen

Projektleitung

Marc Danneberg | Bitkom e. V.

Titelbild

© Igor Starkov – unsplash.com

Copyright

Bitkom 2021

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und /oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	4
1 Einleitung	5
1.1 Umfang und Anwendung dieses Leitfadens	5
1.2 Produktneutralität als rechtliche Vorgabe	6
2 Hardware als Beschaffungsgegenstand im schulischen Bereich	7
2.1 Benchmarks zur Evaluierung des Beschaffungsgegenstands	7
2.2 Kaufmännische Modelle der Beschaffung	7
2.3 Services	8
3 Beschaffung von Endgeräten	10
3.1 Nutzerprofile	10
3.1.1 Primarstufe	10
3.1.2 Sekundarstufe I und Sekundarstufe II	10
3.1.3 Lehrer und wissenschaftliche Anwendungen	11
3.2 Geräteklassen	11
3.3 Technische Kriterien und Anforderungen	12
3.3.1 Clamshell	12
3.3.2 Convertible	15
3.3.3 Detachable	17
3.3.4 Tablets	19
3.3.5 Desktop PCs	21
3.3.6 Übergreifende technische Kriterien und Anforderungen	21
3.4 Endgeräte-Sicherheit	23
4 Beschaffung von Infrastruktur	26
4.1 Technische Kriterien und Anforderungen	26
4.1.1 Gebäudeinfrastruktur	26
4.1.2 Technische Infrastruktur	30
4.1.3 Infrastruktursicherheit (Security und Datenschutz)	44
4.1.4 Netzwerkmanagement	50
5 Beschaffung von Präsentationstechnologie	52
5.1 Unterrichtssituationen	53
5.2 Technische Kriterien und Anforderungen	54
5.2.1 Mobile Präsentation	54
5.2.2 Decken Montage (reine Anzeige)	56
5.2.3 Wandmontage als reines Anzeigesystem	57
5.2.4 Interaktive Tafelanlage	59
5.2.5 Ausstattung für Aulen, Mensa, Theater und Sporthalle	62

6	Zuschlagskriterien	64
7	Vertragliche Bestimmungen	65
7.1	EVB-IT	65
8	Tabellenverzeichnis	66
	Anhang A: Glossar /Erläuterungen zur Technologie	66
	Anhang B: Abgrenzung Betriebssysteme	72

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anwendungen im Schulbereich	10
Abbildung 2: Beteiligte: Schulträger, Kommunen, Schulleitung	26
Abbildung 3: Beispiel für ein Raumausstattungskonzept inkl. Anschlüsse, Abhängig von Raum- größe und Schulkonzept	29
Abbildung 4: Übersicht Gebäudeinfrastruktur	30
Abbildung 5: Beteiligte: Schulträger, Schulleitung, Lehrpersonen.....	30
Abbildung 6: Implementierungsschritte	31
Abbildung 7: Standortvernetzung	43

Danksagung

Diese Veröffentlichung basiert auf Arbeitsergebnissen des Bündnisses für Bildung e.V. Wir bedanken uns insbesondere bei Frau Beth Havinga für den intensiven Austausch.

Der vorliegende Leitfaden entstammt einer intensiven Zusammenarbeit von Experten der öffentlichen Verwaltung und Vertretern von Mitgliedsunternehmen des Bitkom. Er verdankt seine Existenz der umfangreichen Zuarbeit der Projektgruppe »Produktneutrale Ausschreibung Schule«. Besonderer Dank gilt hierbei:

- Elisabeth Berg, Hewlett Packard Enterprise / Aruba
- Holger Dohrmann, Samsung Electronics GmbH
- Hans-Jörg Elias, Hewlett Packard Enterprise / Aruba
- Felix Elschner, EPSON Deutschland GmbH
- Walter Elschner, EPSON Deutschland GmbH
- Matthias Enkelmann, Lexmark Deutschland GmbH
- Vincent Freitag, Acer Computer GmbH
- Dr. Heiner Genzken, Intel Deutschland GmbH
- Jürgen Graf, Fujitsu Technology Solutions GmbH
- Jan Gütter, AMD Advanced Micro Devices GmbH
- Goran Hauser, Intel Deutschland GmbH
- Dirk Hetterich, LANCOM Systems GmbH
- Udo Kempers, Landeshauptstadt Düsseldorf, Schulverwaltungsamt
- Christoph Klaar, Samsung Electronics GmbH
- Tobias Koepfel, Cisco Systems GmbH
- Olav Meier, LANCOM Systems GmbH
- Lutz Reinart, LANCOM Systems GmbH
- Jörg Roskowetz, AMD Advanced Micro Devices GmbH
- Martin Sasse, Lenovo (Deutschland) GmbH
- Andreas Schur, Acer Computer GmbH
- Silvan Tatzel, Microsoft Deutschland GmbH
- Moritz Würich, Hewlett Packard Enterprise / Aruba

1 Einleitung

1.1 Umfang und Anwendung dieses Leitfadens

Dieser Leitfaden gibt einen Überblick über die Grundlagen und Kriterien für die Beschaffung von Hardware für den Schulbereich. Ziel des Dokuments ist es, öffentlichen Auftraggebern eine verlässliche und verständliche Hilfe an die Hand zu geben, damit sie ihre Ausschreibungen zur Beschaffung von Hardware für den Schulbereich produktneutral, d. h. ohne Verwendung geschützter Markennamen oder Nennung bestimmter Hersteller und unter Berücksichtigung aktueller technischer Anforderungen formulieren können. Der Fokus wird dabei auf die Beschaffung von mobilen Endgeräten, Netzwerkinfrastrukturen und Präsentationstechnologien gelegt.

Im Mittelpunkt dieses Leitfadens steht die Auflistung technischer Kriterien, anhand derer die verschiedenen Hardwarelösungen selbst sowie die Anforderungen an ihre Einsatzumgebung und an sonstige Eigenschaften beschrieben und verglichen werden können. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass die aufgelisteten technischen Kriterien ständigen Änderungen unterliegen und je nach geplantem Einsatzbereich der anzuschaffenden Geräte unterschiedlich zu gewichten sind. Je höher die Anforderungen an das Produkt sind, desto höher wird auch tendenziell der Angebotspreis ausfallen und desto mehr wird sich das Produktangebot am Markt reduzieren. Schon deswegen kann dieser Leitfaden fachliche Überlegungen und Gewichtungen der jeweiligen Kriterien entsprechend des eigenen Bedarfs nicht ersetzen.

Der vorliegende Leitfaden beschreibt die technischen Leistungskriterien zur Unterstützung der Beschaffung von mobilen Endgeräten basierend auf den Betriebssystemen Android, Chrome und Windows. Geräte mit anderen Betriebssystemen sind nicht Bestandteil des Leitfadens.

Die Autoren des Leitfadens möchten Beschaffer der öffentlichen Verwaltung aber auch insoweit unterstützen, als sie auf sensible, d. h. ggf. zur Marktbeschränkung führende Kriterien und Anforderungen sowie auf kostenrelevante Entscheidungen besonders hinweisen. Hierfür werden die nachfolgend definierten Symbole genutzt.

Symbol	Bedeutung
	Die Forderung von Kriterien mit diesem Symbol kann zu Kostenerhöhungen und /oder Markteinschränkungen führen.
	Dieses Symbol weist auf die Richtigstellung eines verbreiteten Irrtums hin oder markiert besonders wichtige Aussagen im Text.
	Dieses Symbol zeigt an, ob Kriterien mit Zertifikaten nachgewiesen werden können.

1.2 Produktneutralität als rechtliche Vorgabe

Im Vergaberecht gilt eine Pflicht zur Gleichbehandlung von Anbietern und angebotenen Produkten. Die gesetzlichen Grundlagen fordern eine Beschreibung des Beschaffungsgegenstands nach sachlichen und diskriminierungsfreien Kriterien, d. h. eine produktneutrale Leistungsbeschreibung (vgl. § 97 Abs. 2 GWB und § 31 Abs. 6 VgV für EU-weite Vergabeverfahren sowie § 55 Abs. 1 BHO und § 2 Abs. 2 UVgO für die Unterschwellenvergabe).¹ Bestimmte Produktbezeichnungen oder Markennamen dürfen in Ausschreibungen nur in begründeten Ausnahmefällen verwendet werden, wenn eine hinreichend genaue Beschreibung durch verkehrsübliche Bezeichnungen oder allgemeine Kriterien nicht möglich ist.

Produktneutrale Ausschreibungen können aber auch als Chance gesehen werden. Denn sie gewährleisten einen fairen und offenen Wettbewerb, verhindern technische Vorfestlegungen und dadurch drohende Lock-In-Effekte. Erfolgt die Beschaffung allein nach allgemeinen, sachlichen und technischen Kriterien, erhöht sich die Anzahl konkurrierender Anbieter. Dadurch ergeben sich bessere Wahl- und Einsparmöglichkeiten bei Einkaufsprozessen und Marktchancen durch Anbieterwechsel lassen sich ohne größere Schwierigkeiten nutzen.

Bei öffentlichen Ausschreibungen ist die Vergabestelle im Übrigen gehalten, Kriterien für das anzuschaffende Produkt aufzustellen, die einen Vergleich zwischen verschiedenen Angeboten zulassen und insoweit eine hinreichende Differenzierung ermöglichen. Ein öffentlicher Auftraggeber entscheidet frei, anhand welcher Kriterien er die zu beschaffende Ware oder Leistung auswählt, die Zuschlagskriterien müssen jedoch bedarfsbezogen, produktneutral und transparent sein.

Gerade im Bereich der Beschaffung von IT-Produkten ist eine produktneutrale Ausschreibung aber keine leichte Aufgabe und für die betreffenden öffentlichen Stellen häufig mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Die technische Komplexität der Materie, die rasche Abfolge der Produktzyklen und vor allem die Schwierigkeit, die gewünschte Leistungsfähigkeit eines Systems unter Einbeziehung aller technischen Anforderungen abzuschätzen und punktgenau zu beschreiben, stellen öffentliche Beschaffer vor große Herausforderungen.

Genau hier setzt dieser Leitfaden an, indem er kompakt Hilfestellung gibt, um die Einhaltung der rechtlichen Vorgaben bei der Formulierung der technischen Spezifikationen und damit die Sicherstellung eines fairen Wettbewerbs zu unterstützen. Der Leitfaden benennt und erläutert aktuelle technische Standards, die eine Beschreibung nach allgemeinen sachbezogenen Merkmalen ermöglichen. Dabei wird auch auf die Verwendung von allgemein anerkannten Benchmarkverfahren als einem wesentlichen Baustein einer produktneutralen Leistungsbeschreibung zurückgegriffen.

¹ Deutlich formuliert diesen Grundsatz auch Art. 42 Abs. 4 der Richtlinie 2014/24/EU vom 26. Februar 2014: Soweit es nicht durch den Auftragsgegenstand gerechtfertigt ist, darf in technischen Spezifikationen nicht auf eine bestimmte Herstellung oder Herkunft oder ein besonderes Verfahren, das die von einem bestimmten Wirtschaftsteilnehmer bereitgestellten Waren oder Dienstleistungen charakterisiert, oder auf Marken, Patente, Typen, einen bestimmten Ursprung oder eine bestimmte Produktion verwiesen werden, wenn dadurch bestimmte Unternehmen oder bestimmte Waren begünstigt oder ausgeschlossen werden.

2 Hardware als Beschaffungsgegenstand im schulischen Bereich

2.1 Benchmarks zur Evaluierung des Beschaffungsgegenstands

Zum Leistungsvergleich von (mobilen) Endgeräten bietet sich die Verwendung von Benchmarks an. Ein Benchmark ist ein Verfahren, mit dem ähnliche Produkte im Ausschreibungsprozess miteinander verglichen werden.

Im Bitkom-Leitfaden »Notebooks produktneutral ausschreiben« werden in Kapitel 3 (Nutzerprofile als Abbild des Arbeitsplatzes) Leistungsanforderungen und Batterielaufzeit für zwei Mobilitätsklassen (einfache Mobilität, hohe Mobilität) nach Benchmarkverfahren aufgegliedert gegenübergestellt.² Die Vorschläge sind auf die Beschaffung von mobilen Endgeräten (Clamshell, Covertible, Detachable) im schulischen Bereich übertragbar. Es wird empfohlen für Geräte der Primarstufe die Werte der ersten Mobilitätsklasse (einfache Mobilität) anzuwenden. Die Bewertung der Geräte für die Sekundarstufen I und II sowie der Lehrergeräte sollten sich an der zweiten Mobilitätsklasse (hohe Mobilität) orientieren.

Für die Geräteklasse der Tablets ist die Verwendung der Batterielaufzeit als Benchmark ausreichend. Diese sollte zumindest einen Unterrichtstag abdecken. Die Laufzeit kann grundsätzlich nach Nutzungsart differenziert werden (Internetnutzung, Musikwiedergabe, Videowiedergabe etc.). Als Benchmark für Tablets vorgeschlagen wird eine Mindestlaufzeit von 10 Stunden bei Internetnutzung (WLAN).

2.2 Kaufmännische Modelle der Beschaffung

Eine Beschaffung von Hardware kann über Miete, Kauf oder Leasing erfolgen. Im Unterschied zur Miete erhält der Auftraggeber beim Leasing am Ende der vertraglichen Nutzungsdauer im Regelfall eine Kaufoption für den Leasinggegenstand. Welche Vorgehensweise der Beschaffer wählt, hängt nicht zuletzt davon ab, ob ihm ein einmaliges Budget oder ein Budget über mehrere Jahre zur Verfügung steht.

Die Entscheidung für eines der genannten Beschaffungsmodelle ist im Regelfall bereits im Vorfeld der Beschaffungsmaßnahme im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu treffen. Dabei ist auch zu entscheiden, ob Hardware und Betriebssystem aus einer Hand auf einheitlicher vertraglicher Grundlage (Bundling) oder von verschiedenen Anbietern bezogen werden sollen. Software-Hersteller bieten für Software, die in der öffentlichen Verwaltung eingesetzt werden soll, teilweise besondere Lizenzmodelle an.

² Vgl.: <https://www.itk-beschaffung.de/Leitf%C3%A4den/Notebooks>

Eine nicht unwesentliche Konsequenz aus der Wahl des Beschaffungsmodells betrifft die Umsatzsteuer. Bei Miete fällt die Umsatzsteuer auf die jeweiligen Mietraten an und ist zusammen mit den Mietraten zu zahlen. Beim Kauf fällt die komplette Umsatzsteuer bei Lieferung (= Überlassung des Gerätes an den Auftraggeber) an. Die gesamte Umsatzsteuer entsteht auch dann bei Lieferung des Gerätes, wenn das Eigentum an dem Gerät nach dem Vertrag erst nach Zahlung mehrerer Raten übergehen soll. Hängt der Eigentumsübergang bei einem Mietkauf von der Ausübung einer Kaufoption ab, ist Umsatzsteuer auf den gesamten Gerätepreis bei vertragsgemäßer Ausübung der Option zu zahlen. Wurden vor Ausübung der Option bereits Mietraten geleistet, sind die darauf angefallenen Umsatzsteuerzahlungen rückabzuwickeln, wenn die Mietraten auf den Kaufpreis angerechnet werden. Beim Leasing fällt die Umsatzsteuer in dem Zeitpunkt an, zu dem nach den steuerlichen Vorschriften das geleaste Gerät dem Auftraggeber zuzurechnen ist.³

	Kaufmännische Modelle		
	Hard- und Software von verschiedenen Anbietern	Bundling	Finanzierung (Miete / Leasing)
Hardware	Kauf	Kauf	Miete oder Leasing
Betriebssystem	Kauf und Lizenzierung (Lizenzmodell beachten)	Kauf und Lizenzierung (Lizenzmodell beachten)	Miete oder Leasing (Lizenzmodell beachten)
Kosten für Hardware-Service (z. B. Reparatur, Wartung)	Trägt Auftraggeber	Trägt Auftraggeber	Entgelt deckt Serviceleistungen ab
Kosten für Software-Service (z. B. Bereitstellen und Einspielen von Updates)	Trägt Auftraggeber	Trägt Auftraggeber	Entgelt deckt Serviceleistungen ab
Eigentum von Hardware	Auftraggeber	Auftraggeber	Auftragnehmer

2.3 Services

Das Leistungsportfolio des Anbieters muss nicht auf die Lieferung von Hardware und Software beschränkt sein, sondern kann auch weitere, mit dem Liefergegenstand in Zusammenhang stehende Leistungen umfassen. Denkbar wäre z. B. ein Angebot, auf der Grundlage eines separaten Service-Vertrages oder über eine Garantieverlängerung die gelieferte Hardware und die ggf. mitgelieferte Software zu warten und auf aktuellem Stand zu halten. Des Weiteren können zusätzliche Service-Dienstleistungen wie Störungsbeseitigung oder Hotline-Dienste zusätzlich zur reinen Hardware- oder Software-Beschaffung in Auftrag gegeben werden.

Bei Notwendigkeit sollte der entsprechende Support mit der Spezifikation der Reaktionszeiten / Instandsetzungszeiten vereinbart werden.

³ Vgl. zu diesen umsatzsteuerlichen Konsequenzen die Ausführungen der Finanzverwaltung in Abschnitt 3.5 Abs. 5 und 6 des Umsatzsteuer-Anwendungserrlasses (UStAE).

Marktübliche Angebote unterscheiden sich nach:

- Dauer des Vertrages
- Reaktionszeiten (Zeit zwischen Störungsmeldung und erster Reaktion des Supports)
- Wiederherstellungszeit (Zeit zwischen Störungsmeldung und Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft des Systems)
- Ersatzteillogistik
- Zusätzlich angebotenen technischen Dienstleistungen (Abrechnung nach Aufwand in Stundensätzen und Reisekosten).

Anforderungen können je nach Bedarf sein:

- 3, 4 oder 5 Jahre vor-Ort-Service
- Vor-Ort-Service mit einer Reaktionszeit von x Stunden. Üblich ist eine Reaktionszeit von einer Stunde (kann auch als Auto-Response erfolgen) innerhalb der üblichen Bürozeiten (z. B. 8 bis 17 Uhr, wobei im schulischen Bereich in der Regel auch eine Beschränkung auf den Zeitraum von 8 bis 14 Uhr ausreichend ist). Ansonsten nächster Arbeitstag.
- Vor-Ort-Service mit einer Wiederherstellungszeit von x Stunden (Art und Umfang ergeben sich aus dem Einsatzzweck. Geringerer Aufpreis bei Wiederherstellungszeit von zwei Arbeitstagen, kürzere Zeiten sind möglich, wirken sich aber auf die Preisgestaltung aus).
- Verfügbarkeit der deutschsprachigen Hotline x Stunden y Tage die Woche.
- Ersatzteillieferung ohne Austausch durch den Servicetechniker.
- Ersatzteilverhaltung beim Kunden.
- Nach Zusendung eines Ersatzdatenträgers sollte die auftraggeberseitige Vernichtung defekter Datenträger ohne Rückgabe (je nach Sicherheitsanforderungen) ermöglicht werden.



Im Rahmen von Beschaffungen von hochverfügbaren oder sicherheitsrelevanten Lösungen lassen sich individuelle Vereinbarungen treffen. Hier muss eine Abwägung zwischen Notwendigkeit der Anforderungen und den dadurch verursachten Kosten vorgenommen werden.

Für den Kauf von Hardware können beispielsweise bei Bedarf folgende zusätzliche Spezifikationen festgelegt werden:

- maximale Lieferzeit
- Lieferung frei Haus
- Lieferung ins Ausland
- Lieferung zu verschiedenen Standorten
- Lieferung in einzelne Räume
- Vorinstallation des mitzuliefernden Betriebssystems
- Vorinstallation zusätzlicher Software
- Erstellung von Sicherheitskopien des mitzuliefernden Betriebssystems.

3 Beschaffung von Endgeräten

3.1 Nutzerprofile

Das Bildungssystem in Deutschland ist fünfstufig. Die fünf Stufen sind die Primarstufe, die Sekundarstufe I und Sekundarstufe II, der tertiäre und der quartäre Bereich, zu dem vorwiegend die Weiterbildungsangebote gehören, beispielsweise beruflicher Anbieter oder der Volkshochschule.

Beispielhafte Anwendungen im Schulbereich umfassen:

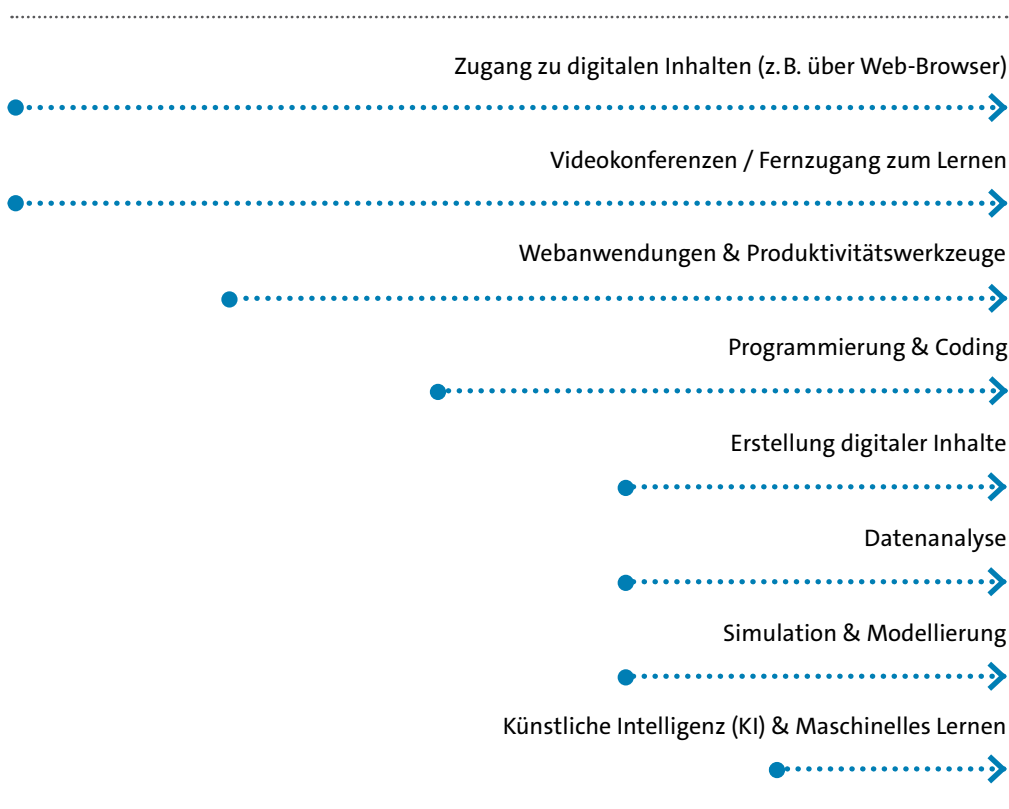


Abbildung 1: Anwendungen im Schulbereich

3.1.1 Primarstufe

Anwendungen: Zugang zu digitalen Medien und Plattformen wie z. B. Web-Browser, Video playback, Office-Applikationen, Videokonferenz, Web-Applikationen

Geräteklassen: Clamshell, Convertible, Detachable, Tablet

3.1.2 Sekundarstufe I und Sekundarstufe II

Anwendungen: wie unter 3.1.1 beschrieben + Webanwendungen und Produktionswerkzeuge um Kontent zu erstellen, analysieren und weiter verarbeiten zu können, Erstellung digitaler Inhalte

(wie z. B. Unterrichts- und Arbeitsmaterialien, Referate / Präsentationen, Bild- und Videoschnitt etc.), Programmierung und Coding

Geräteklassen: wie unter 3.1.1

3.1.3 Lehrer und wissenschaftliche Anwendungen

Anwendungen: wie unter 3.1.2 beschrieben + Simulation und Modellierung, Wissenschaftliche Anwendungen wie Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen

Geräteklassen: wie unter 3.1.1 + mobile workstation

3.2 Geräteklassen

Wir unterscheiden in diesem Leitfaden zwischen den Geräteklassen:

- **Tablets (mit / ohne Tastatur)**
- **Notebooks / Convertibles / 2 in 1**
- **Desktop-PCs**

Definition der Formfaktoren

- **Clamshell** = Standard Notebook / Laptop – Keine Tablet Funktionalität (max. Toucheingabe – keine Stifteingabe / Display max 180 Grad abklappbar)
- **Convertible** = Notebook mit Tabletfunktion durch 360 Grad umklappbares Display – Toucheingabe und meist Stiftfähig – Tastatur nicht abnehmbar
- **Detachable** = Tablet mit (optional) andockbarer Tastatur über integrierte Connectoren (Nicht Bluetooth) – Toucheingabe und Stiftfähig
- **Tablet** = Tablet (ohne Tastatur voll funktionsfähig)

Hinweis: Weitere im Markt verwendete Begrifflichkeiten:

- »2in1« kann je nach Ausprägung gleichgesetzt werden mit einem Convertible oder Detachable.
- »Hybrid« beschreibt generell Geräte, die sowohl Notebook als auch Tablet-Funktionalitäten haben
- »Chromebooks« sind mobile Endgeräte mit dem Betriebssystem ChromeOS in den o.a. Formfaktoren
- »Booklet« sind Dual-Touchscreen Geräte ohne physische Tastatur
- »Tablet-PC« ist gleichzusetzen mit Detachable

Exkurs – Endgeräte Touchscreen Eingabemöglichkeiten

Es gibt drei verschiedene Möglichkeiten mit einem mobilen Endgerät über einen modernen Touchscreen zu interagieren:

- **Fingereingabe:** Das Berühren des Bildschirms mit der Fingerspitze ist einfach und intuitiv, aber ungenau.

