Bayerisches Staatsministerium für
Unterricht und Kultus

Empfehlungen zur IT-Ausstattung von Schulen

VOTUM 2025

BAYERN DIGITAL

Beraterkreis zur IT-Ausstattung von Schulen des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus

VOTUM 2025

Erarbeitet von Vertreterinnen und Vertretern folgender Institutionen:

Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (StMUK)

Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung (ALP) Dillingen

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB)

und erfahrenen Lehrkräften

München, August 2025

Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus
Salvatorstraße 2
80333 München
https://www.km.bayern.de

Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung Dillingen
Kardinal-von-Waldburg-Str. 6-7
89407 Dillingen
https://alp.dillingen.de

Bezug: Das VOTUM 2025 ist im Internet unter der Adresse https://mebis.bycs.de/beitrag/votum abrufbar.

Grußwort

© Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus

Die Digitalisierung an unseren Schulen bietet große Chancen für das schulische Lernen, verlangt aber auch kluge Entscheidungen. Digitale Lösungen können immer dort zum Einsatz kommen, wo sie das Lernen durch mehr individuelle Förderung, Lebensweltbezug und methodische Vielfalt bereichern. Digitale Bildung muss dabei immer vom pädagogischen Nutzen her gedacht sein.

Dieser Anspruch prägt auch unser Konzept der „Digitalen Schule der Zukunft“ für das Lernen mit digitalen Endgeräten: Wir wollen unsere jungen Menschen fit machen für die moderne Lebens- und Arbeitswelt von morgen. Für eine pädagogisch begründete digitale Ausstattung der Schulen gibt das VOTUM konkrete Orientierung und legt die wesentlichen Entscheidungsgrundlagen für Schulaufwandsträger, Schulleitungen und Lehrkräfte. Nach dem gezielten Infrastrukturaufbau seit 2019 haben wir zuletzt die rechtlichen und finanziellen Rahmenbedingungen ins Zentrum gerückt: Zum einen haben wir die pädagogische System- und Anwenderbetreuung durch die Lehrkräfte über eine neue Bekanntmachung noch stärker auf die pädagogischen und medienerzieherischen Anforderungen ausgerichtet. Zum anderen greifen wir den Schulaufwandsträgern über einen neuen gesetzlichen Zuschuss für die Wartung und Pflege unter die Arme. Das sind zwei große Meilensteine für die digitale Bildung in Bayern!

Ein herzliches Dankeschön an alle Mitglieder des Beraterkreises für diesen wichtigen Leitfaden zur Weiterentwicklung der Schul-IT vor Ort! Allen Leserinnen und Lesern wünsche ich wertvolle Anregungen für ihre Aufgaben in der IT-Ausstattung von Schulen.

München, im August 2025

Anna Stolz

Bayerische Staatsministerin
für Unterricht und Kultus

Grußwort ... 2
1. Konzeption und Planung von Schulnetzen ... 6
   a) Grundlegender strategischer und bildungspolitischer Rahmen ... 6
   b) Konzeption von Schulnetzen ... 6
   c) Verortung und Struktur der Dienste und Ressourcen ... 9
   d) Pädagogische Planung von IT-Systemen in der Schule ... 11
   e) Datenschutzrechtliche Aspekte bei Planung und Einsatz von IT-Systemen ... 12
2. Beschaffung von schulischen IT-Systemen ... 14
   a) Beschaffung von IT-Systemen ... 14
   b) Gewährleistung und Garantie ... 16
   c) Nutzungsdauer ... 17
   d) Kauf, Leasing/Miete ... 18
3. Betreuung, Administration und Nutzung von schulischen IT-Systemen ... 19
   a) Pädagogische und technische Betreuung der IT-Systeme ... 19
   b) Einordnung der Supportanfragen nach Supportlevel ... 21
   c) Aufgabenfelder der technischen IT-Administration ... 23
   d) Beratungs- und Fortbildungsangebote ... 25
   e) Nutzungsordnung ... 26
   f) Pädagogische Nutzungsregeln ... 27
4. Das digitale Klassenzimmer ... 27
   a) Aufbau des digitalen Klassenzimmers ... 28
   b) Digitale Großbilddarstellung und drahtlose Bildschirmübertragung ... 29
   c) Tonwiedergabe ... 30
   d) Dokumentenkamera ... 30
   e) Digitale Geräte für Schülerinnen und Schüler ... 30
   f) Classroom-Management-Systeme ... 34
   g) Ladekonzepte und Ladeinfrastruktur ... 36
   h) Videokonferenzsysteme ... 37
   i) Computerräume und andere Fachräume ... 38
   j) IT-Ausstattung für Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf und Inklusion ... 39
5. Weitere Einsatzbereiche von schulischen IT-Systemen ... 40
   a) Unterrichtsbezogene Nutzung frei zugänglicher Computer für Schülerinnen und Schüler ... 41
   b) Schulische Arbeitsräume für Lehrkräfte ... 41
   c) Ausstattung für die Seminarausbildung ... 41
   d) Digitale Organisation ... 42
6. Anwendungssoftware ... 43
   a) Beschaffung und Verwaltung der Anwendungssoftware ... 43
   b) Lokal installierte Anwendungen ... 44
   c) Cloudbasierte Anwendungen ... 44
   d) BayernCloud Schule (ByCS) ... 44
   e) Anwendungen mit Künstlicher Intelligenz (KI) ... 46

7. Schulhausvernetzung 47
   a) Ethernet-Verkabelung (LAN) 47
   b) Funknetz (WLAN) 49
   c) Logische Trennung des lokalen Netzes in Teilnetze 52
   d) Allgemeine Hinweise zum Netzwerk 53
8. Verbindung mit dem Internet 54
   a) Internetzugang 54
   b) Internetzugangsrouter mit Firewall 55
   c) Webfilter 56
9. Entscheidungskriterien bei der Auswahl von schulischen IT-Systemen 58
   a) Auswahlkriterien Arbeitsplatzcomputer 58
   b) Auswahlkriterien Notebooks 58
   c) Auswahlkriterien Tablets 59
   d) Auswahlkriterien Betriebssysteme für Arbeitsplatzcomputer 61
   e) Auswahlkriterien Mobile Betriebssysteme 62
   f) Auswahlkriterien Monitore und Dockingstation 62
   g) Auswahlkriterien USB-Ladestationen (Lade-Hubs) und Powerbanks 63
   h) Auswahlkriterien Server und Serverbetriebssysteme 63
   i) Auswahlkriterien NAS-Systeme 64
   j) Auswahlkriterien Terminalserver-Systeme und Virtual Desktop Infrastructure . 65
   k) Auswahlkriterien Netzwerkkomponenten 65
   l) Auswahlkriterien Großbilddarstellungen 68
   m) Auswahlkriterien Dokumentenkamera 71
   n) Auswahlkriterien Drahtlose Bildschirmübertragung 71
   o) Auswahlkriterien Drucker 73
   p) Auswahlkriterien 3D-Drucker 73
   q) Auswahlkriterien für Extended Reality (XR- Brillen) 74
10. Hardware-Spezifikationen für schulische IT-Systeme 75
   a) Datenblatt Arbeitsplatzcomputer 75
   b) Datenblatt Notebooks 77
   c) Datenblatt Tablets 81
   d) Datenblatt Monitore 86
   e) Datenblatt USB-Dockingstationen 87
   f) Datenblatt USB-Ladestationen (Lade-Hubs) 88
   g) Datenblatt Powerbanks 89
   h) Datenblatt Server 90
   i) Datenblatt NAS-Systeme 92
   j) Datenblatt Thin Clients 94
   k) Datenblatt Ethernet-Switches 95
   l) Datenblatt Internetzugangsrouter 98
   m) Datenblatt Access-Points 101
   n) Datenblatt Großbildmonitore 103
   o) Datenblatt Beamer 105

p) Datenblatt Dokumentenkamera 107
q) Datenblatt Drucker 108
r) Datenblatt 3D-Drucker 109
s) Datenblatt Standalone-VR-Brille 110
11. Weiterführende Literaturhinweise 112

Eine an pädagogischen Zielsetzungen orientierte IT-Ausstattung der Schulen ist eine wesentliche Voraussetzung zur Förderung der Medien- und Digitalkompetenzen von Schülerinnen und Schülern und für den pädagogisch begründeten und lernförderlichen Einsatz digitaler Werkzeuge und Medien im Unterricht und der schulischen Kooperation. Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus will die Schulen und die für die IT-Ausstattung der Schulen zuständigen Schulaufwandsträger mit dem vorliegenden VOTUM unterstützen, Neuausstattungen, Weiterentwicklungen und Ersatzbeschaffungen in bestmöglicher Weise vorzunehmen und den Schulen einen an den pädagogischen Anforderungen ausgerichteten Leitfaden für die Erweiterung der schulischen IT-Ausstattung und Nutzung neuer Technologie geben.

1. Konzeption und Planung von Schulnetzen

a) Grundlegender strategischer und bildungspolitischer Rahmen

Die Beschaffung von geeigneten IT-Systemen für die schulische bzw. unterrichtliche Nutzung muss unter Berücksichtigung der Anforderungen aus den schulspezifischen Zielen und Einsatzszenarien geplant und umgesetzt werden. Die schulartübergreifenden Ziele und Inhalte der Medienbildung und Digitalen Bildung sind in der Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus vom 24. Oktober 2012 Az.: III.4-5 S 1356-3.18- 725 „Medienbildung – Medienerziehung und informationstechnische Bildung in der Schule“ festgehalten (vgl. https://www.verkuendung-bayern.de/amtsblatt/dokument/kwmbl-2012-22-357/). Im Jahr 2016 hatte die bayerische Staatregierung ihre Zukunftsstrategie „Digitale Bildung in Schule, Hochschule und Kultur“ (vgl. https://kmu-digital.eu/de/publikationen/dokumente/broschueren/35-zukunftsstrategie-bayern-digital/file) aufgelegt und in der Folge zur Gesamtstrategie „schule.digital“ weiterentwickelt. Auf Ebene der Lehrpläne wird über das schulartübergreifende Bildungs- und Erziehungsziel „Medienbildung/Digitale Bildung“ im Lehrplan Plus sichergestellt, dass alle Schülerinnen und Schüler die Kenntnisse und Fertigkeiten erwerben, um sachgerecht, selbstbestimmt und verantwortungsvoll in einer multimedial geprägten Gesellschaft zu handeln.

Rechtliche Hinweise und Ausführungen zur Datensicherheit und Datenschutz finden sich insbesondere in der Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus vom 14. Juli 2022 Az.: I.3-BO4000.0/45/59 „Hinweise zur Nutzung der IT-Infrastruktur und des Internetzugangs an Schulen (Schulische IT-Infrastruktur und Internetzugang)“ (vgl. https://www.verkuendung-bayern.de/baymbl/2022-436/) sowie der Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus vom 14. Juli 2022, Az. I.3-V0781.4/96/30 „Vollzug des Datenschutzrechts an staatlichen Schulen (VollzBek DS – Schulen)“ (vgl. https://www.verkuendung-bayern.de/baymbl/2022-435/).

b) Konzeption von Schulnetzen

Die Konzeption eines Schulnetzes prägt aufgrund der zunehmenden Digitalisierung schulischer und unterrichtlicher Prozesse die pädagogische und verwaltungsbezogene

Arbeit der Lehrkräfte bzw. des sonstigen pädagogischen Personals, die Nutzung digitaler Medien durch die Schülerinnen und Schüler sowie die Anforderung an die technische Administration. Als infrastrukturelle Basis muss das Schulnetz daher zur Umsetzung des schulischen Medienkonzepts vor allem nach pädagogischen, didaktischen und auch rechtlichen Überlegungen konzipiert, aufgebaut und administriert werden.

Dies ist eine zentrale Aufgabe der Schule, also von Schulleitung, pädagogischer Systembetreuerin/pädagogischem Systembetreuer bzw. Team Pädagogische IT-Dienste, Datenschutzbeauftragte/r, Lehrerkollegium und Medienkonzept-Team, in unmittelbarer Zusammenarbeit mit dem für die IT-Ausstattung zuständigen Schulaufwandsträger.

Die nachfolgenden Netzwerkstrukturen sind Basismodelle für die Schulnetzarchitektur, aus denen sich Abwandlungen und Mischformen aufgrund spezifischer Anforderungen in den jeweiligen Einsatzumgebungen ergeben. Es wird darauf hingewiesen, dass folgende allgemeine Darstellung erforderliche pädagogische Entscheidungen und rechtliche Prüfungen nicht ersetzen können. Rechtliche, insbesondere datenschutzrechtliche Aspekte, die bei der Planung von IT-Systemen an der Schule beachtet werden müssen, sind in Kapitel 1.e) unter dem Punkt “Datenschutzrechtliche Aspekte bei Planung und Einsatz von IT-Systemen“ dargestellt.

Grundlegendes zur Netzwerkstruktur

Die dem Schulnetz zugrundeliegende Netzwerkstruktur bestimmt im Wesentlichen die Funktionalität sowie die Sicherheit im Schulnetz bzw. seinen einzelnen Teilnetzen:

- Aufbau eines Netzwerks nach den gängigen Richtlinien (Primär-, Sekundärverkabelung in Glasfaser, Tertiärverkabelung in Kupfer, flächendeckendes WLAN) (vgl. Kapitel 7.a))
- Trennung von Verwaltungsnetz und Unterrichtsnetz z. B. logisch mit VLANs und definierten Übergängen durch entsprechende Firewall-Regeln oder über separate Internetanschlüsse
- falls erforderlich weitere Segmentierung des Unterrichtsnetzes in Teilnetze bzw. VLANs, (z. B. Unterrichtsnetz, Lehrernetz, u. a.) die jeweils kabelgebundenen bzw. drahtlosen Zugang ermöglichen (vgl. Kapitel 7.c)).
- breitbandiger Internetanschluss (vgl. Kapitel 8)

Verwaltungsnetz

Im Verwaltungsnetz wird u. a. mit sensiblen und personenbezogenen Daten gearbeitet. Diese werden vollständig oder zum Teil dort gespeichert (z. B. auf einem Server innerhalb des Verwaltungsbereichs).

Das Verwaltungsnetz ist daher ein besonders geschütztes Netzwerk, in dem erhöhte Sicherheitsrichtlinien gelten, z. B. ist der Zugang nur über individuelle Benutzerauthentifizierung mit klar geregelten Zugriffsrechten und einer physischen Zutrittskontrolle zum Verwaltungsbereich der Schule. Es können noch weitere strengere Sicherheitsrichtlinien definiert werden, wie z. B. der Verzicht auf einen WLAN-Zugang zum Verwaltungsnetz. Ein externer Zugang zum Verwaltungsnetz kann unter Berücksichtigung entsprechender Sicherheitsrichtlinien für berechtigte Personen gewährt werden (z. B. VPN-Zugang mit Zwei-Faktor-Authentifizierung).

Das Verwaltungsnetz benötigt Zugang zum Internet. Gegebenenfalls können einzelne Verwaltungsdienste (z. B. ASV) in eine Cloud oder zu einem externen Dienstleister ausgelagert werden; in diesem Fall ist ein entsprechender Auftragsverarbeitungsvertrag (AVV) nach Art. 28 DSGVO notwendig.

Unterrichtsnetz

Im Unterrichtsnetz stehen ein niederschwelliger Zugang und die Eröffnung möglichst vielfältiger Einsatzszenarien und unterrichtlicher Methoden im Vordergrund. Nicht erforderliche Restriktionen im Unterrichtsnetz können das pädagogische Wirken beeinträchtigen und sind daher zu vermeiden. Die Verzahnung digitalen Arbeitens in der Schule, zuhause sowie an außerschulischen Lernorten soll problemlos möglich sein. Dies kann z. B. über eine Cloudstruktur mit einem orts- und zeitunabhängigen Zugriff auf unterrichtliche Daten umgesetzt werden.

Zentral angebotene Dienste, z. B. der BayernCloud Schule (vgl. Kapitel 6.c)) oder in zentralisierten Rechenzentren der Schulaufwandsträger, erweitern die pädagogischen Möglichkeiten und entlasten die Pflege und Administration vor Ort. Zur Nutzung internetbasierter Dienste ist ein möglichst performanter, breitbandiger Zugang zum Internet erforderlich.

Benutzerauthentifizierung

Schülerinnen und Schüler bzw. Lehrkräfte sowie sonstiges pädagogisches Personal können mit schuleigenen oder privaten Geräten auf das Unterrichtsnetzwerk der Schule und darüber auf das Internet zugreifen. Eine individuelle Authentifizierung im Unterrichtsnetzwerk der Schule ist für die unterrichtliche Nutzung regelmäßig nicht notwendig. Eine benutzerbezogene Anmeldung innerhalb der Schule kann jedoch dann sinnvoll sein, wenn auch auf Ressourcen und Dienste innerhalb der Schule zugegriffen werden soll (z. B. Schulserver, Speichersysteme).

Die Authentifizierung bei Clouddiensten erfolgt beim Zugriff (sofern erforderlich). Die Angebote der BayernCloud Schule verfügen dabei über eine zentrale Nutzerauthentifizierung, die mit einem einzigen Login den Zugriff auf alle verfügbaren Dienste eröffnet (Single Sign-On). Die Datensicherheit wird durch den Anbieter des zentralen Dienstes gewährleistet und vertraglich mit diesem vereinbart (Auftragsverarbeitungsvertrag).

Protokollierung

Eine umfassende Protokollierung der Aktivitäten im Unterrichtsnetzwerk, wie Internetzugriffe der Schülerinnen und Schüler, der Lehrkräfte sowie des sonstigen Personals der Schule ist in der Regel nicht notwendig und in den meisten Fällen nicht sinnvoll. Falls eine Protokollierung aus spezifischem Anlass dennoch erfolgen soll, muss deren datenschutzrechtliche Zulässigkeit nach den üblichen Kriterien wie Zweck, Erfordernis, Erlaubnis und Datensparsamkeit gewährleistet sein (vgl. Kapitel 3.e)).

Innerhalb von Clouddiensten kann eine regelmäßige Protokollierung der Schüleraktivitäten erfolgen (z. B. Protokollierung der Anmeldeversuche oder Protokollierung von Lernaktivitäten). Dies ist üblicherweise in den Nutzungsbedingungen des Clouddienstes geregelt und Gegenstand der vertraglichen Vereinbarungen.

Zugang zum WLAN und Internet

Wenn der Zugang zum WLAN im Unterrichtsnetzwerk ausschließlich einen Internetzugriff eröffnet, sind keine erhöhten Sicherheitsanforderungen an die Verbindung oder zusätzliche Authentifizierung mit persönlichen Zugangsdaten notwendig. Es genügt eine WPA2/WPA3-Verschlüsselung mit einem gemeinsamen Schlüssel (Pre-Shared Key), der innerhalb der Schule bekannt gegeben werden kann und regelmäßig geändert werden sollte (z. B. zum Schuljahreswechsel).

Grundsätzlich ist es geboten, durch geeignete technische oder organisatorische Maßnahmen, beispielsweise jugendgefährdende Inhalte und Schadsoftware (z. B. Phishing-Requests, Malware, Command and Control Requests) abzuwehren. Dies kann technisch über eine entsprechende Firewall oder einen Webfilter (z. B. DNS-Filterung) sichergestellt werden (vgl. Kapitel 8.c)). Der Zugang zum Internet sollte auch bei Nutzung eines Webfilters möglichst frei und ohne merkliche Beeinträchtigung möglich sein.

c) Verortung und Struktur der Dienste und Ressourcen

Bei der Konzeption und Weiterentwicklung von Schulnetzen ist die Entscheidung über den Ort der Speicherung und Verarbeitung (personenbezogener) Daten von grundlegender Bedeutung. Die Auslagerung zu externen Anbietern, lokalen Rechenzentren der Schulaufwandsträger oder in eine Cloud kann die Verfügbarkeit und IT-Sicherheit erhöhen sowie für eine Entlastung der lokalen IT-Administration sorgen. Dabei sind die entsprechenden datenschutzrechtlichen Regelungen zu beachten, z. B. der Abschluss eines Auftragsverarbeitungsvertrags (Art. 28 DSGVO).

Lokale Strukturen

Lokale Netzwerke stellen alle erforderlichen Ressourcen innerhalb des eigenen Netzwerks bereit. In lokalen Strukturen werden die Berechtigungen nach Aufgabenbereich differenziert vergeben, organisationsfremde Personen oder Geräte sind nicht zugelassen. Ein externer Zugriff auf die internen Ressourcen erfolgt ggf. über einen VPN-Zugang. Diese Netzwerke bieten ein hohes Maß an Sicherheit, gleichzeitig ist ihre Verwaltung aufwändig und erfordert grundlegende Expertise.

An Schulen sind lokale Netzwerke meist in Form von Windows-Domänen-Netzwerken mit personenbezogenen Accounts für alle Benutzerinnen und Benutzer realisiert, die den Zugriff auf die internen Ressourcen ermöglichen.

Offene, cloudbasierte Strukturen

Für den Einsatz lehrer- oder schülereigener mobiler Endgeräte im Unterrichtsnetz ist eine Öffnung der schulischen IT-Strukturen erforderlich. Dadurch können die schulischen Nutzerinnen und Nutzer effektiv über digitale Kommunikation- und Kooperationswerkzeuge zusammenarbeiten und Daten, Dienste und Anwendungen sowohl in der Schule als auch zu Hause oder mobil nutzen. Der Cloudbegriff beschreibt die Nutzung von Ressourcen im Internet oder anderen Netzwerken. Daten, Rechenleistung und Programme befinden sich dabei nicht mehr lokal auf dem Endgerät, sondern in der Regel auf einem externen Server (z. B. externer Datenspeicher, Lernplattformen, Webanwen-

dungen, Chat- und Videokonferenzsysteme). Die Nutzung schulexterner Cloudstrukturen wird durch die Schule so ausgestaltet, dass sie ihrer organisatorischen und rechtlichen Verantwortung gerecht wird.

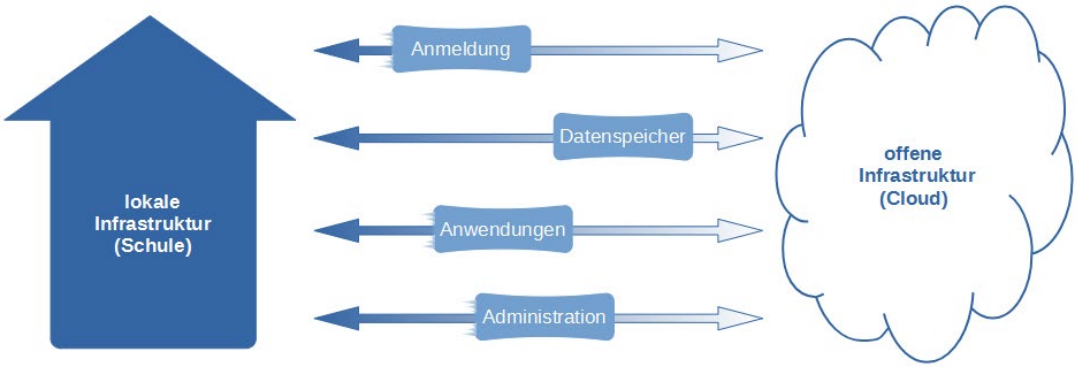
Im Internet sind viele digitale Dienste für den orts- und zeitunabhängigen Zugriff durch die schulischen Nutzerinnen und Nutzer verfügbar, z. B. für das Teilen von Dateien oder die Terminverwaltung in einem elektronischen Kalender. Digitale Dienste und Werkzeuge wie E-Mail, Messenger, Online-Office-Anwendungen, Videokonferenzsysteme und Kollaborationsplattformen ermöglichen die synchrone sowie asynchrone Kommunikation und Zusammenarbeit über das Internet. Es wird insbesondere auf die umfangreichen staatlichen Angebote der BayernCloud Schule mit ihren pädagogischen Anwendungen sowie Werkzeugen der digitalen Kommunikation und Kooperation hingewiesen (vgl. Kapitel 6.d)).

Cloudstrukturen zeichnen sich durch eine flexible Skalierbarkeit aus: Zusätzliche Rechenleistung, Speicherplatz oder Anwendungen können bedarfsgerecht hinzugebucht oder reduziert werden. Der lokale Aufwand für die Serverbereitstellung, Backup, Klimatisierung, Stromversorgung sowie Administration wird durch die Nutzung von Cloudstrukturen deutlich reduziert und Schule bzw. Schulaufwandsträger entlastet.

Für die effektive Nutzung von cloudbasierten Strukturen ist eine performante und flächendeckende interne schulische Netzstruktur einschließlich WLAN und breitbandiger Internetverbindung erforderlich.

Hybride Strukturen (Mischformen)

Aufgrund unterschiedlicher pädagogischer Anforderungen sowie technischer Rahmenbedingungen sind Mischformen bzw. Abwandlungen der genannten reinen Strukturmodellen im Sinne hybrider Strukturen möglich. Dabei können einzelne Komponenten des Schulnetzes je nach schulischem Anforderungsprofil entweder als lokale Infrastruktur (links) oder als offene bzw. cloudbasierte Struktur (rechts) verortet werden.



Eine hybride Schulnetzstruktur stellt eine Mischform aus lokalen Strukturen und offenen, cloudbasierten Strukturen dar.

Beispiel für ein hybrides Unterrichtsnetz:

Das folgende Beispiel eines hybriden Schulnetzes kombiniert bewährte Funktionen und Eigenschaften aus beiden Grundstrukturen: Domäne mit lokaler Nutzung und Cloudcomputing:

- klassische Client/Server-Architektur für alle stationären Geräte in der Schule

- individuelle Anmeldung und Authentifizierung nur für Lehrkräfte mit Zugriff auf schulinterne IT-Ressourcen (z. B. Drucker)
- breitbandiger Internetzugang
- drahtloser Zugriff mit mobilen Endgeräten auf das Internet für alle schulischen Nutzerinnen und Nutzer
- Verwendung eines cloudbasierten Speichers für die Ablage von Unterrichtsmaterialien
- Nutzung von cloudbasierten Kollaborations- sowie Kommunikationswerkzeugen und Lernplattformen durch alle schulischen Nutzerinnen und Nutzer

Das Beispielmodell eines hybriden Schulnetzes ist in seinen Ausprägungen in beide Richtungen anpassbar, d. h., es kann bedarfsgerecht in Richtung lokaler oder cloudbasierter Strukturen verändert werden. Es kann zudem als eine Übergangslösung von klassischen lokalen Strukturen hin zu cloudbasierten Strukturen verstanden werden.

IT-Systemlösungen für Schulen

Für Schulen wird eine Fülle von umfassenden IT-Systemlösungen angeboten. Die Produkte bieten eine Vielzahl an Funktionen (z. B. Elternkommunikation, Netzwerkverwaltung, Stundenplanprogramm, Klassenbuch) an, um vielfach unabhängig von der Schulart allen Bedürfnissen und Anforderungen gerecht zu werden. Systemlösungen sind oft sehr komplex und benötigen lokale Serverstrukturen an der Schule, selbst wenn nur ein kleiner Teil des Funktionsumfangs genutzt wird. Häufig muss der gesamte Funktionsumfang lizenziert werden, auch wenn die Schule nur einzelne Module des Gesamtprodukts verwenden möchte.

Schülereigene Endgeräte wie Tablets können in derartige Strukturen nur schwer oder gar nicht eingebunden werden. Zudem entsteht je nach Vertragsgestaltung eine langfristige Bindung an ein Produkt einschließlich Support.

Für eine Schule ist es jedoch im Zuge der Weiterentwicklung ihrer Medienarbeit wichtig, flexibel und offen für Entwicklungen, Ergänzungen und Anpassungen zu sein. Der Weg hin zu cloudbasierten Kollaborations- und Kommunikationswerkzeugen (wie z. B. der BayernCloud Schule) darf durch eine geschlossene Umgebung durch IT-Systemlösungen nicht behindert werden.

d) Pädagogische Planung von IT-Systemen in der Schule

Das schulische Medienkonzept bildet die Grundlage für eine systematische Medienkompetenzförderung. Es besteht aus drei eng miteinander verzahnten Elementen: Mediencurriculum, Fortbildungsplan und Ausstattungsplan (vgl. https://mebis.bycs.de/kategorien/medienkonzepte).

- Im Mediencurriculum wird der Medienkompetenzerwerb in allen Jahrgangsstufen und Fächern, basierend auf dem jeweiligen Lehrplan, dem schulartübergreifende Bildungs- und Erziehungsziel der Medienbildung/digitalen Bildung und dem „Kompetenzrahmen zur Medienbildung an bayerischen Schulen“, spiralcurricular anlegt, mit Fachinhalten verzahnt und konkretisiert. Daraus leitet sich ab, wie im

Schulnetz gearbeitet wird und welche IT-Ressourcen die schulischen Nutzerinnen und Nutzer für die unterrichtliche und außerunterrichtliche Arbeit im Schulhaus sowie zur Vor- und Nachbereitung zu Hause benötigen.

- Über den Ausstattungsplan wird die Ausstattung mit Computern und Servern, die Nutzung von mobilen Endgeräten, der Anmeldeprozess und der Zugang zu lokalen oder cloudbasierten Daten und Diensten festgelegt. Die technische Umsetzung eines Schulnetzes (vgl. Kapitel 1.b)) muss sich an den pädagogischen Zielen der Schule gemäß Mediencurriculum ausrichten.
- Die Fortbildungsplanung geht auf die aus dem Mediencurriculum resultierenden Fortbildungsbedarfe der Lehrkräfte ein und gewährleistet eine systematische medienbezogene Lehrkompetenzentwicklung unter Berücksichtigung des „DigCompEdu Bavaria“ als phasenübergreifenden Orientierungsrahmen für die Lehrerbildung (vgl. https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/unterrichten-in-der-digitalen-welt/digcompedu-bavaria).

Das schulische Medienkonzept beschreibt die fachlichen, technischen und qualifikatorischen Voraussetzungen für eine effektive und pädagogisch ausgerichtete Nutzung digitaler Werkzeuge in der Schule. Es hat damit weitreichende Auswirkungen auf die unterrichtlichen Prozesse, die pädagogische System- und Anwenderbetreuung und die technische IT-Administration durch den Schulaufwandsträger. Angesichts der hohen Dynamik im Bereich der Digitalisierung, zuletzt vor allem durch die zunehmende Bedeutung KI-basierter Werkzeuge, ist eine kontinuierliche Überarbeitung und Fortschreibung des Medienkonzepts für eine nachhaltige Wirkung erforderlich.

Lehr- und lernförderliche Raumgestaltung

Die Gestaltung von Unterrichtsräumen bestimmt maßgeblich, wie mit digitalen Medien und Werkzeugen gearbeitet werden kann und welche Arbeitsformen im Zusammenspiel mit der übrigen Raumelementen (z. B. Anordnung der Tische, flexible Pinnwände, Tafel) unterstützt werden. Eine lehr- und lernförderliche Raumgestaltung soll teambasierte und kompetenzorientierte Lern- und Arbeitsprozesse unterstützen und unterschiedliche didaktisch begründete Lern- und Sozialformen wie Partner- und Gruppenarbeit unter Nutzung digitaler Instrumente ermöglichen.

Schulübergreifende IT-Infrastrukturplanung

Zur Entlastung der IT-Administration durch die Schulaufwandsträger und zum schulübergreifenden Austausch der pädagogische System- und Anwenderbetreuungen ist eine einheitliche Ausstattung mehrerer Schulen im Zuständigkeitsbereich eines Schulaufwandsträgers unter Berücksichtigung der schulart- bzw. schulspezifischen Besonderheiten von Vorteil. Darüber hinaus können digitale Dienste in Rechenzentren, die von einem oder mehreren Schulaufwandsträgern verwaltet werden, schulübergreifend angeboten und administriert werden.

e) Datenschutzrechtliche Aspekte bei Planung und Einsatz von IT-Systemen

Die Vorgaben des Kultusministeriums für die staatlichen Schulen in Bayern zum Vollzug der datenschutzrechtlichen Bestimmungen können der Bekanntmachung “Vollzug des

Datenschutzrechts an staatlichen Schulen (VollzBek DS – Schulen)" vom 14. Juli 2022 (vgl. https://www.verkuendung-bayern.de/baymbl/2022-435) entnommen werden. Die wesentlichen, darin verankerten datenschutzrechtlichen Aspekte sind:

- Bei Einführung bzw. Änderung eines IT-Systems ist stets die Datenschutzbeauftrage bzw. der Datenschutzbeauftragte der Schule bzw. des staatlichen Schulamtes miteinzubeziehen. Insbesondere ist ihr bzw. ihm vor dem erstmaligen Einsatz oder einer wesentlichen Änderung eines automatisierten Verfahrens, mit dem personenbezogene Daten verarbeitet werden, Gelegenheit zur Stellungnahme zu geben (Art. 12 Abs. 1 BayDSG).
- Werden Verfahren eingesetzt, bei denen personenbezogene Daten verarbeitet werden, müssen diese von der Schule in der Regel nach Art. 30 DSGVO nach Art. 30 DSGVO in das Verarbeitungsverzeichnis zur Beschreibung von Verarbeitungstätigkeiten aufgenommen werden. Abhängig von den rechtlichen Voraussetzungen im Einzelfall im ist ferner ggf. eine Datenschutzfolgeabschätzung durchzuführen. Weiterhin muss die Schule bei der Erhebung personenbezogener Daten grundsätzlich die Informationspflichten nach Art. 13 bzw. Art. 14 DSGVO sicherstellen.
- Bei Nutzung von Cloud-Diensten wird in der Regel ein Auftragsverarbeitungsvertrag (AVV) zwischen Schule und Cloud-Anbieter geschlossen. Es empfiehlt sich, die Verträge insbesondere darauf zu überprüfen, dass der Dienstleister die bei ihm gespeicherten personenbezogenen Daten nicht für eigene Zwecke, sondern nur im Auftrag und im Rahmen der Weisungen der Schule verarbeitet, diesbezüglich Verschwiegenheit zusagt und die Daten nach Ende der Vereinbarung löscht oder sie an die Schule zurückgibt (Art. 28 DSGVO).
- Daneben ist bei der Planung und dem Einsatz von Verarbeitungsverfahren wie cloudbasierten Anwendungen auf § 46 BaySchO i. V. m. Anlage 2 zu achten.
- Bei der (nach erreichter Vollausstattung mit Lehrergeräte nur noch ausnahmsweise zulässigen) Nutzung von privaten Endgeräten ist in datenschutzrechtlicher Hinsicht zu beachten, dass die Schule für schulische Datenverarbeitungen verantwortlich bleibt (Art. 4 Nr. 7 DSGVO). Diese Verantwortung besteht auch dann, wenn Lehrkräfte dienstliche Daten auf ihren Privatgeräten verarbeiten.
- Allgemein ist unter dem Aspekt der Datensparsamkeit darauf zu achten, dass die Zahl der beauftragten Dienstleister bzw. Anbieter möglichst geringgehalten wird.
- Die Anforderungen an eine zulässige Verarbeitung personenbezogener Daten außerhalb der EU bzw. des EWR-Raums sind noch nicht abschließend durch die Datenschutzaufsichtsbehörden geklärt, vgl. zur Thematik des Drittlandtransfers z. B. die Ausführungen des Bayerischen Landesbeauftragen für den Datenschutz in dessen 31. Tätigkeitsbericht, Kap. 2.2 (abrufbar unter BayLfD, 31. Tätigkeitsbericht, https://www.datenschutz-bayern.de/tbs/tb31/k2.html#2.2) sowie der Leitfaden des Bayerischen Landesbeauftragten für den Datenschutz (LfD) „Internationale Datentransfers Orientierungshilfe" (vgl. https://www.datenschutz-bayern.de/datenschutzreform2018/OH_Drittstaatentransfer.pdf).

Planungsteam

Zur Vorbereitung umfassender und komplexer IT-Strukturen wird empfohlen, an der Schule ein Planungsteam einzurichten. Es sollte mindestens aus Vertretern der Schulleitung, einem Mitglied des Medienkonzeptteams, der pädagogische Systembetreuerin /dem pädagogische Systembetreuer und des Schulaufwandsträgers bestehen. Das Planungsteam der Schule orientiert sich am Ausstattungsplan des Medienkonzepts, prüft technische, organisatorische und pädagogische Voraussetzungen und begleitet die Umsetzung, ggf. mit Unterstützung weiterer Lehrkräfte im Team pädagogische IT-Dienste. Bei Bedarf wird der Ausstattungsplan des Medienkonzepts angepasst. Unterstützende Materialien zur Evaluation, Überarbeitung und Weiterentwicklung des Medienkonzepts sind unter https://mebis.bycs.de/beitrag/unterstuetzungsangebote zu finden.

Insbesondere bei komplexen Planungen im Bereich vernetzter Systeme (Schulhausvernetzung) sollen schulexterne Experten (z. B. Beratung digitale Bildung in Bayern, IT-Experten des Schulaufwandsträgers, externe Dienstleister) in die Planung einbezogen werden. Die Feinplanung, technische Spezifikation und konkrete Umsetzung erfolgen durch den zuständigen Schulaufwandsträger bzw. die von ihm beauftragten Dienstleister in Abstimmung mit Vertreterinnen und Vertretern der Schule.

Beratung und Unterstützung

Die informationstechnische (iBdB) bzw. medienpädagogische (mBdB) Beratung digitale Bildung kann die Schulen und die Schulaufwandsträger bei der Konzeption und Planung der Schulnetze sowie bei der Inanspruchnahme von staatlichen Förderprogramme beraten und unterstützen (vgl. https://mebis.bycs.de/bdb). Als weiteres prozessorientiertes Beratungsinstrument stehen den Schulen die „Innovationsteams Digitale Bildung“ zur Verfügung, die die Schulen in den innerschulischen Prozessen zur digitalen Transformation unterstützen (vgl. Kapitel 3.d)).

