



Empfehlungen zur IT-Ausstattung von Schulen

Votum 2023/24

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

Votum 2023/24

Erarbeitet von Vertretern folgender Institutionen:

Bayerisches Staatsministerium für
Unterricht und Kultus (StMUK)

Akademie für Lehrerfortbildung und Personalfüh-
rung (ALP) Dillingen

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsfor-
schung (ISB)

und erfahrenen Lehrkräften

München, April 2024

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 2023/24 ist im Internet unter der Adresse
<https://mebis.bycs.de/beitrag/votum> abrufbar.

Grußwort



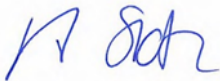
Mobile Endgeräte sind für viele Schülerinnen und Schüler zu einem selbstverständlichen Begleiter in Schule und Alltag geworden. Sich auszutauschen und digital zusammenzuarbeiten, war noch nie so leicht. An unseren Schulen können wir durch die neuen technischen Möglichkeiten Lernende und Lehrende noch enger zusammenbringen und unsere Schülerinnen und Schüler durch passgenaue Lernangebote unterstützen.

© Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus

Vernetzte Bildung braucht eine zeitgemäße technische Ausstattung. Darum sollen alle Schülerinnen und Schüler im Freistaat mobile Endgeräte im Unterricht nutzen können. Auch eigene Schülergeräte müssen nahtlos in die schulische Infrastruktur integriert werden, was eine umfassende strategische Planung durch die kommunalen und privaten Schulaufwandsträger im Dialog mit ihren Schulen erfordert. Im vorliegenden VOTUM finden Sie kompetente Ausstattungsempfehlungen aus technischer und pädagogischer Perspektive. Mit diesem hilfreichen Orientierungsrahmen können Schulaufwandsträger, Schulleitungen und Lehrkräfte unsere jungen Menschen fit machen für die digitale Welt – mit all ihren Chancen und Herausforderungen.

Den Mitgliedern des Beraterkreises danke ich für ihr großartiges Engagement. Sie machen das VOTUM durch ihre hohe fachliche Expertise zu einem wegweisenden Kompass für die digitale Bildung und geben allen Leserinnen und Lesern wertvolle Anregungen für die pädagogische Arbeit. Das ist ein Gewinn für unsere Schülerinnen und Schüler und ein Gewinn für das Bildungsland Bayern!

München, im April 2024



Anna Stolz

*Bayerische Staatsministerin
für Unterricht und Kultus*

Grußwort.....	2
1. Konzeption und Planung von Schulnetzen	5
a) Konzeption von Schulnetzen	5
b) Verortung der Dienste und Ressourcen.....	8
c) Pädagogische Planung von IT-Systemen in der Schule	10
2. Beschaffung von schulischen IT-Systemen	13
a) Beschaffung von IT-Systemen.....	13
b) Gewährleistung und Garantie	13
c) Nutzungsdauer	15
d) Leasing.....	15
e) gebrauchte Hardware (Refurbished-Geräte).....	16
3. Betreuung und Administration und Nutzung von schulischen IT-Systemen	16
a) Pädagogische Systembetreuung und technische IT-Administration an den Schulen	16
b) Einordnung der Supportanfragen nach Supportlevel	18
c) Administrative Aufgaben der technischen IT-Administration	19
d) Beratungs- und Fortbildungsangebote.....	21
e) Nutzungsordnung	23
f) Pädagogische Nutzungsregeln.....	23
4. Das digitale Klassenzimmer	24
a) Digitale Großbilddarstellung und drahtlose Bildschirmübertragung.....	25
b) Kamera.....	25
c) Analoge Tafel	25
d) Digitale Geräte für Schülerinnen und Schüler	26
e) Videokonferenzsysteme	28
f) Computerräume und andere Fachräume.....	30
g) Sonderpädagogischer Förderbedarf und Inklusion	30
5. Weitere Einsatzbereiche von schulischen IT-Systemen.....	31
a) Unterrichtsbezogene Nutzung frei zugänglicher Computer für Schülerinnen und Schüler.....	31
b) Schulische Arbeitsräume für Lehrkräfte	31
c) Ausstattung für die Seminausbildung	31
d) IT-Systeme für die Schulverwaltung	32
e) Digitale Informationsanzeige	32
6. Cloudbasierte Anwendungen.....	33
a) BayernCloud Schule (ByCS)	33
b) Fortbildungsangebot zur BayernCloud Schule.....	38
7. Vernetzung der Rechner, Schulhausvernetzung	39
a) Ethernet-Verkabelung (LAN)	39
b) Funknetz (WLAN).....	41
c) Logische Trennung des lokalen Netzes in Teilnetze	44
d) Allgemeine Hinweise	45
8. Verbindung mit dem Internet	46