- Stifteingabe (passiver Stift): Funktioniert ähnlich wie die Verwendung mittels Fingers. Da passive Stifte zumeist über stumpfe Spitzen verfügen.
- Stifteingabe (aktiver Stift): Diese Stifte sind druckempfindlich und ermöglichen es dem Anwender, feine Linien zu zeichnen und die Genauigkeit zu erhöhen. Aktive Stifte können verwendet werden, um den Handschriftenunterricht für jüngere Schüler zu verbessern. Ältere Schüler können komplexe Texte und Formeln schreiben als auch Grafiken zeichnen. Sensitive Stifte (S-Pen) werden als aktiver Stift eingestuft.

Im Gegensatz zu früheren Stiften, können Anwender mit den aktiven Stiften zeichnen, schreiben, hervorheben, mit Anmerkungen versehen und ihre Hände auf dem Bildschirm ausruhen, um ein natürliches Schreibgefühl zu erzielen.

Zu den Hauptvorteilen der aktiven Stifte gehören:

- Kreativität: Stifte bieten den Anwendern mehr Raum für interaktive, kreative und anregende Lernerfahrungen und erleichtern das nichtlineare Denken in allen Altersstufen.
- Flexibilität: Stifte geben den Anwendern die Flexibilität, das beste Werkzeug für die jeweilige Aufgabe auszuwählen, sei es ein Stift, die Finger oder die Tastatur.

Der Stift ist ein Kreativitätswerkzeug. Die Tastatur ist ein Produktivitätswerkzeug. Manchmal braucht man eins, und manchmal braucht man beides.

3.3 Technische Kriterien und Anforderungen

3.3.1 Clamshell

Nutzerprofil	Primärbereich
Beispielhafte Anwendungen	▪ Zugang zu & teilen von digitalen Inhalten ▪ Videokonferenzen/Fernzugang zum Lernen ▪ Webanwendungen & Produktivitätswerkzeugen ▪ Grundfunktionen: Handschriftliches schreiben

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
1	Displayauflösung	▪ 1.366 × 768 Pixel (HD) oder ▪ 1.920 × 1080 Pixel (Full HD)	Mindestanforderung	Höhere Werte sind auf dem Markt verfügbar. Bei Bildschirmdiagonalen über 12,5 Zoll marktüblich. In aller Regel verkleinern sich mit höheren Auflösungen die Bildschirmdarstellungen. Anpassungen der Schrift und Symbolgrößen sind ggf. im Betriebssystem möglich.
		▪ Größer als Full HD	Bewertungskriterium	Empfehlung: 13" – 15" / Bei CAD/CAM: 15" – 17"

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
2	Entspiegelung	Entspiegelt (Non-glare)	Bewertungskriterium	Festhalten an entspiegeltem Display mit Touch-Funktionalität führt zu Markteinschränkungen. €
3	Prozessortyp (CPU)	x86 Architektur	Mindestanforderung	
		Multi-Core	Mindestanforderung	
4	Arbeitsspeicher (RAM)	4 GB	Mindestanforderung	
		Mehr als 4 GB	Bewertungskriterium	
		Erweiterbarkeit	Bewertungskriterium	Eine Aufrüstung des Arbeitsspeichers, insbesondere bei kleinen und flachen Notebooks, ist nicht mehr marktüblich, kann aber als Bewertungskriterium herangezogen werden.
5	Massenspeicher	128 GB SSD	Mindestanforderung	Eine Erhöhung des Massenspeichers bietet sich als Bewertungskriterium an.
6	Optische Laufwerke	Intern	Bewertungskriterium	Interne optische Laufwerke entsprechen nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik.
7	Ethernet	RJ 45 Ethernet 10/100/1000 Mbit, mit Adapter erfüllbar	Mindestanforderung	Insbesondere bei kleinen und flachen Notebooks ist oft bauartbedingt keine RJ-45 Schnittstelle vorhanden, ein entsprechender Adapter kann daher als gleichwertig betrachtet werden.
		WOL/PXE 2.x	Mindestanforderung	WOL sollte auch aus den Energiesparzuständen S4 und S5 möglich sein
8	WLAN	WLAN gemäß IEEE 802.11n (Dual Band 2.4 und 5 GHz)	Mindestanforderung	Der WLAN-Standard IEEE 802.11 (AC A, B, G, N) muss unterstützt werden.
		WLAN gemäß 802.11ax (WiFi 6)	Bewertungskriterium	€
9	Bluetooth	BT 5.0	Mindestanforderung	Bei den WLAN / Bluetooth-Modulen handelt es sich in der Regel um Combo-Module.
10	WWAN	4G LTE (integriert), Daten-übertragungsrate ≥ 100 Mbit/s für Download und ≥ 50 Mbit/s für Upload	Bewertungskriterium	Höhere Datenübertragungsraten sind auf dem Markt verfügbar. €
11	USB	2×USB 3.x, davon mind. 1×Typ A	Mindestanforderung	Bitte beachten, wenn eine der USB Typ C Schnittstellen auch zum Laden des Notebooks verwendet wird, ist diese während des Ladevorgangs belegt und kann nicht zum Anschluss weiterer Peripherie genutzt werden.

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
12	Displayausgang	1 Digitalanschluss für Bildschirme	Mindestanforderung	Der genaue Typ sollte spezifiziert werden (z. B. HDMI, Mini HDMI, USB-C, Display-Port, Mini DisplayPort), Adapter sollten zugelassen werden, um einen breiten Wettbewerb zu gewährleisten. Der VGA-Anschluss entspricht nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik.
13	Audio	Audio-In & Audio-Out	Mindestanforderung	Erfüllung auch durch Bereitstellung einer Kombi-Schnittstelle
14	Tastatur	deutsches Tastatur Layout	Mindestanforderung	Separater Nummernblock ab 15 Zoll Modellen üblich.
		Hintergrundbeleuchtete Tastatur	Bewertungskriterium	
15	Frontkamera	Auflösung 720p HD	Mindestanforderung	
16	Biometrischer Sensor	Fingerprint Sensor	Bewertungskriterium	
		Infrarot-Webcam	Bewertungskriterium	
17	Lautsprecher	Stereo	Mindestanforderung	
	Mikrofon	Mono	Mindestanforderung	
18	Touchpad	Zwei-Tasten-Funktion	Mindestanforderung	
19	Betriebssystem	OEM Lizenz (z.B. Windows, ChromeOS, Linux) oder ohne Betriebssystem (Betriebssystem muss in diesem Fall separat beschafft werden)	Mindestanforderung	Ergänzende Informationen zu Windows 10 Pro Education: Das Betriebssystem basiert auf der kommerziellen Version von Windows 10 Pro und bietet wichtige Managementkontrollmöglichkeiten, die in Schulen benötigt werden. Windows 10 Pro Education ist im Prinzip eine Variante von Windows Pro mit Standardeinstellungen speziell für Bildungseinrichtungen, einschließlich der Entfernung von Cortana. Mit diesen Standardeinstellungen werden Tipps, Tricks und Vorschläge sowie Vorschläge zu Microsoft Store deaktiviert. Windows 10 Pro Education ist auf neuen Geräten verfügbar und kann als ermäßigte Lizenz für allgemeinbildende Einrichtungen über OEM-Partner erworben werden. Diese ermäßigten Lizenzen werden manchmal auch als »National Academic« oder »Shape the Future« bezeichnet.
20	Grafikeinheit	- Integriert in CPU - DirectX 12-fähig	Mindestanforderung	Die Grafikeinheit befindet sich in der CPU / APU.
		- Diskret - DirectX 12-fähig	Bewertungskriterium	Die Grafikeinheit befindet sich als eigenständige Einheit auf dem Motherboard. Für mobile Workstations, z. B. CAD / CAM-Arbeitsplätze 

3.3.2 Convertible

Nutzerprofil	Primärbereich
Beispielhafte Anwendungen	▪ Zugang zu & teilen von digitalen Inhalten ▪ Videokonferenzen / Fernzugang zum Lernen ▪ Webanwendungen & Produktivitätswerkzeugen ▪ Grundfunktionen: Handschriftliches schreiben

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
1	Displayauflösung	▪ 1.366 × 768 Pixel (HD) oder ▪ 1.920 × 1080 Pixel (Full HD)	Mindestanforderung	Höhere Werte sind auf dem Markt verfügbar. Bei Bildschirmdiagonalen über 12,5 Zoll marktüblich. In aller Regel verkleinern sich mit höheren Auflösungen die Bildschirmdarstellungen. Anpassungen der Schrift und Symbolgrößen sind ggf. im Betriebssystem möglich.
		▪ Größer als Full HD	Bewertungskriterium	Empfehlung: 13" – 15" / Bei CAD / CAM: 15" – 17"
2	Entspiegelung	▪ Entspiegelt (Non-glare)	Bewertungskriterium	Festhalten an entspiegeltem Display mit Touch-Funktionalität führt zu Markteinschränkungen. 
3	Prozessortyp (CPU)	▪ x86 Architektur	Mindestanforderung	
		▪ Multi-Core	Mindestanforderung	
4	Arbeitsspeicher (RAM)	▪ 4 GB	Mindestanforderung	
		▪ Mehr als 4 GB	Bewertungskriterium	
		▪ Erweiterbarkeit	Bewertungskriterium	Eine Aufrüstung des Arbeitsspeichers, insbesondere bei kleinen und flachen Notebooks, ist nicht mehr marktüblich, kann aber als Bewertungskriterium herangezogen werden.
5	Massenspeicher	▪ 128 GB SSD	Mindestanforderung	Eine Erhöhung des Massenspeichers bietet sich als Bewertungskriterium an.
6	Optische Laufwerke	▪ Intern	Bewertungskriterium	Interne optische Laufwerke entsprechen nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik.
7	Ethernet	▪ RJ 45 Ethernet 10/100/1000 Mbit, mit Adapter erfüllbar	Mindestanforderung	Insbesondere bei kleinen und flachen Notebooks ist oft bauartbedingt keine RJ-45 Schnittstelle vorhanden, ein entsprechender Adapter kann daher als gleichwertig betrachtet werden.
		▪ WOL/PXE 2.x	Mindestanforderung	WOL sollte auch aus den Energiesparzuständen S4 und S5 möglich sein
8	WLAN	▪ WLAN gemäß IEEE 802.11n (Dual Band 2.4 und 5 GHz)	Mindestanforderung	Der WLAN-Standard IEEE 802.11 (AC A, B, G, N) muss unterstützt werden.
		▪ WLAN gemäß 802.11ax (WiFi 6)	Bewertungskriterium	

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
9	Bluetooth	▪ BT 5.0	Mindestanforderung	Bei den WLAN / Bluetooth-Modulen handelt es sich in der Regel um Combo-Module.
10	WWAN	▪ 4G LTE (integriert), Datenübertragungsrate ≥ 100 Mbit/s für Download und ≥ 50 Mbit/s für Upload	Bewertungskriterium	Höhere Datenübertragungsraten sind auf dem Markt verfügbar. 
11	USB	▪ 2× USB 3.x, davon mind. 1× Typ A	Mindestanforderung	Bitte beachten, wenn eine der USB Typ C Schnittstellen auch zum Laden des Notebooks verwendet wird, ist diese während des Ladevorgangs belegt und kann nicht zum Anschluss weiterer Peripherie genutzt werden.
12	Displayausgang	▪ 1 Digitalanschluss für Bildschirme	Mindestanforderung	Der genaue Typ sollte spezifiziert werden (z. B. HDMI, Mini HDMI, USB-C, Display-Port, Mini DisplayPort), Adapter sollten zugelassen werden, um einen breiten Wettbewerb zu gewährleisten. Der VGA-Anschluss entspricht nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik.
13	Audio	▪ Audio-In & Audio-Out	Mindestanforderung	Erfüllung auch durch Bereitstellung einer Kombi-Schnittstelle
14	Tastatur	▪ deutsches Tastatur Layout	Mindestanforderung	Separater Nummernblock ab 15 Zoll Modellen üblich.
		▪ Hintergrundbeleuchtete Tastatur	Bewertungskriterium	
15	Frontkamera	▪ Auflösung 720p HD	Mindestanforderung	
16	Biometrischer Sensor	▪ Fingerprint Sensor	Bewertungskriterium	
		▪ Infrarot-Webcam	Bewertungskriterium	
17	Lautsprecher	▪ Stereo	Mindestanforderung	
	Mikrofon	▪ Mono	Mindestanforderung	
18	Touchpad	▪ Zwei-Tasten-Funktion	Mindestanforderung	
19	Betriebssystem	▪ OEM Lizenz (z.B. Windows, ChromeOS, Linux) oder ohne Betriebssystem (Betriebssystem muss in diesem Fall separat beschafft werden)	Mindestanforderung	Ergänzende Informationen zu Windows 10 Pro Education: Das Betriebssystem Windows 10 Pro Education basiert auf der kommerziellen Version von Windows 10 Pro und bietet wichtige Managementkontrollmöglichkeiten, die in Schulen benötigt werden. Windows 10 Pro Education ist im Prinzip eine Variante von Windows Pro mit Standardeinstellungen speziell für Bildungseinrichtungen, einschließlich der Entfernung von Cortana. Mit diesen Standardeinstellungen werden Tipps, Tricks und Vorschläge sowie Vorschläge zu Microsoft Store deaktiviert. Windows 10 Pro Education ist auf neuen Geräten verfügbar und kann als ermäßigte Lizenz für allgemeinbildende Einrichtungen über OEM-Partner erworben werden. Diese ermäßigten Lizenzen werden manchmal auch als »National Academic« oder »Shape the Future« bezeichnet.

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
20	Grafikeinheit	- Integriert in CPU - DirectX 12-fähig	Mindestanforderung	Die Grafikeinheit befindet sich in der CPU / APU.
		- Diskret - DirectX 12-fähig	Bewertungskriterium	Die Grafikeinheit befindet sich als eigenständige Einheit auf dem Motherboard. Für mobile Workstations, z. B. CAD / CAM-Arbeitsplätze 
21	Stift-Eingabegerät	Aktiver Stift	Bewertungskriterium	

3.3.3 Detachable

Nutzerprofil	Primärbereich
Beispielhafte Anwendungen	- Zugang zu & teilen von digitalen Inhalten - Videokonferenzen / Fernzugang zum Lernen - Webanwendungen & Produktivitätswerkzeugen - Grundfunktionen: Handschriftliches schreiben

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
1	Displayauflösung	1.366 × 768 Pixel (HD) oder 1.920 × 1080 Pixel (Full HD)	Mindestanforderung	Höhere Werte sind auf dem Markt verfügbar. Bei Bildschirmdiagonalen über 12,5 Zoll marktüblich. In aller Regel verkleinern sich mit höheren Auflösungen die Bildschirmdarstellungen. Anpassungen der Schrift und Symbolgrößen sind ggf. im Betriebssystem möglich.
		Größer als Full HD	Bewertungskriterium	Empfehlung: 13 Zoll – 15 Zoll/ Bei CAD/CAM: 15 Zoll – 17 Zoll
2	Entspiegelung	Entspiegelt (Non-glare)	Bewertungskriterium	Festhalten an entspiegeltem Display mit Touch-Funktionalität führt zu Markteinschränkungen. 
3	Prozessortyp (CPU)	x86 Architektur	Mindestanforderung	
		Multi-Core	Mindestanforderung	
4	Arbeitsspeicher (RAM)	4 GB	Mindestanforderung	
		Mehr als 4 GB	Bewertungskriterium	
		Erweiterbarkeit	Bewertungskriterium	Eine Aufrüstung des Arbeitsspeichers, insbesondere bei kleinen und flachen Notebooks, ist nicht mehr marktüblich, kann aber als Bewertungskriterium herangezogen werden.

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
5	Massenspeicher	▪ 128 GB SSD	Mindestanforderung	Eine Erhöhung des Massenspeichers bietet sich als Bewertungskriterium an.
6	Optische Laufwerke	▪ Intern	Bewertungskriterium	Interne optische Laufwerke entsprechen nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik.
7	Ethernet	▪ RJ 45 Ethernet 10/100/1000 Mbit, mit Adapter erfüllbar	Mindestanforderung	Insbesondere bei kleinen und flachen Notebooks ist oft bauartbedingt keine RJ-45 Schnittstelle vorhanden, ein entsprechender Adapter kann daher als gleichwertig betrachtet werden.
		▪ WOL / PXE 2.x	Mindestanforderung	WOL sollte auch aus den Energiesparzuständen S4 und S5 möglich sein
8	WLAN	▪ WLAN gemäß IEEE 802.11n (Dual Band 2.4 und 5 GHz)	Mindestanforderung	Der WLAN-Standard IEEE 802.11 (AC A, B, G, N) muss unterstützt werden.
		▪ WLAN gemäß 802.11ax (WiFi 6)	Bewertungskriterium	€
9	Bluetooth	▪ BT 5.0	Mindestanforderung	Bei den WLAN / Bluetooth-Modulen handelt es sich in der Regel um Combo-Module.
10	WWAN	▪ 4G LTE (integriert), Datenübertragungsrate ≥ 100 Mbit/s für Download und ≥ 50 Mbit/s für Upload	Bewertungskriterium	Höhere Datenübertragungsraten sind auf dem Markt verfügbar. €
11	USB	▪ 2 × USB 3.x, davon mind. 1 × Typ A	Mindestanforderung	Bitte beachten, wenn eine der USB Typ C Schnittstellen auch zum Laden des Notebooks verwendet wird, ist diese während des Ladevorgangs belegt und kann nicht zum Anschluss weiterer Peripherie genutzt werden.
12	Displayausgang	▪ 1 Digitalanschluss für Bildschirme	Mindestanforderung	Der genaue Typ sollte spezifiziert werden (z. B. HDMI, Mini HDMI, USB-C, Display-Port, Mini DisplayPort), Adapter sollten zugelassen werden, um einen breiten Wettbewerb zu gewährleisten. Der VGA-Anschluss entspricht nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik.
13	Audio	▪ Audio-In & Audio-Out	Mindestanforderung	Erfüllung auch durch Bereitstellung einer Kombi-Schnittstelle
14	Tastatur	▪ deutsches Tastatur Layout	Mindestanforderung	Separater Nummernblock ab 15 Zoll Modellen üblich.
		▪ Hintergrundbeleuchtete Tastatur	Bewertungskriterium	
15	Frontkamera	▪ Auflösung 720p HD	Mindestanforderung	
16	Biometrischer Sensor	▪ Fingerprint Sensor	Bewertungskriterium	
		▪ Infrarot-Webcam	Bewertungskriterium	
17	Lautsprecher	▪ Stereo	Mindestanforderung	
	Mikrofon	▪ Mono	Mindestanforderung	
18	Touchpad	▪ Zwei-Tasten-Funktion	Mindestanforderung	

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
19	Betriebssystem	OEM Lizenz (z.B. Windows, ChromeOS, Linux) oder ohne Betriebssystem (Betriebssystem muss in diesem Fall separat beschafft werden)	Mindestanforderung	Ergänzende Informationen zu Windows 10 Pro Education: Das Betriebssystem basiert auf der kommerziellen Version von Windows 10 Pro und bietet wichtige Managementkontrollmöglichkeiten, die in Schulen benötigt werden. Windows 10 Pro Education ist im Prinzip eine Variante von Windows Pro mit Standardeinstellungen speziell für Bildungseinrichtungen, einschließlich der Entfernung von Cortana. Mit diesen Standardeinstellungen werden Tipps, Tricks und Vorschläge sowie Vorschläge zu Microsoft Store deaktiviert. Windows 10 Pro Education ist auf neuen Geräten verfügbar und kann als ermäßigte Lizenz für allgemeinbildende Einrichtungen über OEM-Partner erworben werden. Diese ermäßigten Lizenzen werden manchmal auch als »National Academic« oder »Shape the Future« bezeichnet.
20	Grafikeinheit	- Integriert in CPU - DirectX 12-fähig	Mindestanforderung	Die Grafikeinheit befindet sich in der CPU / APU.
		- Diskret - DirectX 12-fähig	Bewertungskriterium	Die Grafikeinheit befindet sich als eigenständige Einheit auf dem Motherboard. Für mobile Workstations, z. B. CAD / CAM-Arbeitsplätze 
21	Stift-Eingabegerät	Aktiver Stift	Bewertungskriterium	

3.3.4 Tablets

Nutzerprofil	Primärbereich
Beispielhafte Anwendungen	- Zugang zu & teilen von digitalen Inhalten - Videokonferenzen / Fernzugang zum Lernen (Bitte beachten, dass Webanwendungen und Apps nicht immer den selben Umfang und Bedienmöglichkeiten haben wie Softwareapplikationen für PCs) - Webanwendungen & Produktivitätswerkzeugen (Bitte beachten, dass Webanwendungen und Apps nicht immer den selben Umfang und Bedienmöglichkeiten haben wie Softwareapplikationen für PCs) - Grundfunktionen: Handschriftliches schreiben

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
1	Gewicht	Max. 1kg	Mindestanforderung	Gewicht wird als Tablet inkl. Hülle (falls vorhanden), ohne Tastatur verstanden.
2	Betriebssystem	OEM Lizenz (z.B. Windows, ChromeOS, Linux) oder ohne Betriebssystem (Betriebssystem muss in diesem Fall separat beschafft werden)	Mindestanforderung	Bei der Auswahl des Betriebssystems muss darauf geachtet werden, für welche Softwareanwendungen diese geeignet sind. Ggf. Verfügbarkeit von betriebs-spezifischen Applikationen prüfen (Web-Applikationen / Desktop-App / Browser-basierte Apps / Mobile Device Management (MDM)).