2. Beschaffung von schulischen IT-Systemen

a) Beschaffung von IT-Systemen

Konzeption und Ausstattung des Unterrichtsbereichs folgen schulartübergreifenden, schulartspezifischen sowie schulspezifischen methodisch-didaktischen und medienpädagogischen Zielen. Unabhängig von den fachlich-pädagogischen Empfehlungen bedarf es bei einer konkreten Beschaffungsmaßnahme durch den Schulaufwandsträger einer Ausschreibung gemäß den gesetzlichen Bestimmungen. Zur Vermeidung rechtlicher Probleme sind dabei unterschiedliche juristische Aspekte, z. B. des Förder-, Vergabe-, Lizenz-, Vertrags- und Datenschutzrechts zu beachten.

Im Rahmen der Schul- und Unterrichtsentwicklung entwickelt das Kollegium didaktische, methodische und organisatorische Konzepte, die einen zeitgemäßen Unterricht unter Nutzung digitaler Lernszenarien ermöglichen. Die pädagogische Systembetreuerin oder Systembetreuer bzw. das Team Pädagogische IT-Dienste formuliert die daraus resultierenden Anforderungen an die erforderliche Infrastruktur, Dienstleistungen, Endgeräte

und Software, beschreibt die Nutzungsszenarien unter Beachtung des schulischen Medienkonzepts möglichst genau und legt die schulischen Einsatzzwecke fest (vgl. Kapitel 1 a.)). Dazu arbeitet die pädagogische System- und Anwenderbetreuung bei der technischen Spezifikation eng mit der IT-Administration bzw. dem Schulaufwandsträger zusammen und erstellt funktionale Anforderungsbeschreibungen als Grundlage für die Beschaffungsprozesse und technische Umsetzung. Dabei können Schulaufwandsträger ohne die erforderliche technische Expertise und Erfahrung mit schulischen IT-Systemen externe Unterstützung, z. B. durch die staatliche Beratung digitale Bildung oder die zentrale IT-Beratung an der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, in Anspruch nehmen (vgl. Kapitel 3.d)).

Im Beschaffungsprozess soll gemeinsam mit dem Schulaufwandsträger auf Wirtschaftlichkeit und Administrierbarkeit der Systeme sowie auf die bereits vorhandenen Strukturen und Erfahrungen in der Schule geachtet werden. Bei Neuausstattungen sollte ein vollständiges und homogenes IT-System einschließlich einiger Ersatzgeräte beschafft werden. Dabei ist es für größere Schulaufwandsträger sinnvoll, mehrere Schulen mit identischer Hardware und Software auszustatten. Zugleich sind ergänzende Leistungen wie Garantien, rascher Geräteaustausch bei Defekten, qualifizierte Betreuung und Schulung des Kollegiums, Installation und Administrationshilfen in die Kaufentscheidung einzubeziehen (vgl. Kapitel 2).

Der Schulaufwandsträger kann bei Bedarf externe Fachleute hinzuziehen, um sicherzustellen, dass ausreichende Fachkompetenz und Erfahrung mit schulischen IT-Systemen vorhanden sind, beispielsweise durch die Beratung digitale Bildung. Je nach Organisationsform der technischen IT-Administration sollte eine vollständige Installation sowie ein längerfristig verfügbarer technischer Vor-Ort-Support mit einer angemessen kurzen Reaktionszeit sichergestellt werden. Bei Investitionen in die grundlegende Infrastruktur und Ausstattung der Schule ist eine formelle Abnahme durch Vertreterinnen oder Vertreter der Schule und des Schulaufwandsträgers anzuraten. Für die Administration und technische Wartung und Pflege der IT-Systeme sind in der Folge Dienstleistungen durch eigenes Personal oder einen externen IT-Dienstleister (managed services) notwendig. Bei der Beschaffung sind zudem ergonomische Anforderungen, die Einhaltung von Sicherheits-, Umwelt-, Arbeits- und Sozialstandards sowie Nachhaltigkeitsanforderungen zu beachten:

- Geräuschentwicklung (Arbeitsplatzcomputer, Notebooks, Beamer und Drucker)
- Tastatur mit geneigtem und leicht bedienbarem Tastaturfeld mit leisem Anschlag und Tastenhub, geeignet zum Tastschreiben
- Bildschirm mit matter Oberfläche, Höhe und Neigung verstellbar
- Drucker mit geringer Feinstaubemission, insbesondere in Büro- oder Unterrichtsräumen oder bei hohem Druckaufkommen
- Einhaltung von Arbeits- und Sozialstandards (siehe Kapitel 11, Weiterführende Literaturhinweise: Ergonomie und Nachhaltigkeit)
- Umweltfreundliches Material von Verpackungen mit Rücknahme und fachgerechter Entsorgung durch den Anbieter

- Rücknahme von Altgeräten durch den Lieferanten entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen mit Abholung und fachgerechter Entsorgung durch den Anbieter
- Umweltprüfzeichen
  - „Blauer Engel“ ist ein Umweltprüfzeichen mit Kriterien zu Energieverbrauch, Materialanforderungen, Recyclingfähigkeit und Geräuschemission. Heute findet man den Blauen Engel fast ausschließlich bei Druckern.
  - „Energy Star” ist ein Prüfsiegel der USA, das häufig anzutreffen ist, aber auf EU-Ebene keine Berücksichtigung mehr findet.
  - „TCO Certified” ist ein Prüfsiegel, das vom Dachverband der schwedischen Angestellten- und Beamtengewerkschaft für die ergonomische Qualität und Nachhaltigkeit von Büroumgebungen vergeben wird.
  - „EU Energielabel” muss verpflichtend ausgewiesen werden, wenn es für die Produktgruppe vorhanden ist (z. B. Displays). Eine Farbskala von grün (sehr gut) bis rot (sehr schlecht) ermöglicht eine schnelle Orientierung. Seit 20. Juni 2025 müssen bei Tablets und Smartphones ergänzende Informationen zur Haltbarkeit, der Batterielaufzeit in Zyklen und der Reparierbarkeit angegeben. Letztere wird in Form eines Reparierbarkeitsindex ausgewiesen.
  - „EPEAT” ist ein US-Prüfsiegel, das IT-Produkte nach Umweltstandards zertifiziert.
- BSI-IT-Sicherheitskennzeichen: Das BSI vergibt auf Antrag und Prüfung ein Sicherheitskennzeichen für digitale Produkte oder Dienste. Das BSI überprüft stichprobenartig die Sicherheitseigenschaften während der Laufzeit des Kennzeichens.

b) Gewährleistung und Garantie

Beim Erwerb von IT-Ausstattung ist es je nach Organisationsform der IT-Administration und Geräteklasse zu empfehlen, ergänzend zur gesetzlichen Gewährleistung eine darüberhinausgehende Garantieleistung des Anbieters oder Herstellers in Anspruch zu nehmen, um im Fall eines Defekts eine möglichst rasche Reparatur bzw. Bereitstellung eines Ersatzgeräts sicherzustellen. Eine über die gesetzliche Gewährleistung hinausgehende Garantie kann z. B. aus wirtschaftlichen Erwägungen unter Umständen auch verzichtbar sein, sofern entsprechende Leistungen nach Umfang, Reaktions- und Wiederherstellungszeit (z. B. Reparaturleistungen, Ersatzbeschaffung) vergleichbar vom Schulaufwandsträger übernommen und sichergestellt werden.

Art und Umfang der Garantieleistungen variieren je nach Anbieter und können auch als Garantieversicherungen abgeschlossen werden. Die nachfolgenden Möglichkeiten sollten deshalb vor Vertragsabschluss bzw. Kauf sorgfältig geprüft werden:

- Eine Vor-Ort-Garantie bedeutet, dass ein Techniker des Herstellers oder eines von ihm beauftragten Unternehmens an die Schule kommt, um ein defektes Gerät zu reparieren oder zu ersetzen. Der Abschluss einer Vor-Ort-Garantie mit festgelegter Reaktionszeit ist besonders für Geräte zu empfehlen, die schwer transportiert werden können oder die für die Funktionsfähigkeit der schulischen IT-Infrastruktur zwingend erforderlich sind.

- Bei einer PickUp&Return-Garantie bzw. Collect&Return-Garantie muss ein defektes Gerät ggf. abgebaut, verpackt und zur Abholung bereitgestellt werden. Je nach Vertragsmodell fallen Transportkosten an bzw. sind in der Garantie bereits eingeschlossen.
- Ohne weitere Regelungen zur Garantieleistung muss ein defektes Gerät üblicherweise auf eigene Kosten zum Anbieter bzw. Hersteller geschickt werden (z. B. Bring-In-Garantie).

c) Nutzungsdauer

Mit Ausnahme der Zweckbindungsfristen bei geförderten Beschaffungen gibt es keine generelle Regelung, welche die Nutzungsdauer von Geräten fest vorgibt. Die Nutzungsdauer der Geräte wird je nach Modell, schulartspezifischem Einsatz und technischer Weiterentwicklung von der Schule bzw. dem Schulaufwandsträger bestimmt.

Nutzungsdauer von Neugeräten

Neugeräte sollten so beschafft werden, dass eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzungsdauer möglich ist:

- Nach derzeitigen Praxiserfahrungen und gängigen Zweckbindungsfristen beträgt die gewöhnliche Nutzungsdauer für Tablets ca. vier Jahre, für Notebooks ca. vier Jahre und für Arbeitsplatzcomputer bis zu sieben Jahre. Bei Servern ist die Nutzungsdauer üblicherweise an die Dauer der Garantieleistung durch den Hersteller (in der Regel fünf Jahre Vor-Ort-Garantie) gekoppelt.
- Bei aktiven Netzwerkkomponenten (z. B. Router, Switches, Access-Points) kann von einer gewöhnlichen Nutzungsdauer von zehn Jahren ausgegangen werden, wobei Internetzugangsrouter in der Regel bei einer Umstellung der Internetzugangstechnologie getauscht werden müssen. Auch bei Access-Points ist ein früherer Austausch sinnvoll, wenn auf eine aktuellere WLAN-Technologie (z. B. Wi-Fi 6(E) oder Wi-Fi 7) umgestellt wird.
- Bei passiven Netzwerkkomponenten (z. B. Verkabelung, Patchfelder) kann von einer gewöhnlichen Nutzungsdauer von 20 Jahren ausgegangen werden, so dass dieser Bereich besonders vorausschauend mit auf Leistungsreserven bei künftigen technischen Weiterentwicklungen geplant werden sollte.
- Bei Peripheriegeräten wie Druckern ist die Nutzungsdauer abhängig vom mechanischen Verschleiß und kann bei intensiver Nutzung vergleichsweise kurz ausfallen. In der Anschaffung können deshalb auch Zusatzvereinbarungen sinnvoll sein (z. B. Neugerätegarantie, Service Level Agreement (SLA)).

Nutzungsdauer von Gebrauchtgeräten (Refurbished-Geräten)

Bei gebrauchten Geräten kann die Gewährleistungsfrist durch den Händler auf mindestens 12 Monate verkürzt werden; dies muss jedoch ausdrücklich vereinbart werden. Ohne eine solche vertragliche Verkürzung gilt auch bei Gebrauchtgeräten eine 24-monatige Gewährleistungsfrist. Im Schadenfall greifen bei Gebrauchtgeräten die identi-

schen Beweislastregelung wie bei Neugeräten. Es wird oft keine über die Gewährleistung hinausreichende Garantie angeboten, so dass meist im Regelfall je nach Geräteklasse von einer kürzere Nutzungsdauer im Vergleich zu Neugeräten auszugehen ist.

Für die einzelnen Geräteklassen gilt:

- Bei gebrauchten mobilen Endgeräten bestimmter Hersteller fällt der Preisvorteil gegenüber Neugeräten, auch aufgrund von Bildungsrabatten für Neugeräte, meist verhältnismäßig gering aus und wird ggf. durch Zusatzleistungen für die Akkuerneuerung, Garantie bzw. Gewährleistung oder Aufwand bei der MDM-Registrierung weiter reduziert. Im Refurbished-Markt sind oft keine aktuellen Geräte verfügbar, sondern meist Vorgängermodelle, was zu heterogenen Ausstattungssituationen führen kann. Dies kann zu Unterschieden beispielsweise bei den (Lade-)Schnittstellen und Betriebssystemversionen führen, die den Aufwand für die Einrichtung und Betreuung erhöhen.
- Bei gebrauchten Arbeitsplatzcomputern ergibt sich der Preisvorteil zu einem Neugerät meist durch eine ältere Prozessorgeneration, deren Leistungsfähigkeit ggf. zwar für eine weitere Nutzungsdauer von 5 Jahren für schulische Zwecke ausreichend sein kann, die aber eventuell nicht mehr von aktuellen Betriebssystemen unterstützt wird, so dass sich IT-Sicherheitsprobleme ergeben können.
- Bei gebrauchten Servern ist die Leistungsfähigkeit älterer Prozessorgenerationen für schulische Zwecke bei einer weiteren Nutzungsdauer von 5 Jahren oftmals ausreichend. Die Nutzungsdauer sollte zusätzlich durch eine Vor-Ort-Garantie mit einer Reaktionszeit von einem Arbeitstag abgesichert werden. Zu beachten ist, dass Server als Refurbished-Geräte oft ohne Massenspeicher angeboten werden bzw. ein gebrauchtes Speichersystem vor Inbetriebnahme gewechselt werden sollte. Gebrauchte Speichersysteme können bereits Abnutzungserscheinungen aufweisen, die ihre Zuverlässigkeit und Leitungsfähigkeit beeinträchtigen und bieten oftmals nicht die gleiche Leistung wie neue Speichersysteme.
- Bei gebrauchten Peripheriegeräten wie Monitoren und Druckern ist die Kostenersparnis gegenüber Neugeräten verhältnismäßig gering.

d) Kauf, Leasing/Miete

Der Kauf ist das klassische Modell bei der IT-Beschaffung. Dabei fallen die investiven Ausgaben punktuell vor Nutzungsbeginn an, die Folgekosten sind hingegen geringer und beschränken sich auf die Wartung und Pflege bzw. Administration. Die Hardware befindet sich im Eigentum des Schulaufwandsträgers, so dass aufgrund uneingeschränkter Nutzungsrechte die Nutzungsdauer in Absprache mit der Schule bedarfsbezogen, angepasst werden kann. Durch eine vorausschauende Planung mit regelmäßigem und versetzten Austauschzyklen kann beim Kauf zugleich ein Investitionsstau vermieden werden.

Für den Schulaufwandsträger können alternativ Leasing- oder Mietmodelle in Betracht kommen (z. B. Geräteleasing oder -miete „device as a service“). Aufgrund der wegfallenden hohen Anfangsinvestition können sich ggf. eine sicherere finanzielle Planbarkeit

während der Laufzeit und in der Aufbauphase eine sofortige flächendeckende Gerätebereitstellung ergeben. Je nach Vertragsgestaltung erhält die Schule zudem regelmäßig Neugeräte, wobei der Anbieter üblicherweise auch die Entsorgung bzw. Weiterverwendung der Altgeräte übernimmt. Zusätzliche Serviceverträge können den Reparatur- und Wartungsaufwand minimieren bzw. Servicefälle schnell und unkompliziert abdecken.

Über den gesamte Lebenszyklus betrachtet, kann, abhängig von den jeweiligen Anforderungen an die Geräteausstattung und Nutzungsdauer, der finanzielle Aufwand bei Miete oder Leasing höher ausfallen als beim Kauf, so dass eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erforderlich wird. Ein Miet- oder Leasingvertrag kann zudem Einschränkungen an die Nutzungsdauer oder bei der Geräteanpassung enthalten. Daher sollte im schulischen Einsatz eine wirtschaftliche und anforderungsgerechte Ausgestaltung der Miet- oder Leasingverträge sichergestellt werden.

3. Betreuung, Administration und Nutzung von schulischen IT-Systemen

Der deutliche infrastrukturelle Ausbau, die technischen Weiterentwicklungen sowie gestiegene funktionale und pädagogische Anforderungen machen eine flexibel nutzbare, zuverlässig verfügbare und professionell administrierte IT-Landschaft an den Schulen unverzichtbar. Daher müssen zeitgemäße Ausstattungs- und Nutzungskonzepte von der Schulgemeinschaft in enger Kooperation mit dem zuständigen Schulaufwandsträger sorgfältig geplant und im Rahmen einer klaren Aufgabenzuschreibung gemeinsam umgesetzt werden. Dies verlangt sowohl die pädagogische Expertise der Schule bei der Konzeption und Nutzung der schulischen IT-Systeme als auch die professionelle technische Umsetzung und Systempflege durch den Schulaufwandsträger.

a) Pädagogische und technische Betreuung der IT-Systeme

Pädagogische System- und Anwenderbetreuung

Für die Aufgaben der schulseitigen Betreuung der digitalen Bildungsinfrastruktur und schulischen Anwenderinnen und Anwender wird eine pädagogische Systembetreuerin oder ein pädagogischer Systembetreuer bestellt. Abhängig von den Voraussetzungen und Ressourcen an der jeweiligen Schule können auch mehrere Lehrkräfte die Aufgaben der pädagogische System- und Anwenderbetreuung übernehmen und arbeiten in diesem Fall als Team Pädagogische IT-Dienste zusammen, das von der pädagogische Systembetreuerin oder dem pädagogischen Systembetreuer fachlich gesteuert und koordiniert wird.

Die fortschreitende digitale Transformation und die schulart- und altersspezifische Verankerung digitaler Medien und Werkzeuge in den unterrichtlichen Alltag verändern zugleich das Aufgabenspektrum der pädagogische System- und Anwenderbetreuung. Dieses wird in der Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus vom 20. Mai 2025 Az.: I.7-BO1350/199/29 „System- und Anwenderbetreuung an Schulen“ (vgl. https://www.verkuendung-bayern.de/baymbl/2025-244) weiter konkretisiert. Dabei werden vor allem die Zuständigkeitsbereiche und das Zusammenspiel der

pädagogischen System- und Anwenderbetreuung mit der technischen IT-Administration durch den Schulaufwandsträger innerhalb des gesetzlich festgelegten Rahmens dargestellt.

Die pädagogische Systembetreuerin oder der pädagogische Systembetreuer bzw. die Mitglieder des Teams Pädagogische IT-Dienste sind zuallererst die schulinternen Ansprechpartner bei der Nutzung der schulischen IT-Systeme und Anwendungen für alle schulischen Nutzenden, insbesondere für Lehrkräfte, Schülerinnen und Schüler sowie die Schulleitung. Sie stellen zudem die Verbindung zum Schulaufwandsträger bzw. der technischen IT-Administration in Fragen des IT-Betriebs und der technischen IT-Administration her und arbeiten mit der technischen IT-Administration zusammen.

Die pädagogische System- und Anwenderbetreuung erfüllt wichtige Aufgaben in der Nutzung und im Einsatz der schulischen IT-Systeme und Anwendungen in unterschiedlichen Bereichen:

- Kern des organisatorisch-koordinierenden Aufgabenbereichs ist die Sicherstellung einer pädagogisch ausgerichteten Nutzung der digitalen Bildungsinfrastruktur an der Schule. Die pädagogische System- und Anwenderbetreuung stimmt dazu die aus den pädagogischen Anforderungen erwachsenden IT-Bedarfe mit dem Schulaufwandsträger ab und ist in die Konzeption bzw. Weiterentwicklung des Schulnetzes sowie der sonstigen digitalen Bildungsinfrastruktur durch den Schulaufwandsträger eingebunden. Dazu erstellt sie u. a. funktionale bzw. technische Anforderungsbeschreibungen unter Berücksichtigung der vorliegenden Empfehlungen zur IT-Ausstattung von Schulen (VOTUM) als Grundlage für die Beschaffungsprozesse durch den Schulaufwandsträger.
- Kern des pädagogisch-didaktischen Aufgabenbereichs ist die Beratung der schulischen Nutzerinnen und Nutzer bei der Verwendung der schulischen IT-Infrastruktur. Die pädagogische System- und Anwenderbetreuung arbeitet dazu eng mit dem Medienkonzeptteam bei der Bewertung und Auswahl pädagogischer Anwendungen zusammen und wirkt bei der Weiterentwicklung des schulischen Medienkonzepts mit. Zudem organisiert sie schulinterne Fortbildungen zu digitalisierungsbezogenen Themen und wirkt durch Mitwirkung an der schulischen Nutzungsordnung auf eine Passung der infrastrukturellen und organisatorischen Voraussetzungen zu den schulischen Unterrichtsszenarien hin.
- In einem eng abgegrenzten technischen Aufgabenbereich und in beschränktem Umfang unterstützt die pädagogische System- und Anwenderbetreuung die technische Administration bzw. Wartung und Pflege der schulischen IT-Systeme durch den Schulaufwandsträger. Kern des technisch-unterstützenden Aufgabenbereichs sind dabei Aufgaben im First-Level-Support, wie die Problemannahme, Lösung von einfachen Standardproblemen in vertretbarem Umfang und die qualifizierte Fehlermeldung an die technische IT-Administration. Die Lehrkräfte in der pädagogischen System- und Anwenderbetreuung sollen regelmäßig keine weitergehenden technischen Aufgaben aus dem Second- und Third-Level-Support wahrnehmen (vgl. Kapitel 3.b)).

Technische IT-Administration (einschließlich Wartung, Pflege, Support)

Die Schulaufwandsträger sind gemäß den schulfinanzierungsrechtlichen Regelungen zuständig für die Bereitstellung, Einrichtung, Ausstattung, Bewirtschaftung und Unterhaltung der Schulanlage einschließlich der schulischen IT-Infrastrukturen (Art. 3 Abs. 2 Nr. 1 BaySchFG). Die technische IT-Administration sorgt für eine hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der digitalen Bildungsinfrastruktur, die für einen pädagogisch begründeten und rechtsicheren Einsatz in Unterricht und Verwaltung von zentraler Bedeutung sind.

Sofern die Aufgaben der technischen IT-Administration die Verarbeitung personenbezogener Daten umfassen oder umfassen können, ist als Rechtsgrundlage regelmäßig ein Auftragsverarbeitungsvertrag (AVV) erforderlich, da die Verantwortlichkeit für die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Bestimmungen bei der Schule liegt.

Organisation und Finanzierung der technischen IT-Administration

Grundsätzlich können Strukturen für die professionelle Administration und Wartung digitaler Infrastrukturen durch angestellte IT-Administratorinnen und IT-Administratoren des Schulaufwandsträgers oder durch die Beauftragung einer dafür qualifizierten IT-Dienstleisters aufgebaut und unterhalten werden. Für eine effiziente Ausgestaltung eignen sich dabei vereinheitlichte Supportstrukturen zur Betreuung mehrerer Schulen und Zusammenschlüsse zu interkommunalen Strukturen auf regionaler Ebene (z. B. durch Zweckvereinbarungen, Zweckverbände, Kommunalunternehmen). Wichtig beim Aufbau von professionellen Administrationsstrukturen ist deren Erweiterbar- und Skalierbarkeit, um auf Veränderungen in den Anforderungen flexibel reagieren zu können.

Gemäß den schulfinanzierungsrechtlichen Regelungen unterstützt der Staat die Schulaufwandsträger seit dem 1. Januar 2025 bei der Finanzierung der technischen Wartung und Pflege der schulischen digitalen Infrastruktur über schulartspezifische Pro-Kopf-Pauschalen als Zuweisungen gemäß Art. 5 Abs. 3 bzw. Zuschüsse gemäß Art. 30 des Bayerischen Schulfinanzierungsgesetzes (BaySchFG) und § 13c Ausführungsverordnung Schulfinanzierungsgesetz – (AVBaySchFG). Ziel der gesetzlichen Zuschussregelung ist der Auf- und Ausbau von dauerhaften Strukturen für die professionelle Administration und technische Wartung (vgl. https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/Digitale-Bildungsinfrastruktur-an-Schulen/technische-wartung-und-pflege/wartungs-und-pflegezuschuss). Grundlage für die Bemessung des Wartungs-und-Pflege-Zuschusses als dynamische Pro-Kopf-Pauschale ist die Hälfte der landesweit notwendigen Ist-Ausgaben für die technische Administration der schulischen IT-Infrastruktur, die über eine regelmäßige stichprobenhaften Erhebung der Ist-Kosten ermittelt werden. Die in diese Erhebung einbezogenen Aufgabenfelder spiegeln den grundsätzlichen Umfang der technischen IT-Administration durch den Schulaufwandsträger wider (vgl. Kapitel 3.c)), die mit den technisch-unterstützenden Aufgaben der Lehrkräfte in der pädagogische System- und Anwenderbetreuung im First-Level-Support wirkungsvoll ineinandergreifen.

b) Einordnung der Supportanfragen nach Supportlevel

Technische Administrationsaufgaben lassen sich nach ihrem technischen Anforderungsniveau drei verschiedenen Support-Leveln zuordnen (First-, Second-, Third-Level). Über

ein geeignetes schulinternes Verfahren (z. B. Ticketsystem, E-Mail) können Störungen und Anliegen an die pädagogische Systembetreuerin bzw. pädagogischen Systembetreuer bzw. die Lehrkräfte im Team pädagogische IT-Dienste als erste Ansprechpartner vor Ort weitergegeben werden. Die Problemlösung erfolgt dann in einem gestuften Verfahren: Die Lehrkräfte der pädagogischen System- und Anwenderbetreuung nehmen Aufgaben im First-Level-Support vor Ort wahr, während weitergehende Administrationsaufgaben und Problemlösungen des Second- und Third-Level-Supports bei der technischen IT-Administration durch den Schulaufwandsträger liegen.

First-Level-Support

Der First-Level-Support umfasst einfache Administrationsmaßnahmen, die Problemannahme, die Lösung von Standardproblemen und qualifizierte Fehlermeldung. Typische Aufgaben des First-Level-Supports sind beispielsweise:

- Pflege von Nutzerzugängen (z. B. Passwort zurücksetzen)
- Erstellung von Anleitungen zur selbstständigen Fehlerbehebung (z. B. für fehlende Verbindung zur Großbilddarstellung herstellen)
- Prüfung von Kabelverbindungen
- Verbindung von Geräten mit dem schuleigenen WLAN herstellen

Kann die Administrationsaufgabe bzw. das technische Problem nicht mit einfachen Mitteln der dargestellten Art gelöst werden, grenzt die pädagogische System- und Anwenderbetreuung die Ursache so weit wie möglich ein und nimmt Kontakt mit der technischen IT-Administration auf. Sie gibt eine qualifizierte Fehlerbeschreibung, z. B. über ein Ticketsystem, ab und unterstützt bei Bedarf bei einer Fernwartung mittels Remote-Zugriff.

weitergehender Support (Second-/Third-Level-Support)

Die technische IT-Administration durch den Schulaufwandsträger umfasst Administrationsaufgabe bzw. Fehlerbeseitigungen des Second- und Third-Level-Supports. Der Second-Level-Support übernimmt komplexere Anfragen, die vom First-Level-Support nicht gelöst werden konnten, und bietet tiefere technische Expertise zur Problemlösung. Der Third-Level-Support besteht aus hochspezialisierten Fachleuten, die sich mit den schwierigen technischen Problemen befassen und oft an der Entwicklung der Systeme beteiligt sind. Typische Aufgaben des Second-/Third-Level-Supports sind beispielsweise:

- planerische und technische Umsetzung der schulischen Anforderungen in eine geeignete Netzwerkinfrastruktur und Geräteausstattung
- Erstellung von Leistungsbeschreibungen für die Beschaffung
- Installation von Betriebssystemen, weiterer Software oder Updates (z. B. über ein schulisches MDM)
- Inbetriebnahme und Wartung und Pflege der Schul-IT
- Geräteverwaltung

- Administration und Dokumentation der Netzwerkinfrastruktur und Schul-IT (z. B. Netzpläne, Inventarisierung)
- Bereitstellung von Netzwerkzugängen
- Fehleranalyse und Beseitigung von weitergehenden Störungen
- Organisation und Umsetzung von IT-Sicherheitsmaßnahmen

c) Aufgabenfelder der technischen IT-Administration

Das Aufgabenfeld der technischen IT-Administration deckt ein breites Spektrum im Bereich der Konfiguration, der Dokumentation, des Betriebs, der Überwachung und Pflege von vernetzten Systemen sowie Betriebs- und Anwendungssoftware ab. IT-Administratorinnen und IT-Administratoren setzen zudem Änderungen von IT-Systemen um und sind für die Störungsbeseitigung verantwortlich. Sie planen und führen Datensicherungen durch, verantworten Maßnahmen zur IT-Sicherheit und erfüllen systembezogene Organisations- und Beratungsaufgaben. Eine qualifizierte technische IT-Administration sorgt für einen reibungsfreien Betrieb der komplexen IT-Systeme und sichert deren ständige Verfügbarkeit.

Für die technische IT-Administration der digitalen Bildungsinfrastruktur an Schulen durch die Schulaufwandsträger ist vor allem die Betreuung nachfolgender Systeme bzw. Administrationswerkzeuge von Bedeutung:

Installation von Betriebssystemen und Software

Angesichts einer großen Zahl von digitalen Endgeräten an den Schulen ist es für eine effiziente Aufgabenerfüllung notwendig, die Installation von Betriebssystemen und Software zu automatisieren. Das in der Vergangenheit verwendete Klonen eines Modellarbeitsplatzes auf andere Arbeitsplätze (ggf. in Verbindung mit dem Einsatz von Protektorsoftware zur Absicherung gegen Veränderungen) wird dabei zunehmend durch zentrale Gerätemanagementlösungen abgelöst, z. B. über ein Mobile-Device-Management. Die Nutzung webbasierter Anwendungen und Clouddiensten reduziert zugleich den Aufwand für das lokale Management der Anwendungssoftware, so dass zunehmend die Installation und Aktualisierung der Betriebssysteme im Vordergrund stehen.

Gerätemanagement über ein Mobile-Device-Management (MDM)

Endgeräte mit modernen Betriebssystemen lassen sich zentral über ein Mobile-Device-Management-Systeme (MDM) verwalten, um Software bzw. Apps und deren Updates zentral zu installieren und die Geräte zu managen (z. B. Bereitstellung eines WLAN-Profils, Einschränkung von Gerätefunktionen). Sofern nicht nur mobile Geräte (Notebooks und Tablets) verwaltet werden, werden die Systeme auch als „Unified Endpoint Management (UEM)“ oder „Unified Device Management (UDM)“ bezeichnet. Das MDM läuft auf einem lokalen Server (On-Premises) oder in der Cloud.

Für ein zentrales Gerätemanagement sind die Geräte bei der eingesetzten MDM-Lösung zu registrieren. Neue schuleigene Geräte sollten möglichst vom autorisierten Händler im schulischen MDM registriert und mit der erforderlichen Initialinstallation und -konfiguration versehen werden. Die Einbindung schülereigener Geräte in ein von der Schule ge-

nutztes MDM setzt die vorherige informierte Einwilligung der Schülerin oder des Schülers bzw. der Erziehungsberechtigten voraus (z. B. im Programm Digitale Schule der Zukunft).

Die verschiedenen mobilen Betriebssysteme unterstützen eine automatisierte Einrichtung von Neugeräten. Über eine Verwaltungskonsole (z. B. per Webzugriff) können die Geräte dann zentral und remote konfiguriert bzw. verwaltet werden. Dies umfasst die Inventarisierung der Geräte sowie die Verteilung von Software-, Daten- und Richtlinien.

Bei der Nutzung und Administration von Betriebssystemen bzw. Endgeräten sind hinsichtlich der Zulässigkeit der Verarbeitung personenbezogener Daten außerhalb der EU bzw. des EWR-Raums stets die Ausführungen zu den datenschutzrechtlichen Aspekten bei Planung und Einsatz von IT-Systemen in Kapitel 1.e) zu beachten.

Softwareupdates

Bei Betriebssystemen und Anwendungen werden immer wieder Sicherheitslücken bekannt, die dazu führen können, dass IT-Systeme und Endgeräte angreifbar werden. Es ist daher notwendig, sich regelmäßig über Softwareschwachstellen zu informieren. Diese Gefährdung lässt sich durch die regelmäßige Installation von Updates des Betriebssystems bzw. die regelmäßige Aktualisierung sicherheitskritischer Software (z. B. Browser, E-Mail-Client, PDF-Reader, Office-Produkte) oder durch den Verzicht auf Software (z. B. Java) reduzieren. Durch einen Verzicht auf bestimmte ggf. sicherheitskritische Software (z. B. Java) kann das Risiko weiter gesenkt werden. Durch das regelmäßige Update der Betriebs- und Anwendungssoftware wird zugleich der volle Funktionsumfang und die Kompatibilität sichergestellt. Zu diesem Zweck sind die Erstellung und Aktualisierung einer Liste der an der Schule genutzten Software zwingend erforderlich.

Um Angriffe auf zentrale Zugriffspunkte und das Risiko der Kompromittierung des gesamten Netzwerks zu vermeiden, ist ein ständig aktueller Sicherheitsstand bei Servern und aktiven Netzwerkkomponenten dringend geboten. Automatisierte Updateprozesse sollten den Unterrichtsbetrieb jedoch nicht stören.

Gewährleistung eines Virenschutzes

Viren-Scanner bieten Schutz durch die automatische Überprüfung von externen Medien, E-Mail-Anhängen oder aus dem Internet heruntergeladenen Dateien. Bei aktuellen Windows-Systemen ist dieser Schutz mit dem Windows Defender bereits im Betriebssystem enthalten und die Virendefinitionen werden automatisch in kurzen Abständen über die integrierten Updatemechanismen aktualisiert. Ebenso verfügen aktuelle macOS-Versionen über eine integrierte Virenschutz-Software.

Planung und Durchführung der Datensicherung

Für die lokale Datensicherung an der Schule kommen verschiedene technische Systeme zum Einsatz:

- externe Festplatten bzw. SSD-Speicher
- NAS-Systeme (Network Attached Storage)
- SAN-Systeme (Storage Area Network)

Zunehmend werden auch zentrale Backups über cloudbasierte Datensicherungslösungen erstellt, die als Ergänzung oder Ersatz zu einer lokalen Datensicherung sinnvoll sein können. Dabei sind die datenschutzrechtlichen Bestimmungen zu beachten.

Eine regelmäßige Datensicherung sollte automatisiert und ohne Benutzereingriffe mit geeigneter Software erfolgen, um eine zuverlässige und regelmäßige Durchführung sicherzustellen. Weitere Informationen zur IT-Sicherheit sind unter https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit zu finden.

d) Beratungs- und Fortbildungsangebote

Zentrale Angebote

Zentrale Beratungs- und Fortbildungsangebote rund um die IT-Ausstattung, die digitale Bildung und Medienerziehung sowie die pädagogische System- und Anwenderbetreuung werden durch folgende Stellen angeboten:

- IT-Ausstattung: Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung (ALP) (https://alp.dillingen.de/akademie/it-beratung)
- Informationsangebote zum Medieneinsatz: mebis-Magazin (https://mebis.bycs.de/) des Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) (https://www.isb.bayern.de/schuledigital)
- Fortbildungen zum Medieneinsatz der ALP (https://fibs.alp.dillingen.de/)

Fortbildungs- und Qualifizierungsangebote für die pädagogische System- und Anwenderbetreuung

Über die Fortbildungsinitiative SCHULNETZ (vgl. https://schulnetz.alp.dillingen.de) können die Lehrkräfte in der System- und Anwenderbetreuung vielfältige Fortbildungs- und Qualifizierungsangebote zum Aufbau von und Umgang mit vernetzten IT-Systemen in Anspruch nehmen. Dabei bildet die Basisqualifizierung das Fundament für die tägliche Arbeit der Lehrkräfte in der pädagogische System- und Anwenderbetreuung und vermittelt die notwendigen technischen und medienpädagogischen Grundkenntnisse. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Kenntnis der verschiedenen Unterstützungssysteme (z. B. Beratung digitale Bildung, Innovationsteams, Datenschutzmultiplikatoren) und deren effektiven Integration in den Aufgabenerfüllung.

Flankierend zu den Fortbildungen werden Handreichungen und Checklisten angeboten. Die Lehrgänge der SCHULNETZ-Initiative werden von der ALP in Zusammenarbeit mit der Regionalen Lehrerfortbildung durchgeführt. Zusätzlich werden an der ALP regelmäßig weiterführende Lehrgänge für die Lehrkräfte in der System- und Anwenderbetreuung angeboten, die aktuelle Themen zum schulischen IT-Einsatz und relevante technische und pädagogisch-didaktische Weiterentwicklungen und Veränderungen aufgreifen.

Unterstützungsangebote auf regionaler und lokaler Ebene

Die Schulen können ein differenziertes Unterstützungsangebot auf regionaler und lokaler Ebene für unterschiedliche Anforderungen nutzen:

- An den Dienststellen der Ministerialbeauftragten sowie an den Regierungen und Staatlichen Schulämtern sind weitere Beratungs- und Unterstützungssysteme eingerichtet. Mit der „Beratung digitale Bildung in Bayern“ (BdB) (KMBek. vom 28. Mai 2019, BayMBl. Nr. 251) stehen den Schulen mehr als 180 hochqualifizierte Beraterinnen und Berater digitale Bildung zur Seite. Sie begleiten die Schulen bei der Medienkonzeptarbeit und medienbezogenen Schulentwicklungsarbeit und nehmen Aufgaben bei der Weiterentwicklung des Unterrichts, im Bereich der Lehreraus- und -fortbildung, der medienbezogenen Schulentwicklung sowie bei Fragen der IT-Ausstattung wahr. Die Beratung digitale Bildung (vgl. https://mebis.bycs.de/bdb) gliedert sich angesichts der großen Themenvielfalt und der dadurch erforderlichen Spezialisierung in zwei Säulen: die medienpädagogische Beratung (mBdB) und die informationstechnische Beratung digitale Bildung (iBdB).
- Unterstützt werden die Schulen auch durch die zum Schuljahr 2021/2022 etablierten „Innovationsteams Digitale Bildung“, in denen die Expertise der Schulentwicklungsmoderation und Beratung digitale Bildung gebündelt wird. Die so gebildeten Tandems beraten die Schulen individuell vor Ort beim digitalen Change-Management und bringen ihre jeweilige spezifische Expertise in informationstechnischer, medienpädagogischer sowie prozessualer Hinsicht in die Begleitung der Schulen ein.
- Bei der Umsetzung der Fortbildungsplanung im Rahmen des schulindividuellen Medienkonzepts werden die Schulen durch das Referenten- und Expertennetzwerk unterstützt. Dieses steht für Maßnahmen der Staatlichen Lehrerfortbildung im Bereich der Digitalen Bildung auf zentraler, lokaler und regionaler sowie insbesondere auf schulinterner Ebene zur Verfügung. Lehrkräfte mit jeweils spezifischer Expertise in einzelnen Themenfeldern der Digitalen Bildung bieten passgenaue und bedarfsgerechte Präsenz- und Onlineveranstaltungen an (siehe https://mebis.bycs.de/beitrag/flaechenwirksame-fortbildungsoffensive#sec3).
  Die Kontaktaufnahme mit dem jeweiligen Referentennetzwerk erfolgt über die jeweilige Beratung digitale Bildung.
- Die kommunalen Medienzentren der kreisfreien Städte und Landkreise stellen Schulen unterrichtsbezogene Medien zur Verfügung und leisten pädagogische Beratung zum Einsatz von digitalen Medien im Unterricht (vgl. https://mebis.bycs.de/medienzentren).