a) Internetzugang	46
b) Internetzugangsrouten mit Firewall.....	47
c) Webfilter	48
9. Entscheidungskriterien bei der Auswahl von schulischen IT-Systemen	50
a) Arbeitsplatzcomputer	50
b) Notebooks	50
c) Tablets	51
d) Betriebssysteme und Anwendungssoftware für Arbeitsplatzcomputer, Notebooks und Tablets	53
e) Monitore	55
f) USB-Ladestationen (Lade-Hubs).....	55
g) Server und Serverbetriebssysteme.....	56
h) NAS-Systeme	57
i) Terminalserver-Systeme und Virtual Desktop Infrastructure	57
j) Netzwerkkomponenten	58
k) Großbilddarstellungen	61
l) Dokumentenkamera	63
m) Drahtlose Bildschirmübertragung.....	63
n) Drucker.....	65
o) 3D-Drucker	65
p) Extended Reality (XR)	65
10. Hardware-Spezifikationen für schulische IT-Systeme	67
a) Arbeitsplatzcomputer	67
b) Notebooks	69
c) Tablets	74
d) Monitore	79
e) USB-Ladestationen (Lade-Hubs).....	80
f) Server.....	81
g) NAS-Systeme.....	85
h) Thin Clients für den Zugriff auf Terminalserver	90
i) Ethernet-Switches	91
j) Internetzugangsrouten	95
k) Access-Points.....	97
l) Großbildmonitore.....	100
m) Beamer.....	103
n) Dokumentenkamera	105
o) Drucker.....	106
p) 3D-Drucker	107
q) Standalone-VR-Brille	108
11. Weiterführende Literaturhinweise	110

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 Einsatz digitaler Werkzeuge und Medien im Unterricht. Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus will die Schulen und die für die IT-Ausstattung der Schulen zuständigen Schulaufwandsträger mit dem Votum unterstützen, Neuausstattungen und Ersatzbeschaffungen in bestmöglicher Weise vorzunehmen und den Schulen einen Leitfaden für die Erweiterung der schulischen Ausstattung und Nutzung neuer Techniken geben.

1. Konzeption und Planung von Schulnetzen

Die Beschaffung von IT-Systemen, die für die schulische bzw. unterrichtliche Nutzung bestmöglich geeignet sind, muss unter Berücksichtigung der Anforderungen aus den schulspezifischen Zielen und Einsatzszenarien vorbereitet und entschieden werden. Die allgemeinen 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 – Medienziehung und informationstechnische Bildung in der Schule“ festgehalten (siehe <https://www.verkuendung-bayern.de/amtsblatt/dokument/kwmb1-2012-22-357/>).

Rechtliche Hinweise und Ausführungen zur Datensicherheit 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)“ (siehe <https://www.verkuendung-bayern.de/baymb1/2022-436/>) 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)“ (siehe <https://www.verkuendung-bayern.de/baymb1/2022-435/>).

a) Konzeption von Schulnetzen

Die Konzeption eines Schulnetzes beeinflusst nachhaltig die pädagogische und verwaltungsbezogene Arbeit der Lehrkräfte bzw. des sonstigen pädagogischen Personals, die Nutzung durch die Schülerinnen und Schüler sowie die Anforderung an die technische Administration. Das Schulnetz muss deshalb insbesondere nach pädagogischen, didaktischen und auch rechtlichen Überlegungen konzipiert werden. Es stellt die infrastrukturelle Basis zur Umsetzung des schulischen Medienkonzepts dar.