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
3	Prozessortyp (CPU)	x86 / Multi-Core – Architektur, ARM	Mindestanforderung	
4	RAM (Arbeitsspeicher)	- Windows: 4 GB RAM - ChromeOS: 3 GB RAM - Android: 3 GB RAM	Mindestanforderung	
		Windows: Mehr als 4 GB RAM	Bewertungskriterium	
5	Speicherkapazität	32/64 GB interner Speicher	Bewertungskriterium	Der Speicher des Endgeräts ist durch die Verwendung einer Micro-SD Karte oder anderer externer Speichermedien ggf. erweiterbar.
6	Comms / Wifi / LTE	Wi-Fi 5 ac / Wi-Fi 6 (ax), Bluetooth 5	Bewertungskriterium	
7	Size Display	- mind 10,0 Zoll - Display-Auflösung mind. 1280 × 800 Pixel	Mindestanforderung	
8	Akkulaufzeit	10 Stunden	Mindestkriterium	Die Größe des Akkus und die Nutzungsbedingungen beeinflussen die Laufzeit erheblich.
9	Anschlüsse / Schnittstellen	- USB Type-C Anschluss - Micro-SD kompatibel - Front- und Rückkamera	Bewertungskriterium	Kabelgebundene oder kabellose (bspw. Bluetooth) Tastatur als optionales Zubehör.
10	Touchdisplay	ja	Mindestkriterium	Das Endgerät verfügt über eine Stifteingabemöglichkeit
11	Stiftfunktion	ja	Bewertungskriterium	Das Endgerät verfügt über eine Stifteingabemöglichkeit
12	Formfaktor / Geräteklasse	- Gehäuse: MILT STD 810G-516.6 (Droptest bestanden) oder durch Nutzung eines Protective Covers - Das Endgerät verfügt über die Kompatibilität mit einem Keyboard-Cover - Optionale Schutzhülle	Bewertungskriterium	Bei Benutzung eines Covers erhöht sich das Gesamtgewicht deutlich und die Haptik des Systems kann eingeschränkt sein.
13	Zugangskontrolle	ja	Mindestanforderung	
14	Garantien	- Mind. 3 Jahre garantierte Softwareupdates vom Hersteller - Mind. 3 Jahre Herstellergarantie Hardware - Mind. 2 Major OS Upgrades innerhalb des Lebenszyklus	Bewertungskriterium	

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
15	Sicherheitsmanagement	▪ Endgeräte verfügt über eine Trustzone ▪ Die Trustzone muss dabei aus drei Kernkomponenten bestehen: TIMA KeyStore, Echtzeit-Kernelschutz, Attestation ▪ Bietet Sicherheits- und Managementschnittstellen für die Endgeräteverwaltung ▪ Kompatibel mit einem Keyboard Cover	Bewertungskriterium	

3.3.5 Desktop PCs

Zur Unterstützung öffentliche Auftraggeber bei der Formulierung ihrer Ausschreibungen zur Beschaffung von Desktop PCs steht unter [↗ https://www.itk-beschaffung.de](https://www.itk-beschaffung.de) ein gesonderter Leitfaden zur Verfügung, der in regelmäßigen Abständen aktualisiert wird.

3.3.6 Übergreifende technische Kriterien und Anforderungen

Docking-Funktionalität

Die Herstellerbezeichnung für eine Dockingstation ist nicht einheitlich. Herstellerabhängig werden auch Bezeichnungen wie Port Replikator, Travel-Dock oder Mini Dock verwendet.

Die Anbindung an die Dockingstation erfolgt entweder über eine herstellerspezifische (proprietäre) Schnittstelle oder via USB bzw. USB-C (universal). Die verwendete Dockingschnittstelle bestimmt maßgeblich die Anzahl und die Geschwindigkeit der bereitgestellten Anschlüsse und ob eine Ladefunktion des Notebooks über die Dockingstation gegeben ist oder nicht.

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
1	Docking Anschluss	▪ Proprietär oder Universal (USB/USB-C)	Mindestanforderung	

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
2	Docking Funktionalität	▪ Ladefunktion	Mindestanforderung	
		▪ Mechanischer Diebstahlschutz der Dockingstation	Mindestanforderung	Dockingstation besitzt eine Vorrichtung zur Befestigung eines Kabelschlosses
		▪ Mechanischer Diebstahlschutz der Dockingstation	Bewertungskriterium	Möglichkeit zur Verriegelung des Notebooks mit der Dockingstation (in Abhängigkeit vom Herstellerprodukt). 
		▪ WOL/PXE 2.x	Mindestanforderung	WOL sollte auch aus den Energiesparzuständen S4 und S5 möglich sein
		▪ Nutzung einer gerätebezogenen MAC-Adresse (MAC-Address-Pass-through)	Bewertungskriterium	
3	Anschlüsse	▪ 2 Digitalanschlüsse für Bildschirme (parallel nutzbar)	Mindestanforderung	Der genaue Typ sollte spezifiziert werden (z. B. HDMI, Mini HDMI, USB-C, Display-Port, Mini DisplayPort), Adapter sollten zugelassen werden, um einen breiten Wettbewerb zu gewährleisten.
		▪ RJ45	Mindestanforderung	
		▪ 4 × USB, davon mind. ▪ 2 × USB3.x und 2 × Typ A	Mindestanforderung	
		▪ Audio-In & Audio-Out	Mindestanforderung	Erfüllung auch durch Bereitstellung einer Kombi-Schnittstelle, ggf. Splitter-Adapter beizulegen
4	Netzteil	▪ Zur Dockingstation passenden Netzteil	Mindestanforderung	Im Lieferumfang der Dockingstation muss ein ausreichend dimensioniertes Netzteil enthalten sein.

Stromversorgung

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
1	Gewicht Netzteil und Kabel	▪ Hohe Mobilität: max. 430 g ▪ Mittlere & geringe Mobilität: Keine konkrete Empfehlung, kann schwerer als 430 g sein ▪ Proprietärer Geräteanschluss oder USB-C	Mindestanforderung	Sofern die Gesamtlänge (Steckdose zu Notebook) aus Kabel und Netzteil mehr als 1,80 m betragen soll, muss das maximale Gesamtgewicht aus Netzteil und Kabel erhöht werden. Das Gewicht ist abhängig von der Leistungsfähigkeit des Netzteils. Proprietärer Geräteanschluss in Abhängigkeit vom Herstellerprodukt. 
2	Gesamtlänge Kabel und Netzteil (Steckdose zu Notebook)	▪ 1,80 m	Mindestanforderung	

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
3	Leistung	Bei laufendem Office-Betrieb muss ein Akku mit einem Ladezustand von 10 Prozent innerhalb von 3 Stunden auf einen Ladezustand von mindestens 90 Prozent seiner Kapazität geladen werden.	Mindestanforderung	Die Ladezeiten der Akkus sind abhängig von der Leistung des Netzteils und von der Kapazität des Akkus.
4	Austauschbarkeit Akku	Wechselbar mit Werkzeug, ggf. auch Spezialwerkzeug	Bewertungskriterium	In der Regel muss hierfür das Gehäuse des Notebooks geöffnet werden.
		Wechselbar ohne Werkzeug	Bewertungskriterium	Das Gehäuse muss nicht geöffnet werden. Außerdem nur noch eingeschränkt am Markt verfügbar.

3.4 Endgeräte-Sicherheit

Mobile Endgeräte können Ziel von Cyberangriffen, Datenraub und Datenmissbrauch werden. Solche Angriffe gefährden die Vertraulichkeit, die Verfügbarkeit als auch die Integrität der mit den Geräten verarbeiteten und gespeicherten Daten genauso wie die Funktionsfähigkeit der Geräte selbst. Moderne Endgeräte können ab Werk mit integrierten Sicherheitsfunktionen ausgestattet werden, welche bei der Einhaltung der Sicherheitsvorgaben unterstützen können. Datenschutz und Datensicherheit lassen sich letztlich nur durch eine Kombination aus organisatorischen Maßnahmen, Sorgfaltspflichten des Gerätenutzers und geräteimmanenten Sicherheitsfunktionen herstellen.

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
1	Mechanischer Diebstahlschutz	- Vorrichtung zur Aufnahme einer mechanischen Diebstahlsicherung - im inneren Notebook-Rahmen verankert	Mindestanforderung	Passende Schlösser usw. müssen als Zubehör separat beschafft werden. Kann Einfluss auf die Bauform / Dicke / Abmessungen des Geräts haben. Zusätzliche Verriegelungsmöglichkeiten siehe Docking-Funktionalität.

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
2	TPM	- TPM 1.2 / 2.0 - Sofern TPM vorhanden: in Firmware abschaltbar (siehe auch TCG PC Client Plattform Firmware Profile 6.1). Eine solche Abschaltung darf nicht durch das Betriebssystem rückgängig machbar sein.	Mindestanforderung	TPM (Trusted platform module) ist eine Funktion, die Schlüssel, Passwörter & digitale Zertifikate speichert. Für Nutzung mit Windows 10 wird Auslieferung eines TPM 2.0 empfohlen. Für Nutzung mit Windows 7 wird Auslieferung eines TPM 1.2 empfohlen. Für sonstige Nutzung (Virtualisierung, Linux): Auslieferung ohne TPM oder mit deaktiviertem TPM empfohlen. Verweis auf Microsoft-Webpage, da je nach Betriebssystem und Version ein eingeschränkter Funktionsumfang möglich ist. Es kann je nach Einsatzzweck gefordert werden, dass ein Up- und Downgrade zwischen TPM 1.2 und 2.0 möglich ist.
		oder		
		Kein TPM oder unwiderruflich deaktiviert		
		Pre-Boot Festplatten-Passwort Option in Firmware	Bewertungskriterium	Sofern entsprechend konfiguriert, ist der Start der Festplatte erst nach Passworтеingabe möglich.
		Passwortoption für Zugang zur Firmware (z. B. BIOS / UEFI)	Mindestanforderung	Zugänge zur Firmware mit abgestuften Rechten mit Firmware-Passwörtern. Abhängig von der internen Sicherheitsrichtlinie des Bedarfsträgers sollte bei der ersten Inbetriebnahme ein Zugangspasswort gesetzt werden.
3	Out-of-Band Management	Individuelle Firmware-Einstellungen	Bewertungskriterium	Der Auslieferungszustand kann vorab vom Auftraggeber vorgegebene BIOS / UEFI / coreboot-Einstellungen beinhalten.
		- Sicheres Booten («Secure Boot») zur Prüfung der Integrität der Hardware-Komponenten - Abschaltbar in Firmware	Mindestanforderung	Bei Betrieb mit Windows 7 muss Secure Boot abgeschaltet werden. Beachten Sie hinsichtlich Windows 7 das Kapitel »Betriebssysteme« dieses Leitfadens.
		Sofern vorhanden, in Firmware deaktiviert ausgeliefert; nur mit Firmware Passwort aktivierbar	Mindestanforderung	Fernwartungsfunktionen, die unabhängig vom Betriebssystem die Firmware und / oder Daten verändern können, müssen, sofern vorhanden, deaktiviert ausgeliefert werden. Eine Aktivierung der Funktionen darf geschützt nur mit Firmware Passwort möglich sein. Im deaktivierten Zustand dürfen durch die Funktionen weder Netzwerkverbindungen aufgebaut noch angenommen werden.
4	BIOS / UEFI / coreboot Manipulationssicherheit	Erkennen von und Schutz vor Manipulationen, zuverlässige Benachrichtigung des Eigentümers oder Nutzers	Mindestanforderung	Die Systeme müssen über Mechanismen verfügen, die Manipulationen der Firmware selber verhindern (z. B. durch Schreibschutz) oder Manipulationen erkennen (z. B. durch eine Signaturüberprüfung) und dem Fall den Eigentümer oder Nutzer zuverlässig benachrichtigen.

Nr.	Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
5	Firmware, Hardware	Patchmanagement vorhanden und Informationen zum Patchmanagement für Schwachstellen in Firmware und Hardware	Mindestanforderung	Mit Firmware ist hier Firmware gemeint, die auf dem Hauptprozessor läuft (z. B. BIOS, UEFI, Coreboot) oder diesen beeinflussen kann (z. B. Intel ME, AMD PSP). Der Bieter liefert eine detaillierte Dokumentation, wie mit Schwachstellen in Hardware und Firmware verfahren wird, inklusive der Abhängigkeiten von Dritten (z. B. Lieferanten). Voraussichtliche Fristen für die Behebung der Schwachstellen in Firmware sind Teil dieser Dokumentation.
		Nach dem öffentlichen Bekanntwerden einer kritischen Schwachstelle (CVSS 2.0 Base Score 7.0–10.0) der Firmware muss diese unverzüglich behoben werden	Mindestanforderung	
6	Verschlüsselung	Hardwarebasierte Laufwerksverschlüsselung	Mindestanforderung	Integrierte Hard- und Firmware sorgen für eine automatisierte Verschlüsselung der Daten (z. B. OPAL). Es ist keine Unterstützung durch das Betriebssystem oder gesonderte Installation von Software erforderlich.
7	Schnittstellenschutz	Schnittstellen im BIOS / UEFI / coreboot deaktivierbar	Mindestanforderung	z. B. Ethernet, USB, WLAN, WWAN, Bluetooth, Kamera, Mikrofon, Fingerprint Sensor usw.
8	Authentifizierung des Nutzers	Möglichkeiten der Multifaktor-authentifizierung	Mindestanforderung	z. B. Smartcard, Fingerprint, sonstige Biometrie-Merkmale, usw.
9	Webcam-Abdeckung	Integrierte oder nachträgliche physische Webcam-Abdeckung	Bewertungskriterium	€
10	Blickschutz	Blickschutzfilter (integriert oder als Zubehörlösung)	Bewertungskriterium	Lösung Systemhersteller abhängig. €

4 Beschaffung von Infrastruktur

4.1 Technische Kriterien und Anforderungen

4.1.1 Gebäudeinfrastruktur

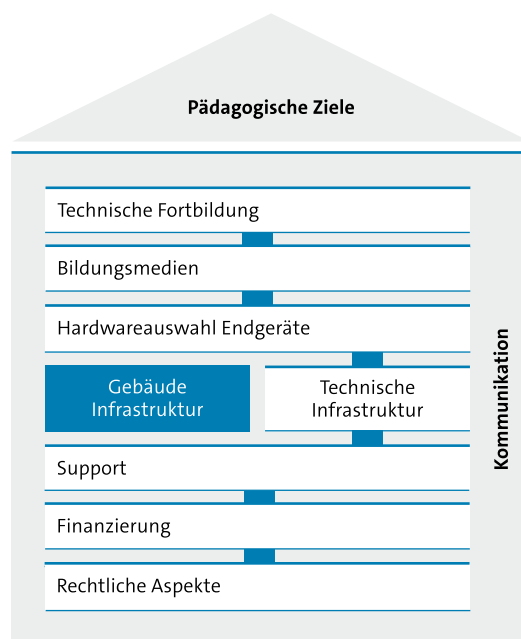


Abbildung 2: Beteiligte: Schulträger, Kommunen, Schulleitung

Die Arbeit mit digitalen Geräten und Werkzeugen an Schulen erfordert eine gründliche Planung für die Versorgung und Platzierung von Daten- und Stromanschlüssen sowie Informations- und Kommunikations-Netzwerken. Die IT-Infrastruktur benötigt eine unterstützende Gebäude-Infrastruktur und ein entsprechendes Konzept für die Gestaltung der Räumlichkeiten an einer Schule, um Lernszenarien für Bildung in einer digitalen Welt zu gewährleisten.

Schulen haben Netzbereiche mit einem hohen Schutzbedarf. Eine Trennung in ein Verwaltungsnetz und ein pädagogisches Netz (Schüler-/Unterrichtsbereich) findet deswegen an Schulen meist noch physikalisch statt. Eine Trennung trotz gemeinsam genutzter Komponenten ist jedoch auch logisch möglich durch Trennung zwischen den Netzen an der Schule mittels z. B. VLAN oder VXLAN.⁴

Gemeinsame Richtlinien und ein Ausstattungskonzept für die Infrastruktur in den Schulgebäuden sind unerlässlich bei der Planung des Gesamtkonzeptes einer Schule. Obwohl die Gesamtraumausstattung eine bedeutende Rolle bei der Umsetzung innovativer Unterrichtsplanung spielt, werden hier ausschließlich die technischen Aspekte erläutert.

⁴ Weitere Erläuterungen im Glossar.

Technische Ausstattung: Anschlüsse

Die Planung der Raumausstattung muss unter anderem auch die nötige Stromversorgung und Zahl der Anschlüsse für die Nutzung von sowohl stationären als auch mobilen Geräten im Klassenzimmer vorsehen. Die Kosten für die Stromnachlegung müssen ggfs. in die Gebäude-Strategie aufgenommen werden. Eine passende Platzierung der Anschlüsse und Belastung der Stromversorgung muss mitgedacht werden. Kabelgebundene Anschlüsse ersetzen nicht das WLAN, sind aber notwendig zum Beispiel für die Nutzung von Accesspoints.

Es sollte auf eine Verkabelung mind. Cat. 5e und besser zurückgegriffen werden. Die untenstehende Tabelle stellt nur ein mögliches Beispiel für eine solche Anschlussstrategie dar und dient der Darstellung der Komplexität eines schulischen Konzeptes. Grundsätzlich gilt, dass die Anschluss-Strategie von der erzielten Größe der jeweiligen Klassenzimmer abhängig ist. Darüber hinaus ist im Einzelfall die Bausubstanz zu berücksichtigen (Neubau, Sanierung, Bestand). In der nachfolgenden Tabelle wird deshalb mit Blick auf die Ausstattung der Unterrichtsräume eine vergleichsweise hohe Zahl von 10 Anschlüssen vorgeschlagen. Diese Empfehlung bezieht sich insbesondere auf Neubauten und Sanierungen. Auch der jeweilige Schultyp ist zu berücksichtigen, so ist bspw. bei Berufsschulen eine höhere Zahl von Anschlüssen empfehlenswert.

Beispiel eines Anschlusskonzeptes⁵ für die ganze Schule⁶

Raumtyp	Anzahl Anschlüsse		
	Daten Anschlüsse	Strom Steckdose	Sonstiges
Unterricht	10 6 vorne, 2 am Aufbewahrungsort der mobilen Endgeräte, 2 Decke vorne: Telefon und PC Whiteboard, Beamer Decke: Accesspoint	10 Anschlussmöglichkeiten Schüleranschlüsse ^A : 2 zusätzliche in Neubauten. 6 am Lehrerarbeitsplatz ^B Stromkreise: 2 (1× Schüleranschlüsse, 1× Lehrerarbeitsplatz)	Abhängig von Bausubstanz und Schultyp. Die Empfehlungen beziehen sich auf Neubauten oder Sanierungen.
EDV-Raum	8 Anschlüsse für zentrale Komponenten und je Schüler einen weiteren Anschluss. 2 Decke für Accesspoint	10 Anschlüsse für zentrale Komponenten und je Schülerarbeitsplatz 2 weitere Anschlüsse.	Standard EDV-Raum = 20 Schüler; Verteilerschrank nicht im Raum. Bei 20 Schülern bedeutet das 50 Anschlüsse für Strom und 28 Daten
Lehrerzimmer	10 Anschlüsse für PCs und Telefon sowie 2 für Accesspoint	Stromanschlüsse für 10 PC-Arbeitsplätze zzgl. Küchengeräte / Präsentationsgeräte	Ausnahmen in Absprache mit DIP / IT-6 denkbar (Größe des Lehrerzimmers / Anzahl der Lehrer).
Direktor/In /Verwaltung	pro Arbeitsplatz 34 2 Decke für Accesspoint	Stromanschlüsse pro PC-Arbeitsplatz zzgl. Küchengeräte	

⁵ Zwei Anschlüsse ergeben jeweils eine Doppeldose

⁶ aus einem Beispiel der Stadt Nürnberg

Anzahl Anschlüsse

Raumtyp	Daten Anschlüsse	Strom Steckdose	Sonstiges
Vorbereitung /Silentiumräume	6 Anschlüsse für PCs und Telefon sowie 2 für Accesspoint	Stromanschlüsse für 5 PC-Arbeitsplätze zzgl. Küchengeräte	
JugendamtmitarbeiterIn an Schulen	pro Arbeitsplatz 3 ^C	Stromanschlüsse pro PC-Arbeitsplatz zzgl. Küchengeräte	
Hausmeister/In	pro Arbeitsplatz 3 ^C	9	Mobilfunk (one number)
Studierzone, Elternsprechzimmer, Bibliothek, Schulische Nebenräume (Erste Hilfe, ...)	pro Arbeitsplatz 3 ^C	Stromanschlüsse pro PC-Arbeitsplatz zzgl. Küchengeräte zzgl. sonstige Geräte wie Defibrillator	
Aula / Mensa / Turnhalle / Regieraum (Bühnentechnik)	8 zzgl. 2 pro Accesspoint nach Ausleuchtung	Mind. pro Datenanschluss eine Steckdose + Anschlüsse nach Fachplanung Veranstaltungstechnik	
Fachunterrichtsräume (Chemie, Physik, ...)	Individuell Lösungen, in Absprache mit IT-6 bzw. H/E	Individuell Lösungen, in Absprache mit IT-6 bzw. H/E	
Technikraum Klima, Lüftung, Heizung, BMZ	4	Mind. pro Datenanschluss eine Steckdose + Anschlüsse nach Fachplanung HKL	
Treppenhaus und Flure	Ggfls. 2 pro Accesspoint nach Ausleuchtung in den Flurbereichen	Standard	

A Private oder für die Nutzung von Schülern zugelassene mobil-Endgeräten: Max. Anzahl 30, davon gleichzeitig am Stromnetz max. 15. Bevorzugt sollen für die mobilen Geräte Multicharger / Ladestationen verwendet werden.
B Präsentationstechnik wie Beamer, digitale Tafeln, Dokumentenkamera, 1 PC, Ladeinheit für mobile städt. Geräte, insgesamt 6 Stromanschlüsse.
C Gegebenenfalls aufgerundet auf eine gerade Zahl.

Beispiel für die Ausstattung von Anschlüssen im Klassenzimmer⁷

Ableitend aus dem pädagogischen Konzept und dem Medienentwicklungsplan kann die Ausstattung der einzelnen Räume im Schulgebäude erfolgen. Die Raumgröße, die Bausubstanz und der Schultyp spielt hierbei eine Rolle.