Zu Fragen des Datenschutzes stehen an allen staatlichen Realschulen, Gymnasien und beruflichen Schulen, für Grund- Mittel- und Förderschulen je Schulamtsbezirk Datenschutzbeauftragte zur Verfügung (vgl. https://mebis.bycs.de/beitrag/datenschutz-an-schulen).

e) Nutzungsordnung

Mit den Schülerinnen und Schülern sowie den Lehrkräften, dem sonstigen pädagogischen Personal und dem Verwaltungspersonal ist eine Nutzungsordnung zum Umgang mit der IT-Infrastruktur an der Schule zu vereinbaren. Zu beachten ist, dass datenschutzrechtlich eine Protokollierung der Tätigkeiten im lokalen Netz, der Arbeit mit Lernumgebungen oder der Internet-Nutzung sowie die zeitlich begrenzte Speicherung der Log-

Dateien und das Vornehmen von Stichproben gemäß Telekommunikationsgesetz nur dann zulässig sind, wenn die Nutzerinnen und Nutzer eine entsprechende Einwilligungserklärung abgegeben haben oder die schulische IT-Infrastruktur ausschließlich zu schulischen Zwecken genutzt werden darf und ein entsprechender Anlass vorhanden ist (vgl. Kapitel 1.e)). Entsprechende Regelungen sind daher Gegenstand der schulischen Nutzungsordnung.

Ebenso sollten die technischen und organisatorischen Voraussetzungen zum Einsatz privater Endgeräte im Schulnetz sowie die private Nutzung der schulischen IT-Infrastruktur in der Nutzungsordnung geregelt sein, wobei die grundsätzlichen Regeln unabhängig von der Art des Endgeräts gelten sollten. Dabei sollte auch auf rechtliche Aspekte und Risiken, z. B. Urheberrechtsverletzungen im Umgang mit dem Internet (Upload bzw. Download von Dateien), hingewiesen werden. In der KMBek „Hinweise zur Nutzung der IT-Infrastruktur und des Internetzugangs an Schulen (Schulische IT-Infrastruktur und Internetzugang)“ vom 14. Juli 2022, Az.: I.3-BO4000.0/45/59, ist im Anhang ein „Muster für eine Nutzungsordnung zur Nutzung der IT-Infrastruktur und des Internetzugangs an Schulen“ enthalten, das auf die jeweilige Situation der Schule angepasst werden kann. Weitere Informationen sind unter https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit zu finden.

f) Pädagogische Nutzungsregeln

Ergänzend zur Nutzungsordnung kann die Schule im Einvernehmen mit dem Schulforum weitere pädagogische Nutzungsregeln aufstellen, die insbesondere die Nutzung mobiler Endgeräte im Schulgebäude sowie auf dem Schulgelände unabhängig von der Nutzung weiterer schulischer Infrastrukturen betreffen. Die zeitliche, örtliche und inhaltliche Verwendung mobiler Geräte kann im jeweils vorhandenen rechtlichen Rahmen auf die individuelle Situation der Schule abgestimmt werden. Ausführliche Informationen finden sich unter https://mebis.bycs.de/beitrag/private-nutzung-digitaler-endgeraete-in-der-schule-basisbeitrag sowie in den Leitfäden zum Lernen mit mobilen Endgeräten (vgl. https://mebis.bycs.de/schuledigital/leitfaden-gs, https://mebis.bycs.de/schuledigital/leitfaden-foes/start-foes, https://mebis.bycs.de/digitale-schule-der-zukunft/leitfaden/start).

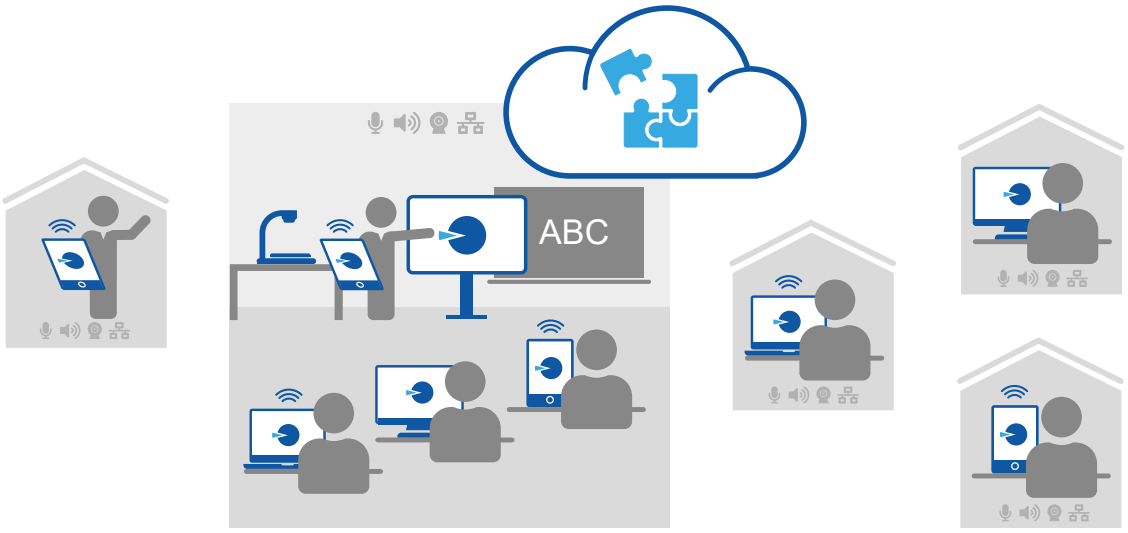
4. Das digitale Klassenzimmer

Für eine moderne Bildungslandschaft spielt die Gestaltung schulischer Lernorte und Arbeitsbereiche eine entscheidende Rolle, die auch die Gestaltung der digitalen Bildungsinfrastruktur und die Nutzung digitaler Lehr- bzw. Lernszenarien alters- und schulartdifferenziert in den Blick nehmen muss. Durch die rasante Entwicklung digitaler Technologien und der zunehmenden Durchdringung aller Lebensbereiche verändern sich die Anforderungen an schulische Lernumgebungen kontinuierlich. Schulen und Schulaufwandsträger gestalten gemeinsam die zeitgemäßen Lernräume, die traditionelle pädagogische Ansätze und moderne IT-gestützte Methoden angemessen vereinen, und entwickeln diese kontinuierlich weiter. Ziel ist es, den Schülerinnen und Schülern einen altersangemessenen Zugang zu digitalen Lerngelegenheiten zu eröffnen, um fachliche Lernprozesse individuell zu unterstützen, überfachliche Medienkompetenzen zu stärken

und die Kinder und Jugendlichen auf die Anforderungen einer zunehmend digitalisierten und vernetzten Welt bestmöglich vorzubereiten.

a) Aufbau des digitalen Klassenzimmers

Um eine lernförderliche und niederschwellige Nutzung digitaler Werkzeuge und Medien im Unterricht zu ermöglichen, ist der Ausbau von Unterrichtsräumen zu digitalen Klassenzimmern empfehlenswert, sodass optimale Voraussetzungen für das Lehren und Lernen in der digitalen Welt geschaffen werden:



Beispielhafte Ausstattung eines digitalen Klassenzimmers

Neben einer analogen Tafel besteht die Einrichtung eines digitalen Klassenzimmers idealerweise aus folgenden Komponenten:

- digitale Großbilddarstellung (fest installierter Beamer oder Großbildmonitor),
- Anschlussmöglichkeit für das mobile Lehrergerät (z. B. Docking-Station) oder den stationären Lehrercomputer,
- Peripheriegeräte zur Präsentation (Dokumentenkamera oder entsprechende Halterung für ein mobiles Endgerät, Beschallungssysteme),
- Beschallungstechnik für eine gleichmäßige und qualitativ hochwertige Tonwiedergabe,
- Möglichkeit zur drahtlosen Bildschirmübertragung von mobilen Endgeräten auf die digitale Großbilddarstellung,
- mindestens einen kabelgebundenen, leistungsfähigen Accesspoint pro Raum für den Zugang zum Schulnetz bzw. Internet per WLAN,
- höhenverstellbares Pult, ggf. mobiles Stehpult.

Über die grundlegende informationstechnische Raumausstattung ist der Zugriff auf unterrichtliche (internetbasierte) IT-Ressourcen, wie zum Beispiel die pädagogischen Angebote und digitalen Kommunikations- und Kooperations-Werkzeuge der BayernCloud Schule, unkompliziert sichergestellt.

Die verschiedenen Komponenten im digitalen Klassenzimmer können über entsprechende zentrale Steuerelemente (z. B. Touchscreens, Schalter) an einer Wand, Mediensäule oder im Lehrerpult gesteuert werden. Für eine verbesserte Konnektivität mit den verwendeten Endgeräten können entsprechende Anschlüsse (z. B. für die Großbilddarstellung, Audio, Netzwerk, Strom) unmittelbar am Lehrerarbeitsplatz vorgesehen werden. Der Anschluss der Großbilddarstellung erfolgt dabei üblicherweise über ein HDMI-Kabel, wobei lange Signalstrecken allerdings zu Signal- und Qualitätsverlusten führen können. Daher wird eine moderne Verkabelung per HDBaseT mit einer gleichzeitigen Übertragung von Bild-, Ton- und Steuersignalen für Mediensteuerungen empfohlen, durch die auch längere Kabelstrecken ohne Qualitätsverluste realisierbar sind.

Bei der Einrichtung der digitalen Klassenzimmer müssen die baulichen und räumlichen Gegebenheiten, z. B. Raumgröße und -höhe, Lichtverhältnisse, und die Anordnung der analogen Tafel und Großbilddarstellung bedacht werden:

- Bei getrennter Anordnung können beide Medien gleichzeitig genutzt werden und es kann der Lichteinfall auf die Großbilddarstellung durch eine entferntere Platzierung zu den Fenstern reduziert werden. Es muss jedoch geprüft werden, ob alle Schülerinnen und Schüler beide Medien gut einsehen können und keine Sichtbehinderungen durch Spiegelungen oder spitze Einsichtwinkel entstehen.
- Eine platzsparende Möglichkeit ist die übereinandergelagerte zentrale Anordnung der analogen und digitalen Darstellung, wodurch aber die simultane Nutzung beider Medien erschwert wird.

In besonderen Situationen kann es ausnahmsweise erforderlich sein, das digitale Lernen ganz oder teilweise in den virtuellen Raum zu verlagern (z. B. zur Durchführung von Distanzunterricht unter den Voraussetzungen des § 19 Abs. 4 BaySchO). Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler arbeiten dann zusätzlich oder ausschließlich über digitale Kommunikations- und Kollaborationswerkzeuge. Es ist hilfreich, im Schulhaus weitere dafür geeignete Arbeitsplätze für Lehrkräfte, sonstiges pädagogisches Personal sowie Schülerinnen und Schüler einzurichten.

b) Digitale Großbilddarstellung und drahtlose Bildschirmübertragung

Die digitale Großbilddarstellung kann mit einem fest installierten Beamer oder einem Großbildmonitor realisiert werden, welche ohne bzw. mit einer interaktiven Funktion für Benutzereingaben angeboten werden. Interaktivität ermöglicht die direkte Bedienung und Nutzbarkeit als digitale Schreibfläche, was vor allem im Grund- und Förderschulbereich als vorteilhaft erachtet wird, da die Schülerinnen und Schüler die Interaktionen der Lehrkraft besser nachvollziehen können (Auge-Hand-Koordination).

Mittels einer drahtlosen Bildübertragung können die Lehrkräfte bzw. die Schülerinnen und Schüler den Bildschirminhalt eines mobilen Geräts auf der digitalen Großbilddarstellung spiegeln, so dass die Inhalte auch auf diesem Weg auf die Großbilddarstellung projiziert werden können, ohne dass die unmittelbare Interaktivität der Großbilddarstellung nötig ist.

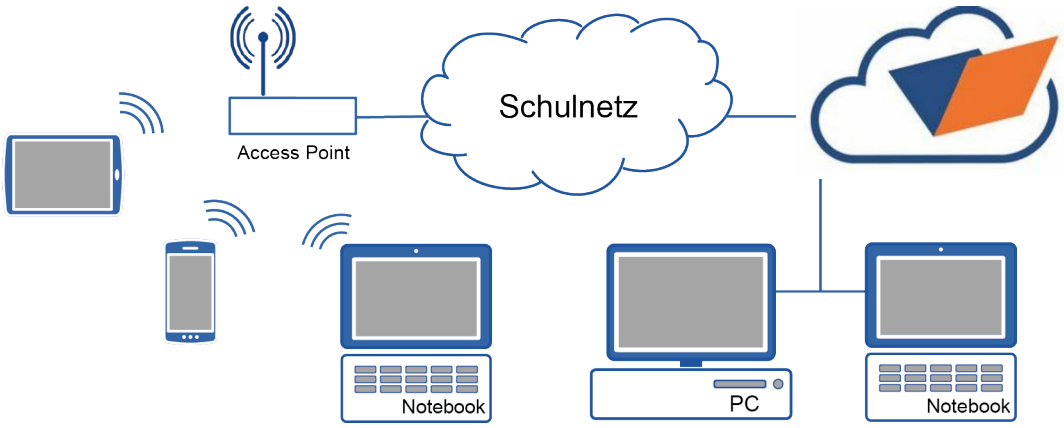
c) Tonwiedergabe

In einem digitalen Klassenzimmer gibt es unterschiedliche Unterrichtsszenarien, die eine qualitativ hochwertige Audioausgabe erfordern (z. B. Hörverständnisaufgaben, Klangbeispiele im Musikunterricht). Dazu reicht die Qualität integrierter Lautsprecher der Projektionsgeräte oftmals nicht aus, so dass eine angemessene und passende ergänzende Beschallungsanlage einzuplanen ist, z. B. in Form fest installierter Lautsprecher mit Verstärker oder einer Soundbar. Dabei ist auf eine an der Raumsituation ausgerichtete Leistung sowie eine ausreichende Konnektivität bzw. auf die Anzahl der Audio-Eingänge zu achten.

d) Dokumentenkamera

Dokumentenkameras (Visualizer) ermöglichen die Darstellung von Handlungsabläufen und Objekten über eine Großbilddarstellung, z. B. von gedruckten Inhalten, dynamischen Vorgängen und räumlichen Gegenständen. Sie werden direkt mit der Großbilddarstellung verbunden und können auch ohne Computer betrieben werden. Eine Möglichkeit zum Speichern von Arbeitsergebnissen (z. B. auf USB-Stick, Speicherkarte oder den angeschlossenen PC) sollte vorgesehen sein. Die Funktionalität einer Dokumentenkamera lässt sich auch durch die Verwendung eines Tablets mit Stativ und drahtloser Bildschirmübertragung realisieren.

e) Digitale Geräte für Schülerinnen und Schüler



Digitale Medien und Werkzeuge bieten empirisch belegt große Chancen, um Lernen wirksamer und nachhaltiger zu gestalten. Ihre Potenziale liegen in der Methodenvielfalt, dem Lebensweltbezug, der Anschaulichkeit, dem individualisierten Lernen, den kompetenzorientierten Aufgabenformaten und intelligenten Übungsformen. Zugleich muss die Schule ein Ort bleiben, an dem die Risiken übermäßigen Medienkonsums in den Blick genommen werden, so dass je nach Schulart und Altersstufe ebenfalls analoge Lernzugänge eine wichtige Rolle spielen. Auch in Digitalen Klassenzimmern sind „digitalfreie“ Zeiten sowohl während der Unterrichtszeit als auch in den Pausen entsprechend dem pädagogischen Konzept der Schule beizubehalten. Zugleich gilt es aber die technische Vorsorge zu treffen, dass digitale Lehr- und Lernszenarien immer dann eingesetzt werden können, wenn sie lernförderlich und im Sinne der Medienerziehung notwendig sind.

Nur über eine entsprechende Infrastruktur im Digitalen Klassenzimmer können die pädagogisch-didaktischen Chancen digitaler Lernzugänge wirkungsvoll und unkompliziert für schulische Lernprozesse genutzt werden.

Je nach Jahrgangsstufe ist für diesen Zweck auch ein verlässlicher Zugang der Schülerinnen und Schüler mit mobilen Endgeräten anzustreben, der sowohl über einen Leihgerätepool mit schuleigenen Geräten als auch durch die flächendeckende Ausstattung mit schülereigenen Privatgeräten erfolgen kann. Dabei leistet ab einer bestimmten Jahrgangsstufe gerade eine 1:1-Ausstattung aller Schülerinnen und Schüler einer Jahrgangsstufe bzw. Klasse mit einem eigenen Tablet oder Notebook einen wichtigen Beitrag zur digitalen Unterrichtsentwicklung und öffnet Möglichkeiten zur Entwicklung, Erprobung und Implementierung innovativer Unterrichtskonzepte.

Durch den Aufbau oder Erhalt eines schulischen Leihgerätepools kann die Schule auch Jahrgangsstufen oder Klassen ohne 1:1-Ausstattung langsam an das digitale Arbeiten und die wichtigen Kompetenzen heranführen. Dies kann in einzelnen Stunden oder in längeren Projektphasen erfolgen.

Schülereigene mobile Geräte (Privatgeräte im Eigentum der Schülerinnen und Schüler bzw. Erziehungsberechtigten), z. B. in der „Digitalen Schule der Zukunft“

Private Notebooks oder Tablets können von den Schülerinnen und Schülern im Unterricht als persönliches Lernwerkzeug verwendet werden. Ein mögliches Ausstattungsmodell hierfür ist die Beschaffung privater Notebooks oder Tablets. Hierbei ist insbesondere die 1:1-Ausstattung mit mobilen Endgeräten durch die staatlich bezuschusste Eigenbeschaffung als nicht lernmittelfreie Lernmittel in der "Digitalen Schule der Zukunft" von Bedeutung, die seit dem Schuljahr 2024/2025 in den flächendeckenden Rollout gegangen ist. Die Schule soll beim Beschaffungsprozess durch die Erziehungsberechtigten organisatorische Unterstützung leisten.

Besonderheiten einer 1:1-Ausstattung mit schülereigenen Endgeräten in der "Digitalen Schule der Zukunft" sind:

- Die mobilen Endgeräte können niederschwellig und flexibel an verschiedenen Lernorten (z. B. in der Schule, zu Hause) und in verschiedenen Lernsituationen genutzt werden.
- Die Privatgeräte können sowohl für schulische als auch private Zwecke genutzt werden, so dass Doppelbeschaffungen aus ökonomischen und ökologischen Gründen vermieden werden können.
- Die Heterogenität schülereigener Geräte kann die technische wie didaktische Komplexität erhöhen. Werden im Vorfeld der Gerätebeschaffung durch die Schule allerdings technische Mindestkriterien definiert (z. B. Betriebssystem), können eine höhere Systemhomogenität erreicht und der administrative Aufwand reduziert werden.
- Die schülereigenen mobilen Endgeräte können in ein schulisches MDM-System eingebunden werden, um eine zentrale Verwaltung zu ermöglichen. Dadurch können zentral schulische Anwendungen und Konfigurationen ausgespielt werden. Die Einbindung schülereigener mobiler Endgeräte in ein schulisches MDM-System setzt in bestimmten Fällen eine Einwilligung der Erziehungsberechtigten und/oder Schülerinnen und Schüler voraus. Hierbei ist über die konkreten Einschränkungen durch

das MDM und die Zugriffsmöglichkeiten der Schule zu informieren. Weitere Informationen hierzu finden Sie unter https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit/mobile-device-management . Die Einbindung in ein MDM kann im Rahmen der „Digitalen Schule der Zukunft“ von der Schule als Fördervoraussetzung festgelegt werden.

- Die Installation von Software bzw. Apps auf den Privatgeräten darf nur durch den Eigentümer, einen anderweitig Verfügungsberechtigten oder im Einvernehmen mit diesen erfolgen. Wenn Schülerinnen und Schüler von der Schule zur Installation von Apps bzw. Programmen auf privaten Geräten veranlasst werden, können hierdurch verursachte Beeinträchtigungen, z. B. durch Datenabflüsse oder Schadcodes, u. U. der Schule zuzurechnen sein.
- Die Administration der Privatgeräte liegt regelmäßig nicht im Verantwortungsbereich der Schule bzw. des Schulaufwandsträgers. Die Schule sollte dennoch gemeinsam mit den Erziehungsberechtigen bzw. Schülerinnen und Schülern in einem Konzept Zuständigkeiten und Regelungen zur Konfiguration und Administration festlegen, z. B. Installation der Anwendungen, Updates, Herstellen eines Netzwerkzugriffs. Übernimmt der Schulaufwandsträger teilweise Administrationsaufgaben für Privatgeräte, z. B. die Einbindung in ein schulisches MDM, können Personal- und Sachausgaben, wie MDM-Lizenzen, in die Bemessung des gesetzlichen Zuschusses für die technischen Wartung und Pflege nach Art. 5 Abs. 3 BaySchFG einbezogen werden.
- Der Zugriff auf lokal gespeicherte Daten wie Fotos, Videos oder Browserverläufe ist über ein MDM technisch nicht möglich. Die Daten können nur direkt am Endgerät eingesehen werden. Die Schule darf auf private personenbezogene Daten auf Privatgeräten, wie Fotos, Browser- und Chatverläufe und Social-Media-Accounts, grundsätzlich nicht zugreifen, es sei denn, es liegt hierfür eine wirksame Einwilligung der Erziehungsberechtigten und ggf. der Schülerinnen und Schüler vor.
- Datenschutz und Datensparsamkeit sind bei der Nutzung mobiler Endgeräte essenziell. Mobile Betriebssysteme ermöglichen es, durch gezielte Einstellungen zur Minimierung von Datenübertragungen, die Privatsphäre besser zu schützen. Dazu sollen die Berechtigungen der Anwendungen, insbesondere der Zugriff auf Standort, Kamera und Mikrofon, regelmäßig geprüft und das Risiko von Datenmissbrauch durch Einschränkung nicht erforderlicher Berechtigungen reduziert werden. Weiterführende Informationen sowie Anleitungen zur datensparsamen Konfiguration von persönlichen mobilen Endgeräten finden sich unter https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit.

Schuleigene mobile Endgeräte (im Eigentum der Schulaufwandsträger)

In Schulen oder Jahrgangsstufen ohne 1:1-Ausstattung mit Privatgeräten, insbesondere im Primarbereich, soll durch den pädagogisch begründeten Einsatz schulischer Leihgeräte die Verschränkung des analogen und digitalen Lernens gestärkt werden. Der Freistaat Bayern fördert zu diesem Zweck den Aufbau und Erhalt der schulischen Leihgerätepools über die Richtlinie zur Beschaffung schulischer mobiler Endgeräte (SchulMobE) (vgl. https://www.km.bayern.de/schulmobe).

Beim Aufbau schulischer Leihgerätepools sind folgende organisatorische und technische Aspekte zu beachten:

- Die technische IT-Administration sowie Wartung und Pflege der schuleigenen mobilen Endgeräte als Teil der schulischen IT-Ausstattung liegt im Zuständigkeitsbereich der Schulaufwandsträger.
- Vor der Beschaffung und Verwendung schuleigener mobiler Geräte sollten damit verbundene rechtliche Fragen (z. B. Haftung, Datenschutz) geklärt werden.
- Die schuleigenen mobilen Endgeräte werden in den schulischen Leihgerätepool aufgenommen und für eine wechselnde oder dauerhaft personengebundene Nutzung durch Schülerinnen und Schüler sowie für die unterrichtliche Nutzung durch Lehrkräfte eingesetzt. Beim personengebundenen Einsatz werden die Leihgeräte an Schülerinnen und Schüler verliehen, die z. B. in Ausstattungsklassen der „Digitalen Schule der Zukunft“ über kein Privatgerät verfügen. Bei wechselndem Einsatz in einzelnen Unterrichtsstunden müssen der Transport, das Austeilen, Einsammeln und Aufbewahren der Geräte organisiert werden.
- Es sind sichere Lademöglichkeiten für die schuleigenen mobilen Endgeräte vorzusehen.
- Da auf einem mobilen Endgerät nach der Verwendung personenbezogene Daten wie Bilder, Filme, Dokumente oder Browserverläufe lokal gespeichert sein können, haben Datenschutz und Datensicherheit eine besondere Bedeutung. Sie werden insbesondere durch geeignete Nutzungskonzepte (z. B. Gastmodus), Information, Verhaltensregeln, Sicherung der schülereigenen Ergebnisse und sicheres Löschen von Daten früherer Nutzer sichergestellt. Es sollte eine Möglichkeit zum zentralen Zurücksetzen oder zur Neuinstallation der Geräte gegeben sein (z. B. durch ein MDM).
- Ohne eine MDM-Lösung sind Tablets mit bestimmten Betriebssystemen nur in Verbindung mit einem Online-Account beim Hersteller umfassend nutzbar.

Zuordnungsmodelle für schuleigene mobile Endgeräte

Die Zuweisung schuleigener mobiler Endgeräte an Schülerinnen und Schüler kann auf verschiedene Arten, z. B. über ein schuleigenes Ausleihsystem, organisiert werden. Für die schulinterne Organisation kommen, abhängig von den jeweils verfügbaren Ressourcen, folgende Grundmodelle in Betracht:

- **Schulweite Poolgeräte**

Die mobilen Endgeräte werden von verschiedenen Schülerinnen und Schülern in unterschiedlichen Klassen genutzt. Die Geräte werden an zentralen, abgeschlossenen Aufbewahrungsorten im Schulgebäude gelagert und können von den Lehrkräften für den Einsatz im Unterricht z. B. über ein Ausleihsystem gebucht werden. Es bietet sich ein Nutzungsmodus ohne angemeldeten Nutzer („Gastmodus“) an, da nach dem Abmelden keine personenbezogenen Daten auf dem Endgerät verbleiben. Für eine Ergebnissicherung sind ggf. zentrale Speichermöglichkeiten vorzusehen (z. B. Cloud).

- **Klasseneigene Poolgeräte**

  Jede Klasse verfügt in fester Zuordnung über eine bestimmte Anzahl von schulischen Geräten. Es handelt sich häufig um einen halben Klassensatz mit wenigen

Ersatzgeräten, so dass eine feste Gerätezuordnung an ein Schülertandem ermöglicht wird. Die didaktischen Möglichkeiten richteten sich nach dem Umfang des vorhandenen Leihgerätepools und begründen keinen Ausstattungsanspruch.

- **Fest zugeordnete Geräte**

  Es erfolgt eine Zuweisung des Leihgeräts an eine einzelne Schülerin oder einen einzelnen Schüler über einen längerfristigen Zeitraum. Vor der Geräteausgabe ist das Zurücksetzen und die Löschung der gespeicherten, personenbezogenen Daten sicherzustellen. Eine außerunterrichtliche Gerätenutzung kann in den Nutzungsbedingungen vereinbart werden.

Für die eigene Schule oder verschiedene Jahrgangsstufen können verschiedene Zuordnungsmodelle passend sein. Die Auswahl ist deswegen eine zentrale pädagogische und schulorganisatorische Setzung, die auch technische Implikationen hat. In den Leitfäden zum Lernen mit mobilen Endgeräten finden sich hier eine Vielzahl von Praxistipps (vgl. https://mebis.bycs.de/schuledigital).

Infrastrukturelle Voraussetzungen für die Nutzung mobiler Endgeräte

Die Infrastruktur des digitalen Klassenzimmers mit einer entsprechenden Netzwerkinfrastruktur einschließlich WLAN und einer breitbandigen Internetanbindung ermöglicht die flexible und mobile Nutzung von digitalen Endgeräten im Unterricht. Dafür sollten die Räume mit einer ausreichenden Ladeinfrastruktur mit einer ausreichenden Anzahl an Steckdosen bzw. einem schulspezifischen Ladekonzept und einer abschließbaren Aufbewahrungsmöglichkeit (eventuell mit Lademöglichkeit) ausgestattet sein (vgl. Kapitel 9.g))

Die IT-Infrastruktur des digitalen Klassenzimmers sollte zukunftsträchtig für unterschiedliche Betriebssysteme ausgelegt sein. Bei der konkreten Auswahl des Betriebssystems für die mobilen Endgeräte sind eine homogene oder heterogene Ausstattung möglich:

- In einer gleichartigen (homogenen) Umgebung wird die Integration in die schulische IT-Infrastruktur erleichtert und der administrative Aufwand reduziert. Zugleich wird die Zusammenarbeit im Unterricht von Lehrkräften und Lernenden durch eine hohe Vertrautheit mit den Endgeräten und identische Nutzerführung der Anwendungen erleichtert.
- In verschiedenartigen (heterogenen) Umgebungen lernen die Schülerinnen und Schüler hingegen unterschiedliche Betriebssystemkonzepte kennen und werden besser auf die Anforderungen der Arbeitswelt vorbereitet. Die Lehrkräfte müssen allerdings flexibler auf die verschiedenen Systemumgebungen und den höheren Unterstützungsbedarf der Lernenden reagieren. Daher sollte insbesondere bei heterogener Ausstattung auf browserbasierte oder plattformübergreifende Anwendungen gesetzt werden (vgl. Kapitel 6).

f) Classroom-Management-Systeme

In der bildungswissenschaftlichen Diskussion werden neben den empirisch belegten Potenzialen digitaler Lernzugänge auch unerwünschte Auswirkungen von Bildschirmmedien bei Kindern wie zu lange Bildschirmzeiten oder die Ablenkungsgefahren durch

die Präsenz digitaler Medien reflektiert. Daher wird den Schulen in Abhängigkeit ihres pädagogischen Konzepts der Medienbildung bzw. digitalen Bildung empfohlen, neben geeigneten medienerzieherischen und organisatorischen Maßnahmen die Verwendung von Classroom-Management-Systemen zu prüfen. Diese stellen auf technischem Weg weitere für den Unterricht nützliche Funktionen zur Unterrichtssteuerung und Kontrolle der Gerätenutzung durch die Lehrkräfte bereit. Zusammen mit medienpädagogischen Ansätzen (z. B. Vereinbarung von Regeln zum Umgang mit mobilen Endgeräten im Unterricht) können sie zu einer effektiveren Klassenführung im Unterricht beitragen. Insbesondere für Schulen, die sich am Anfang des Unterrichtens mit mobilen Endgeräten befinden, können Classroom-Management-Systeme eine Erleichterung für Lehrkräfte bieten.

Durch diese Lösungen werden beispielsweise folgende technische Möglichkeiten zur Unterstützung der Klassenführung bereitgestellt:

- Verteilung bzw. simultanes Teilen von Dokumenten
- Unterstützung bei der Präsentation der Bildschirme einzelner Schülerinnen und Schüler auf der Großbilddarstellung, um Schülerergebnisse mit der Klasse zu teilen
- Start bzw. Sperrung von Apps, um den Überblick zu erleichtern und den Fokus auf gestellte Aufgaben zu richten
- Einsicht in die Bildschirme der Schülerinnen und Schüler, um den Arbeitsfortschritt oder individuelle Schwierigkeiten mit der Aufgabe zu kontrollieren oder bei Verdacht auf Fremdbeschäftigung zu reagieren
- Dunkelschaltung der Bildschirme bei Nichtbenutzung der Geräte, um Ablenkungen zu vermeiden
- Sperrung von Tonausgaben, um Unterrichtsstörungen zu vermeiden
- Sperrung des Displays bei Instruktionsphasen der Lehrkraft
- Zurücksetzen von Passwörtern
- Sperrung des Internetzugriffs in Phasen des Unterrichts, in denen dieser nicht benötigt wird
- Wechsel in einen Prüfungsmodus

Um diese Funktionen nutzen zu können, muss oftmals auf dem mobilen Lehrer- und Schülerendgerät eine Classroom-Management-Software installiert werden. Zu Beginn der Unterrichtseinheit startet die Lehrkraft die Anwendung und kann die Schülerendgeräte steuern. Für die Nutzung der Anwendungen können schuleigene Benutzerzugänge für Lehrkräfte und Lernende notwendig sein, mit denen diese sich dann in der Anwendung anmelden.

Eine zentrale Verwaltung der mobilen Endgeräte über ein MDM-System ist für die Nutzung der meisten Classroom-Management-Systeme nicht zwingend erforderlich. Die Endgeräte müssen sich lediglich im gleichen (WLAN-)Netzwerk und in Bluetooth-Reichweite befinden. Einige MDM-Lösungen bieten zusätzliche eigene Classroom-Management-Systeme an, die allerdings eine Registrierung der mobilen Endgeräte im MDM der Schule normalerweise erfordern.

Lehrergeräte

Lehrergeräte werden über einen längeren Zeitraum als personenbezogene Geräte von den Lehrkräften bzw. dem sonstigen pädagogischen Personal vorrangig für unterrichtliche Zwecke genutzt und mit nach Hause genommen. Für die Nutzung schulischer Lehrergeräte sind folgende Aspekte zu beachten:

- Lehrergeräte sind Lehrmittel sowie Arbeitsmittel, die vom Dienstherrn zum weisungsgebundenen Einsatz zur Verfügung gestellt werden. Die Rechtliche Basis ist das Beschäftigungsverhältnis. Die faktische Beschaffung und Finanzierung bestimmt sich bei staatlichen Schulen im Binnenverhältnis zwischen Staat und Schulaufwandsträger.
- Die Weisungsbefugnis über die Verwendung liegt bei der Schule, so dass die Installation bestimmter Software ohne Einwilligung der Nutzerinnen und Nutzer durchgeführt werden kann. Je nach Anwendungskonzept können Möglichkeiten für die Schule vorgesehen werden, Einstellungen und Installationen vorzunehmen oder die Geräte auf eine definierte Ausgangskonfiguration zurückzusetzen.
- Im Schadenseintritt kommt eine Ersatzpflicht der Lehrkraft bzw. des sonstigen an der Schule tätigen Personals nach den Grundsätzen der Drittschadensliquidation regelmäßig nur dann in Betracht, wenn eine vorsätzliche oder grob fahrlässige Sorgfaltspflichtverletzung vorliegt. Eine über die gesetzliche Haftung hinausgehende Vereinbarung einer Haftung oder Schadensersatzpauschalierung ist regelmäßig unzulässig bzw. nichtig.
- Die Verwendung richtet sich nach den Nutzungsordnungen, die die Schule nach Maßgabe der hierfür geltenden Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus in Abstimmung mit dem Schulaufwandsträger der Schule erlässt (vgl. KMBek „Hinweise zur Nutzung der IT-Infrastruktur und des Internetzugangs an Schulen (Schulische IT-Infrastruktur und Internetzugang“ vom 14. Juli 2022 Az.: I.3-BO4000.0/45/59 einschließlich entsprechender Muster-Nutzungsordnungen in der Anlage, https://www.verkuendung-bayern.de/baymbl/2022-436/)). Weitergehende Hinweise und aktuelles Informationsmaterial zur Nutzung schulischer IT-Infrastrukturen und zur IT-Sicherheit sind auf der Homepage des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus unter https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit zu finden.

g) Ladekonzepte und Ladeinfrastruktur

Ladekonzepte und akkuschonendes Arbeiten

Mobile Endgeräte wie Tablets oder Notebooks werden üblicherweise mit fest verbauten Akkus, meist Lithium-Ionen-Akkus, betrieben. Die Leistungsfähigkeit dieser wiederaufladbaren Batterien nimmt im Laufe der Nutzungsdauer ab (Alterung), was die Einsatzfähigkeit des Endgeräts einschränkt. Zur Sicherstellung einer möglichst langen flexiblen Nutzbarkeit im Unterricht werden Hinweise zum Umgang mit den Geräten im Unterricht empfohlen. Dies kann das automatische Abschalten des Bildschirms bei Nicht-Nutzung bzw. Reduzierung der Helligkeit, batterieschonendes Laden oder die Regelung sein, dass die mobilen Geräte von zuhause stets mit einem bestimmten

Ladestand (z. B. 80 %) mitgebracht werden sollen. Da sich bei Lithium-Ionen-Akkus das regelmäßige Laden bis auf 80 % als akkuschonend erwiesen hat, verfügen einige mobilen Endgeräte über eine entsprechende Ladeschutz-Funktion. Einige mobile Betriebssysteme können den Alterungszustand bzw. die aktuelle Leistungsfähigkeit der Batterie anzeigen. Seit dem 20. Juni 2025 muss bei Tablets auch die Akkulaufzeit pro Ladezyklus und die Batterielaufzeit in Ladezyklen angegeben werden (vgl. https://energiewende.bundeswirtschaftsministerium.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2025/05/Meldung/News1.html)

Umsetzung der Ladeinfrastruktur

Da eine Erschöpfung des Akkus an einem Unterrichtstag nicht auszuschließen ist, sollten an der Schule Möglichkeiten zum kurzfristigen Laden über Steckdosen, USB-Ladestationen oder Powerbanks oder entsprechende Ladekonzepte vorgesehen werden. Dadurch können die Lernenden ohne Unterbrechung am Unterricht teilnehmen.