Die Konzeption des Schulnetzes ist eine zentrale Aufgabe der Schule (Schulleitung, pädagogische Systembetreuung, Datenschutzbeauftragter, Lehrerkollegium, Medienkonzept-Team) in unmittelbarer Zusammenarbeit mit dem zuständigen Schulaufwandsträger.

Die nachfolgend aufgeführten Elemente und Grundstrukturen sind in Schulen vorhanden. Abwandlungen und Mischformen ergeben sich aus den spezifischen Anforderungen der jeweiligen Einsatzumgebung. Es wird darauf hingewiesen, dass mit der folgenden Darstellung keine pädagogisch begründeten Entscheidungen vorweggenommen

werden oder rechtliche Prüfungen einhergehen. Rechtliche, insbesondere datenschutzrechtliche Aspekte, die bei der Planung von IT-Systemen an der Schule beachtet werden müssen, sind in Kapitel 1.c) 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 Netz und in den einzelnen Teilnetzen:

- Aufbau eines Netzwerks nach den gängigen Richtlinien (Primär-, Sekundärverkabelung in Glasfaser, Tertiärverkabelung in Kupfer, flächendeckendes WLAN) (siehe 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 und/oder drahtlosen Zugang ermöglichen (siehe Kapitel 7.c).
- Breitbandiger Internetanschluss (siehe Kapitel 8)

Verwaltungsnetz

Im Verwaltungsnetz wird 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 ein besonders geschütztes Netzwerk, in dem erhöhte Sicherheitsrichtlinien gelten, z. B. 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.

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.

Externer 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).

Unterrichtsnetz

Im Unterrichtsnetz steht die Eröffnung möglichst vielfältiger Einsatzszenarien und unterrichtlicher Methoden im Vordergrund. Nicht erforderliche Restriktionen sind in diesem Netz hinderlich und können das pädagogische Wirken beeinträchtigen. Die Verzahnung digitalen Arbeitens zuhause, an außerschulischen Lernorten sowie in der Schule soll

problemlos möglich sein. Dies kann z. B. durch einen orts- und zeitunabhängigen Zugriff auf unterrichtliche Dateien erreicht werden.

Zentral angebotene Dienste, z. B. innerhalb der BayernCloud Schule (siehe Kapitel 6.a)), erweitern die pädagogischen Möglichkeiten und entlasten zugleich die pädagogische Systembetreuung und die Schulaufwandsträger bei der Pflege und Administration. Dazu ist es nötig, dass die Schule über einen möglichst performanten, breitbandigen Zugang zum Internet verfügt.

Authentifizierung

Schülerinnen, Schüler und Lehrkräfte sowie sonstiges pädagogisches Personal können mit schuleigenen oder privaten Geräten auf das Netzwerk der Schule und darüber auf das Internet zugreifen. Eine individuelle Authentifizierung im Netzwerk der Schule ist dazu nicht notwendig. Eine benutzerbezogene Anmeldung innerhalb der Schule kann sinnvoll sein, wenn auf Ressourcen und Dienste (z. B. Schulserver) innerhalb der Schule zugegriffen werden soll.

Die Authentifizierung bei Clouddiensten erfolgt, sofern dies notwendig ist, beim Zugriff. Die Angebote der BayernCloud Schule verfügen über eine zentrale Nutzerauthentifizierung (Single Sign-On). Die Datensicherheit wird durch den Anbieter des zentralen Dienstes gewährleistet und vertraglich mit diesem vereinbart.