Anzahl Anschlüsse

Raumtyp	Daten	Strom
Unterricht	10 4 vorne 4 hinten, 2 Decke Vorne: Telefon und PC Interaktiver Tafel Beamer Hinten: EDV-Administration Decke: Accesspoint	20: Anschlussmöglichkeiten Schüleranschlüsse Lehrerarbeitsplatz Stromkreise: 2 (1× Schüleranschlüsse, 1× Lehrerarbeitsplatz)

⁷ aus einem Beispiel der Stadt Nürnberg

- Für die Nutzung von Schülern zugelassene Mobil-Endgeräten: Min. Anzahl 30, davon gleichzeitig am Stromnetz max. 15
- Präsentationstechnik wie Beamer, digitale Tafel, Dokumentkamera, 1 PC, Ladeeinheit für mobile städt. Geräte

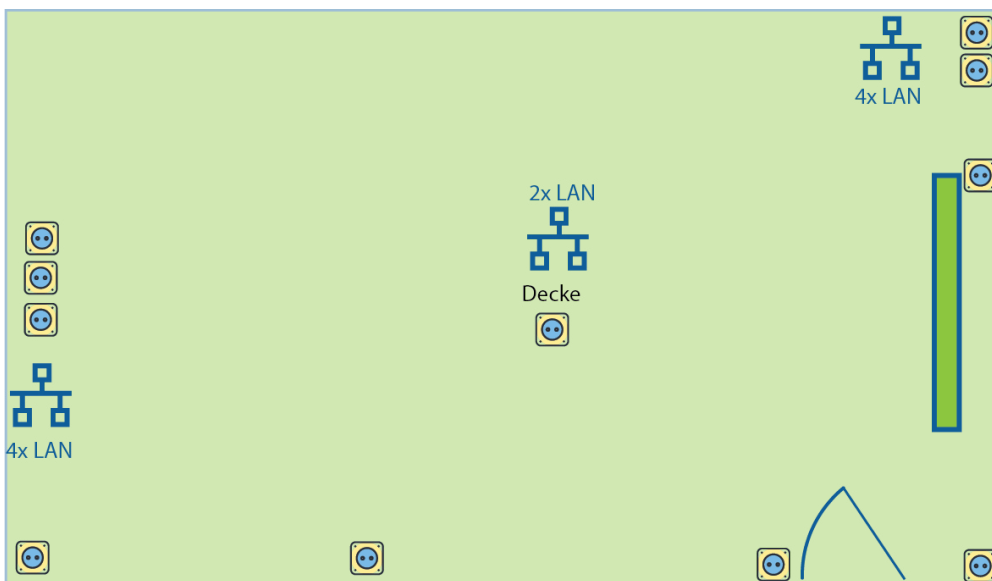


Abbildung 3: Beispiel für ein Raumausstattungskonzept inkl. Anschlüsse, Abhängig von Raumgröße und Schulkonzept

Netzstruktur

Die Planung der logischen Netzstruktur ist mit den Nutzern / Betreibern und entsprechenden Ämtern abzustimmen. Grundsätzlich ist das Datennetz in drei Strukturbereiche gegliedert:

Primär- bzw. Corebereich

stellt die gebäudeübergreifende Vernetzung zwischen Gebäuden auf einem Gelände (Campusbereich) dar. Ist nur ein Gebäude vorhanden, besteht der Primärbereich nur aus dem zentralen Hauptverteiler.

Sekundär- bzw. Distributionsbereich

umfasst die Netzverbindungen zwischen dem zentralen Hauptverteiler bzw. Gebäudehauptverteiler (GHVt) und den Bereichsverteilern (BVT). Gibt es keine Bereichsverteiler, entfällt der Sekundärbereich.

Tertiär- bzw. Accessbereich

deckt die Verbindungen zwischen den Bereichsverteilern bzw. dem Hauptverteiler (falls keine Bereichsverteiler vorhanden sind) und den Netzendpunkten (Anschlussdosen am Arbeitsplatz) ab.

Die Gebäude sind flächendeckend zu vernetzen. Vor Netzausfällen muss geschützt werden.

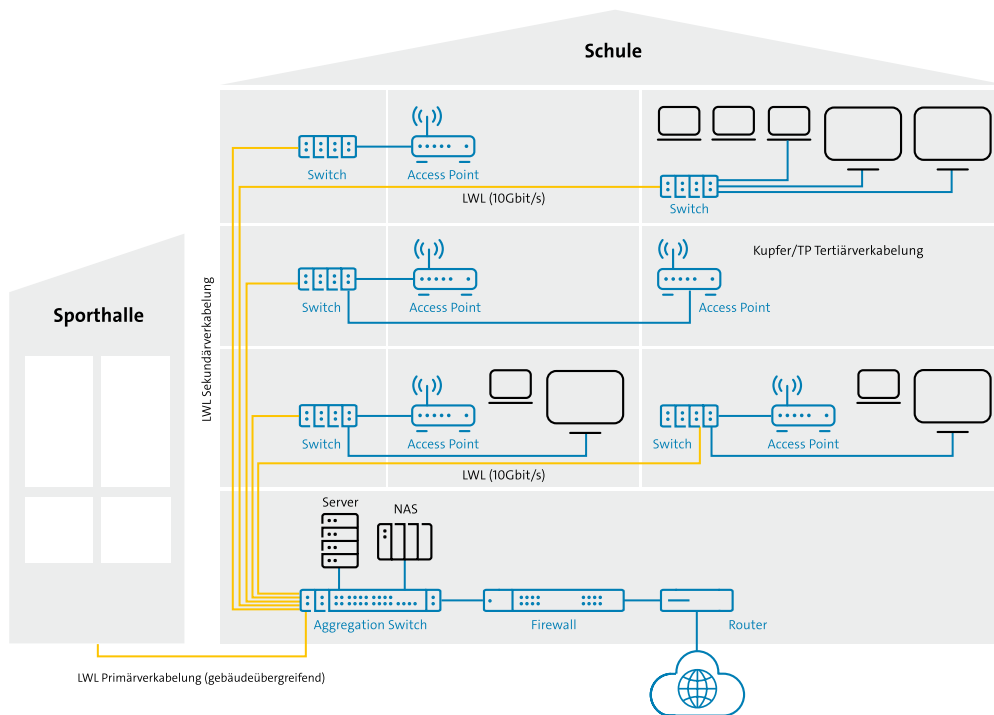


Abbildung 4: Übersicht Gebäudeinfrastruktur

CHECKLISTE: GEBÄUDEINFRASTRUKTUR



- ☐ Gibt es gemeinsame Richtlinien und ein Ausstattungskonzept für die Infrastruktur in den Schulgebäuden?
- ☐ Bietet das Raumkonzept Flexibilität und Sicherheit für die Gestaltung des Unterrichts?
- ☐ Sind etwaige Fortschritte bei der Technologie so weit wie möglich mitgedacht?
- ☐ Gibt es einen umfangreichen Plan für die nötigen Anschlüsse im Schulgebäude?
- ☐ Sind die Kosten für die Verkabelung und Stromanschlüsse mitgedacht?

4.1.2 Technische Infrastruktur

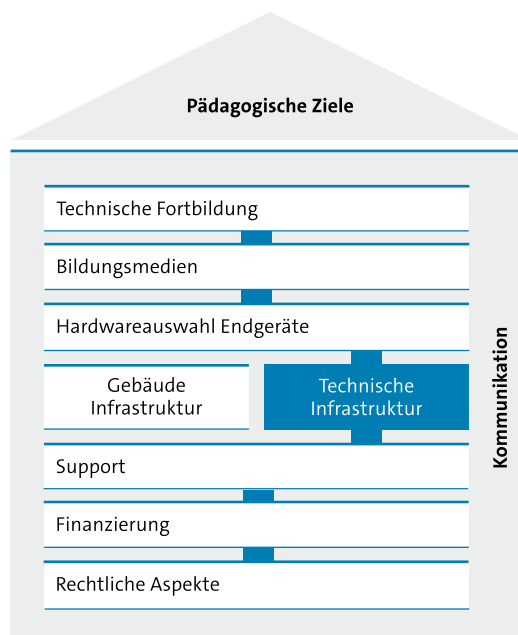


Abbildung 5: Beteiligte: Schulträger, Schulleitung, Lehrpersonen

Neben den im Eckbaustein »Gebäudeinfrastruktur« beschriebenen, passiven technischen Infrastrukturen (strukturierte Verkabelung etc.) benötigt es für die Nutzung von digitalen Inhalten im Unterricht eine professionelle aktive IT-Infrastruktur. Dazu zählen neben dem Netzwerk und den Präsentationsmedien auch ein Schulserver und /oder Cloudsystem.

Eine erfolgreich implementierte IT-Infrastruktur benötigt eine Reihe von aufeinander aufbauenden Entscheidungen und implementierten Schritten:



Abbildung 6: Implementierungsschritte

Netzwerkinfrastruktur

Netzwerkkonzept

Eine stabile, störungsfreie Netzwerkverkabelung des Gebäudes ist zwingend notwendig für den Betrieb einer erfolgreichen IT-Infrastruktur. Die Rahmenbedingungen dazu sind im Eckbaustein »Gebäudeinfrastruktur« beschrieben.

Unterschiedliche Daten und Inhalte erfordern unterschiedliche Anforderungen an die Absicherung und den Schutz der Netzwerke, in denen sie verarbeitet werden. Die Kultusministerien der Länder verlangen deshalb mindestens die Trennung von Verwaltungs- und pädagogischem Netzwerk (zumindest logisch über sog. virtuelle LANs kurz VLANs).

Darüber hinaus kann es sinnvoll sein, dass externe Geräte von Schüler und Schülerinnen sowie Lehrkräfte über ein eigenes (logisches) Netzwerk verbunden werden. Für externe Gäste, die zum Beispiel im Rahmen eines Tag der offenen Türen, als Volkshochschulklasse am späten Abend oder als Handwerker in die Schule kommen, sollte ebenfalls ein isoliertes Netzwerksegment eingerichtet werden. Intelligente und vernetzte Geräte zum Beispiel in der Haustechnik sollte in einem weiteren Segment isoliert werden. Die Medientechnik für den Schulbetrieb selbst sollte sich allerdings aus Sicherheitsgründen nicht in diesem Netz befinden, schließlich handelt es sich dabei zum Teil um Präsentationsgeräte, auf die Schüler und Lehrer ggf. Zugriff bekommen. Daher ist für Medientechnik ein weiteres Netzsegment anzulegen. Für den Management-Zugriff der Administratoren auf die Netzwerkkomponenten muss ein weiteres separates Netz genutzt werden.

So ergibt sich als Idealszenario ein Schulnetzwerk, das in mindestens sieben logische Netzwerksegmente unterteilt wird, z. B.:

- Verwaltungsnetzwerk
- Pädagogisches Netzwerk
- BYOD-Netzwerk für externe Geräte⁸
- Gastnetz
- Techniknetz für Haustechnik und andere vernetzte Geräte
- Medientechnik
- Managementnetzwerk

Geräte müssen beim Zugriff aufs Netzwerk richtig in die jeweiligen Netzsegmente eingeordnet werden. Das lässt sich dynamisch und sicher mit verschiedenen Techniken zur Netzwerkauthentifizierung realisieren. Die Trennung über viele verschiedene WLAN-SSID und fest eingerichtete LAN-Ports sind veraltete Konzepte, die keine echte Sicherheit bieten, die Leistungsfähigkeit des Funknetzes unnötig mindern und einen großen Wartungsaufwand erfordern. Weitergehende und granularere Unterscheidungen müssen nicht immer in logische Netzwerksegmente getrennt werden, sondern können auch über Nutzerrollen mit verschiedenen Rechten im gleichen Netzwerksegment abgebildet werden.

Nachfolgend sollen die Aspekte der aktiven Infrastruktur beleuchtet werden. Diese müssen sich aus den im Medienkonzept der Schule formulierten Zielen der Schule ableiten.

Die Infrastruktur muss so nachhaltig konzipiert werden, dass zukünftige Entwicklungen integriert und abgebildet werden können, wie zum Beispiel:

- Integration neuer Geräteklassen (Einführung von mobilen Endgeräten Tablets / Notebooks)
- Einführung von mobilen Endgeräten (hohe Anforderungen an das WLAN)
- Schuleigene Geräte
- BYOD Konzept (private Endgeräte)
- Skalierbarkeit (perspektivisch sollte mit mind. 2 Endgeräten pro Person im Klassenzimmer gerechnet werden, einem aktiven Arbeitsgerät wie ein Tablet oder Laptop und einem passiven, aber trotzdem im WLAN angemeldeten Privatgerät wie ein Smartphone)
- Endgeräteverwaltung: Welcher Aufwand muss geleistet werden, um zusätzliche Geräte in Betrieb zu nehmen? Ein Endgeräteverwaltungssystem (Device Management) kann hier unterstützen.

Im Medienentwicklungsplan des Schulträgers wird die Frage zum Standort der IT-Infrastruktur geklärt. Hierbei können folgende Szenarien umgesetzt werden:

- Server stehen lokal in jeder Schule. Mehrkosten können durch das Management der Server entstehen.
- Server werden in einem Rechenzentrum bereitgestellt (kommunales RZ)



⁸ Weitere Erläuterungen im Glossar.

Server-Leistung wird als Cloud-Service angemietet

Kabelgebunden

Zur Verbindung der einzelnen Endgeräte in den Klassenräumen, der WLAN-Access-Points und einzelnen Gebäuden untereinander ist die Einrichtung eines leistungsfähigen Computernetzwerks notwendig. WLAN-Access-Points sollten möglichst immer per Kabel und nicht per Meshing angebunden werden, da jede Mesh-Funkbrücke Kapazitäten im Funknetz benötigt, die dann nicht mehr für Endgeräte zur Verfügung steht.⁹ Hier muss mit einem Kapazitätsverlust von 50% je Hop gerechnet werden. Zudem kann über das Ethernet-Kabel gleichzeitig die Stromversorgung (Power-over-Ethernet, PoE) erfolgen. Die Switches müssen dafür PoE unterstützen. Zudem müssen die Switches die logische Netzwerksegmentierung über VLAN unterstützen, damit das oben diskutierte Netzwerkkonzept umgesetzt werden kann.¹⁰

Auch Netzwerke über Power-LAN (Power-Line) sind nicht für Schulszenarien geeignete Netzwerkstrukturen.

Access Switches

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Geschwindigkeit der Access-Ports	1 Gbit/s (1000 BASE-T)	Mindestanforderung	Für Endgeräte ausreichend
	2,5 Gbit/s oder 5 Gbit/s gem. IEEE 802.3 bz (Multi-Gig)	Bewertungskriterium	Für aktuelle Access-Point oder Workstations, hier können Bandbreiten größer 1 Gbit/s erreicht werden
Uplink-Ports	10 Gbit/s SFP+	Mindestanforderung	State-of-the-art
	25 Gbit/s SFP28 oder 40 Gbit/s QSFP+ oder 50 Gbit/s SFP56	Bewertungskriterium	Zukunftsfähige Verkabelung, um auch hochbandbreitige Anwendungen und Multi-Gig im Access zu unterstützen
	2 Uplink-Ports	Mindestanforderung	Verkabelung muss für Ausfallsicherheit immer redundant ausgeführt werden
	4 Uplink-Ports	Bewertungskriterium	
PoE (Power-over-Ethernet)	PoE+ gem. IEEE 802.3at	Mindestanforderung	
	PoE Class 6 gem. IEEE 802.3bt	Bewertungskriterium	Leistungsfähige aktuelle AP oder andere Geräte können mehr Leistung als über PoE+ verfügbar benötigen

⁹ Weitere Erläuterungen im Glossar.

¹⁰ Weitere Erläuterungen im Glossar.

Access Switches

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
	PoE-Budget gemäß Leistungsaufnahme der angeschlossenen Endgeräte	Mindestanforderung	Die abrufbare PoE-Leistung der Switches muss dem entsprechen, was gemäß Planung die Anzahl und Art der Endgeräte benötigen
Security	DHCP-Snooping, ARP-Protect, Rate-Limiting für BUM-Traffic und ICMP, DHCPv6-Snooping, RA-Guard, ND-Snooping, BPDU-Guard, Port-Security	Mindestanforderung	Diese Funktionen können viele mögliche Angriffe oder Fehler durch falsch konfigurierte Endgeräte abfangen
AAA (Authentication, Authorisation, Accounting) ¹¹	EAPOL nach IEEE 802.1X	Mindestanforderung	
	EAP, PEAP, EAP-TLS, EAP-TTLS, EAP-TEAP	Mindestanforderung	
	MAC-Authentifizierung	Mindestanforderung	
Management	SNMPv3, SNMPv2c	Mindestanforderung	
	SSH	Mindestanforderung	
	Telnet deaktivierbar	Mindestanforderung	
	Serielle Konsole	Mindestanforderung	
	Out-Of-Band-Management	Bewertungskriterium	
	TACACS für Admin-Login	Mindestanforderung	
Statusanzeige	LED-Leuchten für Status, Aktivität, Geschwindigkeit der Ethernet-Ports	Mindestanforderung	
Zusätzliche Funktionen	Rapid Spanning-Tree (LoopProtection) QoS (Quality of Service) bei VoIP ggf. Port-Mirroring und Protokollierung fehlerhafter Datenframes (Fehlersuche) ggf. Link Aggregation (Bündeln von Uplink-Ports für höhere Bandbreiten)	Mindestanforderung	
Support	Kostenlose Security Patches vom Hersteller 5 Jahre nach EOS	Mindestanforderung	

¹¹ Weitere Erläuterungen im Glossar.

Core-Switches in zweischichtigen Netzen oder Distribution-Switches in dreischichtigen Netzen

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Hardware-Redundanz	Redundante Netzteile	Bewertungskriterium	Mit redundanten Netzteilen wird nicht nur die Hardware des Switches gegen Ausfall gesichert, sondern es können auch verschiedene Stromkreise genutzt und damit Ausfälle in der Stromzufuhr abgesichert werden.
	Im Betrieb austauschbare (hot-swap) Lüfter	Bewertungskriterium	
	Redundante Management-Module (Chassis-Modelle)	Bewertungskriterium	
Downlink-Ports	10G SFP+	Mindestanforderung	
	25G SFP28 oder 50G SFP56 oder 40G QSFP+	Bewertungskriterium	Relevant im Falle von Access-Switches mit entsprechenden Uplink-Ports
Uplink-Ports (im Falle von dreischichtigen Architekturmodellen)	25 Gbit/s SFP28	Mindestanforderung	State-of-the-art
	40 Gbit/s QSFP+ oder 50 Gbit/s SFP56	Bewertungskriterium	Zukunftsfähige Verkabelung, um auch hochbandbreitige Anwendungen und Multi-Gig im Access zu unterstützen
	2 Uplink-Ports	Mindestanforderung	Verkabelung muss für Ausfallsicherheit immer redundant ausgeführt werden
	4 Uplink-Ports	Bewertungskriterium	
Stacking-Ports	Stacking	Bewertungskriterium	Im Rahmen einer Campus-Vernetzung
Port-Layout	alle Ports folgen Industrie-Standard	Bewertungskriterium	
Logische Redundanzen	Multi-Chassis-Linkaggregation	Mindestanforderung	
Management	SNMPv3, SNMPv2c	Mindestanforderung	
	SSH	Mindestanforderung	
	Telnet deaktivierbar	Mindestanforderung	
	Serielle Konsole	Mindestanforderung	
	API	Mindestanforderung	
	Out-Of-Band-Management	Bewertungskriterium	
	TACACS für Admin-Login	Mindestanforderung	
Statusanzeige	LED Leuchten für Status, Aktivität, Geschwindigkeit der Ethernet-Ports	Mindestanforderung	

Core-Switches in zweischichtigen Netzen oder Distribution-Switches in dreischichtigen Netzen

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Zusätzliche Funktionen	Rapid Spanning-Tree (LoopProtection) QoS (Quality of Service) bei VoIP ggf. Port-Mirroring und Protokollierung fehlerhafter Datenframes (Fehlersuche) ggf. Link Aggregation (Bündeln von Uplink-Ports für höhere Bandbreiten)	Mindestanforderung	
Montage (im Fall des Coreswitches)	Montage im 19 Zoll Rack	Mindestanforderung	
Routing (im Falle des Coreswitches)	Statisches Routing Dynamisches OSPF Routing	Mindestanforderung	
Support	Kostenlose Security Patches vom Hersteller 5 Jahre nach EOS	Mindestanforderung	

NICHT VERGESSEN: SWITCHES

- ☐ Hohe Netzwerkgeschwindigkeit (mind. 100/1000 Megabit Ethernet)
- ☐ Managebarkeit (mind. Layer2+)
 - Möglichkeit der Netzwerksegmentierung (VLAN)
- ☐ Stromversorgung von Endgeräten via PoE (z. B. 802.3at) zum Anschluss von Access-Points
- ☐ Je nach Anwendungsszenario
 - Nutzung von Glasfaserleitungen (z. B. mittels SFP-Modulen)
 - Quality of Service für bestimmte Netzwerke auf Basis von Port, VLAN oder TCP/UDP Anwendung
 - automatische Warnmeldungen zur Betriebsunterstützung

WLAN

Access-Points können verschiedene WLAN-Netzwerke aussenden (Multi-SSID). Je nach Netzwerk werden zur Nutzung unterschiedliche Anmeldeinformationen benötigt. Über die Anmeldeinformationen wird nicht nur der Zugriff aufs Netz gewährt, sondern kann gleichzeitig auch eine Einteilung in die unterschiedlichen logischen Netzwerksegmente erfolgen. So können sich schuleigene Endgeräte der Pädagogik (z. B. schuleigene Laptops oder Tablets) z. B. über ein WPA3-Passwort oder mit einem Zertifikat anmelden und bekommen so Zugriff auf Dienstleistungen im pädagogischen Netzwerk. Geräte für das BYOD-Netzwerk dagegen authentifizieren sich mit einer individuellen Benutzerkennung oder kurzzeitig über ein – für die Unterrichtssituation erstelltes – Ticket. Da die Computersicherheit der BYOD-Geräte nur schwer bis gar nicht sichergestellt werden kann, muss hier über besondere Security-Regeln nachgedacht werden. Dabei sollten aber spezielle Anwendungsfälle unbedingt beachtet werden (eine vollumfassende Isolation führt bspw. zu Problemen mit einigen drahtlosen Präsentationstechniken).

Access-Point-Positionierung

Um ein leistungsfähiges WLAN-Netzwerk zur Verfügung zu stellen, muss an allen Stellen im Gebäude, an denen mit mobilen Endgeräten gearbeitet werden soll, ein stabiler WLAN-Empfang (auch im 5 GHz Frequenzband) möglich sein. Der Empfang bemisst sich dabei nicht durch die reine Abdeckung, sondern vor allem über ein Mindestmaß an Signalqualität und damit möglicher Bandbreite. Für einen möglichst störungsfreien Betrieb wird heute in der Regel primär auf WLAN im leistungsfähigeren 5-GHz-Frequenzband gesetzt, während das 2,4-GHz-Frequenzband nur als Ergänzung anzusehen ist.

Durch die speziellen Anwendungsszenarien in der Schule kommt es immer wieder zu Lastspitzen in der Nutzung des Netzwerks (z. B. durch das gleichzeitige Schauen von Videos oder dem Abspeichern von Dateien auf einem Dateiserver). Auf der technischen Ebene teilen sich alle Endgeräte die Bandbreite eines Access-Points. Dieser Access-Point sollte daher möglichst gut mit vielen gleichzeitig aktiven Endgeräten umgehen können. Ein Indikator dafür ist das Antennenmuster, hier sollte für Klassenräume idealerweise auf 4×4:4 MU-MIMO gesetzt werden.

Durch die zuvor beschriebenen speziellen Nutzungsszenarien in der Schule wird deshalb perspektivisch in jedem Klassenraum ein Access-Point installiert werden müssen. Deshalb sollte schon jetzt in jedem Klassenraum eine RJ45-Dose zum Anschluss eines Access-Points installiert werden (vgl. dazu auch die technische Ausstattung eines Klassenraums im Eckbaustein 4: Gebäudeinfrastruktur). Um nun die nötigen Positionen für die Access-Points zu bestimmen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die unterschiedlich aufwendig in der Umsetzung sind. Als erste Möglichkeit kann eine Simulation anhand von Gebäudeplänen durchgeführt werden. Damit erhält man einen ersten Eindruck, wo Access-Points positioniert werden sollten.