Bei der Anschaffung der Ladeinfrastruktur ist auf Kompatibilität (Ladeleistung, passende Anschlüsse) mit den digitalen Endgeräten zu achten. Für Neugeräte gilt bei Tablets seit 2024 in der EU eine USB-C-Ladeanschlusspflicht, die ab Frühjahr 2026 auf Laptops erweitert wird. Netzteile müssen inzwischen vielfach getrennt von den Geräten beschafft werden. Weiterführende Informationen zur Ladeinfrastruktur an Schulen finden sich in der Handreichung „Hinweise zu Auflademöglichkeiten in der Schule“ (vgl. https://schulnetz.alp.dillingen.de/dsdz.php) sowie in Kapitel 9.g) (Auswahlkriterien) und den Kapiteln 10.e), 10.f) und 10.g) (Datenblätter) für die drei Geräteklassen USB-Docking-Stationen, USB-Ladestationen und Powerbanks.

h) Videokonferenzsysteme

Videokonferenzsysteme sind cloudbasierte Anwendungen, die eine synchrone Kommunikation mit Bild- und Tonübertragung ermöglichen. Funktionen der Zusammenarbeit wie Steuerung durch einen Moderator, Aufteilung der Teilnehmenden in Gruppenräume, Chatfunktion, Reaktions-/Meldefunktion und Bildschirmfreigabe sind regelmäßige weitere Funktionalitäten von Videokonferenzsystemen.

Für die Nutzung von Videokonferenzsystemen sind folgende Aspekte zu beachten:

- Bei Auswahl und Einsatz von Videokonferenzsystemen ist besonders auf die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Bestimmungen zu achten (vgl. Kapitel 1.e)), insbesondere die Orientierungshilfe des Bayerischen Landesbeauftragten für den Datenschutz (LfD) zu „Internationalen Datentransfers“ (vgl. https://www.datenschutz-bayern.de/datenschutzreform2018/OH_Drittstaatentransfer.pdf).
- Im Rahmen der BayernCloud Schule steht allen bayerischen Schulen ein Videokonferenzwerkzeug ByCS-ViKo zur Verfügung, das datenschutzkonform betrieben werden kann und mit einem auf schulische Einsatzzwecke optimierten Funktionsumfang ausgestattet ist.
- Meist genügt ein aktueller Browser für den Zugang der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Für einen vollen Funktionsumfang ist in manchen Fällen allerdings die Installation und Verwendung proprietärer Client-Software des Herstellers erforderlich.

- Üblicherweise werden alle aktuellen Betriebssysteme unterstützt, so dass die Teilnahme an Videokonferenzen mit allen Arbeitsplatzcomputern, Notebooks, Tablets oder Smartphones möglich ist.
- Die Qualität integrierter Kameras von mobilen Endgeräten ist in der Regel für Videokonferenzen ausreichend. Endgeräte ohne eigene Kamera, können mit einer externen Webcam ausgestattet werden. Zur Anzeige von Präsentationen oder anderen Dokumenten ist ein ausreichend großes Display zu empfehlen, so dass Smartphones hierfür zumindest bei längerem Einsatz ungeeignet sind.
- Wichtig für die Nutzung von Videokonferenzsystemen ist eine gute Audioqualität, z. B. per Headset.

Technisch und organisatorisch unaufwändig lassen sich Videokonferenzen mit kleineren Gruppen, z. B. im Klassenverband, durchführen, deren Teilnehmende über eigene Geräte eingebunden sind. Anspruchsvoller sind hybride Konferenzen, bei denen sich in einer Präsenzveranstaltung einzelne Personen oder Gruppen zuschalten und die Audio-/Videoübertragung des gesamten Raums ermöglicht werden soll.

Integrierte Videokonferenzlösungen

Nehmen Personengruppen innerhalb der Schule an einer Videokonferenz teil, sollte die Ausstattung des digitalen Klassenzimmers um integrierte Videokonferenzlösungen als spezielle Hardwareausstattung ergänzt werden. Eine integrierte Videokonferenzlösung lässt sich modular aus Einzelkomponenten zusammenstellen oder als Komplettsystem mit Kamera, Mikrofonen und Lautsprecher erwerben. Bei der Auswahl der Hardware müssen die verwendete Software und das Einsatzszenario berücksichtigt werden.

Die Konferenzkameras als Komplettsystem können die Abbildung unterschiedlicher Bildwinkel, Autotracking, Erfassung von Teilnehmenden, Anpassung der Farbdarstellung sowie Fernsteuerung ermöglichen. Integrierte Mikrofonarrays decken einen größeren Radius und einen weiteren Winkelbereich ab und fokussieren automatisch auf den jeweiligen Sprecher. Rausch- und Echounterdrückung verbessern die akustische Verständlichkeit. Für größere Räume empfiehlt sich eine Lösung, die durch zusätzliche Mikrofone erweitert werden kann.

i) Computerräume und andere Fachräume

Der Computerraum als klassischer Fachraum für das Fach Informatik bzw. Informationstechnologie, aber auch für den digital gestützten Unterricht im Klassenverband, stellt eine spezifische Form des digitalen Klassenzimmers dar. Ergänzend zur Arbeit im Klassenzimmer mit mobilen Endgeräten werden im Computerraum weitere Anwendungsfälle wie die Arbeit mit CAD-Programmen, Programmierumgebungen oder Mediengestaltung (z. B. Videoschnitt) abgedeckt. In einem Computerraum sollte je Schülerin bzw. Schüler ein eigener stationärer Computerarbeitsplatz zur Verfügung stehen, Diese sollten so angeordnet sein, dass die Lehrkraft alle Bildschirme im Blick hat und die einzelnen Arbeitsplätze schnell erreichen kann.

Fachräume sind für den Unterricht in einem bestimmten Fachbereich mit speziellen Materialien, Geräten und Möbeln ausgestattet. Um eine optimale Lernumgebung für einen praxisnahen und handlungsorientierten Unterricht zu schaffen, kann deren Ausstattung

über die Grundausstattung des digitalen Klassenzimmers hinausgehen, z. B. mit Geräten zur Messwerterfassung, für Simulationsprogramme oder für den Videoschnitt, sowie zusätzliche Peripheriegeräte enthalten, z. B. Messsonden, Funkmikrofone, Grafiktablets, Plotter oder 3D-Drucker. Methodisch-didaktische Anforderungen können in unterschiedlichen Fachräumen weitere spezifische Herausforderungen an das Mobiliar mit sich bringen. Aus ergonomischen Gründen können für die Arbeit am Computer Drehstühle sowie Tische mit integriertem Kabelkanal in Betracht gezogen werden, was eine fachgerechte Verlegung der Kabel mit Zugentlastung erlaubt. Die Anordnung der Ausstattung sollte unterschiedliche methodisch-didaktisch begründete Arbeits- und Sozialformen wie Gruppenarbeit und die Einsicht der Lehrkraft in die Bildschirme sowie einen freien Zugang zu den Schülerarbeitsplätzen ermöglichen. Ergänzend sind je nach räumlichen Möglichkeiten zusätzliche Tische zur Arbeit ohne Computer sinnvoll.

j) IT-Ausstattung für Schülerinnen und Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf und Inklusion

Zusätzliche Geräte und spezielle Apps ermöglichen Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen mit sonderpädagogischem Förderbedarf eine größtmögliche Teilhabe am Unterricht an Förderschulen und im inklusiven Unterricht an Regelschulen. Bereits die in gängigen Betriebssystemen integrierten Bedienungshilfen können hierbei einen Beitrag leisten. Der Einsatz und die Art der technischen Hilfsmittel hängen vom individuellen Förderbedarf der Schülerinnen oder Schüler ab.

Übersicht von Hilfsmitteln, Apps, Bedienungshilfen nach individuellem Förderbedarf

Alle Förderschwerpunkte	TTS (Text to speech) Scanner Apps Scanstifte Sprachein- und -ausgabe (Apps)
Förderschwerpunkt geistige Entwicklung	Anpassung der Textgröße Beschränkung visueller Effekte Veränderung des Mauszeigers/Touch Bildschirmlupe Noise-Cancelling-Headsets Spezialtastaturen
Förderschwerpunkt Hören	Automatische Transkriptions-Apps Unterstützende Hörsysteme für das Klassenzimmer
Förderschwerpunkt körperliche und motorische Entwicklung	Mausersatzgeräte (Augensteuerung) Externe Taster/Schalter Einhandtastaturen Avatare

Förderschwerpunkt Sehen	Anpassung der Textgröße Beschränkung visueller Effekte Veränderung Mauszeiger/Touch Bildschirmlupe Kontrastanpassung Bildschirmlupe Farbfilter Screenreader Apps Mobile Touchdisplays Spezialtastaturen Blindenschriftdrucker

Unterstützte Kommunikation

(Unterstützte) Kommunikation nimmt einen hohen Stellenwert bei der Teilhabe von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen mit sonderpädagogischem Förderbedarf am Unterrichtsgeschehen ein. Die Finanzierung von individuellen Hilfsmitteln im Bereich der unterstützten Kommunikation erfolgt meist über die zuständigen Pflege- und Krankenkassen. Nähere Informationen und Unterstützung sind bei den Fachberatungen, den ELECOK-Beratungsstellen, Beratungsstellen elektronische Hilfen oder der Beratung digitale Bildung für Förderschulen (vgl. https://mebis.bycs.de/bdb) erhältlich. Zu einer ersten Einschätzung über mögliche Bedarfe in der unterstützten Kommunikation können frei verfügbare Talker-Apps eingesetzt werden.

Für erkrankte Schülerinnen und Schüler können zur Sicherung der Integration in den bestehenden Klassenverband Avatare eingesetzt werden, um eine stufenweise Eingliederung und Mitwirkung am Unterricht und schulischen Leben in verschiedenen Räumen, Fachräumen oder auch im Freien zu ermöglichen (vgl. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2025/2025_03_20-Empfehlung-erkrankte-SuS.pdf).

5. Weitere Einsatzbereiche von schulischen IT-Systemen

Für Lehrkräfte, sonstiges pädagogisches Personal sowie Schülerinnen und Schüler gibt es in einer Schule verschiedene Arbeitsräume, wie das Lehrerzimmer, fachbezogene Arbeitsräume oder Lern- und Arbeitsbereiche für Schülerinnen und Schüler, in denen entsprechende Möglichkeiten zum digitalen Arbeiten vorgesehen werden sollten.

a) Unterrichtsbezogene Nutzung frei zugänglicher Computer für Schülerinnen und Schüler

Moderne Lernraumgestaltung bezieht Arbeitsinseln, Bibliotheken, Lernlandschaften oder Aufenthaltsräume ein und kann durch eine geeignete IT-Ausstattung mit Arbeitsplatzrechnern mit Internetzugang oder WLAN-Zugriff für mobile Endgeräte erweitert werden. Über spezielle Bereiche oder Räume, die für Lernaktivitäten außerhalb des regulären Unterrichts genutzt werden, bieten sie Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, sich mit verschiedenen Themen und Projekten auseinanderzusetzen. Sie fördern selbstgesteuertes Lernen, Kreativität und Teamarbeit und können unterschiedliche Formen annehmen wie Werkstätten, Bibliotheken oder Kreativräume.

b) Schulische Arbeitsräume für Lehrkräfte

Lehrerzimmer und Vorbereitungsräume

Für Lehrende gibt es in einer Schule verschiedene Arbeitsräume wie das Lehrerzimmer oder fachbezogene Arbeitsräume, in denen Möglichkeiten zum digitalen Arbeiten vorgesehen werden sollten. Im Lehrerzimmer und in Vorbereitungsräumen sind in der Regel Computerarbeitsplätze mit Internetzugang sowie Drucker und Scanner (üblicherweise als Multifunktionsgeräte) eingerichtet. Aufgrund des besonderen Schutzbedarfs im Verwaltungsnetz empfiehlt es sich, dass für den Zugriff auf das Verwaltungsnetz im Lehrerzimmer eigene Geräte zur Verfügung stehen.

Inzwischen sind nahezu alle Lehrkräfte mit Lehrergeräten ausgestattet, weswegen zusätzliche Anschlussmöglichkeiten (z. B. per USB-C-Docking-Station) an den Arbeitsplätzen (z. B. im Klassenzimmer) vorgesehen werden sollten, die einen kabelgebundenen Netzwerkzugang zum Schulnetz und Ladefunktion bieten sowie den Anschluss an Monitore und Eingabegeräte wie Tastatur und Maus ermöglichen. Bei der Ausstattung und Gestaltung der schulischen Arbeitsplätze sollten ergonomische Aspekte (z. B. höhenverstellbare, lichtstarke Monitore und Schreibtische, ergonomische Tastaturen, Mäuse) berücksichtigt werden.

Konferenzräume

Fortbildungen, Besprechungen oder Konferenzen finden anlassbezogen auch im Online-Format statt, weswegen dafür genutzte Räume mit einer Großbilddarstellung mit Audiosystem und einer Kamera zur Darstellung von Dokumenten oder Objekten ausgestattet werden sollten. Alternativ kann eine integrierte Videokonferenzlösung, die diese Funktionen in einem Gerät vereint, bereitgestellt werden.

c) Ausstattung für die Seminarausbildung

Räume, die üblicherweise zu Ausbildungszwecken im Vorbereitungsdienst genutzt werden, sollen mindestens über die Ausstattung eines digitalen Klassenzimmers verfügen (vgl. Kapitel 4). Das StMUK stellt über einen beauftragten Dienstleister allen Referendarinnen und Referendaren bzw. Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärtern sowie den Seminarlehrkräften zentral verwaltete Ausbildungsgeräte einschließlich Zubehör be-

reit. Dies legt die Grundlagen dafür, die im Studium erworbenen digitalen Lehrkompetenzen in der zweiten Phase der Lehrerbildung zu erweitern und unter Anleitung der Seminarlehrkräfte in der konkreten Unterrichtssituation zu erproben. Zudem ist eine ergänzende Ausstattung wie Tabletwagen oder fachspezifische Peripheriegeräte sinnvoll, die die Erprobung digital gestützter Unterrichtsszenarien in unterschiedlichen räumlichen und organisatorischen Szenarien ermöglicht.

Seminarveranstaltungen an wechselnden schulischen Orten, wie sie z. B. im Grund-, Mittel- und Förderschulbereich üblich sind, sollten ebenfalls die Erprobung digital gestützter Unterrichtsformen vorsehen, Dies erfordert ggf. eine transportable Grundausstattung für ein digitales Klassenzimmer (z. B. Notebooks, Tablets, Beamer, Dokumentenkamera, Audiosystem, ggf. mobiler WLAN-Router).

Parallel können an ausgewählten zentralen Standorten, z. B. Medienzentren oder Seminarschulen, digitale Unterrichtslabore eingerichtet werden, in denen der Umgang mit verschiedenen Geräten eingeübt werden kann.

Schulische IT-Systeme sind über den unterrichtlichen Bereich hinaus von erheblicher Bedeutung für die Schulverwaltung und Schulorganisation. Für die Nutzung von IT-Systeme in der Schulverwaltung sind folgende Aspekte zu beachten:

- Das Amtliche Schulverwaltungsprogramm (ASV) ist als Client/Server-System mit einer Datenbank je Schule bzw. Schulzentrum konzipiert. Bei der Verwendung mehrerer Verwaltungsrechner mit ASV ist eine Vernetzung dieser Rechner notwendig und die Installation der ASV-Serverkomponente (DSS) auf einem Server sinnvoll. In kleinen Schulen kann es ausreichend sein, dass die Schulverwaltungssoftware nur auf einem der Verwaltungsrechner installiert wird und so auf einen zentralen dedizierten Server verzichtet, werden kann. Einen Überblick über die Hilfs- und Beratungsangebote zur ASV sowie die Kontaktdaten der Multiplikatoren findet sich unter https://doku.asv.bayern.de/cms/multiplikatoren/start .
- Für Verwaltungsrechner ist regelmäßig ein Zugang zum Internet notwendig, wobei besondere Schutzmaßnamen bei Vernetzung und Internetzugang erforderlich sind. Ausführliche Informationen zu Schutzmaßnahmen für IT-Systeme in der Schulverwaltung finden sich in der KMBek „Schulische IT-Infrastruktur und Internetzugang“ vom 14. Juli 2022 sowie auf der Informationsseite zur Datensicherheit unter https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit.
- Bei der Konzeptionierung von IT-Systemen im Verwaltungsbereich sind Fragen des Datenschutzes zu beachten, da personenbezogene Daten verarbeitet werden. Eine detaillierte Zusammenstellung von Hinweisen und Vorgaben zu Datenschutz findet sich in der Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus „Vollzug des Datenschutzrechts an staatlichen Schulen (VollzBek DS – Schulen)“ vom 14. Juli 2022 und auf der Informationsseite zum Datenschutz unter www.schuldatenschutz.bayern.de.

d) Digitale Organisation

Um Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler über anstehende Vertretungen oder Termine zu informieren, können im Schulgebäude digitale schwarze Bretter oder Anzeige-

tafeln genutzt werden. Die Systeme werden über ein entsprechende Weboberfläche verwaltet und können individuell angepasst werden. So können beispielsweise Nachrichten, Bilder oder Videos angezeigt werden. Die Anzeigen werden im Lehrerzimmer und an gut zugänglichen Orten im Schulhaus angebracht und stellen die Informationen an den Nutzerkreis angepasst dar. Diese werden zunehmend durch Onlineportale zum ort- und zeitunabhängigen Informationsabruf ergänzt und mit diesen synchronisiert.

6. Anwendungssoftware

Neben der Wahl des Betriebssystems für die digitalen Endgeräte spielt die Bereitstellung der an den pädagogischen Anforderungen ausgerichteten Anwendungssoftware eine wichtige Rolle.

a) Beschaffung und Verwaltung der Anwendungssoftware

Bei der Beschaffung und Verwaltung der schulischen Anwendungssoftware sind folgende Aspekte zu beachten:

- Die allgemeine und fachspezifische Software muss im jeweiligen Betriebssystem lauffähig sein.
- Vor der Beschaffung sollten die erforderlichen Gesamtressourcen und Gesamtkosten betrachtet werden, z. B. für Lizenzierung bzw. Lizenzverwaltung, Installation der Software, Schulung der Lehrkräfte, ggf. notwendige Supportverträge mit dem Hersteller, aber auch Wechselwirkungen mit anderer Software.
- Für Standardanwendungen ist in großem Umfang freie oder für die Schulen kostenlose Software erhältlich, die in der Regel den schulischen Anforderungen genügt. Auch bei pädagogischer Software und ggf. Branchensoftware sollte soweit möglich auf Open-Source-Software oder kostenfreie Software gesetzt werden. Bei der Entscheidung für eine ggf. kostenpflichtige proprietäre Branchensoftware an beruflichen Schulen sollte vor allem auf die Anforderungen aus den Ausbildungsbetrieben Rücksicht genommen werden.
- Die Schulen haben aus datenschutzrechtlichen und sicherheitstechnischen Gesichtspunkten eine Liste über die an der Schule verwendete Anwendungssoftware zu führen.
- Über das staatliche **Medien- und KI-Budget** werden Beschaffung und Einsatz digitaler Bildungsmedien durch den Freistaat finanziell unterstützt und forciert (vgl. https://www.km.bayern.de/gestalten/foerderprogramme/medien-und-ki-budget). Damit können Softwarelizenzen für digitale Bildungsmedien beschafft werden, die speziell für Unterrichtszwecke entwickelt wurden oder der Vor- und Nachbereitung des Unterrichts durch die Lehrkraft bzw. dem eigenständigen Lernen der Schülerinnen und Schüler dienen. Auch digitale Schulbücher gemäß § 1 Abs. 1 Satz 1 der Verordnung über die Zulassung von Lernmitteln (Zulassungsverordnung – ZLV) sind förderfähig, sofern die staatlichen Zuweisungen gemäß Art. 22 Abs. 1 BaySchFG für die Beschaffung von (analogen oder digitalen) Schulbüchern bereits gebunden sind.

b) Lokal installierte Anwendungen

Browser, Text-, Tabellen- oder Präsentationsanwendungen können als lokal installierte Software auf den Endgeräten der schulischen Nutzerinnen und Nutzer ausgeführt wird.

Der Browser ist dabei eine der am häufigsten genutzten Anwendungen, der den Zugriff auf Internetangebote, Webanwendungen und Clouddienste ermöglicht. Die Browserbasierte Kommunikation erfordert eine sichere Datenübertragung. Unter https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit/browser finden sich sicherheitsrelevante Hinweise zur Browsernutzung.

c) Cloudbasierte Anwendungen

Parallel zur lokal installierten Software werden verstärkt cloudbasierte Anwendungen über das Internet bereitgestellt, die auf Servern bei den entsprechenden Diensteanbietern laufen. Bei der Nutzung cloudbasierter Anwendungen ist zu beachten:

- Da der Zugang zunehmend browserbasiert erfolgt und die meisten Browser unter verschiedenen Betriebssystemen laufen, kann betriebssystemunabhängig mit verschiedenen Endgeräten an der gleichen Anwendung bzw. kollaborativ an derselben Datei gearbeitet werden. Alternativ kann der Zugang über einen eigenen installierten Client erfolgen, der zusätzliche Funktionen bietet. Bei einem rein browserbasierten Zugang zu Cloudwendungen entfällt die Installation und Pflege von (weiterer) lokaler Software.
- Cloudbasierte Anwendungen ermöglichen ein orts- und zeitunabhängiges Arbeiten und Integrieren oft unterschiedliche digitale Kommunikations- und Kollaborationswerkzeuge, z. B. gemeinsame Datenablagen, Kalender, Kommunikationswerkzeuge wie Messenger oder Videokonferenzsysteme. Für eine gelingende Kommunikation und effiziente Zusammenarbeit können Dateien und interaktive Inhalte geteilt und gemeinsam genutzt bzw. bearbeitet werden. Über Messenger oder Foren kann asynchron und über Audio- oder Videokonferenzen synchron kommuniziert werden. Insbesondere erlauben Online-Office-Lösungen (Web-Office) die simultane Bearbeitung von Text-, Tabellenkalkulations- oder Präsentationsdokumenten durch den gleichzeitigen Zugriff über einen Cloud-Speicher.
- Der administrative Aufwand reduziert sich, da der Cloudbetreiber für die Wartung und Pflege der Serverstruktur verantwortlich ist.
- Der Einsatz cloudbasierter Produkte bedarf besonderer datenschutzrechtlicher Vorkehrungen. Die im Kapitel 1.e) unter „Datenschutzrechtliche Aspekte bei Planung und Einsatz von IT-Systemen“ genannten Voraussetzungen einer cloudbasierten Lösung sind stets vor der Entscheidung für ein Produkt zu prüfen. Insbesondere sind die Vorgaben des Art. 28 DSGVO und die Abschnitte 4 und 7 der Anlage 2 zu § 46 BaySchO zu berücksichtigen.

d) BayernCloud Schule (ByCS)

Die BayernCloud Schule (ByCS) ist das staatlich zentral bereitgestellte Angebot für schulspezifisch optimierte Cloudanwendungen. Die performanten Software-Angebote

der ByCS werden zentral bereitgestellt und können von allen Schulen in Bayern kostenfrei, datenschutzkonform, orts- und endgeräteunabhängig sowie barrierefrei eingesetzt werden. Aufgrund ihrer nutzerzentrierten Grundkonzeption eignet sich die ByCS gleichermaßen für den Einsatz in allen Schularten und Altersstufen, da sie den pädagogischen Einsatz an Schulen in den Fokus stellt. Sie bündelt verschiedene Dienste, die der gesamten Schulfamilie das digitale Lernen und Arbeiten ermöglichen.

- Die ByCS stellt dazu allen bayerischen Schulen und der Schulaufsicht ein stetig wachsendes, auf schulische Nutzung zugeschnittenes Paket von Webanwendungen zentral bereit. Die Nutzerinnen und Nutzer erhalten neben Werkzeugen für die digitale Kommunikation und Kollaboration ein vielseitiges Angebot an online verfügbaren, flexibel im Unterricht einsetzbaren digitalen Lern- und Lehrinhalten und Medien.
- Das Angebotsportfolio der ByCS wird auf der Grundlage von Bedarfsanalysen bei den schulischen Nutzerinnen und Nutzer sukzessive erweitert. Einige Anwendungen wie die mebis Lernplattform, das Videokonferenzsystem ByCS-ViKo, Drive mit Office-Funktion, Messenger oder Dienst-E-Mail werden bereits intensiv an Schulen eingesetzt. Ausführliche Informationen zu den verschiedenen Anwendungen finden sich unter https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/index.html.
- Die ByCS verringert die an der Schule anfallenden technischen Administrationsaufgaben erheblich, indem durch das Single-Sign-On-System in der ByCS-Benutzerverwaltung eine Vielzahl von Anwendungen mit einem einzigen Benutzerzugang erreicht werden können. Darüber hinaus entfallen für die durch die ByCS abgedeckten Anwendungen sämtliche Aufwände für die Anforderungsanalyse, die Beschaffung von Lizenzen und Serverhardware, Abstimmungen dazu zwischen Schule und Schulaufwandsträger, die technische Inbetriebnahme und fortlaufende Wartung und Pflege der einzelnen Anwendungen, da all diese Vorgänge für die ByCS-Anwendungen zentral durch den Freistaat für alle Schulen übernommen werden. Damit bringen die kostenfrei nutzbaren Angebote der ByCS spürbare Entlastung für die Schulleitung als (Datenschutz-)Verantwortliche, die pädagogische System- und Anwenderbetreuung und die Schulaufwandsträger bei der Beschaffung und Administration der schulischen IT-Systeme.
- Die Angebote der ByCS sind so ausgewählt und konfiguriert, dass sie den Ansprüchen des Datenschutzes (DSGVO) gerecht werden. Dadurch werden rechtliche Unsicherheiten bei der Einführung und Nutzung reduziert und die Integration in den Unterrichtsalltag erleichtert.

Parallel zum stufenweisen funktionalen Ausbau der ByCS werden vielfältige Fortbildungen für Lehrkräfte an der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung (ALP) Dillingen angeboten. Eine Übersicht zu den verfügbaren Fortbildungen findet sich auf der ByCS-Themenseite unter https://bycs.alp.dillingen.de/. Lehrkräfte können über das Fortbildungsportal FIBS (https://fibs.alp.dillingen.de/) geeignete Fortbildungen suchen und sich anmelden.

e) Anwendungen mit Künstlicher Intelligenz (KI)

Künstliche Intelligenz (KI, auch AI (Artificial Intelligence)) bezeichnet Technologien, die selbstständig neue Inhalte erzeugen können, wie Texte, Bilder, Videos oder auch Audios. Diese KI-Modelle (i. d. R. LLMs (Large Language Models)) werden mit großen Datenmengen trainiert, die aus vielfältigen Quellen im Internet stammen oder gezielt zur Verfügung gestellt werden. Sie verarbeiten die dort enthaltenen Informationen und deren Bedeutungsgehalt und können auf dieser Grundlage auf Anfragen und Problemstellungen eigenständig neuartige Ergebnisse liefern.

Im Regelfall laufen die daten- und rechenintensiven Modelle in großen Rechenzentren (Cloud) und sind über das Internet erreichbar, so dass keine weitergehenden Systemanforderungen an die IT-Infrastruktur der Schule gestellt werden. Weniger leistungsstarke Modelle können auch lokal betrieben werden. Zunehmend sind in Neugeräten wie Notebooks und Tablets Neural Processing Units (NPU) Prozessoren integriert, die gezielt für die Aufgaben der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens entwickelt wurden. Im Gegensatz zu einer CPU ist eine NPU darauf spezialisiert, große Datenmengen gleichzeitig zu verarbeiten. Dadurch können KI-Aufgaben typischerweise ohne Cloudzugriff direkt auf dem Endgerät ausgeführt werden, ohne den Akku übermäßig zu belasten.

Im schulischen Kontext eröffnet KI vielfältige Möglichkeiten: Lehrkräfte können sie zur Unterstützung bei der Unterrichtsvorbereitung (z. B. zur Erstellung von Stoffverteilungsplänen, Wochenplänen, Entwürfen für Lerneinheiten und Impulsen, Materialien auf unterschiedlichen Niveaustufen bzw. in unterschiedlichen Sprachen) sowie zur Begleitung von Lernprozessen nutzen. KI-Anwendungen als Assistenzsysteme in Schülerhand dienen dazu, den Aufbau von fachlichen Kompetenzen zu begleiten (z. B. im Bereich Lesekompetenz, beim Einüben basaler Kompetenzen im Bereich Rechnen und Schreiben oder bei der Verbesserung der sprachlichen Kompetenzen im Fremdsprachenunterricht), Lernprozesse inklusiver und barrierefrei zu gestalten (z. B. durch Spracherkennungssysteme oder durch die Umwandlung von Texten in Audioformate für Schülerinnen und Schüler mit Leseschwierigkeiten), als virtueller Tutor Hilfestellungen zu geben (z. B. beim Schreiben von Texten, für Hilfestellungen beim Lösen von Mathematikaufgaben oder im Prozess der Erstellung von Lernprodukten) oder durch das aktive Lernen mit KI über KI zu lernen (z. B. beim Ausprobieren und Reflektieren von Anweisungen für eine KI-Anwendung oder bei der kritischen Beurteilung von KI-generierten Ergebnissen).

Wichtig ist jedoch auch, die damit verbundenen Herausforderungen zu beachten. Der verantwortungsvolle Einsatz steht im Vordergrund, da generierte Inhalte manchmal ungenau oder sogar objektiv falsch sein können, ohne dass der überzeugend formulierte Ausgabetext Anlass zu Zweifeln an der Richtigkeit gibt. Für Schulen und Pädagogen bedeutet dies, dass KI als ergänzendes Werkzeug genutzt werden sollte, das die pädagogische Arbeit unterstützt, aber nicht ersetzt. Ebenso müssen Datenschutz und Urheberrechte beachtet werden.

Die kritische Reflexion und die Vermittlung von Medienkompetenz sind auch entscheidend, um Schülerinnen und Schüler auf den sicheren Umgang mit diesen neuen Technologien vorzubereiten. Der reflektierte Umgang mit KI und die Einhaltung der rechtlichen Vorgaben stellen eine besondere Herausforderung dar, wenn die Schülerinnen und

Schüler selbst mit einer KI-Anwendung arbeiten sollen. Schülerinnen und Schüler müssen lernen, KI-Anwendungen situationsadäquat auszuwählen, KI-Ergebnisse auf ihre Richtigkeit zu überprüfen und diese rechtssicher und zielgerichtet in Lern- und Alltagskontexten anzuwenden.

Zunehmend sind KI-Anwendungen in Betriebssystemen und anderer Software (z. B. Office-Anwendungen) verankert. Ihr Beitrag ist nicht immer offensichtlich und dadurch die Nutzung mit Risiken behaftet. Umso wichtiger ist es, Lehrkräfte sowie die Schülerschaft im Umgang mit KI zu schulen und eine gezielte und rechtssichere Nutzung zu gewährleisten. Hinweise hierfür sind unter https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/kuenstliche-intelligenz zu finden. Auch die KI-VO sieht vor, dass u. a. Behörden und Schulen verpflichtet sind, sicherzustellen, dass alle Beschäftigten, die KI im beruflichen Kontext einsetzen, über entsprechende KI-Kompetenz verfügen. Die Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung (ALP) bietet einen Selbstlernkurs zum Verständnis und der Anwendung von KI an (vgl. https://alp.dillingen.de/themenseiten/kiko/startseite/).

7. Schulhausvernetzung

Bei der Schulhausvernetzung gilt es mit Blick auf die technischen Entwicklungen, vorausschauend zu planen und frühzeitig die notwendigen technischen Rahmenbedingungen zu schaffen. Technische Konzeption und Realisation der Schulhausvernetzung folgen den allgemeinen pädagogischen und schulischen Anforderungen, die die Schule im Rahmen ihrer Medienkonzeptarbeit festgelegt hat (vgl. Kapitel 1.a)). Dabei ist die Integration aller Arbeitsplätze sowie aller mobilen schuleigenen und persönlichen Geräte in eine leistungsfähige Netzwerkinfrastruktur sicherzustellen. Es wird empfohlen, mit der Planung, Installation, Dokumentation, Wartung sowie der Reparatur einen darauf spezialisierten IT-Dienstleister zu beauftragen. Die pädagogischen Systembetreuerinnen und Systembetreuer bzw. die Lehrkräfte im Team pädagogische IT-Dienste pädagogische System- und Anwenderbetreuung sollten als Gelenkstelle zwischen Schule und Schulaufwandsträger in die Planung des Schulnetzes (z. B. VLAN-Struktur, WLAN-Aufbau) einbezogen und mit den technischen Grundlagen des Rechnernetzwerkes vertraut sein.

Schulnetze müssen zu bestimmten Zeitenpunkten, vor allem bei Unterrichtsbeginn und -ende, besondere Lastspitzen verarbeiten können, da gleichzeitige An- und Abmeldevorgänge, Multimediaanwendungen oder Internetzugriffe ein hohes Datenaufkommen verursachen und hoch performante Netzwerkhardware sowie Internetanbindungen erfordern. Dies gilt sowohl für die kabelgebundene Infrastruktur (LAN) als auch die Funknetze (WLAN). Vor allem beim Zugriff auf cloudbasierte Dienste ist eine ausreichend leistungsstarke Internetanbindung erforderlich (vgl. Kapitel 8).

a) Ethernet-Verkabelung (LAN)

Eine strukturierte, dienstneutrale Gebäudeverkabelung stellt eine zentrale schulische Basisinfrastruktur dar. Die Netzwerkinfrastruktur wird dabei nicht nur für die Informationstechnik, sondern auch für die Kommunikationstechnik sowie ggf. für Bereiche der

Gebäude- und Gebäudeleittechnik genutzt und sollte daher großzügig geplant werden. Die Planungsrichtlinien für Kommunikationsnetze sind zu beachten.

Grundsätzlich soll das Schulgebäude flächendeckend über eine ausreichend große Anzahl an Netzwerkdosen zum Anschluss an das schulische Netzwerk und damit das Internet mit einer ausreichend hohen Bandbreite verfügen.

In großen vernetzten Umgebungen unterscheidet man drei Ebenen der Gebäudeverkabelung mit unterschiedlichen technischen Anforderungen:

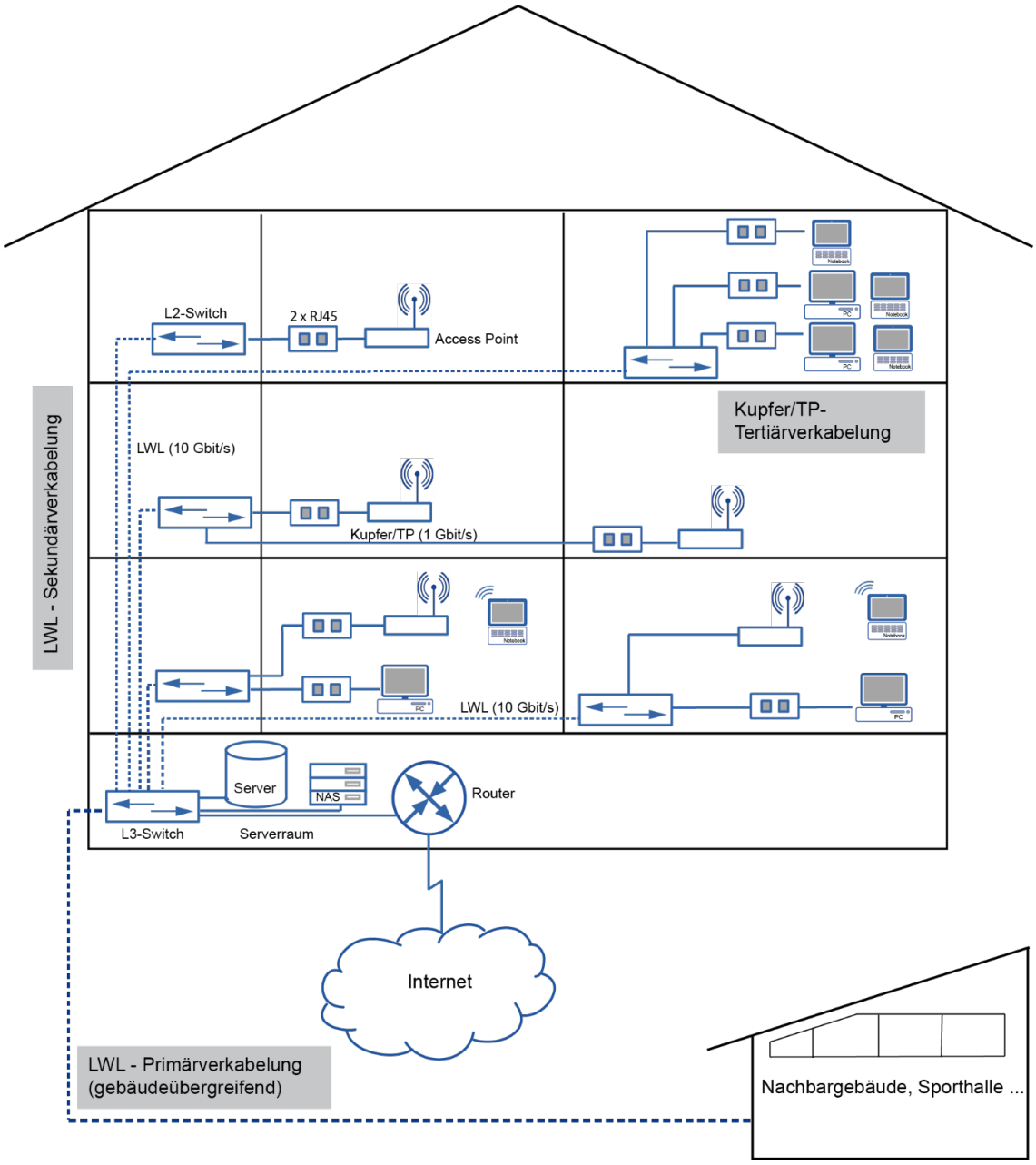
- Primärverkabelung (gebäudeübergreifendes Campusnetzwerk; typisch: Lichtwellenleiter (LWL))
- Sekundärverkabelung (Backbone-Verkabelung innerhalb eines Gebäudes; Lichtwellenleiter (LWL), derzeit typische Übertragungsrate 10 Gbit/s)
- Tertiärverkabelung (Arbeitsplatzverkabelung; Twisted-Pair-Kupfer-Verkabelung, derzeit typische Übertragungsrate 1 Gbit/s). Bei Anbindung weiterer Netzwerkgeräte (z. B. Access-Points) an die Tertiärverkabelung sind ggf. höhere Bandbreiten mit bis zu 2,5 Gbit/s und Power over Ethernet (PoE) zu berücksichtigen.