Protokollierung

Eine umfassende Protokollierung der Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler, der Lehrkräfte sowie des sonstigen an der Schule tätigen Personals innerhalb der Schule ist in der Regel nicht notwendig und in den meisten Fällen auch nicht sinnvoll (z. B. Protokollierung der Internetzugriffe). Falls diese aus spezifischem Anlass dennoch erfolgen soll, muss die datenschutzrechtliche Zulässigkeit der Protokollierung nach üblichen Kriterien wie Zweck, Erfordernis, Erlaubnis und Datensparsamkeit gewährleistet sein (siehe Kapitel 3.e)).

Innerhalb der genutzten Clouddienste kann eine Protokollierung der Schüleraktivitäten erfolgen (z. B. Protokollierung der Anmeldeversuche oder Protokollierung von Lernaktivitäten). Dies ist üblicherweise in den Nutzungsbedingungen des Clouddienstes geregelt.

Zugang zum WLAN

Wenn der Zugang zum WLAN ausschließlich dem Internetzugriff dient, sind keine erhöhten Sicherheitsanforderungen notwendig. Es genügt z. B. eine WPA2/WPA3-Verschlüsselung mit einem gemeinsamen Schlüssel (Pre-Shared Key). Eine zusätzliche Authentifizierung mit persönlichen Zugangsdaten ist nicht notwendig. Der gemeinsame Schlüssel kann innerhalb der Schule bekannt gegeben werden und sollte regelmäßig, z. B. zum Schuljahreswechsel, geändert werden.

Internetzugang mit Webfilter

Der Zugang zum Internet sollte auch bei Nutzung eines Webfilters möglichst frei und ohne merkbare Beeinträchtigung möglich sein. Grundsätzlich ist es geboten beispiels-

weise jugendgefährdende Inhalte und Schadsoftware (z. B. Phishing-Requests, Malware, Command and Control Requests) abzuwehren. Dies kann technisch über eine entsprechende Firewall oder eine DNS-Filterung sichergestellt werden (siehe Kapitel 8.c)).

b) Verortung der Dienste und Ressourcen

Grundlegend bei der Konzeption und Weiterentwicklung von Schulnetzen ist die Entscheidung, wo die (personenbezogenen) Daten gespeichert und verarbeitet werden sollen. Die Auslagerung zu externen Anbietern oder in eine Cloud kann die Verfügbarkeit und IT-Sicherheit erhöhen sowie für eine Entlastung der pädagogischen Systembetreuung sowie Schulaufwandsträger sorgen. Bei einer Auslagerung sind die entsprechenden datenschutzrechtlichen Regelungen, z. B. der Abschluss eines Auftragsvertragsvertrags (Art. 28 DSGVO), zu beachten.

Lokale Strukturen

Lokale Netzwerke in Unternehmen oder Behörden stellen alle erforderlichen Ressourcen innerhalb des eigenen Netzwerks bereit. Berechtigungen werden je nach Aufgabenbereich sehr differenziert vergeben, unternehmensfremde Personen oder Geräte sind nicht zugelassen. Ein Zugriff von außen 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 Netzwerke, die an diese lokalen Strukturen angelehnt sind, meist in Form von Windows-Domänen-Netzwerken realisiert. Es gibt üblicherweise für alle Benutzerinnen und Benutzer personenbezogene Accounts, die den Zugriff auf die internen Ressourcen ermöglichen.

Offene Strukturen

Lehrkräfte, sonstiges an der Schule tätiges Personal, Schülerinnen und Schüler arbeiten über digitale Kommunikation- und Kooperationswerkzeuge zusammen, vielfach auch von zu Hause aus bzw. mobil. Sie sollen Daten, Dienste und Anwendungen sowohl in der Schule als auch am Heimarbeitsplatz nutzen können.