In komplexeren Umgebungen (viele kleine Räume, spezielle Anforderungen) ist es empfehlenswert, eine Vor-Ort Ausleuchtung durchzuführen. Dabei ist zu beachten, dass eine Ausleuchtung stets während des Schulbetriebs durchgeführt werden muss, weil die sonst ermittelten Ergebnisse stark von der Realität abweichen können. Die Ausleuchtung sollte immer vom Vollausbau ausgehen – eine Ausleuchtung auf einen Teilausbau kann andere Ergebnisse bringen und schlussendlich mit dem optimalen Ergebnis für den Vollausbau kollidieren.



Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
WLAN-Standards	IEEE 802.11ax	Bewertungskriterium	Aktueller Standard
	MU-MIMO im Up- und Downlink und OFDMA im Up- und Downlink	Bewertungskriterium	Für Schulen mit erhöhten Anforderungen (z. B. Berufskollegs) durchaus auch als Mindestkriterium geeignet.
	WiFi-Zertifizierung für WiFi 6	Bewertungskriterium	Zertifiziert die Umsetzung des WLAN-Standards und der geprüften Interoperabilität mit Endgeräten

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Ethernet-Uplinks	1×1Gbit/s	Mindestanforderung	
	2,5Gbit/s oder 5Gbit/s	Bewertungskriterium	Aktuelle Technik lässt Bandbreiten >1Gbit/s im WLAN zu, die dann auch aufs LAN gebracht werden muss
	Mehrere Uplinks	Bewertungskriterium	Mit mehreren Schnittstellen lassen sich Daten- und Stromverbindung redundant ausführen
Stromversorgung	Externe Stromversorgung via Netzteil möglich	Mindestanforderung	
	PoE nach IEEE 802.3af, 802.3at	Mindestanforderung	
	802.3bt	Bewertungskriterium	
Modellvarianten im Portfolio	Indoor-AP	Mindestanforderung	
	Outdoor-AP	Mindestanforderung	
	Externe Antennen	Mindestanforderung	
	Interne Antennen	Mindestanforderung	
	Dual-5-GHz	Bewertungskriterium	Sinnvoll für High-Density-Umgebungen wie Aula
	5Ghz und 6Ghz	Bewertungskriterium	Neue Technologie voraussichtlich ab der zweiten Jahreshälfte 2021 (Marktverfügbarkeit)
Verschlüsselung	WPA3-Personal (SAE), WPA3-Enterprise und ältere	Mindestanforderung	
	Enhanced Open	Mindestanforderung	
AAA	EAPOL nach IEEE 802.1X	Mindestanforderung	
	EAP, PEAP, EAP-TLS, EAP-TTLS, EAP-TEAP	Mindestanforderung	
	Umleitung auf Captive Portal	Mindestanforderung	Nötig für Gästeportale
Funkmanagement	Automatische Anpassung der Kanalwahl	Mindestanforderung	Statische Konfigurationen sind aufwändig und fehleranfällig
	Automatische Anpassung der Übertragungsleistung	Bewertungskriterium	Dieses Feature überbrückt temporäre Ausfälle von einzelnen Access-Points, mit dem Ziel unterbrechungsfreien Unterricht zu gewährleisten. Voraussetzung ist eine entsprechende Planung und Ausleuchtung.
	IEEE 802.11k, IEEE 802.11r	Mindestanforderung	Standards für Roaming
	Intelligentes BandSteering mit Rücksicht auf Fähigkeiten der Endgeräte	Mindestanforderung	

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
	Loadbalancing mit Rücksicht auf Fähigkeiten der	Bewertungskriterium	
Elektromagnetische Verträglichkeit	EMV-Zertifizierung nach EN 60601-1-2	Mindestanforderung	Durch die EMV-Zertifizierung (Elektromagnetische Verträglichkeit) nach EN 60601-1-2 ist ein AccessPoint auch für den Einsatz in medizinischen Umgebungen zugelassen.
Support	Kostenlose Security Patches vom Hersteller 5 Jahre nach EOS	Mindestanforderung	
Netzwerkservices	QoS-Tagging	Mindestanforderung	Garantierte Qualität für ausgewählte Dienste wie Lern-Software, VoIP o.Ä.
	Bandbreitenlimitierung für Nutzer und Applikationen	Bewertungskriterium	Sicherstellung der Dienstqualität
	Web-Content-Filtering	Bewertungskriterium	
	Firewall mit Applikationserkennung	Bewertungskriterium	Zugriffssteuerung und QoS-Regelung direkt am AP greifen an erstmöglicher Stelle ein und ermöglichen Berücksichtigung der Anforderungen im Funkverhalten
	Proxy für mDNS-Dienste	Bewertungskriterium	Dienste wie AirPlay nutzen mDNS-basierte Service Discovery, was standardmäßig auf ein Netzwerksegment beschränkt ist, die Infrastruktur muss hier für den netzwerksegmentübergreifenden Zugriff als Proxy arbeiten
	Proxy für mDNS-Dienste mit Steuerung nach Benutzer und Benutzergruppen	Bewertungskriterium	Der Zugriff auf mDNS-basierte Dienste wie AirPlay lässt sich nicht nur global freischalten, sondern kann granular für einzelne Nutzer und Nutzergruppen freigegeben werden, sodass genau gesteuert werden kann, wer worauf Zugriff hat. Dieses Bewertungskriterium kann auch bei den technischen Kriterien zu Routern berücksichtigt werden (Erfüllung ist entweder im Bereich WLAN oder alternativ im Bereich Router sicherzustellen).

In größeren Schulen mit größeren WLAN-Netzen kann es aus Skalierungs- und Leistungsgründen notwendig sein, nicht nur Access-Points einzusetzen, sondern zusätzlich einen WLAN-Controller. Ein WLAN-Controller kann zentral die Steuerung der einzelnen Access-Point übernehmen sowie je nach Modell auch weitere Funktionen zentralisieren. Mit der zusätzlichen Performance des Controllers können so auch große Zahlen an Endgeräten problemlos verwaltet werden. Ab welcher Netzwerkgröße ein Controller empfohlen wird, kann sich je nach Netzwerkhersteller unterscheiden.

Sollte auf eine controllerbasierte Infrastruktur gesetzt werden, können gewisse Funktionen der Access-Points vom Controller übernommen werden. Die genaue Verteilung der Funktionen zwischen Controller und Access-Point unterscheidet sich je nach Netzwerkhersteller – wichtig ist, dass die Gesamtlösung weiterhin die oben genannten Anforderungen abdeckt. Zusätzlich sollte die zentrale Controller-Komponente die folgenden Punkte erfüllen:

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
AP-Management	Zentrale Konfiguration aller angeschlossener AP	Mindestanforderung	
	Zentrales Monitoring aller angeschlossener AP	Mindestanforderung	
	Zentrales Troubleshooting aller angeschlossener AP	Mindestanforderung	
	Discovery-Protokoll zur automatischen Controllereerkennung über Layer 2 und 3	Mindestanforderung	Einfacher Netzaufbau
Architektur	WLAN-Traffic als unabhängiges Overlay	Bewertungskriterium	Entkoppelung von bestehender Infrastruktur
	Zentralisierte Lizenzierung, sofern erforderlich	Bewertungskriterium	Handhabung von Lizenzen soll einfach und übersichtlich sein
Bereitstellung	Hardware-Controller	Mindestanforderung	
	Virtuelle Maschine	Bewertungskriterium	Flexible Möglichkeit zur Nutzung bestehender Serverkapazitäten
Hochverfügbarkeit	Redundanzmodelle aktiv-aktiv oder aktiv-passiv	Mindestanforderung	
Management	SNMPv3, SNMPv2c	Mindestanforderung	
	SSH	Mindestanforderung	
	Telnet deaktivierbar	Mindestanforderung	
	Serielle Konsole	Mindestanforderung	
	Out-Of-Band-Management	Bewertungskriterium	
	TACACS für Admin-Login	Mindestanforderung	
LAN	STP	Mindestanforderung	Verhinderung von Schleifen im Netzwerk
	Statisches Routing, OSPF	Mindestanforderung	Controller ist eine zentrale Komponente und muss sich in L3 integrieren
Hardware-Portfolio	Modelle mit mind. 2×SFP-Uplinks	Bewertungskriterium	
Skalierung	(abhängig von Planung)	Mindestanforderung	

NICHT VERGESSEN: WLAN

Die Technik sollte folgendes abdecken:

- ☐ Hohe Leistungsfähigkeit (z. B. 802.11ax)
- ☐ Dualbandfähig (2,4 GHz und 5 GHz)
- ☐ DFS-Kanäle im 5 GHz Band für insgesamt höhere Leistungsfähigkeit
- ☐ Möglichkeit für mehrere WLAN-Netzwerke über ein Gerät (Multi SSID)
- ☐ Verschlüsselung nach WPA3-PSK und WPA3-Enterprise (802.1X)
- ☐ Zentrale Verwaltungsmöglichkeit
- ☐ Je nach Anwendungsszenario:
- ☐ Roaming (z. B. bei VoIP über WLAN oder anderen Fällen, wo eine unterbrechungsfreie Verbindung beim Wandern durch die Schule benötigt wird)

Router

Router sind die Peripherie-Komponenten vom Internet ins interne Netz. Diese werden oft direkt vom Internetprovider gestellt. Im Schulumfeld sollte das Auswahlkriterium für Router auf Sicherheit, Vertrauenswürdigkeit und Datenschutz liegen.

Highspeed-Internet und Load Balancing

Im Zuge der Digitalisierung von Schulen steigt das Datenaufkommen aus dem und in das Internet und somit die erforderliche Bandbreite. Für die Unterstützung eines am jeweiligen Schulstandort verfügbaren Highspeed-Internetzugangs ist ein leistungsstarker Router die notwendige Voraussetzung. Dabei sollte zwingend auf zukunftsfähige Komponenten gesetzt werden. Sollte die Bandbreite eines einzigen Internetanschlusses nicht ausreichen, so muss der Router mehrere Internetanschlüsse simultan unterstützen, um beispielsweise Anwendungen mit hohem Datenaufkommen über die jeweils bestmögliche Leitung zu routen (Load Balancing).¹² Zusätzlich sorgt die Nutzung mehrerer paralleler Internetanschlüsse für hohe Ausfallsicherheit. Alternativ kann sich der Einsatz eines Mobilfunkrouters für ein Internet-Backup über 4G oder 5G.

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Unterstützung von Highspeed-Internetanschlüssen	ADSL, VDSL, Vectoring, Supervec-toring, G.fast, Glasfaser, LTE / 4G, 5G, Ethernet	Mindestanforderung	Flexible Nutzung der am Standort vorhandenen Internetanschlüsse
Unterstützung von Load Balancing	Mehrere Internetleitungen können parallel über ein Gerät genutzt werden, Mobilfunk-Backup bei Ausfall der kabelgebundenen Internetleitung	Bewertungskriterium	Erhöhung der Bandbreite, Ausfallsicherheit

¹² Weitere Erläuterungen im Glossar.

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Unterstützung von VPN-Technologie	IKEv2-IPSec-VPN (Empfehlung: IPSec-Schlüsselaustausch über Preshared Key oder Zertifikate (RSA-, Digital-Signature), AES / AES-GCM mit 256 Bit und SHA256 Hashes)	Bewertungskriterium	Sichere Anbindung externer Dienstleister, Anbindung an ein Rechenzentrum, Homeschooling
Unterstützung von Netzwerksegmentierung (mindestens logisch, ggfs. physikalisch)	Mindestens drei (besser vier) Teilnetzwerke, Unterstützung von Multi-WAN	Mindestanforderung	Für die Trennung von Verwaltungsnetzwerk, pädagogischem Netzwerk und Gäste-Netzwerk
Gigabit Ethernet-Ports	Mindestens 4 GE-Ports zur physikalischen Netztrennung und zusätzlich Anbindung an das lokale Netzwerk	Bewertungskriterium	Für die physikalische Trennung von Verwaltungsnetzwerk, pädagogischem Netzwerk und Gäste-Netzwerk
Regelmäßige Software-Updates inkl. neuer Sicherheitstechnologien	Bereitstellung Major-Releases mit neuen Features und Release Updates mit allgemeinen Verbesserungen und Bugfixes, kritische Security-Fixes (Security-Updates) auf Basis der letzten verfügbaren Software-Version, Hersteller-Support, auch nach Abkündigung des Routers	Mindestkriterium	Höchste Investitionssicherheit, langfristiger Schutz durch Security-Updates
Integrierte Stateful Inspection Firewall	Brute Force Passwortschutz, Alarmierungsmöglichkeiten z. B. via E-Mail oder SYSLOG, ACL für LAN / WAN, Intrusion Prevention, TACACS+ / RADIUS inkl. IPv6	Bewertungskriterium	Sollte keine dedizierte Firewall zum Einsatz kommen, sollten mindestens die Sicherheitsfunktionen des Routers zum genutzt werden
Unterstützte Protokolle	ARP, DHCP, DNS, ICMP RADIUS, LLDP, SNMPv3, RIP, VRRP, RIPv2, BGPv4, OSPFv2, PPPoE, GRE	Mindestanforderung	Höchste Interoperabilität in heterogenen Netzwerken und verschiedenen Anschlussarten
Unterstützung von IPv4-IPv6-Dual-Stack	6to4, 6in4, 6rd (statisch und über DHCP), Dual Stack Lite (IPv4-in-IPv6-Tunnel)	Mindestanforderung	Der Router kann wahlweise in reinen IPv4-, reinen IPv6- oder in gemischten Netzwerken eingesetzt werden
Netzwerkservices	Proxy für mDNS-Dienste mit Steuerung nach Benutzer und Benutzergruppen	Bewertungskriterium	Der Zugriff auf mDNS-basierte Dienste wie AirPlay lässt sich nicht nur global freischalten, sondern kann granular für einzelne Nutzer und Nutzergruppen freigegeben werden, sodass genau gesteuert werden kann, wer worauf Zugriff hat. Dieses Bewertungskriterium kann auch bei den technischen Kriterien zu WLAN berücksichtigt werden (Erfüllung ist entweder im Bereich WLAN oder alternativ im Bereich Router sicherzustellen).

Standortvernetzung

Verschiedene Standorte einer Schule oder eines Schulträgers werden mit Hilfe von VPN Tunneln miteinander verbunden. Diese sichern den privaten Netzwerkverkehr zwischen den Standorten und möglichen privaten Diensten in der Cloud ab.

Die VPN Tunnel können über eine Router Infrastruktur mit einem VPN-Konzentrator, oder auch von Router zu Router aufgebaut werden. Hier werden die Router direkt oder durch ein Management System konfiguriert. Die Routenwahl erfolgt lokal im jeweiligen Router.

Alternativ können Technologien wie SD-WAN (Software defined – wide area networks) genutzt werden. Hier werden die SD-WAN Endpunkte zentral über eine Cloud Infrastruktur verwaltet. Diese steuert sowohl den Verkehr zwischen den VPN Endpunkten sowie die Wege Wahl über die verschiedenen Provider, welche die Schulen / Schulträger nutzen können, um die benötigte Bandbreite zu realisieren.

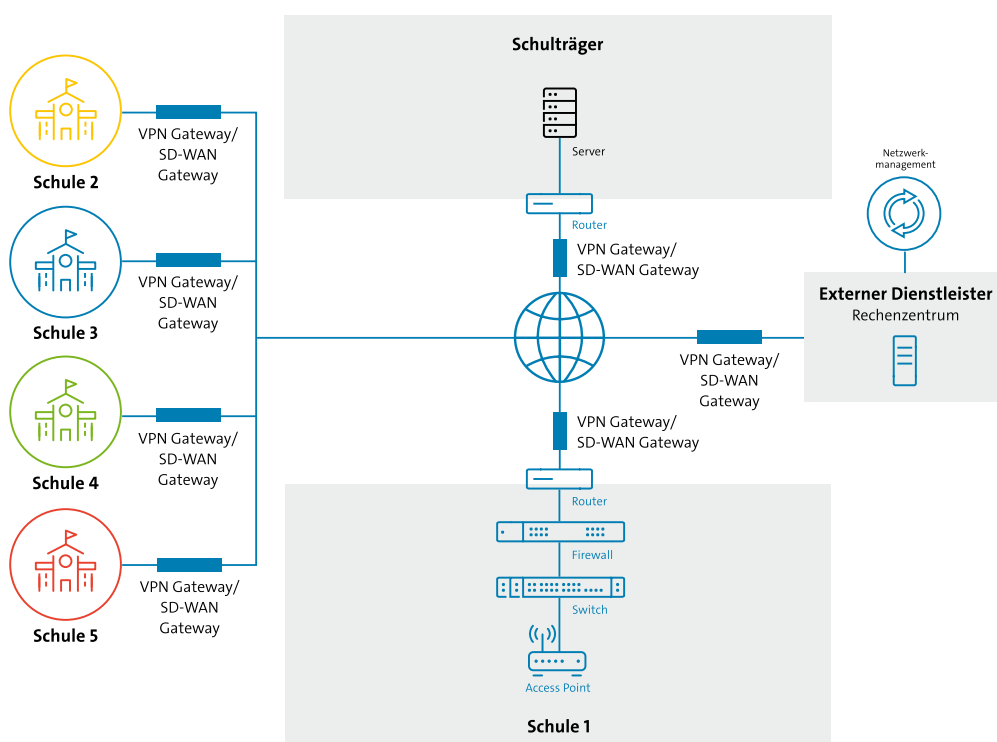


Abbildung 7: Standortvernetzung

4.1.3 Infrastruktursicherheit (Security und Datenschutz)

Das Netzwerk einer Schule ist ein schützenswerter Raum. Daher sollte sowohl bei der Funktionsweise als auch bei der Auswahl des Herstellers auf Sicherheitsaspekte geachtet werden.

Infrastruktursicherheit ist die Basis für die Schul-IT. Aufbauend darauf stellt Kapitel 3.4 die Sicherheitsfeatures der Endgeräte dar.

Folgende Sicherheitsfunktionalitäten sollten innerhalb des Schulnetzes gegeben sein. Dabei kann die Erbringung dieser Funktionalitäten durch unterschiedliche Komponenten erfolgen:

VPN

Zur sicheren Anbindung außerschulischer Lernorte, externer Dienstleister oder an ein Rechenzentrum über das Internet müssen die Geräte die VPN-Verschlüsselungstechnologie unterstützen. Die bei vielen Endgeräten und Gegenstellen verbreitete und hochsichere Technologie IPSec-VPN (nach dem aktuellen Standard IKEv2) ermöglicht die komfortable und flexible Anbindung externer Netzwerk-User oder ganzer Standorte und Dienstleister.

Netzwerksegmentierung

Wie im Abschnitt zum Netzwerkkonzept beschrieben werden Netzwerke in unterschiedliche Segmente eingeteilt, um jeweils eigene Anforderungen und Sicherheitsrichtlinien anwenden zu können. Eine solche Segmentierung wird klassisch über sogenannte Virtuelle LAN (VLAN) realisiert. Für manche Netzwerksegmente wie bei der Trennung zwischen Pädagogik und Verwaltung sind VLAN zum Teil zwingend vorgeschrieben.

Für die Benutzer ist ein Wechsel von Netzwerksegmenten in einem rein VLAN-basierten Ansatz mit einer Neuverbindung verbunden. Moderne Ansätze zur Netzwerksegmentierung setzen anstelle von zahlreichen VLAN auf wenige, notwendige VLAN und ergänzen diese um wesentlich flexiblere Benutzerrollen. So können zum Beispiel innerhalb des Pädagogiknetzes Schüler und Lehrer als verschiedene Benutzerrollen unterschieden werden, bei Bedarf aber auch Ober- und Unterstufe oder auch einzelne Klassen. Die einem Benutzer zugewiesene Rolle kann je nach Bedarf einfach gewechselt werden, zum Beispiel wenn ein Schüler im Rahmen einer Informatik-AG weitergehende Zugriffe bekommen soll.

Die für die jeweiligen Netzwerksegmente definierten Anforderungen und Sicherheitsrichtlinien können entweder dezentral direkt am Zugangspunkt zum Netz oder zentral über eine Firewall durchgesetzt. Je nach Lösung lassen sich an diesen Stellen sowohl Zugriffe innerhalb eines Segments steuern wie die Zugriffe auf andere Segmente. Je nach Ansatz kann entweder jedes VLAN oder jede Benutzerrolle ein eigenes Netzwerksegment darstellen.

Anti Spam, Anti Virus

Anti Spam und Anti Virus Anwendungen garantieren beispielsweise die E-Mail Sicherheit im Verwaltungsnetz. Dadurch wird sowohl die genutzte Infrastruktur langfristig geschützt, als auch die kurzfristige Arbeitsfähigkeit sichergestellt. Hierbei basieren moderne Lösungen auf einem zweistufigen Ansatz und prüfen möglicherweise gefährliche Dateien zunächst lokal (beispielsweise auf einer Firewall) und im zweiten Schritt via Sandboxing in der Cloud. Beim Sandboxing wird eine verdächtige Datei präventiv in einer abgeschotteten Umgebung ausgeführt, um mögliche Angriffe zu bewerten. Unter anderem durch Machine Learning wird die Aktualität der einzelnen Sicherheitsmechanismen gewährleistet.¹³

Anti Malware, Intrusion Detection / Prevention

Komplexere Cyberangriffe lassen sich durch die Analyse von typischen Angriffsmustern mit einem Intrusion Detection und Prevention System erkennen und abwehren.¹⁴ Kombiniert mit einer Anti Malware Funktion wird sowohl das Verwaltungsnetz, als auch das pädagogische Netz, bzw. ein BYOD-Ansatz effektiv geschützt.

Wireless Intrusion Detection System

Neben softwarebasierten Angriffen kann eine Netzwerkinfrastruktur auch grundlegenden hardwarebasierten Attacken ausgesetzt sein. Dies gilt insbesondere für WLAN-Netze, da sich Funksignale leicht auch über größere Distanzen verbreiten können und es im Gegensatz zum kabelgebundenen Netz keine klare Abgrenzung des Netzes zur Außenwelt gibt. Störquellen können daher relativ einfach das Funknetz beeinflussen. Störquellen können dabei schon ganz einfach andere Geräte wie Mikrowellen sein, die bei Betrieb leider Interferenzen auf den gleichen Funkfrequenzen wie WLAN erzeugen. Es kann sich aber auch um böswillige Angreifer handeln, die ein WLAN-Netzwerk gezielt lahmlegen oder schlimmstenfalls ein WLAN-Netzwerk imitieren, um Daten der Endgeräte abzugreifen.

Daher ist es sinnvoll, bei der Auswahl einer WLAN-Lösung auch darauf zu achten, dass diese solche Störquellen erkennen, lokalisieren und bestenfalls meiden kann. Die Funktionen zur Erkennung böswilliger Angreifer fallen in den Bereich des Wireless Intrusion Detection and Prevention. Neben der Erkennung von Störquellen können die Access-Points damit typische Angriffsmuster erkennen, mit denen die Funkkommunikation gestört werden kann. Zusätzlich kann ein Spektrum-Monitoring und intelligente Kanalwahl helfen, nicht böswillige Interferenzen zu erkennen und zu meiden.

¹³ Weitere Erläuterungen im Glossar.

¹⁴ Weitere Erläuterungen im Glossar.