Die Anbindung fester Arbeitsplätze und weiterer netzwerkfähiger nicht mobiler Clients (z. B. Drucker, interaktive Tafeln, zunehmend auch Beamer oder Dokumentenkameras) wird üblicherweise über eine Kupferverkabelung (Twisted-Pair-Verkabelung) mit Gigabit-Ethernet (1 Gbit/s) durchgeführt. Im Backbone-Bereich wird 10 Gigabit-Ethernet (10 Gbit/s) auf Lichtwellenleiter (LWL)-Basis empfohlen. Für jeden Anschlusspunkt sollte für ggf. zukünftige Erweiterungen mindestens eine LAN-Doppeldose (2 x RJ45, mind. 1 Gbit/s) vorgesehen werden. Für die Anbringung von Access-Points sowie ggf. für den Anschluss von Beamern, Tafelsystemen etc. sind Stromsteckdosen und Netzwerkdosen auch im Deckenbereich sinnvoll.

Die Auswahl der Verkabelungskomponenten erfolgt auf Basis von Kabelkategorien und Linkklassen/Netzanwendungsklassen nach ISO11801/EN50173. Nur wenn alle Komponenten einer Verbindung (Dose, Kabel, Patchfeld) passend gewählt sind, können die Anforderungen an die gesamte Verbindung (Link/Linkklasse) erfüllt werden. Ein Netzwerk der Klasse E_A bzw. mit Komponenten der Kategorie 6_A erfüllt derzeit die gängigen Anforderungen in Schulgebäuden im Tertiärbereich. Für die elektrische Versorgung von PoE-Geräten muss die Netzwerkverkabelung die erforderlichen Anschlussleistungen unterstützen. Die AWG-Norm spezifiziert Kabel auf Basis des Aderdurchmessers. Über ein Kabel nach AWG23 können Geräte nach PoE+ (802.at, 30W) versorgt werden, höhere Anschlussleistungen erfordern Kabel mit größerem Durchschnitt (AWG22).

Beispiel für eine strukturierte Gebäudeverkabelung

Nachfolgend ist eine strukturierte Gebäudeverkabelung mit gebäudeübergreifender LWL-Primärverkabelung, gebäudeinterner LWL-Sekundärverkabelung und Kupfer/TP-basierter Tertiärverkabelung exemplarisch dargestellt:



Strukturierte Gebäudeverkabelung mit Primär- Sekundär- und Tertiärverkabelung

b) Funknetz (WLAN)

Durch den regelmäßigen Einsatz von mobilen Endgeräten gewinnt eine flächendeckende und performante WLAN-Infrastruktur an Bedeutung. Ein Funknetz (WLAN) ergänzt die strukturierte Gebäudeverkabelung (LAN), kann sie jedoch nicht ersetzen. Für stationäre IT-Geräte ist weiterhin eine kabelgebundene Anbindung an das lokale Netz zu bevorzugen.

Beim Aufbau des WLAN-Funknetzes sind folgende Aspekte zu beachten:

- Die funkbasierte Anbindung von mobilen Endgeräten und sonstigen WLAN-fähigen Clients wird über Access-Points realisiert, deren Anzahl, bereitgestellte

Bandbreite, Positionierung und Management sorgfältig geplant werden muss. Die Access-Points werden wiederum kabelgebunden an das Schulnetz angeschlossen. Um die Access-Points geeignet positionieren zu können, muss das Gebäude über eine entsprechende kabelgebundene Netzwerkinfrastruktur verfügen.

- Voraussetzung für eine leistungsstarke WLAN-Infrastruktur sind eine ausreichend große Bandbreite des internen LANs sowie des Internetanschlusses (Download und Upload) sowie die Verwendung leistungsfähiger Netzwerkkomponenten.
- Für einen stabilen Netzzugang über WLAN kann vereinfacht von der Installation eines Access-Points pro Klassenzimmer ausgegangen werden. Idealerweise wird eine WLAN-Ausleuchtung (WLAN-Site-Survey) durchgeführt, um die optimale Anzahl und Platzierung der Access-Points zu bestimmen und so eine flächendeckende, stabile sowie leistungsfähige WLAN-Verbindung in allen Unterrichtsräumen zu gewährleisten.
- Möglich sind derzeit Übertragungsraten bis in den Gigabit-Bereich. Zu beachten ist, dass Übertragungsqualität und Reichweite oftmals schwer einschätzbaren Umgebungseinflüssen (z. B. Stahlbeton- oder auch Trockenbauwände) unterliegen. Bei einer schlechten Übertragungsqualität wird die Übertragungsrate drastisch reduziert, so dass die Datenrate für die Nutzdaten in der Praxis selten mehr als ein Drittel der Brutto-Übertragungsrate zwischen Access-Point und Client erreicht.
- Bei Neuinstallationen sollte mindestens der Standard IEEE 802.11ax / Wi-Fi 6E berücksichtigt werden. Entsprechende Access-Points unterstützen die Clients im 2,4 GHz-, im 5 GHz- und im 6 GHz-Bereich und bieten somit ausreichend hohe Übertragungsraten.
- Access-Points sollten zentral gemanagt werden können, um mögliche Leistungsengpässe zu erkennen und den administrativen Aufwand bei der Konfiguration zu reduzieren.
- Bestehende WLAN-Infrastrukturen bieten u. U. Optimierungsmöglichkeiten in der Konfiguration (z. B. bei der Wahl der Kanalbreite, Deaktivierung veralteter Standards). Weiterführende Informationen finden sich unter https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/SCHULNETZ_WLAN_Optimierung.pdf.

WLAN-Controller

Eine WLAN-Infrastruktur mit mehreren Access-Points sollte über einen zentralen WLAN-Controller administriert werden. Dies ermöglicht eine schnelle Anpassung oder Erweiterung sowie ein zentrales Monitoring des WLAN-Netzes. Controller können als separate Hardware betrieben oder als Software lokal auf einem Computer (On-Premises) bzw. zentral in einer Cloud gehostet werden. Cloudbasierte Controller sind je nach Hersteller mandantenfähig, so dass sich die WLAN-Netzwerke mehrerer Schulen zentral über eine Plattform administrieren lassen.

Grundsätzlich müssen die Access-Points zum Controller kompatibel sein, was eine Festlegung auf einen Systemanbieter bzw. Hersteller bedingt. In der Planung sollte auf erweiterbare und auch in Hochlastumgebungen stabil funktionsfähige Technologien geachtet werden.

Alternative WLAN-Strukturen

WLAN-Mesh-Systeme und WLAN-Repeater sind in Schulen generell nicht zu empfehlen und sollten nur in Ausnahmefällen, wie bei schwierigen baulichen Gegebenheiten, die keine verkabelten Access-Points zulassen, eingesetzt werden:

- WLAN-Mesh-Systeme können in einem Gebäude eine großflächige WLAN-Abdeckung ermöglichen, ohne dass alle Access-Points jeweils an ein kabelgebundenes Netzwerk angeschlossen sind. Mesh-Systeme bestehen aus sogenannten Satelliten und einer Basisstation als Knoten des Mesh-Netzwerks, die untereinander über das Funknetz kommunizieren. Die zur Steuerung genutzten Signale und Datenübertragungen verringern jedoch die Bandbreite des Gesamtsystems. Bauliche Gegebenheiten (z. B. dicke oder stark abgeschirmte Wände) können die Kommunikation und Funkleistung im Mesh-Netzwerk negativ beeinträchtigen. Mesh-Systeme sind nicht herstellerübergreifend kompatibel.
- WLAN-Repeater sind nicht geeignet, ein Funknetz mit den schultypischen Lastszenarien aufzubauen, da sie lediglich die Funksignale zur Erhöhung der Reichweite verstärken. Daher erhöhen sie die Bandbreite innerhalb des Empfangsbereichs nicht, sondern reduzieren sie aufgrund der Verstärkung des Funksignals sogar. Sie senden auf dem gleichen Kanal wie der ursprüngliche Access-Point und es kommt somit häufig zu Funkstörungen und Signalüberlagerungen. Ein zentrales Management der Repeater ist i. d. R. nicht möglich.

Zugriffsschutz im WLAN

Die Datenübertragung im WLAN ist nicht an eine geschützte Verkabelung gebunden. Im Unterrichtsumfeld bietet sich die Authentifizierung mittels gemeinsamen Passwortes (Pre-Shared Key) und die Verschlüsselung der Daten (WPA2/WPA3) an. Die Forderungen an einen einfachen, technisch niederschwelligen, aber auch sicheren Netzzugang für den Unterricht, können mit diesem Verfahren erfüllt werden.

Ausschließlich autorisierten Personen soll der Zugriff auf vertrauliche Ressourcen und Daten (z. B. Dateifreigaben ausschließlich für Lehrkräfte) der Schule ermöglicht werden. Erreicht werden kann dies durch unterschiedliche Sicherheitsmaßnahmen:

- verschlüsselte Verbindung (z. B. mit WPA2 bzw. WPA3), deren Schlüssel (Pre-Shared Key) nur den autorisierten Nutzerinnen und Nutzern (z. B. Lehrkräfte) bekannt ist (vgl. Kapitel 7.b)).
- zentrale individuelle Netzwerkauthentifizierung (z. B. Hotspot-Lösung mit Captive Portal-Authentifizierung oder WPA-Enterprise nach IEEE 802.1x und RADIUS-Server) am WLAN. Diese verwaltungsaufwändige Variante erhöht die Sicherheit durch Limitierung der Zugriffsberechtigungen, ohne aber die Sicherheit der Datenübertragung selbst zu verbessern. Zudem können Probleme bei der drahtlosen Bildschirmübertragung auftreten.

- individuelle Authentifizierung beim Zugriff auf einen Anwendungsserver oder Datenspeicher

Von der Nutzung von WLAN in Verwaltungsnetzen wird abgeraten, da eine räumliche Begrenzung dieser Netze ausschließlich auf den Verwaltungsbereich nicht möglich ist.

Als weitere Struktur kommt ein vollständig separates und vom eigentlichen Schulnetz logisch getrenntes WLAN-Netz mit Internetzugang, aber ohne Zugriff auf schulinterne Ressourcen in Betracht. Dies ist z. B. möglich über das BayernWLAN, einer Initiative des Bayerischen Staatsministeriums der Finanzen und für Heimat (vgl. https://ldbv.bayern.de/breitband/bayernwlan).

Gesundheitliche Aspekte bei der Verwendung von WLAN

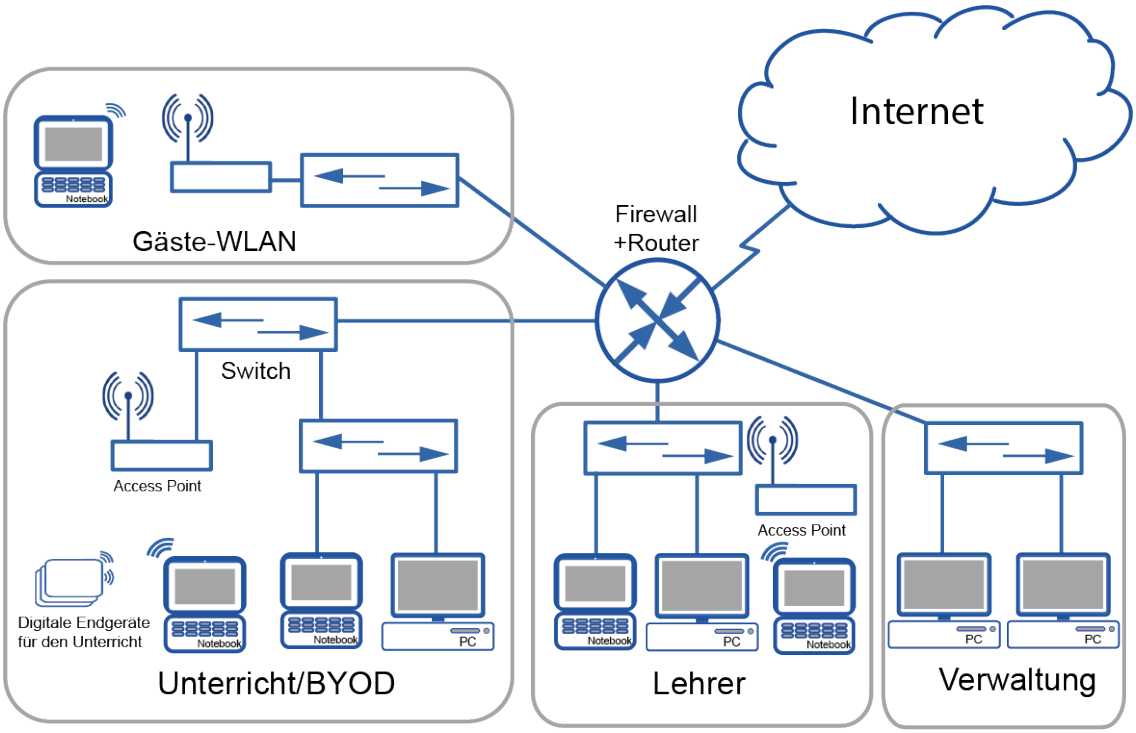
WLAN-Systeme emittieren zur drahtlosen Informationsübertragung hochfrequente elektromagnetische Felder im 2,4 GHz-,5 GHz- und 6 GHz-Bereich. Alle in Deutschland zugelassenen technischen Geräte für den Aufbau von Funknetzwerken halten die empfohlenen strahlungsrelevanten Höchstwerte ein. Gesundheitliche Risiken dieser Felder wurden national und international, u. a. im Rahmen des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms, untersucht. Unterhalb der empfohlenen Höchstwerte sind vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) keine negativen gesundheitlichen Auswirkungen nachgewiesen. Messungen zeigen, dass bei der Anwendung von WLAN und anderen drahtlosen Übertragungstechniken die empfohlenen Höchstwerte bei Weitem nicht erreicht werden (vgl. https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/emf/stko-wlan.pdf). Bei einem flächendeckenden WLAN-Einsatz, insbesondere bei Installation eines Access-Points je Klassenzimmer, kann die erforderliche Sendeleistung pro Access-Point weiter reduziert und damit die punktuelle Strahlenbelastung minimiert werden. Ergänzende Hinweise zu Auswirkungen elektromagnetischer Felder bietet das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz an (vgl. https://www.stmuv.bayern.de/themen/strahlenschutz/index.htm).

Aufgrund einer geringeren Strahlung ist der WLAN-Zugang mit mobilen Endgeräten einer Mobilfunkverbindung vorzuziehen (vgl. z. B. Bundesamt für Strahlenschutz - Weniger Strahlung bei der Nutzung von Smartphones und Tablets, https://www.bfs.de/DE/themen/emf/mobilfunk/vorsorge/smartphone-tablet/smartphone-tablet.html).

c) Logische Trennung des lokalen Netzes in Teilnetze

Für ein hohes und differenziertes Schutzniveau soll das lokale Netz in verschiedene Teilnetze für den Verwaltungs-, Lehrer- und den Schüler-/Unterrichtsbereich getrennt werden (vgl. Kapitel 7.a)). In jedem eigenen logischen Teilnetz können eigene Sicherheitsstandards definiert werden. Durch die logische Trennung bleiben Störungen oder Überlastungen üblicherweise auf das jeweilige Teilnetz beschränkt. Für das Unterrichtsnetz kann deshalb eine weitere Trennung sinnvoll sein, z. B. in einzelne Computerräume, Klassenbereiche, Fachräume.

In nachfolgender Grafik ist eine beispielhafte Trennung des Schulnetzes in verschiedene Teilnetze dargestellt, die durch einen zentralen Router verbunden sind:



Beispielhafte Darstellung verschiedener Teilnetze in der Schule

Die Teilnetze lassen sich als virtuelle Teilnetze über VLANs (bei Nutzung derselben physikalischen Verkabelung) oder als physische Teilnetze (bei getrennter Verkabelung) umsetzen. Zur Verbindung und Kommunikation der Teilnetze untereinander ist ein Router oder ein Layer-3-Switch nötig, über den sich kontrollierbare Übergänge einrichten lassen. Firewall-Regeln legen die Berechtigungen für die Kommunikation zwischen den Teilnetzen sowie den Zugriff aufs Internet fest. Durch die logische Trennung dürfen wichtige Funktionalitäten für den Unterricht, wie z. B. das drahtlose Spiegeln, der drahtlose Dateiaustausch oder die Arbeit mit Classroom-Management Systemen nicht gestört werden.

Über WLAN-Multi-SSID (Multi-Domain Dynamic Service Interface) lassen sich unterschiedliche WLAN-Netze über ein gemeinsames drahtloses Netzwerk bereitzustellen, z. B. Lehrer-WLAN, Unterricht-/BYOD-WLAN, Gäste-WLAN. Dadurch kann für die jeweiligen Teilnetze, Nutzergruppen und Einsatzzwecke der Zugriff auf Ressourcen wie Internet oder interne Dienste gesteuert werden. Im Unterrichtsnetz sollen die schulischen Nutzerinnen und Nutzer möglichst flexibel zusammenarbeiten und auf die gleichen Ressourcen wie Drucker oder drahtlose Bildschirmübertragung zugreifen können.

d) Allgemeine Hinweise zum Netzwerk

- Datenschutz und Datensicherheit sind insbesondere im Verwaltungsnetz von herausgehobener Bedeutung und machen besondere technische und organisatorische Schutzmaßnahmen und erhöhte Sicherheitsrichtlinien wie eine individuelle Benutzerauthentifizierung mit begrenzten Zugriffsrechten und eine physische Zutrittskontrolle notwendig.

- Eine ausreichende Kühlung bzw. Klimatisierung von Serverräumen und Verteilerschränken erhöht die Verfügbarkeit und Lebensdauer der Netzwerkgeräte.
- Die zentralen Netzwerkkomponenten wie Router mit Internetanbindung, konfigurierbare Switches, Server und NAS müssen hochzuverlässig verfügbar sein und vor unberechtigten Zugriffen geschützt werden. Eine Absicherung erreicht man über einen sicheren Passwortschutz für den Konfigurationszugang und die Nichterreichbarkeit aus dem Unterrichtsnetz. Ein physischer Schutz kann durch Unterbringung in einem verschlossenen Serverraum oder abschließbaren Verteilerschränken erreicht werden. Weitere Informationen sind unter https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit zu finden.

8. Verbindung mit dem Internet

a) Internetzugang

Inzwischen ist für Schulen ein leistungsstarker, breitbandiger Internetzugang zur Umsetzung moderner digitaler Unterrichtsszenarien und den effektiven Einsatz mobiler Endgeräte im Unterricht unverzichtbar geworden. Insbesondere zur internetbasierten Nutzung von Cloud-Diensten sind möglichst hohe Bandbreiten sowohl im Up- als auch im Downstream notwendig. Erklärtes und nahezu vollständig realisiertes Ziel der Bayerischen Staatsregierung ist die Anbindung aller Schulen über einen breitbandigen Glasfaseranschluss.

Grundsätzlich werden drei unterschiedliche Technologien für den kabelgebundenen Breitbandinternetzugang mit unterschiedlicher Bandbreite und Stabilität angeboten:

- DSL (Digital Subscriber Line) verwendet die Kupferkabel des Telefonnetzes und ermöglicht nur geringe Bandbreiten ohne weitere Steigerungsmöglichkeit (bis zu 250 Mbit/s im Downstream und 40 Mbit/s im Upstream).
- Im Kabelnetz erfolgt der Breitbandzugang im Gigabitbereich über die Kabelfernsehnetze, allerdings als „Shared Medium", bei dem sich die Anschlussinhaber die vorhandene Bandbreite aufteilen. Deshalb kann es unabhängig von der gebuchten maximalen Bandbreite zu deutlichen Leistungsschwankungen kommen. Es sind Datenraten von bis zu 1.000 Mbit/s im Down- und 50 Mbit/s im Upstream möglich.
- Lichtwellenleiter (LWL, Glasfaser) ermöglichen erheblich höhere maximale Bandbreiten ohne Bandbreitenbeschränkungen oder Leistungsschwankungen. Aufgrund der deutlich besseren Skalierbarkeit ist für Schulen regelmäßig ein Glasfaseranschluss anzustreben, der mit symmetrischer als auch asymmetrischer Bandbreitenaufteilung für den Down- und Upload buchbar ist. Es werden Datenraten von beispielsweise 1.000 Mbit/s im Down- und Upstream angeboten.

Neben der Bandbreite sind die Verfügbarkeit und der Support wichtige Leistungsmerkmale für den Internetanschluss. Dabei schließen Geschäfts- bzw. Business-Anschlüsse oft einen erweiterten Service, eine feste öffentliche IP-Adresse und die kurzfristigere Lösung von Störungen ein.

Ein Internetzugang über das Mobilfunknetz per LTE bzw. 5G kann den kabelgebundenen Zugang flexibel ergänzen oder zur Ausfallabsicherung verwendet werden. Bei der

Wahl des Mobilfunktarifs sollten Volumenbegrenzung vermieden und auf spezielle Bildungstarife geachtet werden.

Richtwert für den Bandbreitenbedarf

Der Bandbreitenbedarf einer Schule ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dabei sind die Schulgröße bzw. die Schüleranzahl sowie die schulartspezifischen Nutzungsszenarien mit unterschiedlichen Bandbreitenbedarfen grundlegende Kalkulationsgrößen. Für den Bedarf an Upstream-Geschwindigkeit spielt vor allem, die Nutzung externer Dienst wie Lernplattformen, Datenspeicher oder Videokonferenztools eine wichtige Rolle. Die Nutzung von Cloudspeicherdiensten führt vor allem am Unterrichtsanfang und -ende im Zuge des Herunterladens und der Speicherung von Unterrichtsprodukten zu hohen Bandbreitenbedarfen.

Für typische Anwendungsszenarien wie die Medienarbeit und die Nutzung von Cloudspeichern kann vereinfacht von einem symmetrischen Bandbreitenbedarf von etwa 1 Mbit/s pro aktiver Nutzerin bzw. aktivem Nutzer ausgegangen werden. Die verfügbare Internetbandbreite je Schule sollte jedoch mindestens 100 Mbit/s im Down- und Upstream betragen. Mit zunehmender Schülerzahl sollte ein weiterer Internetzugang zur Lastverteilung und Steigerung der Ausfallsicherheit erwogen werden. Schulen ohne Breitbandzugang wird empfohlen, sich beim Schulaufwandsträger um einen entsprechenden Vertrag zu bemühen bzw. auf eine Aufnahme in den Ausbaubereich der Breitband- bzw. Gigabitförderprogramme des Freistaats Bayern und des Bundes hinzuwirken.

Bandbreitenmessung

Wenn Webseiten langsam laden oder Videos nur verzögert wiedergegeben werden, kann das an einer zu langsamen Internetverbindung liegen. Mit einem Geschwindigkeitstest lässt sich prüfen, ob die tatsächlich verfügbare Bandbreite von dem abweicht, was im Vertrag mit dem Internetanbieter versprochen wurde**.** Die Bundesnetzagentur bietet unter https://breitbandmessung.de ein Tool zur Messung der tatsächlichen Bandbreite des Internetzugangs an. Diese Messung sollte zu verschiedenen Tages- und Wochenzeiten wiederholt durchgeführt und die Ergebnisse dokumentiert werden. Um Flaschenhalseffekte innerhalb des lokalen Netzwerks ausschließen zu können, ist der Test von einem kabelgebundenen LAN-Anschluss möglichst nah am Internetzugangsrouter auszuführen. Weicht die Messung signifikant von der vertraglich gebuchten Bandbreite ab, sollte in einem ersten Schritt der Anbieter informiert werden. Sofern keine Abhilfe geschaffen wird und die Abweichungen weiterhin bestehen, sollte ein Anbieterwechsel geprüft werden.

b) Internetzugangsrouter mit Firewall

Der Internetzugangsrouter verbinden das Schulnetz mit dem Internet und stellt den Übergang vom lokalen Netz in das externe Weitverkehrsnetz her. Somit kommt ihm als zentraler Übergangsknotenpunkt, an dem der Datenfluss zwischen dem lokalen Netz und dem Internet gesteuert werden kann, eine besondere Bedeutung zu. Der Router sollte den Einsatz unter hohen Lastbedingungen gewährleisten, unterschiedliche Netze anbin-

den können, differenzierte Firewall-Einstellungen bieten und ggf. einen redundanten Internetanschluss ermöglichen. Internetzugangsrouter aus dem Heimbereich erfüllen diese Anforderungen nicht.

Bereits mit einer Standardkonfiguration bieten Internetzugangsrouter einen guten Schutz gegen Angriffe oder ungewollte Zugriffe aus dem Internet.

Dedizierte Firewall-Systeme und UTM

Umgebungen mit hohen Sicherheitsanforderungen in der Industrie setzen komplexe, sehr sichere und aufwändig zu konfigurierende Firewalls bzw. UTM-Systeme (Unified-Threat-Management) ein, die auch zunehmend für Schulen angeboten werden, um beispielsweise Anwendungen wie Messenger oder Social Media zu blockieren. Diese Systeme integrieren neben klassischen Filterungen auf IP- und Protokollebene zusätzliche Sicherheits- und Filterfunktionen wie Intrusion-Detection, Intrusion-Prevention oder Content-Filterung. Diese Funktionen gehen in der Regel über den Sicherheitsbedarf der Schulen hinaus und rechtfertigen den hohen Konfigurations- und Administrationsaufwand sowie die Lizenzkosten regelmäßig nicht.

c) Webfilter

Schulen sollen die Kinder und Jugendlichen vor unerwünschten Inhalten aus dem Internet schützen. Dazu können z. B. Webfilter als technische Hilfsmittel eingesetzt werden, die den Zugang zu Internetinhalten kontrollieren, um Schülerinnen und Schüler vor schwierigen Situationen im Umgang mit digitalen Medien, vor allem der Konfrontation mit unangemessenen Inhalten zu bewahren. Ein Webfilter entbindet die Schule allerdings nicht von ihrer Bildungs- und Erziehungsaufgabe, die Medienkompetenz der Schülerinnen und Schüler zu fördern und durch eine pädagogische Anleitung und Begleitung auf eine verantwortungsvolle Nutzung digitaler Medien hinzuwirken. Die Erziehung zu einem kompetenten, selbstverantwortlichen Umgang mit digitalen Medien bereitet die Kinder und Jugendliche zudem auf die außerschulische Mediennutzung auf Privatgeräten vor, die zumeist keinen technischen Beschränkungen unterliegt.

Es besteht daher keine Verpflichtung für Schulen zum Einsatz einer technischen Lösung zur Filterung von unerwünschten Internetseiten oder Protokollierung von Internetaktivitäten. Werden allerdings von einem Webfilter personenbezogene Daten in Logdateien gespeichert, muss die datenschutzrechtliche Zulässigkeit der Protokollierung nach den üblichen Kriterien wie Zweck, Erfordernis, Erlaubnis und Datensparsamkeit gewährleistet sein (vgl. Kapitel 1.e)).

Kriterien für die Auswahl von Webfilter

Wenn sich eine Schule zur Unterstützung einer kontinuierlichen und präventiven Aufsicht für einen Webfilter entscheidet, sind folgender Kriterien zu beachten:

- **Betriebsstabilität, Performanz und technische Zuverlässigkeit**: Ein Webfilter beeinflusst die Anbindung des Unterrichtsnetzes an das Internet an einem zentralen Punkt. Der Webfilter darf die Internetverbindung und den Aufruf von Webseiten nicht merklich verlangsamen und muss mit allen Desktop-Computern,

Notebooks, Tablets und weiteren mobilen Endgeräten kompatibel sein. Die Filterung von http- und https-Seiten muss gleichermaßen möglich sein.

- **Integration in das Unterrichtsnetz**: Ein Webfilter muss in das Unterrichtsnetz der Schule integrierbar sein und sich in das Nutzungskonzept der Schule einfügen. Auf den Privatgeräten der Schülerinnen und Schüler sollte der Webfilter ohne Änderungen an der Konfiguration oder Installation von Anwendungen nutzbar sein.
- **Inhaltliche Zuverlässigkeit**: Qualitativ hochwertige Filter sollen unerwünschte Webseiten sperren und erwünschte Webseiten und Dienste ungehindert zulassen. Nur dadurch ist sichergestellt, dass die schulischen Nutzerinnen und Nutzer den Webfilter in der regulären unterrichtlichen Nutzung nicht bemerken.
- **Globale Einstellung durch die Schule**: Die Schule sollte bei der Nutzung eines eigenen Webfilters eine einfache Möglichkeit zur Basis-Konfiguration des Webfilters haben, z. B. durch Auswahl der zu filternden Kategorien oder Einstellung eigener Blacklists/Whitelists. Dabei sind globale Voreinstellungen der Filterregeln nach dem Alter, der Medienkompetenz, der Selbstverantwortung, der Einsichtsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler und der jeweiligen Einsatz- und Beaufsichtigungssituation sinnvoll.
- **Nutzung durch die Lehrkraft**: Demgegenüber sind flexible Differenzierungen der Filtereinstellungen durch die Lehrkraft für einzelne Unterrichtsstunden oder Klassen oft unpraktikabel.

Technische Umsetzung von Webfiltern

Ein Webfilter kann technisch auf unterschiedliche Weise realisiert werden:

- Webfilter über einen Proxyserver erlauben sehr differenzierte Einstellungen anhand von Benutzer- oder Computerkennungen sowie eine zeitabhängige Steuerung durch Ausschalten der Filterregeln für einzelne Unterrichtsstunden. Bei der Filterung von https-Seiten und bei der Arbeit mit mobilen Geräten bereiten Proxyserver allerdings häufig Probleme, da dann zahlreiche Apps auf mobilen Endgeräten selbst bei Verwendung eines transparenten Proxyservers nicht wie gewünscht funktionieren.
- Die DNS-Filterung arbeitet über den DNS-Dienst, der von allen Geräten beim Internetzugriff für die Übersetzung der Domainnamen in IP-Adresse verwendet wird. Die Schule kann hier auf externe DNS-Server im Internet zurückgreifen, die keine internen Ressourcen binden. Individuelle Anpassungen an den Filtereinstellungen sind dann aber nicht möglich. Dabei kann der DNS-Server schulintern auf dem Internetzugangsrouter der Schule hinterlegt und mit einem Filter versehen werden, ohne die Konfiguration der Endgeräte ändern müssen. Durch die Verwendung unterschiedlicher DNS-Server ist eine differenzierte Filterung für Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler möglich.
- Alternativ können für mobile Endgeräte DNS-Filter-Apps auf die Endgeräte verteilt werden, die den Internetverkehr des Mobilgeräts an den DNS-Server weiterleiten, was allerdings die Veränderung der Gerätekonfiguration erforderlich macht.

Hinweis: Inzwischen können DNS-Anfragen verschlüsselt übertragen werden (z. B. über das HTTPS-Protokoll), um die Privatsphäre und das Schutzniveau der Nutzenden zu verbessern. Allerdings kann es dazu führen, dass die DNS-Filterung umgangen wird. Die potenzielle Umgehung durch eine nutzerseitige Umstellung des DNS-Dienstes kann über Firewall-Einstellungen am Router, dedizierte Firewall-Systeme und über die Verteilung von Browserrichtlinien (verwaltete Endgeräte) unterbunden werden.

9. Entscheidungskriterien bei der Auswahl von schulischen IT-Systemen

In den Kapiteln 1 bis 8 werden Aspekte und grundlegende Empfehlungen zur Konzeption, Beschaffung, Betreuung sowie schulische Einsatzbereiche von IT-Systemen aus fachlicher, pädagogischer sowie grundlegender technischer Perspektive vorgestellt. Die Kapitel 9 und 10 konkretisieren entlang der schulrelevanten Geräteklassen den konkreten Auswahlprozess in größerer technischer Tiefe. Kapitel 9 behandelt die zentralen Entscheidungskriterien für die Auswahl von schulischen IT-Systemen in Zusammenarbeit zwischen Schulen und Schulaufwandsträger.

a) Auswahlkriterien Arbeitsplatzcomputer

(vgl. Kapitel 10.a) Datenblatt Arbeitsplatzcomputer)

Arbeitsplatzcomputer (Desktop-Computer) mit Monitor, Tastatur und Maus kommen typischerweise in Verwaltungs- und Büroumgebungen aufgrund ihrer günstigen ergonomischen Eigenschaften zum Einsatz. In Schulen werden Desktop-Computer als fest installierte Computer verwendet, z. B. in Computerräumen, in Lehrerzimmern oder in der Schulverwaltung. Die am häufigsten genutzten Betriebssysteme für Arbeitsplatzcomputer sind Windows, Linux oder macOS.

Sofern spezielle Anwendungen wie professionelle Videoschnittsoftware, CNC oder 3D-CAD im Unterricht eingesetzt werden, können weitergehende Hardwareanforderungen für Arbeitsplatzcomputer notwendig sein. Hier sollten die empfohlenen Spezifikationen des Softwareherstellers berücksichtigt werden.

b) Auswahlkriterien Notebooks

(vgl. Kapitel 10.b) Datenblatt Notebooks)

Notebooks werden als mobile Geräte für einen ortsunabhängiger Einsatz oder bei eingeschränktem Platzangebot verwendet. Als Betriebssysteme für Notebooks werden vor allem Windows, Linux (bei x86-PCs) und macOS angeboten.

Chromebooks sind Notebooks äußerlich ähnlich, unterscheiden sich aber in der Bedienung aufgrund des an eine Mobilgerätenutzung angelehnten Betriebssystems (ChromeOS). Chromebooks gibt es je nach Einsatzzeck in verschiedenen Hardwareausstattungen:

- Für eine hardwaresparsame, cloudbasierte Nutzung für browsergestützte Anwendungen wie Internetrecherche, Videokonferenzen oder Office Anwendungen

genügen ChromeOS-Geräte mit den in Kapitel 10.b) angegebenen Mindestanforderungen.
- Für eine umfassendere Offline-Nutzung (z. B. Nutzung von Apps, Erstellen und Bearbeiten von Inhalten, Programmieren) sind höheren Leistungen notwendig.

Notebooks oder Chromebooks mit einem größeren Display (ab ca. 15") können als Ersatz für Desktop-Computer dienen, vor allem wenn über eine USB-C-Dockingstation mit nur einer Kabelverbindung sowie externe Peripheriegeräte wie Monitor, Tastatur und Maus aus Ergonomiegründen angeschlossen werden können. Die Docking-Funktionalität ist in vielen Monitoren bereits integriert. Stationäre Arbeitsplatzcomputer werden im unterrichtlichen Umfeld zunehmend durch Laptops als mobile Lehrergeräte mit der Möglichkeit zur Integration in die Infrastruktur des Digitalen Klassenzimmers ersetzt.

c) Auswahlkriterien Tablets

(vgl. Kapitel 10.c) Datenblatt Tablets)

Aufgrund ihres an Smartphones angelehnten abweichenden Bedienkonzepts sind Tablets unkompliziert über ihre Touch-Funktionalität ohne eine physische Tastatur bedienbar. Parallel bieten viele Tablets die Möglichkeit zur Stifteingabe, wobei hier spezielle Stifte mit mehreren Druckstufen zum Einsatz kommen. Durch eine gleichzeitige Deaktivierung der Touch-Funktion bei Stifteingabe kann der Handballen wie beim Schreiben auf Papier auf dem Tablet aufliegen.

Weitere Vorteile sind die schnelle Einsatzbereitschaft, lange Akku-Laufzeiten, geringes Gewicht, integrierte Foto- und Video-Funktionen und die hohe Mobilität, die sie für einen flexiblen und niederschwelligen Einsatz im unterrichtlichen Einsatz auszeichnen. Weniger geeignet sind Tablets für komplexe und eingabeintensive Anwendungen, die Tastatur und Maus oder eine große Bildschirmdarstellung benötigen (z. B. Tabellenkalkulation). Empfehlenswert ist eine robuste, stoßabsorbierende Schutzhülle.

Tablets werden mit den vorinstallierten Betriebssystemen Android, ChromeOS, iPadOS und Windows angeboten. Bei primär browserbasierter Verwendung, z. B. über die BayernCloud Schule spielt das Betriebssystem eine untergeordnete Rolle.

Bei Nutzung eines Tablets durch mehrere Nutzer bzw. überwiegend geräteseitiger Speicherung kann ein größerer Gerätespeicher zur Datenablage erforderlich sein. Neuere Betriebssysteme haben spezielle Desktop-Funktionalitäten, wie Multitasking, Desktop-ähnliche Oberflächen, Maus- und Tastaturunterstützung oder eine Fensterverwaltung integriert, um ein Tablet als Notebook- oder Desktop-Ersatz nutzen zu können. Bei der Nutzung von Tablets als Notebook- oder Desktopersatz sind leistungsfähigere Geräte und weiteres Zubehör wie Stift und Tastatur notwendig. Neben einem ggf. größeren Bildschirm und entsprechenden Docking-Möglichkeiten sind insbesondere bei Windows-Geräten leistungsfähigere Prozessoren nötig, die sich an den Anforderungen für Notebooks orientieren.

Tablets in der Grundschule

Grundschulen bzw. in der Grundschulstufe der Förderschule sind eine geschützte Lernumgebung, in der die Kinder hauptsächlich in unmittelbarer Begegnung mit ihrer ana-

logen Umwelt lernen können. Der Stellenwert des Schriftspracherwerbs und der Handschrift bleiben auch künftig unverändert hoch. Dennoch spielt auch in dieser Altersstufe der Erwerb von grundlegenden Medienkompetenzen durch einen wohldosierten Medieneinsatz eine große Rolle. Digitale Formate haben gerade beim Erwerb basaler Kompetenzen (v. a. beim Lesen und Schreiben) große Potenziale und unterstützen die Lehrkräfte dabei, auch in sehr heterogenen Klassen effektiv zu unterrichten und die die Lernenden individuell zu fördern.