In diesem Fall ist für den Einsatz lehrer- oder schülereigener mobiler Endgeräte im Unterrichtsnetz eine Öffnung der schulischen IT-Strukturen erforderlich. Gleichzeitig kann man die Ressourcen und den Administrationsaufwand in der Schule reduzieren, wenn man davon ausgeht, dass die persönlichen Daten von Lehrkräften, des sonstigen pädagogischen Personals oder von Schülerinnen und Schülern primär auf persönlichen Geräten oder ggf. über einen Clouddienst im Internet verarbeitet werden, welcher den Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit genügt. In der schlankesten Form einer offenen schulischen IT-Struktur stellt die Schule nur noch die Netzwerkinfrastruktur mit WLAN und Internetzugang zur Verfügung. Die Nutzung der Infrastruktur, z. B. einer Lernplattform, erfolgt innerhalb des rechtlichen Rahmens nach den pädagogischen Festlegungen der Schule bzw. der verantwortlichen Lehrkraft.

Cloudbasierte Strukturen

Der Cloud-Begriff wird heute allgemein für die Nutzung von Ressourcen im Internet oder in anderen Netzwerken verwendet. Daten, Rechenleistung und Programme befinden sich nicht auf dem Endgerät, sondern in der Regel auf einem externen Server (z. B. Datenspeicher in einem Rechenzentrum, Lernplattformen, Webanwendungen, Chat- und Videokonferenzsysteme). Die Nutzung schulexterner Cloudstrukturen wird durch die Schule so ausgestaltet, dass diese ihrer organisatorischen und rechtlichen Verantwortung gerecht wird, wie z. B. bei der Nutzung der BayernCloud Schule (siehe Kapitel 6.a)).

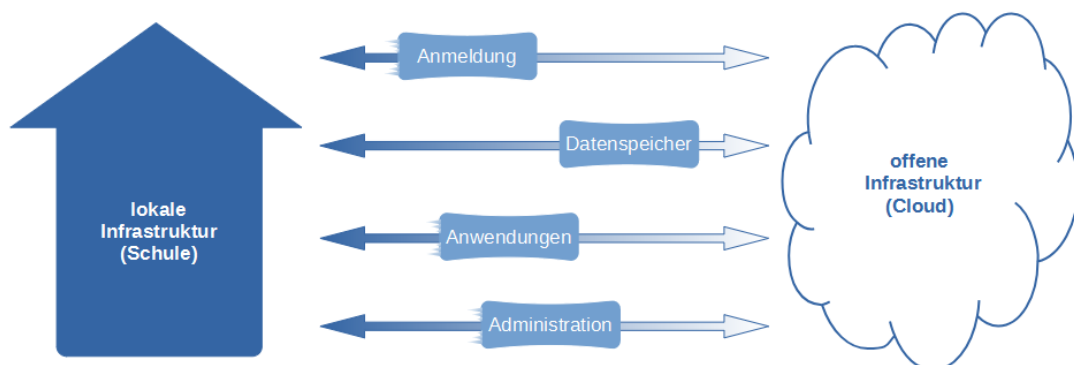
Viele Ressourcen sind mittlerweile im Internet verfügbar, die orts- und zeitunabhängig von Schülerinnen, Schülern, Lehrkräften und dem sonstigen pädagogischen Personal genutzt werden können. Beispiele dafür sind das Teilen von Dateien oder die Terminvereinbarung über gemeinsame Kalender. E-Mail, Messenger, Online-Office-Anwendungen und Videokonferenzsysteme sowie multifunktionale Kollaborationsplattformen ermöglichen eine sowohl synchrone als auch asynchrone Kommunikation und Zusammenarbeit über das Internet.

Cloudstrukturen zeichnen sich durch eine flexible Skalierbarkeit aus: Zusätzliche Rechenleistung, weiterer Speicherplatz oder weitere Anwendungen können zeitlich variabel genutzt werden. Der Aufwand für schulinterne Serverbereitstellung, Backup, Klimatisierung, Stromversorgung sowie Administration ist bei der Nutzung von Cloudstrukturen von Seiten der Schule und des Schulaufwandsträgers deutlich reduziert.