Contentfilter und Applikationserkennung [Jugendschutzfilterfunktionalität]

Durch einen Applikationsfilter auf Layer-7 lassen sich einzelne Anwendungen, wie beispielsweise Social Media- und Streaming-Angebote im Schulnetz blocken. Auch ein Bandbreitenmanagement auf Applikationsebene ist möglich, so dass für den Unterricht oder das Verwaltungsnetzwerk essentielle Anwendungen priorisiert werden und deren Verfügbarkeit sichergestellt werden kann. Für das Schülernetz insbesondere bei BYOD ist ein Jugendschutzfilter nötig. Idealerweise mit einer von Lehrer kontrollierten Überschreibfunktion, falls für den Unterricht Inhalte sinnvoll sind, die üblicherweise gesperrt sind.

Neben einer Implementierung dieser essentiellen Sicherheitsfunktionalitäten im Netz sollte auch bei der Auswahl des Herstellers auf Sicherheitsaspekte geachtet werden. Folgende Dinge sollte der Hersteller implementiert haben:

DSGVO

Die Datenschutzgrundverordnung kommt in Netzwerken dann zum Tragen, wenn vom Netzwerk zu erbringende Dienste personenbezogene Daten verarbeiten (bspw. MAC-Adressen, IP-Adressen, Login-Informationen, Informationen über Dienste-Nutzung, E-Mail-Adressen o. Ä.). Dies ist z. B. bei Content Filtern oder Netzwerkzugangskontrolle der Fall und beim Netzwerkmanagement über Cloud-Systeme. Es dürfen daher nur solche Lösungen zum Einsatz kommen, deren Hersteller die DSGVO-konforme Nutzung ermöglichen.

Werden personenbezogene Daten extern verarbeitet (bspw. von einem Systemhaus oder Cloud-Dienst), sind Träger und Schulen verpflichtet, hierüber einen Auftragsverarbeitungsvertrag (AVV) abzuschließen und dafür Sorge zu tragen, dass die Umsetzung im Netzwerk allen DSGVO-Vorgaben entspricht. Bei Unklarheiten wird die Durchführung einer Datenschutz-Folgenabschätzung empfohlen. Die konkrete Umsetzung liegt in der Verantwortung des Datenschutzbeauftragten.

Common Criteria / BSI Zertifizierung

Die Common Criteria oder auch BSI Zertifizierung stellt sicher, dass die Netzwerkkomponenten den geprüften Sicherheitsstandart erfüllen und damit nachvollziehbar zur sicheren Infrastruktur beitragen. Die Common Criteria Zertifizierung sollte für möglichst viele Komponenten vorliegen und aktuellen Datums sein.

Prozesse zur Erkennung und Behebung von Sicherheitslücken

Keine Software ist fehlerfrei, deswegen ist es umso wichtiger, dass jeder Hersteller organisatorische Prozesse implementiert hat, welche die jeweilige Lösung vor Veröffentlichung auf Schwachstellen überprüft und diese dann behebt. Wenn Schwachstellen nach Veröffentlichung von Dritten gefunden werden, gibt es die Möglichkeit diese an den Hersteller zu melden. Der Her-

steller muss hier für ein Critical Incident Response Team (CIRT) bereitstellen. Das CIRT muss diese bearbeiten und entsprechend seiner eigenen Vorgaben beheben.

Support Organisation

Der Hersteller sollte über eine eigene Service & Support Organisation verfügen. Nur so kann sichergestellt werden, dass ein Austausch von Produkten im Hardware Fehlerfalle erfolgt oder auch Software Updates zur Verfügung gestellt werden. Beides ist für einen möglichst langen, voll funktionalen Einsatz für Netzwerkprodukte wichtig.

Der Hersteller sollte unterschiedliche Servicelevel anbieten, die für den Bedarfsfall kurze Reaktionszeiten sicherstellen.

Netzwerkzugangskontrolle

Um die eingangs beschriebene Netzwerksegmentierung und differenzierte Zugriffsrechte durchsetzen zu können, braucht ein Netzwerk eine Zugangskontrolle. Grundsätzlich sollten alle Access-Points und Switches keinen direkten Zugriff aufs Netzwerk ermöglichen, sondern diesen erst nach einer Anmeldung gewähren. Im Rahmen einer solchen Netzwerkanmeldung wird die Identität eines Geräts oder Benutzers geprüft und basierend darauf die zutreffenden Zugriffe gewährt werden.

An der Realisierung eines solchen sicheren Netzwerkzugangs sind mehrere Komponenten beteiligt: Das Netzwerkgerät, also der Access-Point oder Switch, blockiert eingangs den Netzwerkzugriff und fordert die Endgeräte zur Anmeldung auf. Die notwendigen Funktionen dafür sind in den oben genannten Anforderungen bereits berücksichtigt. Als Anmeldedaten für das Netzwerk können die ohnehin im schulischen Identitätsmanagement (vgl. folgende Kapitel) hinterlegten Zugänge genutzt werden. Als Vermittler zwischen Netzwerkgeräten und dem schulischen Identitätsmanagement ist ein System zur Netzwerkzugangskontrolle (Network Access Control, NAC) nötig.

Das NAC-System nimmt Anmeldeversuche entgegen und wertet diese aus. Im Zuge dieser Auswertung kann zum einen geprüft werden, ob die vorgegebene Nutzer- oder Geräteidentität tatsächlich existiert. Dazu kann das NAC-System vorhandene Systeme wie das schulische Identitätsmanagement abfragen. Zum anderen kann es neben der reinen Prüfung auch weitere Informationen abrufen, die Rückschlüsse auf die Zugriffsrechte dieser Identität zulassen. Dazu können zum Beispiel die Position (Schüler, Lehrer, Direktor, Sekretariat etc.) oder die Klassenzugehörigkeit gehören, die ebenfalls im Identitätsmanagement hinterlegt sind, oder ein Gerätetyp (Drucker, Telefon, Apple-TV), der sich bereits an den Gerätedetails in der Anmeldung erkennen lässt. Weiter Informationsquellen für ein NAC-System können ein MDM-System (vgl. folgende Kapitel) sein, das Informationen über ein Endgerät bereitstellt. Aus den vorliegenden Informationen werden dann über ein Regelwerk die Zugriffsrechte für das jeweilige Gerät abgeleitet.

Die Umsetzung dieser Zugriffsrechte obliegt dann wieder den Netzwerkkomponenten wie Access-Points oder Switches. Im einfachsten Fall wird lediglich ein bestimmtes Netzwerksegment zugewiesen. In weitergehenden Konzepten werden Rollen zugewiesen, die neben der Zuteilung eines Netzwerksegments noch weitere Einstellungen für den Netzwerkzugriff wie Firewall-Regeln kapseln können. Integriert werden können zudem auch MDM-Systeme und dedizierte Firewalls. Das NAC-System teilt Informationen dann nicht nur mit dem Access-Point oder Switch, sondern auch mit diesen Netzwerkkomponenten, sodass wirklich alle Teilsysteme des Netzes bei der Umsetzung der Zugriffsrechte mitwirken.

Nur mit einem solchen Konzept zur Netzwerkzugangskontrolle lassen sich sichere Netze realisieren. Alte Konzepte, bei denen Switch-Ports für bestimmte Zwecke reserviert sind oder bei denen für jedes Netzwerksegment eine eigene WLAN-SSID mit Pre-Shared Key ausgestrahlt wird, stellen zwar eine Segmentierung bereit, aber kontrollieren diese nicht. Ohne Kontrolle ist die Segmentierung wertlos, da böswillige oder leichtfertige Benutzer sie einfach umgehen können: Am Switch reicht es, sich einfach in einen anderen, für andere Zwecke reservierten Port umzustecken. Im WLAN führen viele ausgestrahlte SSID zu erheblichen Performanceeinbußen, zudem sind allgemeingültige Pre-Shared Keys meistens nicht allzu lange geheim. In beiden Fällen kann der Netzbetreiber zudem nicht nachvollziehen, welche Benutzer und welche Geräte sich im Netzwerk befinden und ob sie sich auch in den richtigen Netzwerksegmenten bewegen, da keinerlei Authentifizierung erfolgt.

Mit einer Zugangskontrolle, die eine Anmeldung am Netzwerk erzwingt, wird hingegen sichergestellt, dass nur berechnete Geräte und Benutzer Zugriff erhalten. Zusätzlich gewinnt der Netzbetreiber Visibilität und Nachvollziehbarkeit, da Geräte und Benutzer im Rahmen der Anmeldung identifiziert werden. Auf der administrativen Ebene erleichtert eine Netzwerkzugangskontrolle zudem die Arbeit der Netzwerkadministratoren: Da Zugriffsrechte und Netzwerksegmente auf Basis der Anmeldung jedes Mal dynamisch zugeteilt werden, entfällt der Aufwand für die statische Konfiguration von Switch-Ports, der früher beim Umstecken von Geräten ggf. nötig war. Im WLAN können mehrere Netzwerksegmente über lediglich eine SSID bereitgestellt werden, was die Leistungsfähigkeit des Netzes erhöht.

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Interoperabilität	RADIUS nach RFC 2865, 2866	Mindestanforderung	Standard für AAA
	RADIUS CoA nach RFC 3576	Mindestanforderung	Ergänzung zu RADIUS um proaktive Rollenänderung
	Einbindung herstellerspezifischer RADIUS-Dictionaries	Mindestanforderung	

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Integrationen	AD und andere Verzeichnisdienste via LDAP als Authentifizierungsquelle	Mindestanforderung	
	Möglichkeit zur Einbindung der Firewall	Mindestanforderung, sofern marktübliche Firewall-Lösung im Einsatz ist	
	Möglichkeit zur Einbindung der IDM-Lösung	Mindestanforderung, sofern marktübliche IDM-Lösung im Einsatz ist	
	Möglichkeit zur Einbindung des MDM-Systems	Mindestanforderung, sofern marktübliche MDM-Lösung im Einsatz ist	
Authentifizierungsprotokolle	EAP, PEAP, EAP-TLS, EAP-TTLS, EAP-TEAP	Mindestanforderung	
Geräteerkennung	Fingerprinting	Bewertungskriterium	
Gäste-Funktionen	Gästeportale mit freier Gestaltung	Mindestanforderung	
	MAC-Caching	Mindestanforderung	
	Workflows für Registrierung, Voucher, Sponsoring	Mindestanforderung	
Schnittstellen	Es müssen Kommunikations-schnittstellen (API) vorhanden sein.	Mindestanforderung	

NICHT VERGESSEN: SECURITY FUNKTIONALITÄTEN

(Je nach Szenario)

- ☐ Netzwerksegmentierung
- ☐ Jugendschutzfilterung (bei BYOD unabhängig vom eingesetzten Endgerät und der Softwareversion / ohne Installationsanforderungen)
- ☐ Malware-Schutz
- ☐ Bandbreitenregulierung
- ☐ Unterstützung und Bündelung mehrerer Internetanschlüsse

CHECKLISTE: NETZWERKTECHNIK

- ☐ Wer soll mit welchen Geräten das Schulnetzwerk verwenden?
→ Definition logischer Netzwerke (wie viele Geräte, welches Gerät in welchem Netzwerk, Zugangsbeschränkungen, wie geschieht ggfs. die Freischaltung, Bandbreitenbeschränkungen)
- ☐ Welche Dienste (Dateiablage, MDM, Beamer etc.) sollen von welchem Endgerät (schuleigen, BYOD) nutzbar sein?
- ☐ Wie sehen die baulichen Begebenheiten (siehe Checkliste Gebäudeinfrastruktur) vor Ort aus?
- ☐ Sind alle baulichen Voraussetzungen vorhanden?
- ☐ An welchen Stellen müssen Switches für die Unterverteilung installiert werden?
- ☐ Wer führt die Konfiguration der Netzwerkhardware durch?
- ☐ Ist die Netzwerkhardware konform mit europäischem Datenschutz (ist der Hersteller z. B. zum Einbau von Backdoors verpflichtet?)

4.1.4 Netzwerkmanagement

Die Verwaltung (Management) der einzelnen Netzwerkinfrastrukturkomponenten kann aufwändig sein und viel Zeit in Anspruch nehmen. Daher sollte mit jedem Netzwerk ein Netzwerkmanagementsystem (NMS) aufgesetzt werden.¹⁵ Ein NMS stellt für die Netzwerkadministratoren eine zentrale Oberfläche zur Verfügung, über die der Status des Gesamtnetzwerks und der Einzelkomponenten eingesehen und überwacht werden kann. Dabei werden LAN, WLAN und bestenfalls auch WAN gemeinsam und übergreifend betrachtet. Zudem bietet ein NMS die Möglichkeit, Konfigurationsänderungen und Softwareupdates für die Netzwerkkomponenten zentral zu veranlassen.

Ein NMS deckt im Idealfall nicht nur einzelne Schulen, sondern alle Einrichtungen eines Trägers ab. Um verschiedenen Nutzergruppen auch Zugriff auf nur einzelne Funktionen und / oder Einrichtungen zu geben, sollte das NMS ein System zum rollenbasierten Zugriff beinhalten.

Für die Bereitstellung eines NMS gibt es diese Optionen:

- On-Premise-Installation in den einzelnen Einrichtungen – dann umfasst das NMS aber auch nur den jeweiligen Standort
- Zentralisierte Installation im eigenen Rechenzentrum des Trägers – das Managementnetz der einzelnen Standorte muss direkt aus dem Rechenzentrum erreichbar gemacht werden.
- Bezug als SaaS-Lösung – einfachste Option, da hier nur ein Internetzugang je Standort benötigt wird.
- Reiner Monitoring-Zugang wird im Rahmen eines Managed Services vom Dienstleister bereitgestellt – die Frage nach der Art der Bereitstellung wird dann outsourct.

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Geräteunterstützung	WLAN- und LAN-Hardware	Mindestanforderung	
	Router und Firewall	Bewertungskriterium	
Monitoring	Geräte mit Status und Auslastung	Mindestanforderung	
	Endgeräte mit Verbindungsstatus	Mindestanforderung	
	Bandbreiten	Mindestanforderung	
	Anwendungserkennung	Mindestanforderung	
	Aggregierter Überblick über Standorte oder Gruppen	Mindestanforderung	
Troubleshooting	Zentrale Übersicht über Fehler und Alarme	Mindestanforderung	
	Statistiken zur geräteübergreifenden Verbindungsqualität der Endgeräte	Mindestanforderung	
	Automatische Problemerkennung mit Diagnose und Lösungsvorschlag	Bewertungskriterium	

¹⁵ Weitere Erläuterungen im Glossar.

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Management	Zugriff auf alle Konfigurationsmöglichkeiten der Geräte	Mindestanforderung	
	Gleichzeitige Konfiguration für Gerätegruppen	Mindestanforderung	
Schnittstellen	Dokumentierte RESTful API mit Zugriff auf Reporting, Monitoring und Konfigurationseinstellungen	Mindestanforderung	Integration in andere Systeme

5 Beschaffung von Präsentations-technologie

Unter dem Schlagwort »digitale Tafel« werden oft umgangssprachlich alle Lösungen für den Unterricht/Klassenraum zusammengefasst die sich elektronisch mit Inhalten nutzen lassen. Aktuelle Studien zeigen, dass Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz von digitalen Tafeln besser motiviert und auch positivere Lernergebnisse erzielen können. Dies gilt besonders in der Grundschule. Bei Grundschulern ist die Augen-Hand-Koordination den Lehrkräften sehr wichtig. Es ist unumstritten, dass bei der Integration von neuen »digitalen« Lösungen bewährte und erprobte didaktische Methoden erhalten bleiben müssen.

So sind die Lösungen, auch vor dem Hintergrund der jeweiligen Nutzung, differenziert zu betrachten.

Die digitalen Tafeln haben, je nach Hersteller unterschiedliche Größen, die von 48 Zoll bis zu 105 Zoll reichen. Die Bildschirmdiagonale eines 89 Zoll Displays liegt bei ca. 2,26 m (b 200 cm × h 120 cm). Die Standardgröße liegt derzeit bei 85 bis zu 100 Zoll.

Die Dateneingabe an der digitalen Tafel kann aber auch direkt am Computer / Laptop oder über ein Tablet oder einen Tablet-PC erfolgen. Das touchfähige Gerät funktioniert dann, vereinfacht gesagt, wie ein interaktives Whiteboard im Mini-Format. Es ermöglicht den Lehrkräften sich im Raum frei zu bewegen und mit der Tafel zu interagieren, ohne davor stehen zu müssen.

Es ersetzt somit das interaktive Whiteboard als Eingabefläche. Vorteil gegenüber der Eingabe mit der Maus am PC ist, dass das touchfähige Gerät frei bewegbar ist.

Auf den Bildungsmarkt spezialisierte Hersteller liefern mit den Anzeigesystemen eine sogenannte Boardsoftware als Tafelbild- und Unterrichtssoftware, die nicht nur eine ortsunabhängige Unterrichtsvor- und -nachbereitung erlaubt, sondern auch unterrichtsrelevante Werkzeuge bereitstellt. Eine solche Software bietet eine Vielzahl von Interaktionsmöglichkeiten, die speziell für den pädagogischen Bedarf entwickelt wurden. Die Seiten- und Animationsinhalte lassen sich speichern und jederzeit im Unterricht wieder aufrufen und bearbeiten. Zum Darstellen und Teilen von Informationen können als Alternative zu einer Tafelbild- und Unterrichtssoftware je nach Anforderungsprofil auch Basis-Applikationen zum Einsatz kommen.

5.1 Unterrichtssituationen

Unterrichtssituation	Beschreibung	Wichtige Spezifikationen	+	-
Mobiler Einsatz	Lehrende übernehmen die Technik an zentralen Orten innerhalb der Schule. Ansteuerung per Kabel als auch Kabellos	▪ Gewicht ▪ Farbhelligkeit ▪ Auflösung ▪ Anschlussmöglichkeiten ▪ Bedienbarkeit	▪ Starke Bedarfsorientierung ▪ hohe Flexibilität der Einsatzorte ▪ Einfache Bedienung	▪ Projektionsfläche vorhanden? ▪ Beschallung erforderlich? ▪ Zeitbedarf für Auf- und Abbau? ▪ Management »wer hat das Gerät wann?«
Stationär an der Decke montiert	Das Gerät ist fest an der Decke verschraubt. Alle Peripheriegeräte sind dauerhaft festmontiert. Klare Verfügbarkeit im Unterrichtsraum, vertraute immer gleiche Bedienung. Ansteuerung per Kabel als auch kabellos. Das System steht dem Lehrenden parallel zu der bekannten Tafelanlage zur Verfügung.	▪ Farbhelligkeit ▪ Auflösung ▪ Seitenverhältnis des Bildes zum Abstand ▪ Lichtquelle ▪ Anschlussmöglichkeiten ▪ Bedienbarkeit	▪ Hohe Stabilität ▪ geringe Kosten ▪ Einfache Bedienung ▪ Wichtig bei Renovierung von bestehenden Installationen ▪ Interaktivität ist auf der Nutzerseite möglich ▪ Geräte können im Netz administriert werden	▪ Lehrende stehen evtl. im Licht ▪ Ggf. Ungünstige Raumgestaltung (Fenster / Schränke etc. im Weg) ▪ Keine Interaktivität auf der Anzeigefläche ▪ V. a. bei älteren Schulgebäuden sind bei Deckenmontagen zunächst ggf. die statischen Voraussetzungen zu prüfen.
Stationär an der Wand montiert	Das Gerät ist fest an der Wand verschraubt. Alle Peripheriegeräte sind dauerhaft festmontiert. Klare Verfügbarkeit im Unterrichtsraum, vertraute immer gleiche Bedienung. Ansteuerung per Kabel als auch kabellos. Das System steht dem Lehrenden parallel zu der bekannten Tafelanlage zur Verfügung.	▪ Farbhelligkeit ▪ Auflösung ▪ Lichtquelle ▪ Anschlussmöglichkeiten ▪ Bedienbarkeit	▪ Lehrende stehen nicht im Licht. (Projektionslösung) ▪ Hohe Stabilität, ▪ einfache / preisgünstigere Montage ▪ Einfache Bedienung ▪ Interaktivität ist auf der Nutzerseite möglich ▪ Geräte können im Netz administriert werden ▪ Oberfläche kann als magnetische Pinwand genutzt werden (Projektionslösung)	▪ Ggf. Ungünstige Raumgestaltung ▪ (Fenster / Schränke etc. im Weg) ▪ Permanente schwarze Fläche im Raum (Display Lösung)

Unterrichtssituation	Beschreibung	Wichtige Spezifikationen	+	-
Interaktive digitale Tafel	Das Gerät ist fest an der Wand verschraubt und höhenverstellbar. Es ersetzt in der Regel die vorhandene Kreidetafel. Das System ist interaktiv und ermöglicht den digitalen Unterricht auch ohne PC. Ansteuerung per Kabel als auch kabellos. Alle Peripheriegeräte sind dauerhaft fest montiert. Klare Verfügbarkeit im Unterrichtsraum, vertraute immer gleiche Bedienung. Für den Fall, dass auf die vorhandene Kreidetafel nicht verzichtet werden soll, kann alternativ auch in Erwägung gezogen werden, ein kleineres Gerät (z.B. 65 Zoll) zwischen den Tafelpylonen zu installieren.	▪ Interaktivität mit Finger und Stift auf der Oberfläche der Anzeige ▪ Bildgröße ▪ Tafelbeschaffenheit ▪ Helligkeit ▪ Auflösung ▪ Lichtquelle ▪ Anschlussmöglichkeiten ▪ Bedienbarkeit ▪ Höhenverstellung ▪ Service	▪ Zugang zu & teilen von digitalen Inhalten ▪ Fernzugang zum Lernen (über z. B. zusätzliche Dokumentenkamera & Videokonferenzsoftware) ▪ Webanwendungen & interaktive Lernsoftware ▪ Es kann auf der digitalen Tafel interaktiv sowie analog gearbeitet werden. (Projektionslösung) ▪ Hohe Stabilität, ▪ Keine Einschränkungen in der Auswahl der didaktischen Methoden (Projektionslösung) ▪ Technisches Bindeglied zwischen Präsenz- und Online-Klassen (Solingerweg) ▪ Geräte sollten im Netz administriert werden	▪ Permanente schwarze Fläche im Raum (Display Lösung) ▪ Umfangreiche Möglichkeiten – Nutzer sollten gut geschult werden ▪ Keine analoge Verfügbarkeit bei der Displaylösung
Grossbildprojektion in Aula, Sporthalle, Theater	Ausstattung für Räume mit mehr als 50 Zuhörern – Ggf. als dauerhafte Anzeige (digital Signage)	▪ Helligkeit ▪ Seitenverhältnis des Bildes zum Projektionsabstand ▪ Einbindung in bestehende Infrastruktur	▪ Langlebigkeit der Systeme ▪ Eventausstattung	▪ Zuspieler planen ▪ Projektionsfläche planen (Aufpro / Rückpro) ▪ Ggf. Mediensteuerung erforderlich

5.2 Technische Kriterien und Anforderungen

Detaillierte Erläuterungen zu den in den nachfolgenden Tabellen aufgegriffenen Technologien (u.a. mit Blick auf Bildgrößen, Auflösung, Betriebsdauer, Finger- und Stiftbedienung etc.) sind der Anlage des Leitfadens zu entnehmen.