Für die Lernumgebung der Grundschule erweisen sich gerade Tablets mit ihrem niederschwelligen Bedienkonzept und der Vertrautheit aus dem häuslichen Umfeld aus fachlich-pädagogischer Sicht besonders gut geeignet. Der hohe Aufforderungscharakter und die intuitive Bedienbarkeit von Tablets ermöglichen einen unkomplizierten Einstieg in die Arbeit mit digitalen Medien und Werkzeugen. Die Multifunktionalität sowie die hohe räumliche, zeitliche und methodische Flexibilität aufgrund der kompakten Größe und des geringen Gewichts eröffnen eine große Methodenvielfalt und gezielte individuelle Differenzierungsmöglichkeiten durch adaptive Lern- und Übungsformate. Hier erlangen zunehmend auch KI-basierte Technologien an Bedeutung (vgl. Kapitel 6.e)).

Bei der Geräteauswahl sollte auf eine ausreichende Leistung geachtet und je nach vorgesehenem Einsatzzweck auf einen induktiven Stift zur Nutzung von Apps für Schwungübungen, digitalen Notizblock oder Grafiksoftware geachtet werden. Ebenso sind die notwendigen Anschluss- und Erweiterungsmöglichkeiten vorzusehen, z. B. Anschlüsse für Kopfhörer, Mikrofon, Tastatur und Speichermedien, was gerade bei der Durchführung von technologiebasierten Lernstandserhebungen mit audiobasierten Testaufgaben von Bedeutung ist. Bei Neugeräten ist hierfür mangels kabelgebundener Anschlussmöglichkeit oftmals ein Adapter für eine drahtlose Verbindung per Bluetooth notwendig.

Weitere Informationen finden sich im Leitfaden zum Lernen mit mobilen Endgeräten in der Grundschule (s. https://mebis.bycs.de/schuledigital/leitfaden-gs).

Weitere Bauformen von mobilen Geräten (2-in-1-Geräte)

Es werden mobile Geräte mit Touch-Displays in weiteren Bauformen angeboten, die die Vorteile von Notebooks und Tablets vereinen sollen (2-in-1-Gerät). Diese multifunktionalen Endgeräte ermöglichen es, den Bildschirm entweder um 360 Grad zu drehen (Convertible) oder ihn vollständig abzunehmen (Detachable). Es handelt sich also um Notebooks, die sich über einen Klapp-, Dreh-, Schiebe- oder Klickmechanismus auch in Form eines Tablets nutzen lassen.

Bei der Auswahl sind jedoch die unterschiedlichen Bedienkonzepte von Notebooks und Tablets von Bedeutung: Bei Tablets werden leichte und handliche Geräte mit Stiftbedienung und integrierten Kameras erwartet, bei Notebooks stehen hingegen eine gut bedienbare Tastatur mit Touchpad und eine deutlich höhere Systemleistung im Vordergrund. Schmale und damit leichte Geräte können einen hohen Schreibkomfort ermöglichen. Andere Bauformen, wie Foldables oder Notebooks mit Dual Display, sind für den Einsatz in der Schule aufgrund der Verschleißanfälligkeit der Scharniere weniger empfehlenswert. Den Anspruch, die Vorzüge von Notebooks und Tablets zu vereinen, können 2-in-1-Geräte insgesamt nur bedingt erfüllen.

d) Auswahlkriterien Betriebssysteme für Arbeitsplatzcomputer

Die Wahl des Betriebssystems sollte an die schulischen Einsatzzwecke, die sonstige IT-Infrastruktur und die erforderliche Software angepasst sein. Bei primär browserbasierter Verwendung, z. B. über die BayernCloud Schule, spielt das Betriebssystem eine untergeordnete Rolle. Alle Betriebssysteme verwenden üblicherweise (lokale oder cloudbasierte) Nutzerkonten zur Anmeldung an den Geräten. Sie bieten aber auch die Möglichkeit einer Benutzung ohne Nutzeranmeldung (z. B. Kiosk-Modus, Gastmodus), um eine datensparsame und unkomplizierte Nutzung zu ermöglichen.

Im schulischen Umfeld kommen vorrangig folgende Betriebssysteme für Arbeitsplatzcomputer zum Einsatz:

Windows

Microsoft Windows ist an Schulen bei Desktop-Computern und Notebooks das häufigste Betriebssystem, es sind auch Windows-Tablets erhältlich. Neben den Apps aus dem Microsoft-Store können dabei viele andere Windows-Programme von Drittanbietern genutzt werden.

Bei Neuanschaffungen von Windows-PCs ist auf ein aktuelles Windows-Betriebssystem zu achten, für das die Updatesicherheit über die gesamte Nutzungszeit zu erwarten ist. Ältere Windows-Betriebssysteme, für die keine Sicherheitsupdates mehr angeboten werden, sollten ausgetauscht werden. Bei Lizenzierungsfragen wird empfohlen, einen fachkundigen Microsoft-Partner einzubeziehen.

Linux

Linux ist ein frei erhältliches Open-Source-Betriebssystem, für das freie Software für alle Standardanwendungen (Officeanwendungen, Bild- und Videobearbeitung) sowie fächerspezifische Lernprogramme verfügbar ist. Linux ist eine kostenfreie Alternative für ältere oder Gebrauchtgeräte, die nicht mehr auf Windows 11 aktualisiert werden können.

macOS

Apple bietet für seine Computer (z. B. MacBook, iMac) mit macOS ein eigenes Betriebssystem an, für das viele klassische Softwareprodukte zur Verfügung stehen. Upgrades auf die jeweils aktuelle Betriebssystemversion sind kostenlos verfügbar. Für den Zugriff auf den App-Store bzw. -Updates ist die Anmeldung mit einem persönlichen Apple-Account notwendig.

ChromeOS

ChromeOS ist ein Betriebssystem der Firma Google für Desktop-PCs, Notebooks oder Tablets. Trotz seiner Optimierung auf eine cloudbasierte Nutzung ist eine Offlineverwendung möglich. ChromeOS kann auf Tablets sowohl mit als auch ohne Benutzeraccount (z. B. Gastmodus oder per „Verwaltete-Gast-Sitzung“) genutzt werden. ChromeOS Flex kann als kostenlose Variante für vorhandene Geräte oder Refurbished-Geräte genutzt werden, wobei die Hardwarekompatibilität zu überprüfen ist. ChromeOS Flex setzt auf einen energieeffizienten Betrieb und ist vorrangig für die cloudbasierte Nutzung ausgelegt.

e) Auswahlkriterien Mobile Betriebssysteme

Mobile Betriebssysteme sind für den Einsatz auf Smartphones und Tablets und deren touchbasiertes Bedienkonzept optimiert sowie auf einen energieeffizienten Betrieb ausgelegt. Sie unterstützen Apps (aus zertifizierten App-Stores) und webbasierte Anwendungen.

Android

Android ist ein freies mobiles Betriebssystem der Firma Google. Apps können über verschiedene App-Stores installiert werden, darunter auch ohne Benutzeraccount zugängliche Stores mit ausschließlich freier Software. Ein einfacher Betrieb ist über die vorinstallierte Google-Umgebung einschließlich firmeneigenem App-Store möglich, der nur über eine Anmeldung mit einem Google-Account erreichbar ist. Viele Tablethersteller passen das freie Betriebssystem auf ihre spezifischen Anforderungen unter herstellerspezifische Betriebssystemnamen an. Als Folge kann es bei Release der herstellerspezifischen neuen Versionen zu zeitlichen Verzögerungen kommen.

iPadOS

Apple bietet für seine Tablets mit iPadOS ein eigenes Betriebssystem an. Für die Installation von Apps aus dem App-Store ist ein persönlicher Apple-Account oder eine MDM-Lösung notwendig. Mit dem kostenlosen Apple School Manager können Bildungseinrichtungen zentral Apps beschaffen und Bildungskonditionen nutzen.

f) Auswahlkriterien Monitore und Dockingstation

(vgl. Kapitel 10.d) Datenblatt Monitore und Kapitel 10.e) Datenblatt USB-Dockingstationen)

Monitore werden an Arbeitsplatzcomputer oder über weitere Anschlussmöglichkeiten wie Dockingstationen an mobile Endgeräte angeschlossen. Anstelle der mitgelieferten Standfüße können Monitorhalterungen für Wand- oder Tischmontage verwendet werden. Für ein ergonomisches Arbeiten können gebogene Monitore (Curved-Monitore) vorteilhaft sein.

Die erforderliche Bildschirmgröße wird durch die Nutzungsanforderungen und Platzverhältnisse bestimmt: Bei Schülerarbeitsplätzen (z. B. im Computerraum) kommen typischerweise Monitore ab 24“ mit einem Seitenverhältnis von 16:9 oder 16:10 zum Einsatz. Bei Lehrer- und Büroarbeitsplätzen kann ein zweiter Monitor sinnvoll sein. Stattdessen kann auch ein Breitbild-Monitor (z. B. im Seitenverhältnis 21:9 oder 32:9) mit ausreichender Bildschirmdiagonale (z. B. 34") verwendet werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass der angeschlossene Rechner das benötigte Seitenverhältnis und die zugehörige Auflösung unterstützen.

Die Dockingstation wird normalerweise per USB-C an das Notebook oder Tablet angeschlossen. Bei der Auswahl von geeigneten Dockingstationen sollte darauf geachtet werden, dass die Anzahl der Videoausgänge zu der Anzahl der Monitore am Arbeitsplatz passt. Zudem sind ausreichend Anschlussmöglichkeiten für externe Peripheriegeräte wichtig. Die Dockingstation sollte außerdem über eine Schnellladefunktion mit mindestens 65 Watt verfügen.

In vielen Monitoren ist eine Dockingfunktionalität bereits integriert. Mobile Endgeräte werden im Regelfall per USB-C-Kabel in diesem Fall an den Monitor angeschlossen. Bei der Wahl des USB-C-Kabels ist auf die Unterstützung des DisplayPort Alt Mode (DP-Alt) zur Übertragung des Video-, Ton- und Datensignals zu achten.

g) Auswahlkriterien USB-Ladestationen (Lade-Hubs) und Powerbanks

(vgl. Kapitel 10.f) Datenblatt USB-Ladestationen und Kapitel 10.g) Datenblatt Powerbanks)

Für die Nutzung von mobilen Endgeräten sind entsprechende Lademöglichkeiten an der Schule erforderlich. Neben Steckdosen zum Laden des Endgeräts über ein Netzteil, kommen auch USB-Ladestationen zum simultanen Aufladen mehrerer mobiler Endgeräte in Betracht. Alternativ lassen sich bei Fehlen fester Ladeinfrasturen auch Powerbanks nutzen, die zentral in einer Power-Bank-Station bereitgestellt werden.

USB-Ladestationen besitzen ein integriertes Netzteil und verfügen in der Regel über Anschluss für Ladekabel über USB-A oder USB-C. USB-Ladestationen gibt es in verschiedenen Größen (für bis zu 40 Geräte) bzw. in verschiedenen Bauformen (z. B. Koffer, Wagen, Spind oder Schrank), die je nach schulischem Einsatzszenario auszuwählen sind.

Speziell für Notebooks werden Ladestationen mit abweichender Größe und elektrischer Leistung der Anschlüsse, üblicherweise von mind. 65 W je zu ladendem Gerät, angeboten. Die Gesamtleistung der Ladestation sollte der Summe der Ladeleistungen der angeschlossenen Geräte entsprechen. Bei der Elektroinstallation ist sicherzustellen, dass sie die benötigte Leistung bereitstellen kann.

Beim Aufladen über USB-C mit dem Ladestandard USB-PD (Power Delivery) verständigen sich Ladegerät und Endgerät auf eine höhere Leistung zur Verkürzung der Ladezeit. Der Standard USB EPR (Extended Power Range) ist eine Erweiterung des USB PD-Standards und bietet eine erhöhte Ladeleistung. Der Standard USB PPS (Programmable Power Supplies) ermöglicht es dem Endgerät, je nach Akkustand die benötigte Ladeleistung auszuhandeln. Neben diesen Standards bieten einige Hersteller eigene Schnellladefunktionen an, die jedoch herstellerspezifisch und nur für ausgewählte Produkte verfügbar sind.

Bei Ladeströmen über 3 A muss das benutzte USB-C-Kabel über einen eingebauten Chip hochstromfähig sein. Es ist auf die Verwendung geeigneter Kabel zu achten.

h) Auswahlkriterien Server und Serverbetriebssysteme

(vgl. Kapitel 10.h) Datenblatt Server)

Zentrale IT-Dienste können als internetbasierte Clouddienste, in einem kommunalen Rechenzentrum oder auf lokalen Servern in der Schule bereitgestellt werden. Mit der BayernCloud Schule können die Schulen kostenfrei eine staatliche zentrale Cloud-Lösung nutzen, die alle gängigen pädagogischen Anforderungen der Schule abbildet. Mit Blick auf das kostenfreie, datenschutzkonforme, barrierefreie und zentral administrierte staatliche Angebote sollte die Notwendigkeit lokaler Serverdienste geprüft werden. Bei der Nutzung und Administration von Cloudlösungen sind hinsichtlich der Zulässigkeit der

Verarbeitung personenbezogener Daten außerhalb der EU bzw. des EWR-Raums stets die Ausführungen zu den datenschutzrechtlichen Aspekten bei Planung und Einsatz von IT-Systemen in Kapitel 1.e) zu beachten.

Für umfangreichere Serverdienste (z. B. Domänencontroller, Datenbanken) kommen primär Windows- oder Linux-Server in Betracht. Zur Administration von Serverbetriebssystemen sind fundierte Kenntnisse nötig (z. B. im Patchmanagement, Erstellung von Backups), so dass diese von entsprechend ausgebildeten IT-Experten durch den Schulaufwandsträger verwaltet werden sollten. Für einen bzw. mehrere Schulaufwandsträger kann es aus Synergiegründen sowie zur Entlastung bei den Beschaffungs- und Administrationskosten günstig sein, ein regionales Rechenzentrum für ihre Schulen einzurichten.

Auf einem leistungsfähigen physikalischen Server werden virtuelle Maschinen (z. B. für die ASV) betrieben, wodurch erhebliche Ressourcen eingespart und die Administration der Serversysteme erleichtert wird. Als Virtualisierungssysteme dienen beispielsweise Proxmox VE oder Microsoft Hyper-V.

i) Auswahlkriterien NAS-Systeme

(vgl. Kapitel 10.i) Datenblatt NAS-Systeme)

NAS-Systeme (Network Attached Storage) ist ein netzwerkgebundener Speicher, der über das Netzwerk verbunden ist und es mehreren Benutzern oder Geräten ermöglicht, auf die gespeicherten Daten zuzugreifen. Es eignet sich für den Einsatz als lokaler Fileserver (Datenablage oder Dateiaustausch), als Backup-System und ggf. für weitere Serverdienste (z. B. Medienserver).

Die Administration eines NAS erfolgt über eine Weboberfläche und ist deutlich einfacher als bei einem klassischen Server. Die Lese- und Schreibrechte auf Daten können benutzerspezifisch, z. B. über Schnittstellen zu gängigen Verzeichnisdiensten (z. B. ADDS (Active Directory Domain Services) oder LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)), geregelt werden. Die Zugriffe sind mit unterschiedlichen Protokollen möglich, z. B. über smb, ftp, http oder bei mobilen Geräten über Apps.

NAS-Systeme sind ursprünglich zur Datenablage konzipierte Speichersysteme mit großem Festplattenspeicherplatz, mittlerweile verfügen sie aber über eine Vielzahl von Zusatzdienstes an (z. B. Backup-Server, einfacher Virtualisierungsserver, Medienserver, Web-Server, SQL-Server, VPN-Server, Speicher für Videoüberwachung, Clouddienste). Der Betrieb von virtuellen Maschinen auf dem NAS-System ist jedoch eher für den Home-Bereich gedacht und ist aufgrund der erforderlichen hohen Rechenleistung bei den derzeitigen NAS-Systemen für den schulischen Anwendungsbereich nur eingeschränkt möglich.

In größeren, vor allem gewerblich genutzten IT-Umgebungen, werden SAN (Storage Area Network) eingesetzt. Es handelt sich dabei um Speichernetzwerke, welche zur Übertragung und Speicherung großer Datenmengen konzipiert sind und den Zugriff mehrerer auf gemeinsam genutzte Speichergeräte erlauben. Sie bieten in der Regel eine höhere Leistung und Skalierbarkeit im Vergleich zu herkömmlichen Netzwerk-Speicherlösungen (NAS), sind aber für Schulen eher überdimensioniert und nur im Ausnahmefall zu empfehlen.

j) Auswahlkriterien Terminalserver-Systeme und Virtual Desktop Infrastructure

(vgl. Kapitel 10.j) Datenblatt Thin Clients)

Bei der klassischen Client-Server-Infrastruktur handelt es sich um ein Netzwerkmodell, in dem Endgeräte mit Servern kommunizieren, die zentrale Ressourcen oder Dienste bereitstellen. Dabei werden die Anwendungen auf dem Client installiert und ausgeführt und die Daten auf einem Server gespeichert. Ein weiterer Einsatzbereich für Terminalserver ist die Bereitstellung von Heimarbeitsplätzen über sichere VPN-Verbindungen, z. B. im Verwaltungsbereich.

Bei einem Terminalserver-System dienen die Clients hingegen nur als reine Zugangscomputer (Thin Clients), die für die Eingaben von Tastatur und Maus und für die Bildschirmdarstellung zuständig sind. Die Anwendungen sind nicht mehr auf dem Client, sondern auf einem Server installiert und werden dort ausgeführt. Somit ist auf dem Server eine höhere Rechenleistung erforderlich, während die Hardware- und Softwareausstattung von Thin Clients deutlich reduziert, werden können.

Der gleichzeitige Zugriff vieler schulischen Nutzerinnen und Nutzer auf einen Terminalserver setzt sehr performante und damit teure Lösungen voraus.

Im pädagogischen Netz der Schule stehen Terminalserver-Systeme sowohl der Tendenz zu mobilen und von lokalen Serverstrukturen unabhängigen bzw. flexiblen Lernsettings als auch der zunehmenden Nutzung von sich weiterentwickelnden Clouddiensten entgegen.

Eine Weiterentwicklung der lokalen Terminaldienste stellen virtuelle Desktops (VDI – Virtual Desktop Infrastructure) dar, bei der den Nutzerinnen und Nutzer virtuelle Desktop-Umgebungen z. B. über eine leistungsstarke Internet-Verbindung bereitgestellt werden. Die Lizenzierung erfolgt oft nutzungsbezogen, so dass Kostenschätzungen schwierig sind, zumal kaum Bildungstarife für Schulen angeboten werden.

k) Auswahlkriterien Netzwerkkomponenten

Die schulische Netzwerkstruktur muss auf die Anforderungen der Schule abgestimmt sein. Wichtige aktive Netzwerkkomponenten sind dabei Internetzugangsrouter, Switche und Access-Points.

Ethernet-Switches

(vgl. Kapitel 10.k) Datenblatt Ethernet-Switches)

Switches sind Netzwerkgeräte, die dazu dienen, Datenpakete zwischen verschiedenen Geräten in einem lokalen Netzwerk (LAN) zu empfangen, zu verarbeiten und weiterzuleiten. Sie sind entscheidend für die Netzwerkkommunikation und tragen zur Optimierung der Leistung und Effizienz von Netzwerken bei. Eine schulische Netzwerk-Infrastruktur wird mit managebaren VLAN-fähigen Layer-2-Switches und ggf. mit einem zentralen Layer-3-Switch mit Routing- und Firewallfunktionen aufgebaut (vgl. Kapitel 7.a)). Nicht managebare Switche können in kleineren Umgebungen zur lokalen Erweiterung im Klassenzimmer oder im Verwaltungsbereich zum Einsatz kommen.

PoE (Power over Ethernet) ermöglicht die Stromversorgung von Endgeräten wie Access-Points über die Netzwerkleitung. Bei der Auswahl von PoE-Switchen ist neben dem passenden PoE-Standard das gesamte Leistungsbudget der angeschlossenen Geräte zu berücksichtigen.

In großen schulischen Netzwerken, mit differenzierter Aufteilung in Teilnetze (Unterrichtsnetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz, WLAN-Netze etc.), übernimmt ein zentraler Layer-3-Switch das schulinterne Routing. Bei einer weniger differenzierten Aufteilung des lokalen Netzes und in kleinen Schulnetzen kann diese Aufgabe auch durch den Internetzugangsrouter übernommen werden.

Internetzugangsrouter

(vgl. Kapitel 10.l) Datenblatt Internetzugangsrouter)

Internetzugangsrouter verbinden das Schulnetz mit dem Internet und stellen den Übergang vom lokalen Netz (auf Ethernet-Basis) auf ein Weitverkehrsnetz (v. a. Glasfaser) her. Sie erfordern als zentraler Knotenpunkt des Netzwerks eine präzise Konfiguration und stabile Performanz.

Professionelle Router (Enterprise-Router) aus dem geschäftlichen Umfeld bieten differenzierte Firewall-Funktionen. Für den schulischen Einsatz werden vorkonfigurierte Kommunikationsserver als Internetgateway angeboten (Computer auf Linux-Basis), die in ihrer Dimensionierung an den Erfordernissen der Schule auszurichten sind.

Einfache Consumer-Geräte aus dem Privatbereich sind für Schulen nicht geeignet, da diese nicht für den Internetanschluss von mehreren hundert Geräten ausgelegt sind, nur ein lokales Netz verwalten können und keine differenziert konfigurierbare Firewall besitzen. Zudem sind Consumer-Geräte nicht in der Lage, eine große Anzahl gleichzeitiger aktiver Sitzungen und Verbindungen zwischen einem Gerät und verschiedenen Diensten im Internet effizient zu verwalten. Dies kann zu Verbindungsabbrüchen, erhöhter Latenz und instabiler Performance führen.

Access-Points

(vgl. Kapitel 10.m) Datenblatt Access-Points)

Ein Access-Point ermöglicht den drahtlosen Zugriff auf das Schulnetz (einschließlich Internet) bzw. das Intranet über WLAN (Wireless Local Area Network). Funktionsstabilität und Verfügbarkeit sind entscheidende Voraussetzungen für ein durchgängiges und flächendeckendes WLAN und einen störungsfreien Netzzugriff im Unterricht. Die Access-Points spielen dabei eine entscheidende Rolle.

Access-Points aus dem Enterprise-Umfeld möglichen den stabilen Betrieb auch bei vielen gleichzeitigen Zugriffen und unterscheiden sich von Consumer-Geräten aus dem Privatbereich durch die Konfigurierbarkeit spezieller Funktionen, z. B. Energiesparfunktion, Clientmanagement oder Roaming-Optimierung. Die Anschlussmöglichkeit externer Antennen ermöglicht die präzise Ausleuchtung von Empfangsbereichen. Indoor- und Outdoor-Geräte unterscheiden sich bauartbedingt in den Gehäusemerkmalen und werden an unterschiedlichen Orten installiert.

Bei Beschaffung der Access-Points sollte bereits auf die Skalierbarkeit zur Erweiterung des Netzes geachtet werden, insbesondere sollte der derzeit aktuelle Funkstandard unterstützt werden. WLAN-Technik und Standards werden in unterschiedlichen Normen klassifiziert:

- Das IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) führt die Reihe IEEE 802.11 (z. B. Wi-Fi 802.11ax).
- Die Wi-Fi-Alliance kategorisiert WLAN-Standards nach Generationen (z. B. Wi-Fi 6).

Wi-Fi 6 bzw. Wi-Fi 6E entspricht dabei der Norm IEEE 802.11ax, Wi-Fi 7 entspricht der Norm IEEE 802.11be. Die Klassifizierungen unterscheiden die Standards vor allem anhand der Datenübertragungsrate (in Mbit/s) in Abhängigkeit verschiedener Kenngrößen wie dem Übertragungsfrequenzband (2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz), der Kanalbandbreite und der Multiplextechnik bzw. Mehrfachanbindung (MIMO (Multiple Input, Multiple Output)). Multi-User-MIMO bietet die gleichzeitige Anbindung mehrerer Clients und wird durch die entsprechende MIMO-Kennzeichnung (z. B. 4x4 MIMO für vier Sende- und vier Empfangsantennen bzw. Spatial Streams). Gerade im schulischen Umfeld ist eine stabile Versorgung vieler WLAN-Clients von entscheidender Bedeutung.

Die Anbindung der Access-Points erfolgt über die Ethernet-Netzwerkinfrastruktur der Schule mit mindestens 1 Gbit/s-Anschlussbandbreite, moderne Geräte unterstützen bereits 2,5 Gbit/s- oder mehr Anschlussbandbreite. Über eine PoE-Funktion wird der Access-Point vom Switch bzw. PoE-Adpater mit Strom versorgt, so dass kein separater Stromanschluss mehr erforderlich ist.

Wi-Fi Protected Access (WPA) ist ein Verschlüsselungsstandard zur Absicherung eines WLAN. Die aktuelle Version WPA3 unterstützt die Varianten Pre-Shared Key (PSK) und Enterprise. Die einstellbare Funktion der Client-Isolation verhindert die Kommunikation der Clients untereinander, führt aber häufig zu Problemen z. B. bei der drahtlosen Bildschirmübertragung oder bei der Nutzung von Classroom-Management-Systemen.

WLAN-Controller

Bei mehreren Access-Points erleichtert ein WLAN-Controller die Administration. Er ermöglicht die zentrale Konfiguration, das zentrale Management und ein übersichtliches Monitoring der Access-Points in einem Netzwerk. Die Funktionsweise des WLAN-Controllers ist herstellerabhängig, wobei dieser üblicherweise nur mit Access-Points desselben Herstellers zusammenarbeitet. Service und Support sollten langfristig sichergestellt sein.

Aufgabe von WLAN-Controllern		
	Management eigenständiger Access-Points	Der WLAN-Controller dient nur zur Konfiguration und zum Monitoring der Access-Points. Die WLAN-Nutzdaten laufen nicht über den Controller.
Implementierungsmöglichkeiten von WLAN-Controllern		
	1. Eigenständiger WLAN-Controller als virtuelle Appliance oder Hardware	Der WLAN-Controller ist ein eigenes Gerät (Hardware) oder eine eigenständige virtuelle Appliance.
	2. Zusatzfunktion auf einem Access-Point oder Internet-Router	Der WLAN-Controller ist ein Zusatzdienst auf einem Access-Point oder Internet-Router; ggf. als lizenzpflichtiger Dienst
	3. (schulinterner) Serverdienst	Der WLAN-Controller wird als Software auf einem (schuleigenen) Windows- oder Linux-Server installiert.
	4. Cloud-Service	Der WLAN-Controller wird als externer Cloud-Service angeboten. Diese Variante ist ggf. mandantenfähig und ermöglicht das zentrale Management mehrerer Standorte / Schulen. Es können Kosten für den Betrieb des Cloud-Services entstehen.
Funktionen von WLAN-Controllern		
	übliche Funktionen	• automatische Erkennung neuer Access-Points • zentrale Konfiguration der Access-Points • zentrales Monitoring der Access-Points • automatische Installation von Firmware-Updates für die Access-Points
	optionale Funktionen	• Benachrichtigung über aufgetretene Fehler per E-Mail

l) Auswahlkriterien Großbilddarstellungen

Signalübertragung über größere Strecken

HDBaseT ist eine Übertragungstechnik von hochauflösenden Audio- und Videosignalen sowie von Steuer- und Netzwerkdaten über lange Strecken über ein einziges Netzwerkkabel. Bei Beamern und Großbildmonitoren wird HDBaseT verwendet, um Full-HD- oder 4K-Inhalte mit minimalem Signalverlust und über größere Distanzen (bis zu 100 m) zu übertragen. HDBaseT reduziert den Verkabelungsaufwand erheblich, da mehrere Signale einschließlich Steuersignalen und Strom, gleichzeitig über nur ein Kabel laufen.

Grundsätzliche Auswahlkriterien für Großbilddarstellungen

Die digitale Großbilddarstellung kann über einen Beamer (Projektor) oder Großbildmonitor (Screen) realisiert werden. Beide Systeme werden auch mit einer interaktiven Funktion zur Erkennung und Verarbeitung von Benutzereingaben angeboten. Neben speziellen Großbildmonitoren, die für den Dauerbetrieb ausgelegt sind, sind auch Consumer-Geräte (z. B. Fernseher) erhältlich, die jedoch die technischen Empfehlungen aus Kapitel 10 hinsichtlich Helligkeit und Kontrast regelmäßig nicht einhalten und oftmals nicht für einen Dauerbetrieb ausgelegt sind.

Beamer	Großbildmonitor
• sehr große Projektionsfläche • eventuell störende Lüftergeräusche • ggf. störende Schattenbildung (je nach Montage) • ggf. körniges Bild (je nach Auflösung) • auf Lichtverhältnisse sollte geachtet werden, ggf. Verdunklung oder Verschattung des Raums (je nach Lichtstärke) • ggf. ergänzend externe Lautsprecher zur angemessene Beschallungsanlage erforderlich	• begrenzte Projektionsfläche (Bildschirm) • keine Lüftergeräusche • keine Schattenbildung • hohe Auflösung • hoher Kontrast, eine Verdunkelung oder Verschattung ist normalerweise nicht nötig • ggf. ergänzend externe Lautsprecher zur angemessene Beschallungsanlage erforderlich

Zusätzliche Auswahlkriterien für interaktive Großbilddarstellungen

Interaktiver Großbildmonitor	Interaktiver Beamer mit Whiteboard	Interaktives Whiteboard mit Beamer
• drahtlose Bild- und Tonübertragung häufig integriert • Integriertes Betriebssystem • autarke Verwendung	• Gestenerkennung durch den Beamer • mit geeigneten Stiften beschreibbare Projektionsfläche • regelmäßige Kalibrierung erforderlich	• Gestenerfassung durch die Projektionsfläche • i. d. R. nicht beschreibbare Projektionsfläche • zunehmend abgelöst

Interaktive Großmonitore (Touchscreens)

(vgl. Kapitel 10.n) Datenblatt Großbildmonitore)

Interaktive Großbildmonitore (Touchscreens) werden mit unterschiedlichen Techniken zur interaktiven Steuerung mit optischer, kapazitiver, induktiver oder hybrider Berührungserkennung angeboten.

Bei der Auswahl interaktiver Großbildmonitore ist auf folgende Aspekte zu achten:

- Das Schreiben sollte sich komfortabel, präzise und geräuscharm wie bei einer klassischen Tafel möglich sein.

- Da interaktive Großbildmonitore von unterschiedlich großen Personen genutzt werden, ist eine höhenverstellbare Befestigung empfehlenswert. Für einen flexiblen Einsatz ist eine geeignete Verkabelung erforderlich (Zugentlastung, Länge, Signalstärke und -richtung, Übertragungsrate).
- Nahezu alle Großbildhersteller bieten die Möglichkeit, analoge Tafelsegmente oder Whiteboards seitlich anzubringen, wobei Nachrüstungen aufgrund des zu großen Gesamtgewichts (Großbildmonitor und Seitentafeln) nicht immer möglich sind.
- Interaktive Großbildmonitore bieten integrierte Grundfunktionen (z. B. Tafelsoftware, Browser) und können üblicherweise ohne externen PC oder mit einem dauerhaft angeschlossenen PC (extern oder intern) betreiben werden. Dabei macht die Verwendung eines Einschub-PCs, z. B. über eine OPS-Schnittstelle, zusätzliche Kabelverbindungen überflüssig und beugt Fehlern beim Anschließen vor.
- Integrierte Android-Betriebssysteme mit vorinstallierten Apps (z. B. Annotationsapp, Browser) ermöglichen ggf. die Verwendung weiterer Funktionalitäten, wobei sich eine zentrale Administrationsmöglichkeit für Updates, App-Management und Energiemanagementeinstellungen (z. B. Ein- und Ausschalten) empfiehlt. Je nach eingesetzter herstellereigener oder browserbasiert verfügbarer Software eröffnen sich unterschiedliche Bedienkonzepte. Es wird empfohlen, interaktive Großbildmonitore mit der mebis Tafel zu testen (vgl. https://tafel.mebis.bycs.de/).
- Sollen die Inhalte von Smartphones oder Tablets per WLAN über den Bildschirm dargestellt werden, sind ggf. Zusatzgeräte zur drahtlosen Bildschirmübertragung erforderlich (vgl. Kapitel 9.n)).

Die effiziente Nutzung interaktiver Großbilddarstellungen setzt eine entsprechende technische und didaktische Einarbeitung der Lehrkräfte voraus. Es ist ratsam, dass das Kollegium vor der Beschaffung die Modelle unterschiedlicher Typen und Hersteller kennenlernt und in die Entscheidung einbezogen wird.

Beamer

(vgl. Kapitel 10.o) Datenblatt Beamer)

Beamer (Projektoren) sind lichtstarke Projektoren, die Bilder oder Videos von einem Computer, eines DVD-Players oder anderen Mediengeräts auf eine große Fläche, typischerweise eine Leinwand oder eine Wand, projizieren.

Bei der Auswahl von Beamern ist auf folgende Aspekte zu achten:

- Im Klassenzimmer sollten sie bevorzugt als Ultrakurzdistanz-Beamer über und sehr nahe an der Projektionsfläche montiert sein, um eine Schattenbildung oder den direkten Blick in den Lichtkegel zu vermeiden, und dabei große Projektionsdarstellungen zulassen. In größeren Räumen oder bei größeren Projektionsflächen sind an der Decke installierte Beamer zu empfehlen.
- Neben der Darstellungsqualität sollte auf Handhabung, genügend Anschlussmöglichkeiten, Lüftergeräusche und eine Fernbedienung geachtet werden.
- Zur drahtlosen Darstellung von Inhalten von Smartphones oder Tablets über den Beamer sind ggf. Zusatzgeräte zum Anschluss an den Beamer erforderlich (vgl. Kapitel 9.n)).

- Die erforderliche Lichtstärke ist neben den räumlichen Gegebenheiten von der angestrebten Bildgröße abhängig. Aktuelle Beamer bieten verschiedene Helligkeitsstufen an (z. B. Normal-Modus und Eco-Modus), die bei der angegebenen Lichtstärke, Lampenlebensdauer und Betriebsgeräusch zu beachten sind. Häufig wird herstellerseitig nur der jeweils günstigste Wert genannt.

Für die Lichterzeugung von Beamern kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz:

- Entladungslampen waren bisher die am häufigsten verwendeten Leuchtmittel bei Beamern. Ihre Lebensdauer liegt typischerweise bei ca. 4.000 Stunden, so dass ein gelegentlicher Lampenwechsel am Beamer erforderlich ist. Die Lampen benötigen eine Aufwärmphase und erreichen die volle Helligkeit erst nach ca. einer Minute.
- LED-Beamer (Light Emitting Diode), Laser-Beamer oder kombinierte LED-/Laser-Beamer verwenden LED- bzw. Laserlichtquellen und haben sich mittlerweile etabliert. Diese Leuchtmittel haben eine deutlich längere Lebensdauer von typischerweise bis zu 20.000 Stunden, sind gegen häufiges Ein-/Ausschaltens unempfindlich und erreichen ihre volle Helligkeit bereits nach wenigen Sekunden.
- Zur Licht- und Bilderzeugung wird zwischen der DLP-Technologie (Digital Light Processing) und der LCD-Technologie (Liquid Crystal Display) mit spezifischen technikbedingten Vor- und Nachteilen unterschieden. Bei der DLP-Technologie ist i. d. R. ein höherer Kontrast gegeben, während bei der LCD-Technologie die Farbwiedergabe über das ganze Farbspektrum feiner ist.

m) Auswahlkriterien Dokumentenkamera

(vgl. Kapitel 10.p) Datenblatt Dokumentenkamera)

Dokumentenkameras (Visualizer) ermöglichen die Darstellung von Schifitstücken, Handlungsabläufen und Objekten über eine Großbilddarstellung (vgl. Kapitel 4.b)). Sie ersetzen damit zunehmend die Tageslichtprojektoren. Dokumentenkameras werden über einen Display-Anschluss (i. d. R. über HDMI) direkt mit der Großbilddarstellung verbunden und können auch ohne Computer betrieben werden.

Eine Möglichkeit zum Speichern von Arbeitsergebnissen (z. B. auf USB-Stick, Speicherkarte oder über den angeschlossenen PC) sollte vorgesehen sein. Die Dokumentenkamera sollte zur detailgetreuen und präzisen Darstellung von Objekten oder Texten über einen mehrfachen optischen Zoom (z. B. 6x) und eine hohe native Auflösung (z. B. Full-HD oder 4K) verfügen. Die Bedienung der verschiedenen Funktionen sollte leicht über ein Bedienfeld oder Tasten möglich sein.

n) Auswahlkriterien Drahtlose Bildschirmübertragung

Über eine drahtlose Bildschirmübertragung können gesamte Bildschirminhalte (Screen-Mirroring) oder nur einzelne Medieninhalte (Screen-Casting / Streaming) von mobilen Endgeräten über WLAN auf eine Großbilddarstellung übertragen werden. Dafür kommen grundsätzlich folgende Lösungen in Betracht:

- Hardware als kleines Gerät (HDMI-Dongle), das an die Großbilddarstellung angeschlossen wird, um die zusätzliche Funktion bereitzustellen
- Werksseitig bereits in die Großbilddarstellung oder Dokumentenkamera integrierte Lösungen zur drahtlosen Bildschirmübertragung
- Multifunktionsgeräte mit mehreren Übertragungstechnologien, ggf. integrierter Touchback-Funktionalität und weiteren Funktionen (z. B. Moderations- und Viewerfunktion, zentralem Management)
- Software-Lösungen auf einem Arbeitsplatzrechner, der mit einem Beamer oder einem Display verbunden ist. Die Stabilität und Zuverlässigkeit im Klassenzimmer entsprechen aber meistens nicht den unterrichtlichen Anforderungen.