5.2.1 Mobile Präsentation

Nutzerprofil	Primärbereich
Beispielhafte Anwendungen	▪ Zugang zu & teilen von digitalen Inhalten ▪ Videokonferenzen / Fernzugang zum Lernen ▪ Webanwendungen & Produktivitätswerkzeugen

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Gewicht	4kg	Maximalkriterium	Einfacher Transport von Raum zu Raum
Bildgröße	Bis zu 280" Bilddiagonale	Minimalkriterium	
	Bis zu 300" Bilddiagonale	Bewertungskriterium	
Weiß-/Farbhelligkeiten	Mind. 4.000 lm	Mindestkriterium	Auch bei wechselnden Lichtverhältnissen sollte der Projektor über eine ausreichende Helligkeit verfügen. Weitere Informationen zur genormten Messung sind dem Glossar zu entnehmen.
Auflösung	Mind. WXGA	Mindestkriterium	
	Full HD (1080P)	Bewertungskriterium	€
Zoom	Mind. 1,6-fach optisch	Mindestkriterium	Flexible Positionierung im Raum
Vertikale Trapezkorrektur	+30° automatisch	Mindestanforderung	
	Mindestkriterium	Einfache Bildkorrektur	
Horizontale Trapezkorrektur	+30° manuell	Mindestkriterium	
Lichtquelle	UHE Lampe mind. 6.500 / 15.000 h Nutzungsdauer der Lichtquelle im Normal-/Eco Modus	Mindestanforderung	
Lichtquelle	> 15.000 h im ECO	Bewertungskriterium	
Konnektivität	Mind. 2×HDMI in, mind. 2×VGA in, 1×VGA out, mind. 1×USB Typ A, Audio In & Out, WLAN (mind optional), 1×LAN	Mindestkriterium	Für die uneingeschränkte Nutzung von stationären oder mobilen PC's
	Spiegeln von Bildschirmhalten	Bewertungskriterium	Für die optimale Nutzung von mobilen Endgeräten €
Sonderfunktion	PC-freie Präsentation	Bewertungskriterium	
Stromverbrauch	≤ 400 Watt	Mindestkriterium	
Service	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch / Reparatur innerhalb von 5 Werktagen	Mindestkriterium	
	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch / Reparatur innerhalb von 1 Werktag	Bewertungskriterium	Einfluss auf die Raumbelegung €
Garantie	Mind. 5 Jahre	Bewertungskriterium	
Zertifizierung für Nachhaltigkeit	TCO	Bewertungskriterium	Alternativ eine vergleichbare Zertifizierung. Z

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Schulung	Grundlagen Schulung	Mindestkriterium	
	Vertiefung 1: Schulung für Multiplikatoren an der Schule 2H (Kurse mit max. 6 Teilnehmern)	Bewertungskriterium	€

5.2.2 Decken Montage (reine Anzeige)

Nutzerprofil	Primärbereich
Beispielhafte Anwendungen	- Renovierung von schon vorhandenen Anlagen etc. - Videokonferenzen / Fernzugang zum Lernen - Webanwendungen & Produktivitätswerkzeugen

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Bildgröße	Bis 300" Bilddiagonale	Mindestkriterium	
	Bis zu 500" Bilddiagonale	Bewertungskriterium	€
	Bis zu 300" Bilddiagonale	Bewertungskriterium	
Projektor / Bild			
Weiß-/Farbheiligkeiten	4000 lm	Mindestkriterium	Auch bei wechselnden Lichtverhältnissen sollte der Projektor über eine ausreichende Helligkeit verfügen. Weitere Informationen zur genormten Messung sind dem Glossar zu entnehmen.
	≥ 5000 lm	Bewertungskriterium	Für noch bessere Lesbarkeit. Weitere Informationen zur genormten Messung sind dem Glossar zu entnehmen. €
Auflösung	Full HD (1080 P)	Mindestkriterium	
	> Full HD z. B.: WUXGA	Bewertungskriterium	€
Zoom	Mind. 1,6-fach optisch	Mindestkriterium	Flexible Installation, optimal auch bei Austausch
Vertikale Trapezkorrektur	+/-30° manuell oder automatisch	Mindestkriterium	Einfache Bildkorrektur
Horizontale Trapezkorrektur	+/-30° manuell oder automatisch	Mindestkriterium	

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Lichtquelle	UHE Lampe mind. 5.000 /10.000 h Nutzungs- dauer der Lichtquelle im Normal-/ Eco Modus	Mindestkriterium	
	Laserlichtquelle mind. 20.000 h /30.000 h Nutzungsdau- er der Lichtquelle im Normal-/Eco Modus	Bewertungskriterium	Investitionssicherheit 
Konnektivität	Mind. 2×HDMI in, mind. 2×VGA in, 1×VGA out, mind. 1×USB Typ A, Audio In & Out, WLAN (mind optional), 1×LAN	Mindestkriterium	Für die uneingeschränkte Nut- zung von stationären oder mobilen PC's
Sonderfunktion	Spiegeln von Bildschirminhalten	Bewertungskriterium	Für die optimale Nutzung von mobilen Endgeräten 
Stromverbrauch	≤460 Watt	Mindestkriterium	
	<360 Watt	Bewertungskriterium	
Service	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch/Reparatur innerhalb von 5 Werktagen	Mindestkriterium	
	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch/Reparatur innerhalb von 1 Werktag	Bewertungskriterium	Einfluss auf die Raumbelegung 
Garantie	Mind. 5 Jahre	Bewertungskriterium	
Zertifizierung für Nachhaltigkeit	TCO	Bewertungskriterium	Alternativ eine vergleichbare Zertifizierung. 
Schulung	Grundlagen Schulung	Mindestkriterium	
	Vertiefung 1 Schulung für Multiplikatoren an der Schule 2H (Kurse mit max. 6 Teilnehmern)	Bewertungskriterium	

5.2.3 Wandmontage als reines Anzeigesystem

Nutzerprofil	Primärbereich
Beispielhafte Anwendungen	▪ Zugang zu & teilen von digitalen Inhalten ▪ Videokonferenzen/Fernzugang zum Lernen ▪ Webanwendungen & Produktivitätswerkzeugen

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Größe	≥ 85"	Mindestkriterium	
Hub / Montageart	Festinstallierte Wandmontage	Mindestkriterium	
Weiß-/Farbhelligkeiten	Mind. 3500 lm	Mindestkriterium	Auch bei wechselnden Lichtverhältnissen sollte der Projektor über eine ausreichende Helligkeit verfügen. Weitere Informationen zur genormten Messung sind dem Glossar zu entnehmen.
Ratio	< 0,3:1	Mindestkriterium	
Auflösung	WXGA	Mindestkriterium	
	Full HD (1080P)	Bewertungskriterium	
Lichtquelle	UHE Lampe mind. 5.000 h / 10.000 h Nutzungsdauer der Lichtquelle im Normal-/Eco Modus	Mindestkriterium	€
	Laserlichtquelle mind. 20.000 h / 30.000 h Nutzungsdauer der Lichtquelle im Normal-/Eco Modus	Mindestanforderung	Investitionssicherheit
Konnektivität	mind. 3 × HDMI Eingang, mind. 1 × VGA in und 1 × Out, WLAN (mind. optional), mind. 1 × USB Typ A, Audio In & Out	Mindestkriterium	
Stromverbrauch	≥ 460 Watt	Mindestkriterium	
	< 270 Watt	Bewertungskriterium	€
Ton	Externe aktive Lautsprecher mind. 2 × 10 W Stereo	Mindestkriterium	Für die Tonübergabe in einem Klassenraum Aufnahme an der Tafelanlage notwendig
Service	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch / Reparatur innerhalb von 5 Werktagen	Mindestkriterium	
	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch / Reparatur innerhalb von 1 Werktag	Bewertungskriterium	Einfluss auf die Raumbelegung
Garantie	Mind. 5 Jahre	Bewertungskriterium	€
Zertifizierung für Nachhaltigkeit	TCO	Bewertungskriterium	Alternativ eine vergleichbare Zertifizierung. Z
Schulung	Grundlagen Schulung	Mindestkriterium	
	Vertiefung 1 Schulung für Multiplikatoren an der Schule 2H (Kurse mit max. 6 Teilnehmern)	Bewertungskriterium	€

5.2.4 Interaktive Tafelanlage

Interaktive Tafelanlage als höhenverstellbare Klappschiebetafel (Projektion)

Nutzerprofil	Primärbereich		
Beispielhafte Anwendungen	▪ Zugang zu & teilen von digitalen Inhalten ▪ Fernzugang zum Lernen (über z. B. zusätzliche Dokumentenkamera & Videokonferenzsoftware) ▪ Webanwendungen & interaktive Lernsoftware ▪ Grundfunktionen: interaktives oder analoges Arbeiten an der Tafel		

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Größe	≥ 85" Weißtafel für die Mittelfläche Beidseitige Tafelflügel individuell wählbar – Weiß-/Grüntafel – kariert / liniert ...	Mindestkriterium	Interaktive Tafelanlage für das digitale (mit Finger und interaktiven Stiften) und auch analoge Lehren (mit wasserlöslichen Stiften / Kreide)
Hub / Montageart	Festinstalliertes höhenverstellbares Pylonensystem für Projektor und Klappschiebetafel	Mindestkriterium	Inkl. Projektorenaufnahme
Oberflächen	Magnetische Tafel aus Stahl-Emaile	Mindestkriterium	Wiederbeschreibbare Tafel mit wasserlöslichen Stiften & Projektionsfläche auch als magnetische »Pinnwand« nutzbar
Projektor / Bild			
Weiß-/Farbhelligkeit	Mind. 3.500 lm	Mindestkriterium	Auch bei wechselnden Lichtverhältnissen sollte der Projektor über eine ausreichende Helligkeit verfügen.
Ratio	< 0,3:1	Mindestkriterium	
Auflösung	WXGA	Mindestkriterium	
	Full HD (1080P)	Bewertungskriterium	€
Lichtquelle	UHE Lampe mind. 5.000 h / 10.000 h Nutzungsdauer der Lichtquelle im Normal-/Eco Modus	Mindestkriterium	
	Laserlichtquelle mind. 20.000 h / 30.000 h Nutzungsdauer der Lichtquelle im Normal-/Eco Modus	Bewertungskriterium	€

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Interaktivität	Ja – mit Finger und Stift nutzbar	Mindestkriterium	
	Die Möglichkeit der unterschiedlichen Belegungen (z.B. Farbe) der Stifte und des Fingers muss möglich sein	Bewertungskriterium	
Bildgröße	≥ 85" interaktiv nutzbar	Mindestkriterium	
Konnektivität	mind. 3×HDMI Eingang, mind. 1×VGA in und 1×Out, WLAN (mind. optional), mind. 1×USB Typ A, Audio In & Out	Mindestkriterium	Für die uneingeschränkte Nutzung von stationären PC's und mobilen Endgeräten. Zusatzgeräte wie z.B. Apple TV oder andere Möglichkeiten zur Bildschirmspiegelung ggfs. notwendig
Stromverbrauch	≤ 370 Watt	Mindestkriterium	
	< 270 Watt	Bewertungskriterium	€
Zubehör	Mind. 2 mitgelieferte Stifte	Mindestkriterium	Zur pädagogisch-didaktischen Kommunikation essentielles Werkzeug
	3 Stifte oder mehr	Bewertungskriterium	€
Ton	Externe aktive Lautsprecher mind. 2×15 W Stereo	Mindestkriterium	Für die Tonübergabe in einem Klassenraum Aufnahme an der Tafelanlage notwendig
Service	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch / Reparatur innerhalb von 5 Werktagen	Mindestkriterium	
	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch / Reparatur innerhalb von 1 Werktag	Bewertungskriterium	Einfluss auf die Raumbelegung €
Garantie	Mind. 5 Jahre	Bewertungskriterium	
Zertifizierung für Nachhaltigkeit	TCO	Bewertungskriterium	Alternativ eine vergleichbare Zertifizierung. Z
Schulung	Grundlagen Schulung	Mindestkriterium	
	Vertiefung 1 Schulung für Multiplikatoren an der Schule 2H (Kurse mit max. 6 Teilnehmern)	Bewertungskriterium	€
	Vertiefung 2 Schulung für Multiplikatoren mit Unterrichtsanteilen 4H (Kurse mit max. 6 Teilnehmern)	Bewertungskriterium	€

Interaktive Tafelanlage als höhenverstellbare Klappschiebetafel (Display)

Nutzerprofil	Primärbereich
Beispielhafte Anwendungen	▪ Zugang zu & teilen von digitalen Inhalten ▪ Fernzugang zum Lernen (über z. B. zusätzliche Dokumentenkamera & Videokonferenzsoftware) ▪ Webanwendungen & interaktive Lernsoftware ▪ Grundfunktionen: interaktives oder analoges Arbeiten an der Tafel

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Größe	> 84" Weißtafel für die Mittelfläche Beidseitige Tafelflügel (100 × 120 cm) individuell wählbar – Weiß-/Grüntafel – kariert / liniert ...	Mindestkriterium	Interaktive Tafelanlage für das digitale (mit Finger und interaktiven Stiften) und auch analoge Lehren (mit wasserlöslichen Stiften / Kreide)
Helligkeit	Mind. 400 cd/m²	Mindestkriterium	
Auflösung	> 1920 × 1080 Full HD	Mindestkriterium	
Anschlüsse	USB-Touch-Anschluss / OPS-PC Einschubrechner	Mindestkriterium	Zur Einbindung externer Rechner über die Touch-Funktion
Anschlüsse	3 HDMI Eingänge	Mindestkriterium	Zum Anschluss externer Lehrer-Schüler Geräte sowie z. B. DVD oder BD Player mittels HDMI
Stromverbrauch	≤ 370 Watt	Mindestkriterium	
	< 270 Watt	Bewertungskriterium	€
Zubehör	Mind. 2 mitgelieferte Stifte	Bewertungskriterium	
	3 Stifte oder mehr	Bewertungskriterium	€
Interaktivität	Ja – mit Finger oder Stift nutzbar	Mindestkriterium	
Service	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch / Reparatur innerhalb von 5 Werktagen	Mindestkriterium	
	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch / Reparatur innerhalb von 1 Werktag	Bewertungskriterium	Einfluss auf die Raumbelugung €
Garantie	Mind. 5 Jahre	Mindestkriterium	
Zertifizierung für Nachhaltigkeit	TCO	Bewertungskriterium	Alternativ eine vergleichbare Zertifizierung. Z

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Schulung	Grundlagen Schulung	Mindestkriterium	
	Vertiefung 1 Schulung für Multiplikatoren an der Schule 2H (Kurse mit max. 6 Teilnehmern)	Bewertungskriterium	€
	Vertiefung 2 Schulung für Multiplikatoren mit Unterrichtsanteilen 4H (Kurse mit max. 6 Teilnehmern)	Bewertungskriterium	€

5.2.5 Ausstattung für Aulen, Mensa, Theater und Sporthalle

Objektive sind separat nach Bedarf auszuschreiben.

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Bildgröße	Bis zu 500" Bilddiagonale	Minimalkriterium	
Weiß-/Farbhelligkeiten	Mind. 6000 lm	Mindestkriterium	Auch bei wechselnden Lichtverhältnissen / großer Projektionsfläche sollte der Projektor über eine ausreichende Helligkeit verfügen.
Auflösung	WUXGA	Mindestkriterium	
Montageart	Deckeninstallation		
Zoom	Mind. 1,2-fach optisch	Mindestkriterium	Flexible Positionierung im Raum
	Mind. 1,6-fach optisch	Bewertungskriterium	
Lens-Shift	Manuell oder motorisch, +-50% vertikal +-18% horizontal	Mindestkriterium	Anpassung direkt am Projektor an die vorherrschende Projektionsfläche
Lichtquelle	Laserlichtquelle, mind. 20.000 h Normalmodus / 30.000 h ECO-Modus	Mindestkriterium	
Konnektivität	Mind. 1× HDMI in, mind. 1× VGA in, mind. 1× Audio in, WLAN optional	Mindestkriterium	Für die uneingeschränkte Nutzung von stationären oder mobilen PC's
	1× Audio Out, 1× VGA out, 1× LAN, 1× HDBaseT	Bewertungskriterium	
Ton	Externe Lautsprecher / Lautsprechersystem		Je nach Raumgröße
	Spiegeln von Bildschirmhalten	Bewertungskriterium	Über Zusatz-Hardware möglich €

Kriterium	Anforderungen	Geeignet als	Bemerkungen
Service	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch / Reparatur innerhalb von 5 Werktagen	Mindestkriterium	
	Bei Störung, Fehlfunktionen etc. Austausch / Reparatur innerhalb von 1 Werktag	Bewertungskriterium	Einfluss auf die Raumbelegung
Garantie	Mind. 5 Jahre	Mindestkriterium	
Zertifizierung für Nachhaltigkeit	TCO	Bewertungskriterium	Alternativ eine vergleichbare Zertifizierung. Eine Laser-Lichtquelle ist nachhaltiger als Lampenprojektoren. 
Schulung	Grundlagen Schulung	Mindestkriterium	
	Vertiefung 1 Schulung für Multiplikatoren an der Schule 2H (Kurse mit max. 6 Teilnehmern)	Bewertungskriterium	

CHECKLISTE: PRÄSENTATIONSTECHNOLOGIE



- ☐ Welche Unterrichtsszenarien und –Bedürfnisse sollen realisiert werden
- ☐ Welche max. Raumtiefe ist vorhanden / Welche Bildgröße ist erforderlich
- ☐ Wie werden externe Geräte an die Präsentationstechnik angeschlossen (z. B. USB, HDMI, kabellos)?
- ☐ Soll die Präsentationstechnik als Tafelanlage ausgelegt werden?
- ☐ Sind verschiedene Didaktische Methoden (Kreide, Magnet, Stift, digital, mobile Endgeräte, Kameras etc.) gewünscht / erforderlich?
- ☐ Ist die Präsentationstechnik kompatibel mit bestehenden Komponenten (Schulserver, Netzwerkrouter etc.)?
- ☐ Gibt es eine Unterrichts- und Tafelbild-Software in deutscher Sprache?
- ☐ Darf die Software von allen Schülern und Lehrkräfte einer Schule genutzt werden?
- ☐ Sind Updates online (und kostenfrei) verfügbar?
- ☐ Wie werden die digitalen Tafeln über den Hersteller betreut? Ist ein regionaler Support in der Nähe zur Schule gesichert? Wie sind die Reaktionszeiten? Wie sieht das Service-Konzept aus?
- ☐ Wie sieht das Schulungskonzept des Herstellers für den Einsatz der Unterrichtssoftware und Anwendungen aus? Welche Unterstützung ist erhältlich?

6 Zuschlagskriterien

Es ist vergaberechtlich zulässig, für relevante Anforderungen von den Bietern die Durchführung entsprechender Messungen mit Erstellung der zugehörigen Messprotokolle zu fordern.

Durch Einholung von Messprotokollen können potenzielle Mängel der Leistungsfähigkeit der angebotenen Geräte noch in der Phase der Angebotsbewertung – also vor einer Auftragserteilung – berücksichtigt werden.

Alternativ kann daher nach Aufforderung durch die Vergabestelle die Erstellung eines Messprotokolls nur an den nach Aktenlage wirtschaftlichsten Bieter gefordert werden (die Aufforderung kann auch an mehrere wirtschaftliche Bieter ergehen). Ein genereller Verzicht auf die Einholung von Messprotokollen kommt z.B. bei sehr geringen Stückzahlen in Betracht.

Der Zuschlag muss nach Maßgabe des § 127 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen auf das wirtschaftlichste Angebot erteilt werden. Die Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebots erfolgt auf der Grundlage des besten Preis-Leistungs-Verhältnisses. Neben dem Preis oder den Kosten können auch qualitative, umweltbezogene oder soziale Zuschlagskriterien berücksichtigt werden. Bei energieverbrauchsrelevanten Lieferleistungen ist die Energieeffizienz als Zuschlagskriterium angemessen zu berücksichtigen, § 67 Abs.5 VgV.

Die Leistungsanforderungen können im Rahmen von Zuschlagskriterien mit technischen Mindestanforderungen oder im Rahmen von Bewertungskriterien formuliert werden. Welcher Kategorie einzelne Leistungsmerkmale zuzuordnen sind, liegt in der Entscheidung des Beschaffers. Kriterien geben in der Regel Mindestanforderungen vor, die für den vorgesehenen Einsatz eines Geräts unverzichtbar sind. Soweit dieser Leitfaden Mindestanforderungen an die Geräte empfiehlt, ist dies in den Kriterientabellen mit »Mindestanforderung« gekennzeichnet. Sind die Kriterien bzw. Anforderungen mit »Bewertungskriterium« gekennzeichnet, empfiehlt der Leitfaden, diese Anforderungen nur im Rahmen von Bewertungskriterien einzusetzen.

Die Formulierung der Leistungsanforderungen mit Hilfe von Bewertungskriterien kann den Wettbewerbern einen besonderen Spielraum gewähren, innerhalb dessen eine differenzierte Berücksichtigung der angebotenen Leistungen bei der Auswertung ermöglicht wird. Damit kann den individuellen Ausprägungen der Leistungen der Wettbewerber Rechnung getragen werden, was für die Breite des Wettbewerbs förderlich ist. Bei der Formulierung der Leistungsanforderungen sollte auf die Darstellung eines detaillierten, nachvollziehbaren und objektiv bewertbaren Erwartungs- bzw. Bewertungshorizont geachtet werden.

Die erhöhte oder sogar ausschließliche Verwendung technischer Mindestanforderungen bei der Leistungsbeschreibung birgt die Gefahr einer unerwünschten Wettbewerbsbeschränkung.

Der Leitfaden empfiehlt den Einsatz von Bewertungskriterien, um einen möglichst breiten Wettbewerb zu fördern.

7 Vertragliche Bestimmungen

7.1 EVB-IT

Die Erbringung der ausgeschriebenen Leistungen bzw. die Lieferung der ausgeschriebenen Produkte nach erfolgreichem Abschluss des Vergabeverfahrens erfolgt auf der Grundlage jeweils einschlägiger Verträge. Zur Unterstützung der Vergabestellen haben das Bundesministerium des Innern und Bitkom verschiedene Vertragswerke erarbeitet, die hierfür genutzt werden können. Die Vertragswerke finden sich auf der Internetseite des Beauftragten der Bundesregierung für Informationstechnik ([↗ https://www.cio.bund.de/Web/DE/IT-Beschaffung/EVB-IT-und-BVB/Aktuelle_EVB-IT](https://www.cio.bund.de/Web/DE/IT-Beschaffung/EVB-IT-und-BVB/Aktuelle_EVB-IT)).

8 Tabellenverzeichnis

Anhang A: Glossar / Erläuterungen zur Technologie

Beschaffung von Endgeräten

Clamshell	Standard Notebook / Laptop – Keine Tablet Funktionalität (max. Toucheingabe – keine Stifteingabe / Display max 180Grad abklappbar)
Convertible	Notebook mit Tabletfunktion durch 360 Grad umklappbares Display – Toucheingabe und meist Stiffähig – Tastatur nicht abnehmbar
Detachable	Tablet mit (optional) andockbarer Tastatur über integrierte Connectoren (Nicht Bluetooth) – Toucheingabe und Stiffähig

Beschaffung von Infrastruktur

AAA (Authentication, Authorisation, Accounting)	AAA steht für ein Sicherheitskonzept unter dem Authentication, Authorisation und Accounting zusammengefasst sind. Authentifizierung bedeutet, die Identität zu überprüfen. Bei der Autorisierung stellt man fest, ob ein bestimmter Benutzer einen bestimmten Dienst nutzen darf. Beim Accounting geht es darum, die Nutzung eines Dienstes durch einen Benutzer festzuhalten und zu dokumentieren.
BYOD-Konzept	Konzept zur Integration privater mobiler Endgeräte wie Laptops, Tablets oder Smartphones in die Netzwerke von Unternehmen oder Schulen, Universitäten, Bibliotheken und anderen (Bildungs-)Institutionen (»Bring your own device«).
Intrusion Detection and Prevention System	Ein Intrusion-Detection- oder Intrusion-Prevention-System (IDS / IPS) ist eine Security-Lösung, die ein Netzwerk oder eine Netzwerkkomponente wie einen Server oder einen Switch überwacht und versucht, Regelverletzungen und schädliche Vorfälle wie Hacker-Angriffe zu erkennen und diese dann teilweise automatisch abzuwehren.
Load Balancing	Load Balancing oder Lastverteilung bedeutet die Verteilung von Kommunikationsströmen auf mehr als eine physikalische Verbindung. Das Load Balancing ist immer eine Eigenschaft zwischen zwei direkt verbundenen Geräten. Je nach verwendetem Lastverteilungsalgorithmus und Fähigkeit der Netzwerkkomponenten werden Ethernet Adressen, IP-Adressen oder weitere charakteristische Elemente des Datenstroms genutzt.
logische Netzstruktur	Im Gegensatz zur physikalischen Netzstruktur definiert die logische Netzstruktur Virtuelle Netze (VLANs), IP-Adressräume, Routing Instanzen, also die Konfiguration des Netzwerkes
Meshing	Wenn Access Points nicht über eine direkte LAN-Verbindung angeschlossen werden können, z. B. in Außenbereichen, dann erlaubt das Meshing, diese Verbindung über das WLAN herzustellen. Da so auch mehr als ein AP verbunden werden kann, spricht man von einem Netz von Verbindungen (Mesh)
Netzwerkmanagementsystem (NMS)	NMS ist eine allgemeine Bezeichnung für die Soft- und / oder Hardware, die das Netzwerkmanagement ausführt. Dazu gehören alle Funktionen und Komponenten zur Überwachung und Steuerung von Netzwerken

Sandboxing	Sandboxing ist ein Begriff aus dem Bereich der Computersicherheit, der sich darauf bezieht, dass ein Programm von anderen Programmen in einer getrennten Umgebung separiert wird, so dass im Falle von Fehlern oder Sicherheitsproblemen diese Probleme nicht auf andere Bereiche des Computers übergreifen.
SD-WAN (Software defined – wide area networks)	SD-WAN (Software Defined Wide Area Netzwerk) ist ein Verfahren, um Datennetzwerke zu installieren. Das Netzwerkmanagement wird durch Softwareanwendungen übernommen.
WAN	WAN ist die Abkürzung für »Wide Area Network«. Im Gegensatz zu einem LAN (»Local Area Network«) ist ein WAN nicht auf die Verbindung lokaler Rechner und Systeme begrenzt, sondern deckt einen großen geografischen Sektor ab.
VLAN / VXLAN	Ein Virtual Local Area Network (VLAN) ist ein logisches Teilnetz innerhalb eines Switches bzw. eines gesamten physischen Netzwerks. Es kann sich über mehrere Switches hinweg ausdehnen. Ein VLAN trennt physische Netze in Teilnetze auf, indem es dafür sorgt, dass VLAN-fähige Switches Frames (Datenpakete) nicht in ein anderes VLAN weiterleiten (obwohl die Teilnetze an gemeinsamen Switches angeschlossen sein können) Ein VLAN ist eine Layer-2 (vgl. OSI Schichtenmodell) Domäne, welche sich über eine Netzwerkinfrastruktur erstrecken kann. Alle in diesem VLAN verbundenen Geräte befinden sich im gleichen Layer-2 Netz.
VPN-Konzentrator	Der VPN Konzentrador ist ein Sammelpunkt für mehrere VPN Verbindungen.

Beschaffung von Präsentationstechnologie

Bildgrößen

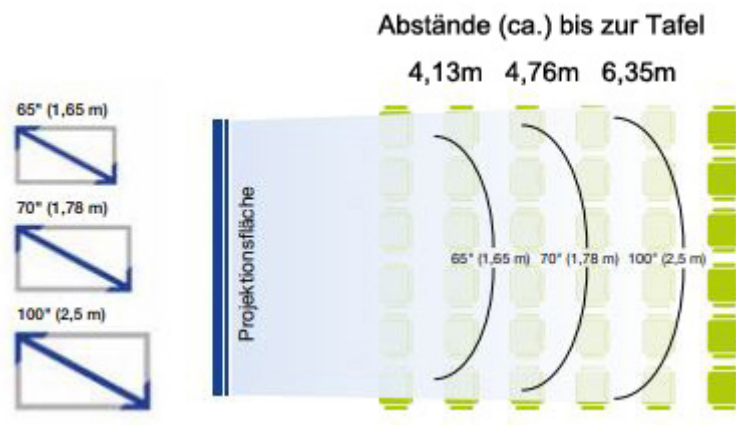
Das max. Maß eines nutzbaren Bildes im Klassenraum ist, unabhängig von der Technologie, von schlichten physikalischen Gegebenheiten abhängig

Bildunterkante – wenn Personen vor und hintereinander sitzen ist der Bildinhalt unter 1,2 M oberhalb des Fußbodens nicht vollständig erkennbar – das variiert nach Bestuhlung und Körpergröße der Zuhörenden. Eine Festinstallation mit einer Bildunterkante von weniger als 100 cm oberhalb des Fußbodens gilt als mangelhaft.

Bildoberkante – hier ist vor allen bei interaktiven Lösungen zu beachten das auch Lehrende ohne Hilfsmittel die Schaltflächen im oberen Teil des Bildes gut erreichen können. 215 cm gilt hier als übliches Maß. Zuverlässig ist dies nur mit einer höhenverstellbaren Montage zu realisieren.

Bildhöhe – Raumhöhe minus 120 cm Sockelbereich (schlecht sichtbarer Sockelbereich) ergibt die mathematisch maximale Bildhöhe in dem jeweiligen Raum.

Bildbreite – die Bildhöhe geteilt durch das anzuzeigende Format – z.B.: Full HD 16:9 – ergibt die Bildbreite. (Raumhöhe 300 cm – Sockelbereich von 120 cm = 180 cm Bildhöhe. Diese ist durch 9 zu teilen bei der Nutzung mit Full HD-Inhalten X 16 zu nehmen und ergibt eine Bildbreite von 320 cm.



Laser/Lampe bei Projektoren

Der Unterschied zwischen einem Lampen- und Laserprojektor liegt lediglich in der Lichtquelle. Was nach der Lichtabgabe passiert ist bei beiden Projektorarten identisch.

Die Lampe (UHE, Gasentladungslampe) leitet direkt den Lichtstrahl an das Farbrad bzw. die LCD-Chips (s. Punkt DLP/LCD).

Der Laser, bzw. es ist genauer gesagt eine meist blaue Laserbank bestückt mit kleinen LEDs, leitet blaues Licht teilweise an ein Phosphorrad, teilweise an einen Diffusor weiter, der das harte Laserlicht »zerstreut«. Durch das Phosphorrad wird das blaue Licht so angeregt, dass es sich in Gelb wandelt und wird anschließend zusammen mit dem blauen Licht zusammengeführt. Gelb wird aus grünem und rotem Licht zusammengesetzt, gemeinsam mit Blau hat man wieder die drei Grundfarben beieinander. Die Überlagerung der drei Grundfarben lässt wieder weißes Licht entstehen und dieses wird an das Farbrad bzw. die LCD-Chips weitergeleitet.

Betriebsdauer	Wenn es um die Betriebsdauer geht, muss man sich bei der Projektion die Art der Lichtquelle anschauen. Hier gibt es zwei vorherrschende Lichtquellentypen: Die Lampen- und die Laserquelle. Die Technologie des Projektors an sich ist aber unabhängig vom Lichtquellentyp, heißt der Aufbau eines Lampen- oder Laserprojektors ist nach der Lichtabgabe identisch. Auch wenn die Lampenlebensdauer sich im Laufe der Zeit verbessert hat (etwa 6.500 h im Normalmodus), kommt man an die Lebensdauer der Laserlichtquelle, die bei den meisten Herstellern mit 20.000 h angegeben wird, nicht heran. Im ECO-Modus, in dem man die Helligkeit (Lumen) reduziert, um die Laufzeit zu verlängern, kommt man bei einem Lampengerät teilweise bis zu 17.000 h (Laser 30.000 h). Die durchschnittliche Lebensdauer eines LCD-Displays wird normalerweise mit 40.000 h bei 25° Celsius angegeben. Allerdings muss das Display richtig eingestellt werden, ist das nicht der Fall und die Betriebstemperatur liegt über den 25 Grad sinkt die Lebensdauer. Diese sinkt auch wenn der Betriebsstrom über einem Betriebswert (normalerweise 350 mA) liegt. Der höhere Strom liefert zwar deutlich mehr Helligkeit, geht aber auf die Kosten der Betriebsdauer. Es gibt auch Hersteller, die höhere Angaben zu der Lebensdauer angeben (ca. 60.000).
Bildhelligkeit: Messung und Bedeutung	Die Bildhelligkeit / Weißhelligkeit ist die wichtigste Kennzahl bei einem Projektor und wird in Lumen (lm) angegeben. Mit steigender Lumenzahl steigt auch normalerweise der Preis des Projektors, da diese Zahl ein Indikator für die Leistungsfähigkeit eines Projektors ist. Allerdings sollte man die Art der Messung heranziehen, da nur eine genormte Messung für alle Hersteller einen fairen Vergleich ermöglicht. Deswegen sind lediglich die Projektoren untereinander vergleichbar, die von der ISO (International Organization for Standardization) gemessen wurden. Die momentane ISO-Norm ist die ISO21118:2012. Bei dieser wird mittels eines Sensors die auftretende Lichtmenge auf der Projektionsfläche gemessen. Die Projektionsfläche ist dabei in neun Quadranten (3 Breite x 3 Höhe) unterteilt und in jedem dieser Quadranten wird eine mittige Messung durchgeführt. Danach wird die Summe der Messungen durch neun (Summe der Quadranten) dividiert, das Ergebnis bestimmt die Lumenzahl des Projektors. Einige Hersteller geben auch die Farbhelligkeit in den Datenblättern ihrer Projektoren an. Diese ist ein Wert, der die Brillanz der wiedergegebenen Farben angibt. Die Farbhelligkeit sollte normalerweise genauso hoch sein wie die Weißhelligkeit, um eine qualitativ hohe Bilddarstellung zu gewährleisten. Leider geben nur wenige Hersteller diese sehr wichtige Kennzahl an. Die Leuchtstärke / Helligkeit bei Displays wird in Candela/m² angegeben. Je höher die Umgebungshelligkeit, umso leistungsfähiger sollte das Display sein. Gängige Angaben sind: Bis 500 cd/m²: Räume mit Verdunklungsmöglichkeiten 500 bis 700 cd/m²: Normales (Schulräume) bis hohes Umgebungslicht (Aula, Empfangshalle), keine Sonneneinstrahlung Ab 700 cd/m²: Helles Umgebungslicht mit Sonneneinstrahlung
Auflösung: Pixel	Es gibt diverse unterschiedliche Auflösungen, heißt die Anzahl der zur Verfügung stehenden Pixel. Je mehr Pixel, umso feiner und ruhiger erscheint das Bild für den Betrachter. Diese gängigen Auflösungen haben sich auf dem Markt größtenteils durchgesetzt: WXGA: 1280 x 800 Pixel (Breite x Höhe) Full-HD: 1920 x 1080 Pixel WUXGA: 1920 x 1200 Pixel 4K: 3840 x 2160 Pixel (eher bei Displays verbreitet)

Technologien Projektion: DLP / LCD	Die zwei vorherrschenden Projektionstechnologien sind LCD (Liquid Crystal Display) und DLP (Digital Light Processing) und unterscheiden sich grundlegend in der Funktionsweise. Im Nachfolgendem vergleichen wir die 3LCD-Technologie (3 separate Chips werden für die Bildgebung verwendet) mit der 1-Chip DLP bei der nur ein Chip zum Einsatz kommt. Zwar gibt es auch 3-Chip DLP Projektoren, bei der auch 3 Chips verwendet werden, da wir uns hier aber in einem edukativen Bereich bewegen und die Kosten für einen 3-Chip DLP deutlich höher sind als die eines 3LCD oder 1-Chip DLP Projektors wäre eine flächendeckende Ausstattung mit diesen Projektoren nicht sinnvoll. DLP: Hier kommt ein Farbrad zum Einsatz, auf den meist die drei Grundfarben Rot, Grün und Blau in gleichen Teilen aufgetragen sind. Durch dieses Farbrad wird Licht hindurchgeschossen, je nachdem welche Farbe sich im Lichtkegel befindet wird diese an den Chip weitergeleitet, einen sogenannten DMD (Digital Mirroring Device) Chip. Auf diesem sind Millionen von winzigen Spiegeln angebracht, die gekippt werden können und für die Helligkeit des Bildes verantwortlich sind. Ist der Spiegel komplett offen, wird die gesamte Helligkeit an das Objektiv des Projektors weitergeleitet, ist der Spiegel geschlossen werden keine Helligkeitsinformationen weitergegeben. Der Zwischenbereich zwischen offen und geschlossen wird für die Graustufen verwendet. Da jede Farbe / Helligkeitsstufe einzeln und nacheinander an das Objektiv weitergegeben wird, wird dies als sequenzielle Bilddarstellung bezeichnet. Durch das extrem schnelle Drehen des Farbrades wird unserem Gehirn ein komplett farbiges Bild vorgespielt. LCD: Bei dieser Technologie wird das Licht über spezielle Spiegel auf drei Chips gelenkt, jeder dieser Chips ist für eine Grundfarbe vorgesehen. Diese Chips bestehen aus Flüssigkristallen (Liquid Crystal), die sich so ausrichten je nachdem welche Intensität in einem Pixel nötig ist. Dazu sind sie hochpräzise auf ein Prisma angebracht, welches die drei Farben zusammenführt und so mischt, dass ein farbiges Bild entsteht und anschließend an das Objektiv weitergegeben werden kann. Hier wird das bzw. ein Bild gleichzeitig dargestellt. Vorteile DLP: Höherer Kontrast durch Spiegelsystem, geringerer Wartungsbedarf, etwas günstiger Nachteile DLP: »Regenbogeneffekt« (Betrachter sieht flimmern im Bild, bedingt durch sequenzielle Darstellung, wirkt störend) kann auftreten, viele bewegliche Teile (Farbrad, Spiegel), Farbdarstellung deutlich reduzierter, da nur eine Farbe gleichzeitig weitergegeben wird Vorteile LCD: Brillante Farbdarstellung, kein Regenbogeneffekt Nachteile-LCD: etwas teurer, Kontrasteindruck etwas niedriger, da auch bei Schwarz noch Licht durch den Chip durchkommt.
Technologien Displays	Bei den professionellen Displays ist die vorherrschende Technologie die LCD (Liquid Crystal Display) Technologie. Hier wird analog zu LCD-Projektoren mit Flüssigkristallen gearbeitet, die über die komplette Projektionsfläche verteilt sind und meist von einer LED-Lichtquelle angestrahlt werden (selten bzw. früher Leuchtstoffröhren). Es gibt zwei Arten der Beleuchtung: Edge-LED (In den Rändern angebrachte LEDs, die mittels kleiner Spiegel auf die gesamte Fläche verteilt werden) und LED-Backlight (Ausleuchtung über die komplette Fläche). Vorteile / Nachteile Edge-LED: preisgünstig / keine vollkommen gleichmäßige Ausleuchtung Vorteile / Nachteile LED-Backlight: teurer, da viel mehr Flüssigkristalle verbaut / höherer Kontrast möglich Eine neuere Entwicklung ist die OLED-Technik, bei der organische, selbstleuchtende Leuchtdioden verbaut werden, damit entfällt die Hintergrundbeleuchtung. Neben dem höheren Preis ist die Lebensdauer der Leuchtdioden noch ein Problem, dafür sind schnellere Reaktionszeit und höhere Kontraste möglich zuzüglich zur geringeren Wärmeentwicklung.
Finger- oder Stiftbedienung	Das Integrieren von Anmerkungen oder die Steuerung der Quelle (z. B. PC oder Laptop) über die Projektionsfläche ist mittels, eines meist zum Lieferumfang gehörenden Stift, oder des Fingers möglich. Bei Projektoren sind es meist zwei unterschiedliche Technologien, die nach einer Kalibrierung miteinander zusammenspielen. Der Stift funktioniert in etwa wie eine Fernbedienung eines Fernsehers zu Hause, es wird nämlich nach Auftreffen der Stiftspitze ein Infrarotsignal an die eingebaute Kamera gesendet und der momentan eingestellte Befehl ausgeführt. Für den Finger wird meist eine Toucheinheit über die Projektionsfläche montiert, die einen nicht sichtbaren Laservorhang direkt über dieser Fläche projiziert. Wenn der Finger diesen Vorhang durchstößt wird der vorher ausgewählte Befehl über die Kamera lokalisiert, ausgeführt und direkt angezeigt. Bei den Displays wird meist die oben bereits für Projektoren beschriebene Infrarot-Technologie oder alternativ die projiziert-kapazitive Technologie verwendet, die sowohl Stift- als auch Fingereingabe in einem ermöglicht. Eingebaute, sich kreuzende Leiterbahnen lassen Felder entstehen, die über Spannungsänderungen untereinander die X- und Y-Koordinate erkennen, wenn sich ein Finger oder (kapazitiver) Stift nähert. So kann die Position erkannt und der eingestellte Befehl an der Stelle ausgeführt werden. Da keine Elektronik auf der Fläche verbaut ist können Schutzschichten angebracht werden, die das Display vor Vandalismus, Flüssigkeiten oder Kratzern schützen. Sowohl bei Projektion als auch beim Display ist eine Multi-Touch-Bedienung möglich, heißt mehrere gleichzeitige Befehle können ausgeführt werden.

Kabellose Bild- / Tonübertragung (Miracast, Apple TV, Chromecast, Intel Unite etc.)	Miracast wurde 2012 von der Wi-Fi Alliance als Funk-Standard für Peer-to-Peer Verbindungen (gleichberechtigte Teilnehmer in einem Netzwerk) zum kabellosen Übertragen eines Bildschirms an eine Projektionsquelle definiert. Es ist ein Protokoll, welches in das Betriebssystem des Gerätes implementiert wird, um dieses Miracast-fähig zu machen. Nach Betätigung der Miracast-Funktion sucht eine Quelle (Smartphone, Tablet, PC) im Funkumfeld nach geeigneten Geräten zum Verbinden. Wenn eines gefunden und ausgewählt wurde, wird die Verbindung innerhalb weniger Sekunden hergestellt. Jetzt kann man das Bild der Quelle am Endgerät sehen, normalerweise über eine Screen-Mirroring Schnittstelle dieses Endgerätes. AirPlay ist eine Schnittstelle zur kabellosen Übertragung von Inhalten von iOS-, iPadOS- und macOS-Geräten auf AirPlay-fähige Empfängergeräte wie Lautsprecher, AV-Empfänger, Stereosysteme und Fernseher. Technisch ist AirPlay ein Streaming-Protokoll, das von Apple entwickelt wurde und von anderen Herstellern für den Einbau in Empfangsgeräte lizenziert werden kann. Der Anschluss des Abspielgerätes geschieht mittels HDMI. Die Quelle verwendet WLAN zur Übertragung. Das AirPlay-Protokoll unterstützt den sogenannten »Peer-to-Peer-AirPlay«-Modus, mit dem sich ein Apple TV ab der 3. Generation beispielsweise mit einem iOS-Gerät verbinden kann, ohne dass dieses zuvor auf ein bestehendes WLAN konfiguriert werden muss. Die automatische Konfiguration erfolgt über Bluetooth, die eigentliche Datenübertragung wie bisher über WLAN. Zusätzlich integrieren mehr und mehr Hersteller AirPlay 2 nun auch als Video Streaming Client mit der AppleTV App in Ihre Smart Devices, wie SmartTVs. Hierdurch lässt sich das Videosignal direkt ohne AppleTV übertragen. AppleTVs lassen sich mittels eines MDM System vollständig konfigurieren. Die Konfiguration geschieht dabei vollautomatisch, inklusive Zugriffseinschränkungen und Konferenzraum-Modus zur Ausblendung kommerzieller Inhalte. Weitere Anwendungsbereiche wie Digital Signage, Schwarzes Brett, Vertretungsplan, etc. sind durch AppleTV Apps abbildbar. Es gibt auf dem Markt aber auch sehr viele Möglichkeiten, z. B. über preisgünstige HDMI-Dongles, ein eigentlich nicht Miracast-/Airplay-fähiges Endgerät mit dieser Technik auszustatten. Auch preisintensivere, professionelle Gesamtlösungen zum Spiegeln von Bildschirmhalten sind auf dem Markt verfügbar.
W-Lan	Die Wireless-Schnittstelle kann man bei Projektoren / Displays dazu verwenden eine Screen-Mirroring Verbindung herzustellen oder diesen in ein bestehendes Netzwerk zu integrieren. Somit hat man die Möglichkeit, dass das Gerät in diesem Netzwerk mit anderen Teilnehmern kommuniziert oder ihn z. B. über eine Management-Software fernzuwarten. Diese Schnittstelle ist entweder bereits im Projektor verbaut oder wird mittels eines WiFi-Dongles ermöglicht. Beim Display ist der WiFi Anschluss meistens bereits integriert.
Geräte-Administration	Damit ein Projektor / Display sicher betrieben werden kann ist eine ausreichende Administration des Gerätes notwendig. Der Admin sollte das Gerät in ein Netzwerk (mit Kabel oder kabellos) einbinden, um ihn, wie zuvor bereits erwähnt, über eine Management-Software ansteuern zu können. Besonders in einer Schulumgebung ist die zentrale Vergabe von Passwörtern durch einen Admin essentiell, damit Funktionen, die nicht frei zugänglich sein sollen, geschützt sind. Man kann beispielsweise bereits das Einschalten des Gerätes durch ein Passwort schützen, aber auch die Netzwerkeinstellungen oder die Screen-Mirroring Einstellungen. Auch das Sperren des Bedienfeldes direkt am Gerät oder der Fernsteuerungsempfänger ist bei vielen Projektoren / Displays möglich und je nach Umgebung auch sinnvoll

Anhang B: Abgrenzung Betriebssysteme

Neben den im Leitfaden aufgegriffenen Betriebssystemen für mobile Endgeräte (Android, Chrome und Windows) gibt es weitere am Markt befindliche Lösungen. Dies sind beispielsweise:

- Apple iOS/iPad OS
Geräte mit den Betriebssystemen Apple iOS bzw. iPad OS sind nicht explizit Gegenstand dieses Leitfadens. Empfehlungen des Leitfadens könnten auch für iOS oder iPad OS-Geräte zutreffen, Unterschiede können sich z. B. bei Prozessorarchitektur, Arbeitsspeicher und naturgemäß den Empfehlungen zum Betriebssystem ergeben.
- Linux
- Unix

Bitkom vertritt mehr als 2.700 Unternehmen der digitalen Wirtschaft, davon gut 1.900 Direktmitglieder. Sie erzielen allein mit IT- und Telekommunikationsleistungen jährlich Umsätze von 190 Milliarden Euro, darunter Exporte in Höhe von 50 Milliarden Euro. Die Bitkom-Mitglieder beschäftigen in Deutschland mehr als 2 Millionen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 80 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, jeweils 8 Prozent kommen aus Europa und den USA, 4 Prozent aus anderen Regionen. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem weltweit führenden Digitalstandort zu machen.

**Bundesverband Informationswirtschaft,
Telekommunikation und neue Medien e.V.**

Albrechtstraße 10
10117 Berlin
T 030 27576-0
F 030 27576-400
bitkom@bitkom.org
www.bitkom.org

bitkom