Technologien für die drahtlose Bildschirmübertragung

Für eine drahtlose Bildschirmübertragung werden die Adapter meist an den HDMI-Eingang der Großbilddarstellung und an eine Stromquelle angeschlossen und unterstützen jeweils eine oder mehrere Übertragungstechnologien. Für eine flexible Nutzung mit heterogenen Endgeräten ist es sinnvoll, wenn die Geräte alle der drei folgenden Technologien unterstützen:

Miracast	Google Cast	AirPlay
• bevorzugte Lösung für Windows-Geräte und viele Android-Geräte	• bevorzugte Lösung für Chromebooks und viele Android-Geräte	• bevorzugte Lösung für Apple-Geräte
• mit den meisten Android- und Windows-Geräten ohne zusätzliche Apps ansteuerbar	• mit einem Chrome-Browser auch für Windows-, Linux- und macOS-Geräte nutzbar; verschiedene Apps können direkt an den Google Cast-Adapter streamen	• mit Apple-Geräten ohne Zusatzsoftware nutzbar
• funktioniert mit und ohne WLAN-Infrastruktur, bietet Touch-Back-Funktionalität	• funktioniert nur über eine WLAN-Infrastruktur, Adapter und mobile Geräte befinden sich üblicherweise im selben Netzwerk	• AirPlay-Adapter und iPads bzw. MacBooks befinden sich üblicherweise im selben Netzwerk; eine WLAN-Infrastruktur ist üblicherweise erforderlich

Auswahlkriterien für eine drahtlose Bildschirmübertragung

Bei der Auswahl der drahtlosen Bildschirmübertragung sollten folgende Kriterien betrachtet werden:

- unterstützte Übertragungsstandards
- gleichzeitige Darstellung der Inhalte mehrerer mobilen Endgeräte
- Software für bzw. Anbindung an ein zentrales Gerätemanagement

- Unabhängigkeit von der Installation einer App zur drahtlosen Bildschirmübertragung
- Einsetzbarkeit in der vorhandenen Netzwerkinfrastruktur
- simultaner Internetzugriff während der Übertragung des Bildschirminhalts
- Möglichkeiten der Steuerung über App, Webbrowser, Maus, Tastatur, Tastenfeld und Fernbedienung
- Versorgung mit Updates, Kosten für Updates
- Dauerbetrieb des Geräts
- Touch-Back-Funktionalität (Steuerung des Tablets oder Notebooks über eine interaktive Projektionsfläche)
- Weitere Funktionen (z. B. Moderationsfunktion)

Vor der Anschaffung sollte eine Lösung mit der vorhandenen IT-Infrastruktur getestet werden. Weiterführende Informationen zur drahtlosen Bildschirmübertragung finden sich unter https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/Bildschirmuebertragung.pdf.

o) Auswahlkriterien Drucker

(vgl. Kapitel 10.q) Datenblatt Drucker)

Für schulische Druckanforderungen sollen im Bereich der Schulverwaltung oder als zentraler Drucker für Lehrkräfte Großgeräte mit Kopier- und Scannerfunktion (z. B. per Leasing) zur Verarbeitung eines hohen Druckaufkommens eingesetzt werden. Bei einem geringen Druckvolumen sind dezentrale, netzwerkfähige Monochrom- oder Farb-Drucker empfehlenswert.

Bei der Beschaffung von Druckern sind neben den Investitionskosten vor allem die Verbrauchskosten (Gesamtkosten pro Seite bzw. monatliche Gesamtkosten) zu beachten. Tinten-Multifunktionsgeräte mit großen Ersatztanks anstelle begrenzter Tintenpatronen können vor allem bei hohem Druckaufkommen eine Alternative zu Laserdruckern darstellen.

Falls mobile Geräte einen Druckerzugriff haben sollen, sollte auf die Unterstützung der herstellerspezifischen Protokolle (z. B. Mopria Print-Service, Apple AirPrint), die Cloudfähigkeit sowie die Verfügbarkeit von Hersteller-Apps geachtet werden.

p) Auswahlkriterien 3D-Drucker

(vgl. Kapitel 10.r) Datenblatt 3D-Drucker)

3D-Drucker wandeln digitale Modelle durch schichtweises Auftragen von Material in physische Objekte um (additives Verfahren). Sie eignen sich in der Schule insbesondere zur Veranschaulichung von räumlichen Strukturen, z. B. Prototypen bei CAD, oder zur Erstellung räumlicher Modelle in der Mathematik oder in den Naturwissenschaften bzw. von Gebäude- und Architekturmodellen in der Kunsterziehung. Aufgrund der leichteren Handhabung eignen sich für den schulischen Einsatz vorzugsweise Filamentdrucker, die nach dem Schmelzschichtungsverfahren mit Kunststoffen (FDM, Fused Deposition Modelling) arbeiten.

Bei der Anschaffung und beim Betrieb von 3D-Druckern sind die geltenden Sicherheitsbestimmungen einzuhalten (vgl. Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RISU),

https://www.km.bayern.de/unterrichten/unterrichtsalltag/schutz-und-sicherheit/sicherheit-im-unterricht). Weiterführende Informationen sind unter https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/3D-Druck.pdf abrufbar.

q) Auswahlkriterien für Extended Reality (XR- Brillen)

(vgl. Kapitel 10.s) Datenblatt Standalone-VR-Brille)

Der Begriff Extended Reality (XR) bezieht sich auf unterschiedliche Technologien, die digitale Inhalte in die reale Welt integrieren. Der Überbegriff umfasst Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR):

- VR (Virtual Reality) ist eine Technologie, die es Benutzerinnen und Benutzern ermöglicht, vollständig in eine computergenerierte, immersive und interaktive 3D-Umgebung einzutauchen. Dafür sind VR-Brillen erforderlich, die den Eindruck vermitteln, sich tatsächlich in der virtuellen Umgebung zu befinden und zu bewegen. Einsatz: Im Bildungsbereich können VR-Technologien verwendet werden, um Schülerinnen und Schülern komplexe Konzepte in einem visuell ansprechenden und interaktiven Umfeld zu vermitteln. Beispielsweise können Lernende mit Hilfe einer VR-Brille eine virtuelle Reise durch den menschlichen Körper unternehmen oder fiktive, historisches bzw. weit entfernte Objekte oder Ereignisse besuchen.
- AR (Augmented Reality) ist eine Technologie, bei der digitale Elemente wie Bilder, Videos oder 3D-Modelle in die reale Welt eingebettet werden. AR-Anwendungen können auf Smartphones, Tablets oder AR-Brillen ausgeführt werden und ermöglichen es den Benutzern, virtuelle Elemente zusätzlich zu ihrer realen Umgebung wahrzunehmen. AR ergänzt damit physisch Vorhandenes, z. B. ein Bild, einen Gegenstand oder Ort, durch zusätzliche digitale Informationen über entsprechende Auslöser in der realen Welt.
  Einsatz: AR-Anwendungen können im Schulbereich eingesetzt werden, um selbstorganisiertes Lernen zu unterstützen, neue Erfahrungswelten zu erschließen, abstrakte und komplexe Sachzusammenhänge durch virtuelle Modelle und Strukturen zu verdeutlichen oder einen motivierenden, multimedialen Zugang zu Lerninhalten zu erschließen.
- MR (Mixed Reality) entsteht durch eine Mischung aus VR und AR. Wie bei der AR wird die reale Welt durch digitale Objekte überblendet, wobei die virtuell hinzugefügten Objekte im dreidimensionalen realen Raum verankert werden und beide Ebenen miteinander verschmelzen. Die eingeblendeten virtuellen Objekte sind nicht nur sichtbar, sondern erlauben im dreidimensionalen Raum auch eine Interaktion mit den Nutzerinnen und Nutzern.
- Neben an Rechnern anschließbaren VR-Brillen werden Standalone-VR-Brillen eingesetzt, die ohne Verbindung zu einem externen Gerät funktionieren. Alle erforderlichen Komponenten wie Prozessor, Speicher, Display und Batterie sind in der Standalone-VR-Brille selbst verbaut. Damit ermöglichen sie den Benutzerinnen und Benutzern ein freieres Bewegen in der virtuellen Welt. Werden mehrere VR-Brillen in der Schule eingesetzt, sollte ein Device-Management verwendet werden.

10. Hardware-Spezifikationen für schulische IT-Systeme

Nachfolgend werden für jede Geräteklasse technische Anforderungen (z. B. Monitorhelligkeit, Arbeitsspeichergröße) als Datenblätter zusammengestellt, um Planungs- und Beschaffungsprozesse zu unterstützen. Die tabellarisch aufbereiteten technischen Spezifikationen sollen die Auswahl- und Beschaffungsprozesse weiter unterstützen.

Die angegebenen Preise (Bruttopreise) sind lediglich Orientierungswerte, die bei größeren Stückzahlen ggf. deutlich unterschritten werden können. Eine über die gesetzliche Gewährleistung hinausgehende Garantie kann z. B. aus wirtschaftlichen Erwägungen unter Umständen verzichtbar sein, sofern entsprechende vergleichbare Leistungen nach Umfang, Reaktions- und Wiederherstellungszeit (z. B. Reparaturleistungen, Ersatzbeschaffung) vom Schulaufwandsträger übernommen und sichergestellt werden.

a) Datenblatt Arbeitsplatzcomputer

(vgl. Kapitel 9 a.) Auswahlkriterien Arbeitsplatzcomputer)

Arbeitsplatzcomputer **Kernkriterien: Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Garantie**	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
Systemleistung/CPU	
Um die Systemleistung von Arbeitsplatzcomputern zu überprüfen, eignet sich das kostenlose Programm Cinebench R23. Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung von folgenden Prozessoren erfüllt wird: ab Intel i3 der 10. Generation alle AMD Ryzen-Prozessoren ab Apple M1	Benchmark-Mindestwerte Cinebench R23: 900/3600 Punkte (Single/Multi-Core)
RAM	
Für ein flüssiges Arbeiten ist ein ausreichend großer Arbeitsspeicher erforderlich. Eine Erweiterung des Arbeitsspeichers sollte ohne Ausbau der vorhandenen Module möglich sein.	ab 16 GB RAM
Massenspeicher	
Insbesondere beim Boot-Vorgang ist der schnelle Zugriff auf Daten notwendig. Standard ist der Einsatz einer Solid-State-Disk (SSD).	SSD: ab 240 GB, Formfaktor M.2
Garantie	
optional: 5 Jahre Vor-Ort-Garantie	mindestens 3 Jahre Vor-Ort-Garantie

Arbeitsplatzcomputer (weitere Kriterien)	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
Grafikeinheit	
Prozessoren verfügen oft über eine integrierte, für die meisten schulischen Anwendungen ausreichend Grafikeinheit. Eine aktuelle Prozessorgeneration bietet meist eine bessere Grafikleistung.	
Grafik- / Sound-Anschlüsse	
Grafik- und Soundanschlüsse sind meist auf dem Mainboard integriert, nur bei höheren Grafikanforderungen ist eine eigene Grafikkarte notwendig. Üblich sind mindestens zwei digitale Videoanschlüsse (USB-C, HDMI oder DisplayPort) und Audio-Anschlüsse (Line in/out). Soll der PC zusätzlich an einen Beamer angeschlossen werden, ist ein weiterer kombinierter Audio-/Video-Ausgang sinnvoll.	frontseitige Audioanschlüsse für Kopfhörer/Mikrofon 2 x USB-C/HDMI/ DisplayPort-Anschluss
USB-Anschlüsse	
Sinnvoll sind mind. 5 USB-Anschlüsse, davon zwei leicht zugänglich an der Frontseite.	Mind. 1 x USB-C und mind. 4 USB-Anschlüsse, davon 2 mit mind. USB 3.x an der Frontseite
Netzwerk-Anschluss	
Der Zugang zum Netzwerk sollte kabelgebundenen per LAN erfolgen. Ergänzend kann auch eine WLAN-Schnittstelle sinnvoll sein, um z. B. drahtloses Spiegeln zu ermöglichen.	1 Gbit/s-Ethernet per RJ-45
Geräuschentwicklung	
Insbesondere in Computerräumen ist auf möglichst geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter).	
Formfaktor, Gehäuse	
Für Gehäusegrößen und -formen werden die Begriffe Micro-PC, Mini-PC, Small-Form-Factor, All-in-One-PC verwendet. Je nach Einsatzort sollte die maximale Größe festgelegt werden.	
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie	
	zertifiziert nach TCO Certified Desktops oder gleichwertigen Kriterien
zusätzliche Dienstleistungen	
Aufstellen und Anschließen der PCs Registrierung in einem schulischen MDM Inventarisierung Entsorgung der Verpackungen	

Preis		
	mit Intel i5-13xxx mit AMD Ryzen 5 56xxG jeweils inkl. 3 Jahre Vor-Ort-Garantie	ca. 600 € ca. 550 €

b) Datenblatt Notebooks

(vgl. Kapitel 9.b) Auswahlkriterien Notebooks)

b1) klassische Notebooks

Notebooks **Kernkriterien: Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Display, Garantie**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Systemleistung/CPU		
	Um die Systemleistung von Notebooks zu überprüfen, eignet sich das kostenlose Programm Cinebench R23. Typischerweise werden die Benchmarkwerte nur erreicht, wenn das Notebook an eine externe Stromquelle angeschlossen ist und nicht übermäßig erhitzt ist. Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung von folgenden Prozessoren erfüllt wird: ab Intel i5/i7 der 10. Generation ab AMD Ryzen 3 4300U ab AMD Ryzen 5 3500U ab AMD Ryzen 7 3700U alle AMD Ryzen 9 ab Apple M1 ab Snapdragon X Plus	Benchmark-Mindestwerte Cinebench R23: 900/3600 Punkte (Single/Multi-Core)
RAM		
	Flüssiges Arbeiten ist nur mit ausreichend großem Arbeitsspeicher möglich.	ab 16 GB RAM
Massenspeicher		
	Standard ist heutzutage der Einsatz von Solid-State-Disk (SSD)	SSD: ab 240 GB, Formfaktor M.2
Display		
	Neben der Auflösung sollte auf eine ausreichende Helligkeit geachtet werden. Bei Nutzung unter wechselnden Bedingungen empfiehlt sich eine Helligkeit von mindestens 300 cd/m².	Auflösung ab 1.920 x 1.080 Pixel Helligkeit ab 250 cd/m²
Garantie		
	Üblicherweise werden Notebooks im Garantiefall zum Hersteller eingeschickt (z. B. Collect & Return).	mindestens 3 Jahre Garantie

Notebooks (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Grafikeinheit		
	Aktuelle Notebookprozessoren verfügen üblicherweise über eine integrierte Grafikeinheit. Eine aktuelle Prozessorgeneration bietet meist auch eine bessere Grafikleistung.	
Kamera		
	Für Videokonferenzen ist eine integrierte Kamera vorteilhaft.	ab 0,9 Megapixel (720p)
Grafik- / Sound-Anschlüsse		
	Zum Anschluss an eine Großbilddarstellung oder externen Monitor ist ein Grafikanschluss notwendig. Üblich ist ein USB-C-Anschluss mit Videofunktionalität, ein weiterer digitaler Anschluss (HDMI, DisplayPort) ist sinnvoll, ggf. sind Adapter notwendig.	USB-C mit Videofunktionalität und ggf. HDMI/DisplayPort Kopfhörer/Mikrofon-Anschluss
USB-Anschlüsse		
	Sinnvoll sind mind. 3 USB-Anschlüsse.	1 x USB A 2 x USB-C (davon mind. 1x USB-PD)
LAN-Anschluss		
	Bei kompakteren Notebooks ist der LAN-Anschluss nur über einen Adapter (z. B. USB-C auf RJ45) möglich.	1 Gbit/s-Ethernet
WLAN		
	Der WLAN-Standard 802.11ax (Wi-Fi 6 bzw. Wi-Fi 6E) ist weit verbreitet.	802.11ax
weitere optionale Ausstattungen		
	Kartenlesegerät Fingerprint-Sensor Kensington-Schutz	
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie		
	Da Notebooks ggf. mechanisch stark beansprucht werden, sollte man auf robuste Geräte achten. Im Sinne der Nachhaltigkeit sollte auf austauschbare Komponenten wie Akkus, SSD oder Arbeitsspeicher geachtet werden.	zertifiziert nach TCO Certified Notebooks oder gleichwertigen Kriterien
zusätzliche Dienstleistungen		
	Registrierung in einem MDM Inventarisierung Entsorgung der Verpackungen	

Preis		
	mit Intel i5-12xxxx	ab 500 €
	mit AMD Ryzen 5 56xxU	ab 450 €
	mit ARM Snapdragon X Plus	ab 700 €

b2) ChromeOS-Geräte (Chromebook, Chromebox, ChromeOS-Tablet)

ChromeOS-Geräte **Kernkriterien: Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Display, Garantie, Updateverfügbarkeit**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Systemleistung/CPU		
	Um die Systemleistung von ChromeOS-Geräten zu überprüfen, eignet sich das Programm Passmark. Typischerweise werden die Benchmarkwerte nur erreicht, wenn das Gerät an eine externe Stromquelle angeschlossen ist und nicht übermäßig erhitzt ist. Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung von folgenden Prozessoren erfüllt wird: Für cloudbasierte Nutzung: ab Intel Pentium N5000 ab Intel Celeron N4000 ab AMD Ryzen ab MediaTek Kompanio 520 ab Qualcomm Snapdragon-7c-Gen 2 Für eine umfassendere Nutzung: ab Intel Core i3 ab AMD Ryzen	Benchmark-Mindestwerte Passmark: 1600 (für cloudbasierte Nutzung) 3000 (für eine umfassendere Nutzung)
RAM		
		ab 4 GB RAM (für cloudbasierte Nutzung) ab 8 GB RAM (für eine umfassendere Nutzung)
Massenspeicher		
	ChromeOS nutzt vorwiegend Cloudspeicher.	ab 128 GB Flash-Speicher
Display (entfällt bei Desktop-Geräten mit externem Monitor)		
	Neben der Auflösung sollte auf eine ausreichende Helligkeit geachtet werden. Bei Nutzung unter wechselnden Bedingungen empfiehlt sich eine Helligkeit von mindestens 300 cd/m².	Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel Helligkeit ab 250 cd/m²

Garantie		
	Üblicherweise werden Chromebooks im Garantiefall zum Hersteller eingeschickt (z. B. Collect & Return).	mindestens 3 Jahre Garantie
Updateverfügbarkeit		
	Automatic Update Expiration (AUE): Der Update-Zeitraum für ChromeOS Geräte beträgt generell 8 Jahre ab Erscheinungsdatum	ab Kaufdatum mind. 5 Jahre AUE
ChromeOS-Geräte (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Grafikeinheit		
	Aktuelle Mobilprozessoren verfügen üblicherweise über eine integrierte Grafikeinheit. Eine aktueller Prozessorgeneration bietet meist auch eine bessere Grafikleistung.	
Touchscreen		
	Viele Modelle verfügen über Touchscreen-Funktionalität und die Bedienbarkeit per Stift (Universal Stylus Initiative / USI) bedienbar.	
Kamera (entfällt bei Desktop-Geräten mit externem Monitor)		
	Für Videokonferenzen ist eine integrierte Kamera vorteilhaft.	ab 0,9 Megapixel (720p)
Grafik- / Sound-Anschlüsse		
	Zum Anschluss an einen Beamer oder externen Monitor ist ein Grafikanschluss notwendig. Üblich ist ein digitaler Anschluss (USB-C mit Videofunktionalität, HDMI, DisplayPort).	USB-C mit Videofunktionalität oder HDMI/DisplayPort Kopfhörer/Mikrofon-Anschluss
USB-Anschlüsse		
	Sinnvoll sind mind. 2 USB-Anschlüsse.	2 x USB-C (davon mind. 1x USB-PD)
LAN-Anschluss		
	Bei kleineren Notebooks oder bei Tablets ist der LAN-Anschluss nur über einen Adapter (z. B. USB-C auf RJ45) möglich.	1 Gbit/s-Ethernet
WLAN		
	Der WLAN-Standard 802.11ax (Wi-Fi 6 bzw. Wi-Fi 6E) ist weit verbreitet.	802.11ax
zusätzliche Dienstleistungen		
	Registrierung in einem MDM Inventarisierung Entsorgung der Verpackungen	

Preis		
	cloudbasierte Nutzung: mit Snapdragon-7c-Gen2	ab 330 €
	umfassendere Nutzung: mit Intel i3-12xxxx	ab 400 €

c) Datenblatt Tablets

(vgl. Kapitel 9.c) Auswahlkriterien Tablets)

c1) Windows-Tablets

Windows-Tablets **Kernkriterien: Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Display, Kamera**	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
Systemleistung/CPU	
Um die Systemleistung von Windows-Tablets zu überprüfen, eignet sich das kostenlose Programm Cinebench R23. Typischerweise werden die Benchmarkwerte nur erreicht, wenn das Tablet an eine externe Stromquelle angeschlossen ist und nicht übermäßig erhitzt ist. Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung von folgenden Prozessoren erfüllt wird: ab Intel N200	Benchmark-Mindestwerte Cinebench R23: 800/2000 (Single/Multi-Core) als Notebook-Ersatz: Cinebench R23: 900/3600 Punkte (Single/Multi-Core)
RAM	
	ab 8 GB ab 16 GB als Notebook-Ersatz
Massenspeicher	
Ein größerer interner Speicher ist insbesondere bei multimedialen Anwendungen zu empfehlen.	SSD ab 240 GB
Display	
Notwendig ist ein helles und blickwinkelstabiles Display mit einem Touchscreen und einem Digitizer oder einer vergleichbaren Technik zur Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung. Bei der Nutzung als Notebookersatz ist ein größeres Display (ab 12") sinnvoll.	Bildschirmdiagonale ab 10" Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel Helligkeit ab 350 cd/m² Stifteingabe mit mehreren Druckstufen

Kamera		
		Front- und Rückkamera Rückkamera ab 8 Megapixel

weitere Kriterien Windows-Tablets		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
WLAN		
	Der WLAN-Standard 802.11ax (Wi-Fi 6 bzw. Wi-Fi 6E) ist weit verbreitet.	802.11ax
Betriebssystem/Software		
	Windows 11 S: Installation von Programmen aus dem Windows-Store Windows 11: Windows-Store oder normale Installation von Desktop-Programmen Drucken ist wie bei Desktop-Computern möglich.	Windows 11
Gewicht		
	ohne Tastatur und Schutzcover	unter 12": max. 600 g ab 12": max. 900 g
Sonstiges		
	Ein Gyroskop ist für AR- und VR-Anwendungen notwendig. Auf eine möglichst lange Akkulaufzeit sollte geachtet werden. Ein Hardcover zum Schutz der Geräte vor leichten Stößen ist empfehlenswert.	mind. 1x USB-C (mit USB-PD)
zusätzliche Dienstleistungen		
	Registrierung in einem MDM Inventarisierung Entsorgung der Verpackungen	
Preis		
	Windows-Tablet Tastatur Stift Schutzcover als Notebook-Ersatz (inkl. Tastatur und Stift)	ab 650 € ab 70 € ab 40 € ab 30 € ab 900 Euro €

c2) Android-Tablets

Android-Tablets **Kernkriterien: Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Display, Kamera**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Systemleistung/CPU		
	Um die Systemleistung von Android-Tablets zu überprüfen, eignen sich das kostenlose Programm AnTuTu. Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung von folgenden Prozessoren erfüllt wird: Qualcomm ab Snapdragon 662 Exynos 9xx(x) ab Kirin 8xx Mediatek Helio G99 Unisoc ab T606	Benchmark-Mindestwerte AnTuTu v10: 250.000 Punkte (Total Score)
RAM		
		ab 4 GB
Massenspeicher		
	Ein größerer interne Speicher ist insbesondere bei multimedialen Anwendungen zu empfehlen.	ab 128 GB
Display		
	Notwendig ist ein helles und blickwinkelstabiles Display mit einem Touchscreen und einem Digitizer oder einer vergleichbaren Technik zur Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung. Bei Android-Tablets als Notebookersatz sollte ein größeres Display (ab 12“) zum Einsatz kommen.	Bildschirmdiagonale ab 10" Auflösung ab 1.920 x 1.080 Pixel Helligkeit ab 350 cd/m² Stifteingabe mit mehreren Druckstufen muss möglich sein.
Kamera		
		Front- und Rückkamera Rückkamera ab 8 Megapixel

Android-Tablets (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
WLAN		
	Der WLAN-Standard 802.11ax (Wi-Fi 6 bzw. Wi-Fi 6E) ist weit verbreitet.	802.11ax

Betriebssystem, Software		
	Für die Updates des Betriebssystems ist der Gerätehersteller verantwortlich. Daher sollten Hersteller gewählt werden, die regelmäßige Updates über einen längeren Zeitraum auch für ältere Geräte liefern. Die Installation von Apps ist über den firmeneigenen App-Store „Google“ Play oder über alternative App-Stores möglich. Drucken ist ggf. über ein herstellereigenes Plugin des Druckerherstellers möglich.	ab Android 14
Gewicht		
	ohne Tastatur und Schutzcover	unter 12": max. 600 g ab 12": max. 900 g
Sonstiges		
	Ein Gyroskop ist für AR- und VR-Anwendungen notwendig. Auf eine möglichst lange Akkulaufzeit sollte geachtet werden. Ein Hardcover zum Schutz der Geräte vor leichten Stößen ist empfehlenswert.	mind. 1x USB-C (mit USB-PD)
zusätzliche Dienstleistungen		
	Registrierung in einem MDM Inventarisierung Entsorgung der Verpackungen	
Preis		
	Android Tablet Stift Tastatur Schutzcover als Notebookersatz (inkl. Stift und Tastatur)	ab 280 Euro ab 50 Euro ab 40 Euro ab 30 Euro ab 900 Euro

c3) iPadOS-Tablets

iPadOS-Tablets **Kernkriterien: Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Display, Kamera**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Systemleistung/CPU		
	Um die Systemleistung von iPadOS-Tablets zu überprüfen, eignet sich das Programm AnTuTu. Aktuelle i-Pads (ab Apple A14- Prozessor) erfüllen die geforderte Systemleistung: ab Apple A14	Benchmark-Mindestwerte AnTuTu v10: 450.000 Punkte (Total Score)
RAM		
		ab 4 GB

Display		
	Alle aktuellen iPads bieten ein helles und blickwinkelstabiles Display mit der Möglichkeit der Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung. Bei iPads als Notebookersatz sollte ein größeres Display (ab 12“) zum Einsatz kommen.	Bildschirmdiagonale ab 10“ Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel Helligkeit ab 350 cd/m² Stifteingabe mit mehreren Druckstufen muss möglich sein.
Massenspeicher		
	Ein größerer interner Speicher ist insbesondere bei multimedialen Anwendungen und bei Geräten im Mehrbenutzerbetrieb zu empfehlen.	ab 128 GB
Kamera		
		Front- und Rückkamera Rückkamera ab 8 Megapixel

weitere Kriterien (iPadOS-Tablets)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
WLAN		
	Der WLAN-Standard 802.11ax (Wi-Fi 6 bzw. Wi-Fi 6E) ist weit verbreitet.	802.11ax
Betriebssystem, Software		
	Die Installation von Apps erfolgt über den Apple App-Store. Drucken ist über AirPrint möglich.	ab iPadOS 18
Gewicht		
	ohne Tastatur und Schutzcover	unter 12“: max. 600 g ab 12": max. 900 g
Sonstiges		
	Alle aktuellen iPads enthalten ein Gyroskop (für AR- und VR-Anwendungen). Ein Hardcover zum Schutz der Geräte vor leichten Stößen ist empfehlenswert.	
zusätzliche Dienstleistungen		
	Registrierung in einem MDM Inventarisierung Entsorgung der Verpackungen	

Preis		
	iPad	ab 500 €
	Tastatur	ab 50 €
	Stift	ab 30 €
	Schutzcover	ab 30 €
	als Notebook-Ersatz (inkl. Stift und Tastatur)	ab 1.400 €

d) Datenblatt Monitore

(vgl. Kapitel 9.f) Auswahlkriterien Monitore und Dockingstationen)

Monitore **Kernkriterien: Größe, Auflösung, Helligkeit**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Größe		
	Bildschirmdiagonalen von 24‘‘ sind der Standard. Für Verwaltungsaufgaben ist ein Ultrawide-Monitor oder ein zweiter Monitor empfehlenswert. Für Verwaltungs- und Lehrerarbeitsplätze sollten 27“ Monitore verwendet werden.	ab 23,5" bei Ultrawide-Monitor ab 34"
Auflösung		
	Für Bildbearbeitung sind Monitore mit einer entsprechend höheren Auflösung empfehlenswert.	bis 24" Bildschirm: ab 1920 x 1080 Pixel bzw. ab 1920 x 1200 Pixel bei mehr als 24": ab 2560 x 1440 Pixel bei Ultrawide-Monitor; ab 3440 x 1440 Pixel
Helligkeit		
	In Klassenzimmern und Computerräumen mit nicht optimalen Lichtverhältnissen sollte der Monitor eine Helligkeit von mindestens 300 cd/m² und ein gutes Kontrastverhältnis aufweisen.	ab 250 cd/m²
Monitore (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Panel		
	IPS-Panels (In-Plane Switching) bieten eine hohe Farbtreue, eine schnelle Reaktionszeit und einen großen Blickwinkel. VA-Panels (Vertical Alignment) bieten bessere Schwarzwerte und einen höheren Kontrast.	IPS-Panel
Reaktionszeit		
	Eine niedrige Reaktionszeit (grau zu grau) ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	max. 5 ms

Anschlüsse		
	Neben Grafikanschlüssen können weitere Anschlüsse für Kopfhörer/Mikrofon oder USB sinnvoll sein.	USB-C, HDMI oder DisplayPort
Ergonomie		
	Der Monitor sollte in der Höhe und Neigung verstellbar sein.	stabiler Standfuß, höhenverstellbar, neigbar
Zertifizierung		
	Verpflichtend wird bei Monitoren ein EU-Energielabel ausgewiesen (Neufassung ab 1.3.2021). Bei der erforderlichen Helligkeit ist z. B. bei 24“-Monitoren die Energieeffizienzklasse bis E angemessen.	EU-Energielabel bis E zertifiziert nach TCO Certified Displays oder gleichwertigen Kriterien
Zusatzoptionen		
	Docking-Funktion (Anschluss von Maus und Tastatur über USB-A, Ethernet-Anschluss, Endgerät über USB-C mit PD) KVM-Switch (Keyboard, Video, Mouse) zum Anschluss mehrerer Endgeräte Daisy Chain zur Verbindung mehrerer Monitore integrierte Lautsprecher integrierte Webcam bzw. Videokonferenzsystem	
Garantie		
	Da aktuelle Monitore relativ günstig und haltbar sind, ist eine erweiterte Garantie nicht notwendig.	gesetzliche Gewährleistung
Preis		
	24"-Monitor: 24"-Monitor mit integrierter Dockingstation 27"-Monitor: 34”-Ultrawide-Monitor mit integrierter Dockingstation	150 € 180 € 240 € 460 €

e) Datenblatt USB-Dockingstationen

(vgl. Kapitel 9.f) Auswahlkriterien Monitore und Dockingstationen)

USB-Dockingstationen **Kernkriterien: Anschlüsse, Stromversorgung, Monitore und Auflösung**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Anschlüsse		
	Für den Anschluss von Peripheriegeräten müssen USB-A-Anschlüsse in ausreichender Anzahl verfügbar sein. USB-C ermöglicht die gleichzeitige Übertragung von Daten, Video- und Audiosignale sowie die Stromversorgung der Endgeräte mit bis zu 240 W. Üblich sind mindestens zwei digitale Videoanschlüsse (USB-C, HDMI oder DisplayPort).	USB-C mit PD mind. 65 W mind. 3 x USB-A mind. 2 x digitale Videoausgänge (USB-C/ HDMI/DisplayPort) 1 x 1 Gbit/s-Ethernet

Stromversorgung		
	Die Stromversorgung der Dockingstation sollte über ein eigenes Netzteil erfolgen, das mit einem zusätzlichen USB-PD oder herstellerspezifischen Stromanschluss verbunden wird.	eigene Stromversorgung
Monitore und Auflösung		
	Beim Betrieb mit mehreren Monitoren über eine Docking-Station können Auflösung und Bildwiederholrate begrenzt sein.	mind. 1x Video-Anschluss mit 3840 x 2160 (60Hz) oder mind. 2x 1920 x 1080 (60Hz)

USB-Dockingstationen (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Zusatzfunktionen		
	Audioanschlüsse für Kopfhörer/Mikrofon Kartenleser für Speicherkarten	
Garantie		
		mindestens 2 Jahre Garantie
Preis		
	USB-Dockingstation (2x Full-HD) mit Netzteil USB-Dockingstation (2x 4K) mit Netzteil	ab 100 € ab 200 €

f) Datenblatt USB-Ladestationen (Lade-Hubs)

(vgl. Kapitel 9.g) Auswahlkriterien USB-Ladestationen (Lade-Hubs) und Powerbanks)

Kernkriterium (USB-Ladestationen): Ausstattung		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Ausstattung		
	Die Ladestation ist zum Aufladen von Tablets und Notebooks vorgesehen. USB-Ladestationen gibt es in verschiedenen Leistungsstufen. Für Notebooks sollte jeder Anschluss eine Leistung von mind. 65 W bereitstellen. Die elektrische Hausinstallation muss für die Leistungsaufnahme der Ladestation geeignet sein.	Ladestandard USB-PD
USB-Ladestationen (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Zusatzfunktionen		
	Integrierter USB-Hub zum Synchronisieren der Geräte Integrierter Access-Point und Netzwerkschnittstelle	

	Integrierter Hauptschalter zum Ausschalten der Ladestation	
Garantie		
		mindestens 2 Jahre Garantie
Preis		
	USB-Ladestation für 8 Tablets	ab 200 €
	USB-Ladewagen für 24 Tablets	ab 1.000 €
	USB-Ladewagen für 24 Notebooks	ab 1.400 €

g) Datenblatt Powerbanks

(vgl. Kapitel 9.g) Auswahlkriterien USB-Ladestationen (Lade-Hubs) und Powerbanks)

Powerbanks **Kernkriterien: Ausstattung, Kapazität, Kennzeichnung**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Ausstattung		
	Powerbank sind zum Aufladen von Tablets und Notebooks geeignet und werden in verschiedenen Leistungsstufen und Kapazitäten angeboten. Für Notebooks sollte eine Leistung von mind. 65 W bereitgestellt werden können.	USB-PD mind. 65 W
Kapazität		
	Die Kapazität sollte für zwei vollständige Ladevorgänge ausreichen.	mind. 20.000 mAh (75 Wh)
Kennzeichnung		
	Bei der Beschaffung sollte auf eine CE-Kennzeichnung geachtet werden, die eine Konformität mit den europäischen Standards sicherstellt. Ergänzend kann auch auf GS (Geprüfte Sicherheit)-Zertifikate des TÜVs geachtet werden.	CE-Kennzeichnung

weitere Kriterien (Powerbanks)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Garantie		
		gesetzliche Gewährleistung
Preis		
	Powerbank (20.000 mAh)	ab 40 €

h) Datenblatt Server

(vgl. Kapitel 9.h) Auswahlkriterien Server und Serverbetriebssysteme)

Server **Kernkriterien: Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse, Garantie**	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
Systemleistung/CPU	
Um die Prozessorleistung zu überprüfen, eignet sich der Benchmark SPEC CPU 2017 Integer Rates Base Results. Wegen des hohen Aufwands für eigene Messungen wird die Nutzung der ausführlichen Datenbank von SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation) empfohlen. https://www.spec.org/cgi-bin/osgresults?conf=rint2017 Die angegebenen Benchmarkwerte beziehen sich zum Teil auf Systeme mit zwei CPUs. In diesem Fall muss der Wert halbiert werden. Für den Einsatz in der Schule ist eine CPU ausreichend. Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung beifolgenden Prozessoren erfüllt, ist: **bis zu 2 virtuelle Maschinen** (VM): alle Intel Xeon E alle Intel Xeon D (ab 4 Kerne) alle Intel Xeon W ab Intel Xeon Bronze alle AMD EPYC **ab 3 virtuelle Maschinen** (VM): alle Intel Xeon E (ab 8 Kerne) alle Intel Xeon W (ab 8 Kerne) ab Intel Xeon Silver 4110 alle AMD EPYC	**bis zu 2 VM:** ab 4-Kern-CPU Benchmarkwerte SPEC-CPU 2017 SPECrate2017_int_base: ab 10 (bei 1 CPU) **ab 3 VM:** ab 8-Kern-CPU Benchmarkwerte SPEC-CPU 2017 SPECrate2017_int_base: ab 35 (bei 1 CPU)
RAM	
Zur Vermeidung von Leistungseinbußen sollten bei der Belegung der Steckplätze mit RAM-Modulen sollten die Herstellervorgaben bezüglich der Aufteilung auf die Speicherkanäle beachtet werden. Für eine spätere Erweiterungsmöglichkeit sollten weitere Steckplätze zur Verfügung stehen. ECC-Arbeitsspeicher (Error Correcting Code) beinhalten eine Fehlerkorrektur, die für Server im Dauerbetrieb sinnvoll ist.	**bis zu 2 VM:** ab 32 GB RAM ab 3.200 MT/s ECC RDIMMs (Remote Desktop Interface Management Modules)

	Sollen mehrere virtuelle Maschinen (VM) betrieben werden, muss auf ausreichend Arbeitsspeicher geachtet werden.	**ab 3 VM:** ab 128 GB RAM ab 3.200 MT/s ECC RDIMMs
LAN-Anschlüsse		
	Je nach vorgesehenem Einsatz sind mehrere LAN-Anschlüsse sinnvoll (z. B. Link Aggregation, Anbindung eines externen Storage). Empfohlen werden 10 Gbit/s-Ethernet-Anschlüsse. Falls die Infrastruktur nicht darauf ausgelegt ist, kann über eine Link-Aggregation von 1 Gbit/s-Anschlüssen ein höherer Datendurchsatz erreicht werden.	- bis zu 2 VM: 2 x 1 Gbit/s-Ethernet - ab 3 VM: 2 x 10 Gbit/s-Ethernet
Garantie		
	Sinnvoll ist eine „Vor-Ort-Garantie“ mit festgelegter Reaktionszeit. Beim Austausch defekter Festplatten kann festgelegt werden, dass diese aus Datenschutzgründen beim Kunden verbleiben.	mindestens 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“ maximale Reaktionszeit: nächster Arbeitstag
Virtualisierungsserver (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Speichersystem		
	Für eine höhere Ausfallabsicherung bietet sich mindestens ein RAID-5 Verbund (Redundant Array of Independent Disks), ggf. Hot-Spare, mit einem Hardware-Controller aus mindestens vier SSDs an. Für schulische Anwendungsszenarien sind meist Enterprise SSDs mit einer Endurance von 1 DWPD und einer SATA-Anbindung (Serial Advanced Technology Attachment) ausreichend. DWPD (Drive Writes Per Day) gibt an, wie oft die gesamte Speicherkapazität innerhalb der Garantiezeit täglich überschrieben werden könnte. Für höhere Übertragungsraten kann zur Anbindung die SAS-Schnittstelle (Serial Attached Small Computer System Interface) genutzt werden. Bei mehr Speicherbedarf können auch zusätzliche Datenträger eingebaut oder ein externes Speichersystem über ein 10 Gbit/s-Netzwerk angebunden werden.	- bis zu 2 VM: SATA-SSD: 2 x 960 GB mit 1 DWPD im RAID 0 Verbund - ab 3 VM: 4 x 1,92 TB SATA-SSD mit 1 DWPD im RAID 5 Hot-Spare Verbund
USB-Anschlüsse		
		mind. 2 x USB 3.x
Verwaltung		
	Zur Fernwartung des Servers über das Netzwerk kann eine Managementcard (Out of Band Management) sinnvoll sein.	Out of Band Management

Gehäuse		
		19"-Gehäuse
Stromversorgung		
		Redundantes Netzteil
Preis		
	bis zu 2 VM: Intel Xeon E23xx (4 Kerne) ab 3 VM: Intel Xeon E23xx (8 Kerne)	bis zu 2 VM: ab 2.000 € ab 3 VM: ab 4.000 €

i) Datenblatt NAS-Systeme

(vgl. Kapitel 9.i) Auswahlkriterien NAS-Systeme)

NAS-Systeme **Kernkriterien: Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Systemleistung/CPU		
	Für viele Serverdienste oder gleichzeitige Zugriffe mehrerer Personen und eine kurze Reaktionszeit ist ein leistungsfähiger Prozessor erforderlich. Für Zusatzfunktionen ist ein leistungsstärkerer Prozessor sinnvoll.	ab Quadcore-Prozessor mit mind. 1,5 GHz Taktfrequenz
RAM		
	Die Nutzung von Zusatzfunktionen erfordert einen größeren Arbeitsspeicher. NAS-Systeme bieten häufig die Möglichkeit, den Arbeitsspeicher zu erweitern.	ab 4 GB
LAN-Anschlüsse		
	Sinnvoll sind 2 RJ45-LAN-Anschlüsse mit Gigabit-Ethernet und 1 SFP+-Port für 10-Gbit/s Ethernet.	2 x 1 Gbit/s-Ethernet 1 x SFP+-Port

NAS-Systeme (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Konfiguration		
	Die Konfiguration erfolgt über eine Weboberfläche mit Zugriff auf das Dateisystem über SSH (Secure Shell). Sinnvoll ist es, wenn das NAS-System Systemmeldungen (Speicherplatz oder Festplattenfehler) per E-Mail verschickt.	Konfiguration über eine Weboberfläche (Webinterface auf Deutsch) Zugriffsmöglichkeit über SSH

		Benachrichtigung per E-Mail bei Systemwarnungen
Festplatten-Einschübe		
	Sinnvoll sind NAS-Systeme mit mind. 4 Festplatteneinschüben.	4 Festplatteneinschübe
Festplatten (HDD)		
	Es sollten die für den Dauerbetrieb geeignete SATA-Festplatten verwendet werden (Servereinsatz oder NAS-Einsatz, 24/7). Ggf. kann es sinnvoll sein, eine weitere Festplatte (als Vorrat) zu beschaffen, um bei einem Defekt schnell reagieren zu können.	4 SATA-Platten mit je 4 TB, geeignet für den Dauerbetrieb (NAS-Festplatten) Hot-Swap-Fähigkeit; ggf. Hot-Spare-Festplatte
Controller		
	Hardware-Controller mit der Möglichkeit, unterschiedliche Raid-Level zu realisieren (z. B. RAID 1, RAID 5, RAID 6, ggf. Hotspare) Festplatten sollen im laufenden Betrieb gewechselt werden können.	Hardware-Controller mit RAID 5, RAID 6
USB-Anschlüsse		
	Sinnvoll sind mind. 2 USB-Anschlüsse mit USB 3.0 zum Anschluss eines Backup-Mediums.	2 x USB 3.0
Benutzerverwaltung		
	Möglichkeit der lokalen Benutzerverwaltung, Gruppenverwaltung und ggf. Active-Directory- oder LDAP-Authentifizierung	
Zugriffsmöglichkeiten		
	Die Benutzer sollten auf das NAS mit gängigen Protokollen und Werkzeugen zugreifen können (Windows-Zugriffe, SMB v2, nfs, ftp, http, https). Für den Zugriff mit mobilen Geräten sollte eine App verfügbar sein. Für Nutzer mit administrativen Rechten sollte eine Zwei-Faktor-Authentifizierung verfügbar sein.	Zugriffe über SMB v2, nfs, ftp, http, https App für mobile Geräte

optionale Zusatzfunktionen		
	Je nach vorgesehenem Einsatz können Zusatzfunktionen von Interesse sein: iSCSI-Speicher (z. B. als externer Speicher für Virtualisierungslösungen) Verschlüsselung Virenscanner Automatisierte Backupfunktion	
Geräuschentwicklung		
	Falls das NAS in einem Raum steht, in dem sich gelegentlich Personen aufhalten, ist auf geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter). Leistungsstarke NAS-Systeme sind üblicherweise lauter.	max. 23 dB (im Betriebs-Modus, bei laufenden Festplatten)
Garantie		
		3 Jahre Garantie
Preis		
	NAS mit 4 Festplatten je 4 TB	ab 1.000 €

j) Datenblatt Thin Clients

(vgl. Kapitel 9.j) Auswahlkriterien Terminalserver-Systeme und Virtual Desktop Infrastructure)

Thin Clients **Kernkriterien: Grafikeinheit, Anschlüsse, Ergonomie, Garantie**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Grafikeinheit		
		unterstützte Auflösung mind. 1920 x 1080 Pixel
Anschlüsse		
	üblich sind 2 digitale Monitor-Anschlüsse, ggf. zusätzlich 1 x USB-C als Universalanschluss	mind. 1 digitaler Monitor-Anschluss (USB-C/HDMI. DisplayPort) mind. 2 x USB 2.0 und 1 x USB 3.0 1 Gbit/s-Ethernet
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie		
		lüfterloses Design

		Leistungsaufnahme: max. 10W im Leerlauf (Idle-Mode)
Garantie		
	Üblicherweise werden Thin Clients im Garantiefall zum Hersteller eingeschickt (z. B. PickUp & Return).	mindestens 3 Jahre Garantie

Thin Clients (weitere Kriterien)	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
unterstützte Protokolle	
Die Thin Clients müssen die zum Terminal-Server passenden Übertragungsprotokolle unterstützen.	RDP, Citrix ICA/HDX
RAM	
	mind. 2 GB
Massenspeicher	
	mind. 8 GB
Preis	
	ab 270 €

k) Datenblatt Ethernet-Switches

(vgl. Kapitel 9.k) Auswahlkriterien Netzwerkkomponenten)

k1) Layer-2-Switches (managebarer VLAN-fähiger Layer-2-Switch zum Einsatz in einem Bereichsverteiler)

Layer-2-Switches **Kernkriterien: Schnittstellen, VLANs, Leistung, Garantie**	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
Schnittstellen	
Üblich sind 24 oder 48 Ethernet-Ports (RJ45) mit 1 Gbit/s und zusätzlich 2 bis 4 Uplink-Ports (SFP+) mit 10 Gbit/s.	ab 24 Ethernet-Ports mit 1 Gbit/s, ggf. Ports mit 2,5 Gbit/s und mind. 2 SFP+ Ports mit 10 Gbit/s
VLANs	
	VLAN-Unterstützung nach IEEE 802.1q

Leistung		
	Die interne Switching-Kapazität sollte der doppelten Gesamtkapazität aller Ports entsprechen. Der Datendurchsatz in Mpps (Million packets per second) gibt die Zahl der pro Sekunde verarbeitbaren Pakete an. Weitere Leistungsparameter sind Latenzzeit, Paketpuffergröße. Nicht alle Anbieter geben vergleichbare Werte für die Leistungsfähigkeit an.	Switch mit 24 Ethernet- und 2 SFP+-Ports: Switching-Kapazität: mind. 88 Gbit/s Datendurchsatz: mind. 44 Mpps Switch mit 48 Ethernet- und 4 SFP+-Ports: Switching-Kapazität: mind. 176 Gbit/s Datendurchsatz: mind. 88 Mpps
Garantie		
		5 Jahre Garantie
Layer-2-Switches (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Konfiguration		
	Die übliche Konfiguration erfolgt über ein Webinterface Zusätzlich gibt es die Möglichkeit einer cloudbasierten Konfiguration der Geräte.	Konfiguration über ein Webinterface. Bei Cloud-Betrieb sind die datenschutzrechtlichen Vorgaben zu berücksichtigen.
Power over Ethernet - PoE		
	Zur Stromversorgung angeschlossener Netzwerkgeräte (z. B. Access-Points, IP-Telefone, Web-Kameras) ist ein PoE-fähiger Standard. - PoE nach IEEE 802.3af: max. Leistung pro Port: 15,4 W - PoE+ nach IEEE 802.3at: max. Leistung pro Port: 30 W - PoE++ nach IEEE 802.3bt: max. Leistung pro Port: 90 W Die Anzahl der über PoE versorgbaren Netzwerkgeräte wird durch die Gesamtleistung limitiert.	PoE+ Wi-Fi 7 Access-Points benötigen ggfs. PoE++
Lüfter		
	Die Lüfter in einem Switch entwickeln oft störende Geräusche.	lüfterloses Design beim Einsatz im Klassenzimmer

zusätzliche Funktionen		
	Rapid Spanning-Tree (Loop-Protection) QoS (Quality of Service) bei VoIP Ggf. Port-Mirroring und Protokollierung fehlerhafter Datenframes (Fehlersuche) Monitoring von Parametern (z.B. Auslastung, Bandbreiten, Dienste) zur Problembehebung	
Montage		
	Montage im Rack	19“-Gerät
Service		
	kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates	kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates über mind. 5 Jahre
Preis		
	PoE-Switch mit 24 Ethernet- und 4 SFP+-Ports PoE-Switch mit 48 Ethernet- und 4 SFP+-Ports	ab 900 € ab 1.500 €
SFP-Module		
	SFP+-Modul mit 10 Gbit/s: Bei SFP-Modulen (Gigabit Interface Converter GBIC) muss auf den richtigen LWL-Anschluss (ST, SC, LC) und auf Hersteller-kompatibilität geachtet werden.	ab 80 €

k2) Layer-3-Switches

Layer-3-Switches **Kernkriterien: Werte für Schnittstellen, VLANs, Leistung, Garantie**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Layer-2 Merkmale		
	Alle Merkmale für Layer-2-Switches gelten auch für Layer-3-Switches.	
Leistung		
	Layer-3-Switches unterscheiden beim Datendurchsatz nicht zwischen Routing und Switching. Die interne Switching-/Routing-Kapazität (Backplane) sollte der (doppelten) Gesamtkapazität aller Ports entsprechen.	
Routing		
		statisches Routing

Firewall		
		ACL-Filterung (Access Control List Filtering) über Ziel/Quell-IP auf VLAN-Basis

Layer-3-Switches (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
mögliche zusätzliche Funktionen		
	DHCP-Server DHCP-Relay (Weiterleitung von DHCP-Anfragen) QoS (Quality of Service) bei VoIP Bandbreitenbeschränkung per Port Multicast DNS-Gateway	
Preis		
	Layer-3-Switch mit 24 Ethernet- und 4 SFP+-Ports Layer-3-Switch mit 24 SFP+-Ports	ab 1.000 € ab 3.500 €
SFP-Module		
	SFP+-Modul mit 10 Gbit/s	ab 80 €

l) Datenblatt Internetzugangsrouter

(vgl. Kapitel 9.k) Auswahlkriterien Netzwerkkomponenten)

Internetzugangsrouter Kernkriterien: LAN-Schnittstellen, WAN-Schnittstellen, Routing-Durchsatz		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
LAN-Schnittstellen		
	4 x 1 Gigabit-Ethernet-Ports, die als Router-Ports in unterschiedliche Netze getrennt werden können. Einzelne LAN-Ports können in Verbindung mit einem externen Modem als zusätzliche WAN-Schnittstellen zum Load-Balancing geschaltet werden. Ausreichende Anzahl der SFP- und SFP+-Ports in Abhängigkeit der voraussichtlich zukünftig benötigten Bandbreite.	4 x 1 Gbit/s-Ethernet- und mind. 1 x SFP-Port (RJ45), als Router-Ports konfigurierbar

WAN-Schnittstellen		WAN-Schnittstellen
	Mindestens zwei WAN-Gigabit-Ethernet-Schnittstellen, konfigurierbar für externes Modem (z. B. PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet), je nach Provider) z. B. Glasfaser	Zwei zur WAN-Technologie kompatible Schnittstellen (z. B. Glasfaser)
Routing-Durchsatz		
	Wenn der Router auch zur Trennung verschiedener Netze eingesetzt werden soll, sollte der Durchsatz entsprechend höher sein. Der Router sollte dabei mindestens 100.000 gleichzeitige Sitzungen verwalten können.	Routing-Durchsatz mind. 900 Mbit/s bzw. mind. 1 Mbit/s pro Client
Internetzugangsrouter (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Konfiguration		
	Die Konfiguration erfolgt üblicherweise ein Webinterface des Routers. Neue Technologien setzen auf die Möglichkeit einer cloudbasierten Konfiguration der Geräte.	Konfiguration über ein Webinterface. Bei Cloud-Betrieb sind die datenschutzrechtlichen Vorgaben zu berücksichtigen.
VLAN-Fähigkeit		
	Zusätzlich zu den physikalischen Schnittstellen lassen sich Subinterfaces bzw. VLANs konfigurieren, über die weitere Teilnetze angesprochen werden können.	Unterstützung von VLANs nach 802.1q, Routing zwischen VLANs
Firewall		
	Eine Stateful-Inspection-Firewall ermöglicht die richtungsabhängige Paketfilterung und Überwachung des Status der einzelnen Verbindung. Die Firewall muss konfigurierbar sein nach Quelle, Ziel und Dienst (IP-Adressen, Schnittstellen, Ports).	Stateful-Inspection-Firewall, konfigurierbar nach Quelle, Ziel, Dienst
VPN		
	VPN-Verbindungen ermöglichen einen sicheren Remote-Zugriff über das Internet (z. B. zur Fernwartung, Anschluss einer Zweigstelle, Remote-Zugriff einzelner Lehrkräfte). Gegebenenfalls ist eine eigene VPN-Client-Software erforderlich. Wenn viele gleichzeitige VPN-Verbindungen nötig sind, erfordert dies einen leistungsstärkeren Router.	Unterstützung von mind. 10 gleichzeitigen VPN-Verbindungen

Jugendschutzfilter		
	Viele Internetzugangsrouter bieten eine Unterstützung für die Nutzung eines Jugendschutzfilters (Webfilter auf DNS-Basis). Dieser muss üblicherweise eigens lizenziert werden.	
Montage		
	19"-Gerät zum Einbau in einem Rack bzw. Tischgerät	19"-Gerät bzw. 19"-Einbaurahmen
Garantie		
		mindestens 5 Jahre Garantie
Service		
	Der Hersteller sollte kostenlose Firmware-Updates, Support und Zusatzinfos (z. B. Konfigurationsbeispiele) anbieten.	Kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates über mind. 5 Jahre
Zusatzfunktionen		
	Weitere Zusatzfunktionen (DNS Relay bzw. DNS Proxy, DHCP) sind üblicherweise an allen Routern integriert. Monitoring von Parametern (z.B. Auslastung, Bandbreiten, Dienste) zur Problembehebung und Kapazitätsplanung	DHCP-Server für alle Teilnetze DNS-Relay Load-Balancing auf mehrere WAN-Verbindungen
Preis		
	VPN-Router (z. B. 100 gleichzeitige VPN-Verbindungen) oder Router mit höheren Routing-Bandbreiten können erheblich teurer sein.	ab 900 €

m) Datenblatt Access-Points

(vgl. Kapitel 9.k) Auswahlkriterien Netzwerkkomponenten)

Access-Points **Kernkriterien: WLAN-Standard, Übertragungsraten, Konfiguration, Authentifizierung, Multi-SSID, LAN-Schnittstelle, Stromversorgung,**	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
WLAN-Standard	
Aktueller Standard: 802.11be / Wi-Fi 7 Der Wi-Fi-6E-Standard verbindet Geräte auch im 6-GHz-Band.	mind. IEEE 802.11ax / Wi-Fi 6E 2,4 GHz, 5 GHz und 6 GHz
Übertragung	
Die Übertragungsrate hängt neben der Frequenz, der Kanalbandbreite und dem WLAN-Standard auch von der Anzahl der gleichzeitigen Verbindungen ab (MIMO bzw. MU-MIMO) ab.	2,4 GHz: 2 x 2 MIMO 5 GHz: 4 x 4 MIMO 6 GHz: 4 x 4 MIMO
Konfiguration	
Die Konfiguration muss zentral möglich sein. Gegebenenfalls entstehen zusätzliche Kosten.	zentrales Management über einen WLAN-Controller oder eine Management-Cloud Bei Cloud-Betrieb sind die datenschutzrechtlichen Vorgaben zu berücksichtigen.
Authentifizierung	
Üblich sind noch WPA2-PSK (Pre-Shared Key) und WPA2-Enterprise (802.1x in Verbindung mit einem RADIUS-Server). Der aktuelle Standard ist WPA3. Damit ältere Clients unterstützt werden, muss der Access-Point auch WPA2 anbieten.	WPA2-PSK WPA2-Enterprise (802.1x) WPA3
Multi-SSID	
Multi-SSID ermöglicht die Bereitstellung mehrerer Funkzellen (SSIDs) in unterschiedlichen Teilnetzen (VLANs) für unterschiedliche Benutzergruppen bzw. Bereiche.	Multi-SSID, VLAN-Unterstützung nach 802.1q

LAN-Schnittstelle		
	Schnelle Access-Points ermöglichen eine Anbindung mit mehr als 1 Gbit/s.	1 Gbit/s- oder 2,5 Gbit/s Ethernet
Stromversorgung		
	PoE (Power over Ethernet) ist Standard.	PoE, IEEE 802.3af, 802.3at oder 802.3bt

Access Points (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Sendeleistung		
	Um Störungen zu benachbarten Access-Points zu vermeiden und die Strahlenbelastung zu minimieren, kann es die Reduktion der Sendeleistung sinnvoll sein.	Die Sendeleistung soll reduzierbar sein.
Antennen		
	Externe Antennen können durch spezielle Richtcharakteristiken das Sende- und Empfangsverhalten positiv beeinflussen und die Strahlenbelastung reduzieren; im Klassenzimmer reichen meist die eingebauten Standardantennen aus.	Gerät muss für den vorgesehenen Montageort (Wand oder Decke, innen oder außen) geeignet sein.
Garantie		
		mind. 3 Jahre Garantie
Service		
	Der Hersteller sollte kostenlose Firmware-Updates, Support und Zusatzinfos (z. B. Konfigurationsbeispiele) anbieten.	Kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates über mind. 5 Jahre
Preis		
	Access-Point Ggf. weitere Kosten für den Controller bzw. die Management-Cloud	ab 300 €

n) Datenblatt Großbildmonitore

(vgl. Kapitel 9.I) Auswahlkriterien Großbilddarstellungen)

Großbildmonitore Kernkriterien: Oberfläche und Helligkeit, Auflösung	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
Oberfläche und Helligkeit	
Für wechselnde Lichtverhältnisse sollte die Präsentationsfläche möglichst wenig spiegeln (z. B. mattes Display). Je nach Montageort im Raum sollte die Oberfläche möglichst kratzunempfindlich sein (z. B. Mohs-Härtegrad 7).	ab 350 cd/m² (Nits)
Auflösung	
Das Seitenverhältnis ist standardmäßig 16:9.	ab 3.840 x 2.160 Pixel

Großbildmonitore (weitere Kriterien)	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
Garantie	
Aufgrund der Größe sollte geprüft werden, ob eine “Vor-Ort-Garantie" (z. B. von 3 bis 5 Jahren) möglich ist.	Nach Möglichkeit mit „Vor-Ort-Garantie“
Lautsprecher	
integrierte Lautsprecher, zur Verbesserung der Raumbeschallung kann der Anschluss externer Lautsprecher von Vorteil sein.	ab 2 x 10 W Schnittstelle für externe Lautsprecher
Reaktionszeiten	
Eine niedrige Reaktionszeit des Panels ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	max. 8 ms
Anschlüsse	
Um bei Bewegtbildern (> 30 Bilder/s) die volle Auflösung nutzen zu können, sind HDMI-2.0-Anschlüsse erforderlich, ansonsten genügen HDMI-1.4-Anschlüsse. 4K-Inhalte sind oft HDCP-2.2-geschützt. Weitere Schnittstellen (z. B. VGA, Audio-Ein-/Ausgang, USB, Netzwerk) können sinnvoll sein. Ein HDBaseT-Anschluss ermöglicht die Übertragung von Multimediasignalen über Netzwerkverkabelung über größere Distanzen als mit HDMI.	1 HDMI-2.0-Anschluss 1 weitere digitale Schnittstelle (HDMI, DisplayPort oder USB-C) Zusätzlich für interaktive Großbildmonitore: USB-A zur Übertragung von Toucheingaben an einem PC USB-C für die kombinierte Übertragung von Bild und Ton sowie Toucheingaben

Betriebszeiten, Lebensdauer		
	Großbildmonitore im schulischen Einsatz sollten für vielstündigen Dauerbetrieb ausgelegt sein und über eine hohe Lebensdauer verfügen.	Betriebszeiten: ab 12 Stunden pro Tag Lebensdauer: ca. 50.000 Stunden
Drahtlose Bildschirmübertragung		
	Manche Großbildmonitore verfügen über integrierte Möglichkeiten zur drahtlosen Bild- und Tonübertragung (z. B. Miracast, AirPlay oder Google Cast). Teilweise sind herstellerabhängige Apps notwendig.	
Touchpunkte (interaktiver Großbildmonitor)		
	Für Gestensteuerungen und gleichzeitiges Arbeiten muss das Display über Multitouch verfügen.	Erfassung von mindestens 10 gleichzeitigen Berührungspunkten
integrierter PC (interaktiver Großbildmonitor)		
	Einige Hersteller bieten integrierte PCs an, die z. B. als Einschubmodul über eine OPS-Schnittstelle (Open Plugable Specification) angebunden werden.	Automatische Versorgung mit Updates durch den Hersteller
Betriebssystem (interaktiver Großbildmonitor)		
	Der interaktive Großbildmonitor sollte auch ohne PC nutzbar sein, beispielsweise durch ein integriertes Android-System mit entsprechenden Apps: Schreibfunktion (Tafel) Internet-Browser Mediaplayer ggf. ist ein zentrales Gerätemanagement etwa zum Zurücksetzen, für App-Installationen oder Updates verfügbar.	integriertes Betriebssystem mit mindestens 3 GB RAM und 32 GB interner Speicher bei Android-Systemen mindestens Android 11
Preis		
	Großbildmonitor 75“	ab 1.600 €
	Großbildmonitor 86“	ab 2.200 €
	Interaktiver Großbildmonitor 86”	ab 3.500 €
	Wandhalterung	ab 150 €
	Halterung (z. B. Pylonen) und Seitentafeln	ab 1.500 €

o) Datenblatt Beamer

(vgl. Kapitel 9.l) Auswahlkriterien Großbilddarstellungen)

Beamer **Kernkriterien: Lichtstärke, Auflösung, Anschlüsse**	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
Lichtstärke	
Der Beamer sollte für wechselnde Lichtverhältnisse und nicht optimal geeignete Präsentationsflächen über eine ausreichende Helligkeit verfügen.	ab 3.400 Lumen im Normal-Modus (ANSI-Lumen bzw. nach ISO/IEC 21118)
Auflösung	**Auflösung**
Die native Auflösung des Beamers sollte idealerweise der Auflösung des Monitors entsprechen.	- Standard-Beamer ab 1.920 x 1.080 Pixel bzw. ab 1.920 x 1.200 Pixel - Ultrakurzdistanz-Beamer ab 1.920 x 1.080 Pixel bzw. ab 1.920 x 1.200 Pixel
Anschlüsse	
Aktueller Standard sind zwei HDMI- und ein VGA-Eingang.	2 digitale Eingänge (HDMI, DisplayPort oder USB-C)

Beamer (weitere Kriterien)	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
optionale Anschlüsse / Schnittstellen	
Ein Netzwerkanschluss (LAN/WLAN) kann zur Steuerung und Einbindung in die Infrastruktur sinnvoll sein. Ausgabe eines analogen und eines digitalen Audio-Signals über den analogen Audio-Ausgang (zum Anschluss externer Lautsprecher) HDMI-Anschluss für einen Adapter mit ausreichen leistungsstarker Stromversorgung über HDMI/MHL oder über USB für die kabellose Bild- und Tonübertragung (falls erforderlich) Ein HDBaseT-Anschluss ermöglicht die Übertragung von Multimediasignalen durch entsprechende Endgeräte über Netzwerkverkabelung über größere Distanzen als mit HDMI.	USB, LAN, WLAN, analoger Audio-Ausgang
Drahtlosverbindung	
Manche Beamer verfügen bereits über integrierte Möglichkeiten zur drahtlosen Bild- und Tonübertragung	

	(z. B. Miracast, AirPlay oder Google Cast). Teilweise sind herstellerabhängige Apps für die Darstellung notwendig.	
Geräuschentwicklung		
	Die vom Hersteller angegebenen Werte sind nicht unmittelbar vergleichbar.	28 dB (Eco-Modus) 37 dB (Normal-Modus)
Lampenlebensdauer		
	Laser- und LED-Beamer sind deutlich energieeffizienter und langlebiger als Geräte mit Entladungslampen. Für bestimmte Entladungslampen gibt es seit Februar 2025 EU-Richtlinien, die die Produktion verbieten.	Laser- und LED-Beamer: Lampenlebensdauer mind. 20.000 Std.
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie		
		zertifiziert nach TCO Certified Projectors oder gleichwertigen Kriterien
Garantie		
	Für Schulen geben einige Hersteller durch die Registrierung des Geräts eine erweiterte Garantie von drei Jahren einschl. Lampe (unter Begrenzung auf eine Betriebsstundenanzahl).	3 Jahre Garantie
Preis		
	- Laser-Beamer (1.920 x 1.080 Pixel) - Laser-Ultrakurzdistanz-Beamer (1.920 x 1.080 Pixel) - Interaktiver Laser-Ultrakurzdistanz-Beamer (1.920 x 1.080 Pixel mit Stift und Gestensteuerung)	ab 800 € ab 1.500 € ab 2.300 €

p) Datenblatt Dokumentenkamera

(vgl. Kapitel 9.m) Auswahlkriterien Dokumentenkamera)

Dokumentenkamera **Kernkriterien: Auflösung, Bildfrequenz, Zoom, Anschlüsse**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Auflösung		
	Die Ausgangsauflösung der Kamera sollte mindestens Full HD (1.920 x 1.080 Pixel) betragen. Dies entspricht ca. 2 Megapixel.	Ausgangsauflösung mind. 1.920 x 1.080 Pixel
Bildfrequenz		
	Für die Darstellung von Bewegtbildern sind mind. 30 Bilder/s nötig.	mind. 30 Bilder/s
Zoom		
	Digitalkameras bieten üblicherweise einen optischen und zusätzlich einen digitalen Zoom.	mind. 6-fach optischer Zoom
Anschlüsse		
	HDMI-Eingang zum Anschluss eines PC HDMI-Ausgang zum Beamer	HDMI-Eingang HDMI-Ausgang

Dokumentenkameras (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
optionale Anschlüsse		
		VGA, USB, Cardreader
Weitere Funktionen		
	Erstellen und Speichern von Bildern und Videos auf USB-Stick, Speicherkarte oder direkt auf den PC	
Preis		
		ab 500 €

q) Datenblatt Drucker

(vgl. Kapitel 9.o) Auswahlkriterien Drucker)

Kernkriterien (Drucker): Auflösung, Anschlüsse, Geschwindigkeit, Papierzufuhr		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Auflösung		
		ab 1.200 x 1.200 dpi
Anschlüsse		
	LAN-Anschluss (RJ45), ggf. zusätzlich eine WLAN-Schnittstelle	1 Gbit/s-Ethernet
Geschwindigkeit		
		Zeit bis zur ersten Seite max. 30s mind. 30 Seiten/min nach ISO/IEC 24734:2014
Papierzufuhr		
	Für Einzelblätter und andere Medien ist eine eigene Mehrzweckzufuhr sinnvoll.	Papierkassette mit 250 Blatt, Mehrzweckzufuhr

Drucker (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Duplex		
		Duplexdruck 10 Seiten/min
Cloudbasierte Druckdienste		
	Herstellereigene Lösungen ermöglichen den Druck durch mobile Geräte Dabei ist aus Datenschutzgründen zu prüfen, ob der Dienst cloudbasiert (z. B. HP e-Print) ist oder die Datenübertragung direkt vom mobilen Gerät zum Drucker erfolgt (z. B. Mopria oder AirPrint).	
Zubehör		
	zweites bzw. größeres Papierfach	
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie		
		ggf. zertifiziert nach: Blauer Engel oder gleichwertigen Kriterien

Druckkosten		
	Bei in der Anschaffung preisgünstigen Geräten sind oft die laufenden Druckkosten hoch. Daher sollten die Kosten für Ersatzkartuschen (je Seite) berücksichtigt werden.	s/w-Seite: < 2 Cent Farbseite: < 10 Cent
Preis		
	Die angegeben Preise können bei erweiterten Funktionen wie Duplexdruck, Mehrzweck-Papierzufuhr und drahtlosem Drucken abweichen.	s/w-Laserdrucker: ab 200 € Farbdrucker: ab 220 € (mit erweiterten Funktionen wie Duplexdruck, Mehrzweck-Papierzufuhr und drahtlosem Drucken) Farblaser-Multifunktionsgerät: ab 500 €

r) Datenblatt 3D-Drucker

(vgl. Kapitel 9.p) Auswahlkriterien 3D-Drucker)

3D-Drucker **Kernkriterien: Druckplatte, Schichtdicke**	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
Druckplatte	
Für die Verarbeitung vieler Kunststoffe ist eine beheizbare Druckplatte notwendig.	beheizbare Druckplatte
Schichtdicke	
ab 0,02 mm, u.a. abhängig von der gewählten Düse	bis 0,1 mm

3D-Drucker (weitere Kriterien)	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	**Empfehlungen**
Technologie	
Schmelzschichtungs-Verfahren (Fused Deposition Modeling FDM)	FDM
Druckmaterial	
Filament, Ø 1,75 mm (verbreitet) oder Ø 2,85 mm, je nach 3D-Drucker Kunststoffe: PLA, ABS, ASA, HIPS, PETG, Nylon, Tough PLA, Flex PLA, CPE, PVA u. a.	PLA oder PETG
Extruder	
1-2 Extruder, wählbare Temperatur bis zu 260°C Düsendurchmesser: 0,25 / 0,40 / 0,60 / 0,80 mm	Düsendurchmesser: 0,4 mm

Objektgröße		
	abhängig von der Größe des Druckers und der Druckplatte	ca. 200 mm x 200 mm x 200 mm
Bauform		
	offen/geschlossen, ggf. abschließbar	geschlossen
Preis		
		ab 400 €

s) Datenblatt Standalone-VR-Brille

(vgl. Kapitel 9.q) Auswahlkriterien für Extended Reality)

Standalone-VR-Brille **Kernkriterien: RAM, Massenspeicher, Akku, Display**		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
RAM		
		ab 8 GB
Massenspeicher		
	Installierte Anwendungen benötigen i. d. R. viel lokalen Speicherplatz.	ab 128 GB
Akku		
	Die Akkukapazität sollte für mindestens drei Stunden Nutzung (Laufzeit) ausreichend sein.	ab 5.000 mAh
Gewicht		
	Die Brille sollte möglichst leicht, der Augenabstand einstellbar und die Sehschärfe anpassbar sein.	Unter 600 g
Display		
	Da meist ein eigenes Display für jedes Auge vorhanden ist, ist die Auflösung pro Auge entscheidend. OLED-Displays bieten im Gegensatz zur LCD-Technik einen besseren Schwarzwert und dadurch ein kontrastreicheres Bild. Eine hohe Bildwiederholungsrate bietet ein flüssigeres Bild und beugt Motion Sickness vor. Das Sichtfeld (Field of View (FOV)) sollte möglichst groß sein.	Auflösung pro Auge: ab 2.000 x 2.000 Pixel Bildwiederholrate von mind. 90 Hz

Standalone-VR-Brillen (weitere Kriterien)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		**Empfehlungen**
Prozessor		
	Meist kommen speziell für VR-Anwendungen optimierte ARM-Prozessoren zum Einsatz.	
Bewegungserkennung und Interaktion		
	Die Freiheitsgrade DoF (Degrees of Freedom) geben an, welche Bewegungen erfasst werden können. 3 DoF bedeutet, dass nur die Kopfbewegungen registriert werden, 6 DoF erfassen zusätzlich die Bewegungen des Körpers. Zusätzlich sind Eye Tracking, Face Tracking, Hand Tracking und Body Tracking möglich. Controller ermöglichen die Interaktion.	6 DoF zwei Controller
weitere Schnittstellen		
	Einige Hersteller integrieren Lautsprecher und Mikrofone. Die Datenübertragung sollte kabellos möglich sein. Das Sichtfeld des Benutzers kann ggf. auf einen externen Bildschirm übertragen werden.	integrierte Lautsprecher und Mikrofon WLAN oder Bluetooth
Preis		
		ab 500 €

11. Weiterführende Literaturhinweise

Die zentrale Informationsquelle für die Schulen ist das mebis-Magazin (https://mebis.bycs.de). Die nachfolgend genannten Veröffentlichungen sollen die Empfehlungen über die in Kapitel 3 vorgestellte Beratungs- und Fortbildungsangebote ergänzen:

Medienbildung an bayerischen Schulen

- Medienbildung — Medienerziehung und informationstechnische Bildung in der Schule, Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, Az.: III.4-5 S 1356-3.18 725, München 24.10.2012, https://www.verkuendung-bayern.de/amtsblatt/dokument/kwmbl-2012-22-357
- Medienkonzepte, https://mebis.bycs.de/beitrag/initiative
- Lernen mit mobilen Endgeräten in der Grundschule https://mebis.bycs.de/schuledigital/leitfaden-gs
- Lernen mit mobilen Endgeräten in Förderschulen https://mebis.bycs.de/schuledigital/leitfaden-foes/start-foes
- In fünf Schritten zur “Digitalen Schule der Zukunft” https://mebis.bycs.de/digitale-schule-der-zukunft/leitfaden/start
- KMK-Empfehlungen zur schulischen Bildung, Beratung und Unterstützung von erkrankten Kindern und Jugendlichen https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2025/2025_03_20-Empfehlung-erkrankte-SuS.pdf

Datenschutz und Recht

- Datenschutz, Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, München, www.schuldatenschutz.bayern.de
- Erläuternde Hinweise zum Vollzug des Datenschutzrechts an staatlichen Schulen (VollzBek DS – Schulen), Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, Az.: I.3-V0781.4/96/30, München 14.07.2022, https://www.verkuendung-bayern.de/baymbl/2022-435/
- Rechtliche Hinweise zur Nutzung der IT-Infrastruktur und des Internetzugangs an Schulen (Schulische IT-Infrastruktur und Internetzugang), Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, Az. I.3-BO4000.0/45/59, München 14.07.2022, https://www.verkuendung-bayern.de/baymbl/2022-436/

IT-Technik und -Sicherheit

- Empfehlungen des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus zur Datensicherheit und Datenschutz an Schulen; https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit
- Bildschirmübertragung von mobilen Endgeräten, Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, Dillingen 2025, https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/Bildschirmuebertragung.pdf
- Proxy-Server in der Schule, Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, Dillingen 2021, https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/ProxyServer.pdf

Kompendium für organisationsinterne Telekommunikationssysteme mit erhöhtem Schutzbedarf (KomTK), Bonn 2025, https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/Empfehlungen-nach-Angriffszielen/Netzwerke/TK-Systeme/tk-systeme_node.html

- BSI IT-Sicherheitskennzeichen, https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/IT-Sicherheitskennzeichen/it-sicherheitskennzeichen_node.html

Ergonomie und Nachhaltigkeit

- Bildschirm- und Büroarbeitsplätze — Leitfaden für die Gestaltung, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, DGUV Information 215-410, https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/409
- Verpflichtungserklärung zur Einhaltung von Arbeits- und Sozialstandards in der öffentlichen ITK-Beschaffung, https://www.itk-beschaffung.de/Verpflichtungserklaerung-2019
- ILO Kernarbeitsnormen – Sozialstandards im Rahmen der Welthandelsordnung für menschenwürdige Arbeitsbedingungen, https://www.ilo.org/de/regions-and-countries/europe-and-central-asia/internationale-arbeitsorganisation-vertretung-deutschland/ilo-arbeits-und-sozialstandards
- Das zentrale Portal für nachhaltige Beschaffung öffentlicher Auftraggeber, http://www.nachhaltige-beschaffung.info
- Empfohlene Siegel, Umwelt Bundesamt, https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energiesparen/energieverbrauchskennzeichnung
- Blauer Engel, https://www.blauer-engel.de/de/produktwelt
- TCO, https://tcocertified.com/de
- EPEAT, https://www.epeat.net
- European Commission: Energy Star, https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-products/energy-star_en
- EU-Energielabel für Smartphones und Tablets https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Redaktion/DE/Standardartikel/Dossier/A-label-uebersicht.html

München, August 2025

gez.
Peter Botzenhart
Oberstudienrat

V1e