Für die effektive Nutzung von cloudbasierten Strukturen ist eine gut ausgebaute interne schulische Netzstruktur einschließlich flächendeckendem WLAN und eine breitbandige Internetverbindung erforderlich (siehe Kapitel 8.a)).

Hybride Strukturen

Ein Schulnetz entwickelt sich entsprechend den pädagogischen Anforderungen und technischen wie rechtlichen Möglichkeiten weiter. Aufgrund der unterschiedlichen Ausprägungen sind Mischformen bzw. Abwandlungen der obigen Strukturen möglich. Dabei können einzelne Komponenten des Schulnetzes entweder mehr dem Bereich der lokalen Infrastruktur (links) oder dem Bereich des Cloudcomputings (rechts) zugeordnet und situativ angepasst werden.



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

Beispiel für ein hybrides Unterrichtsnetz:

Das folgende Konfigurationsbeispiel eines hybriden Schulnetzes ist in seinen Ausprägungen in beide Richtungen anpassbar, d. h., dass die Infrastruktur agil sowohl in Richtung lokaler Strukturen als auch in Richtung cloudbasierter Strukturen verändert werden kann:

- klassische Client/Server-Architektur für alle stationären Geräte in der Schule
- individuelle Anmeldung und Authentifizierung nur für Lehrkräfte mit Zugriff auf Home-Laufwerk und Drucker-Anbindung
- drahtloser Zugriff mit mobilen Endgeräten auf ein lokales Tauschlaufwerk und das Internet für alle Lehrkräfte, Schülerinnen und Schüler
- breitbandiger Internetzugang für alle Lehrkräfte, Schülerinnen und Schüler
- Nutzung von cloudbasierten Kollaborations- sowie Kommunikationswerkzeugen und Lernplattformen durch Lehrkräfte, das sonstige pädagogische Personal, Schülerinnen und Schüler

Das Modell des hybriden Schulnetzes kombiniert bewährte Funktionen und Eigenschaften aus beiden Grundstrukturen: Domäne mit lokaler Nutzung und Cloudcomputing. 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 IT-Systemlösungen angeboten. Die Produkte bieten eine Vielzahl an Funktionen an, um unabhängig von der Schulart allen Bedürfnissen und Anforderungen gerecht zu werden. Auch wenn die einzelne Schule unter Umständen nur einen kleinen Teil des Funktionsumfangs nutzt, sind Systemlösungen häufig sehr komplex. Gegebenenfalls entsteht eine langfristige Bindung an ein Produkt und den dazugehörigen Support. Zur Umsetzung eines weiterzuentwickelnden Medienkonzepts ist es für eine Schule jedoch wichtig, flexibel und offen für Entwicklungen, Ergänzungen und Anpassungen zu sein. Der Weg hin zu cloudbasierten Kollaborations- und Kommunikationswerkzeugen, der mit der BayernCloud Schule beschritten wird, darf dabei durch die Systemumgebung nicht behindert werden.

c) Pädagogische Planung von IT-Systemen in der Schule

Schulisches Medienkonzept

Das schulische Medienkonzept bildet die Grundlage für eine systematische Medienkompetenzförderung. Es besteht aus den Bausteinen Mediencurriculum, Fortbildungsplan und Ausstattungsplan, die eng miteinander verzahnt sind (siehe <https://medien.bycs.de/kategorien/medienkonzepte>).

Im Mediencurriculum wird der Medienkompetenzerwerb in allen Jahrgangsstufen und Fächern, basierend auf dem jeweiligen Lehrplan 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 Ressourcen die Lehrkräfte, das sonstige pädagogische Personal sowie die Schülerinnen und Schüler für die unterrichtliche und außerunterrichtliche Arbeit im Schulhaus sowie

zur Vor- und Nachbereitung zu Hause benötigen. Über den Ausstattungsplan wird die Ausstattung mit Arbeitsplatzcomputern 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 nach einer bestimmten IT-Struktur (siehe Kapitel 1.a)) muss sich vor allem an den pädagogischen Zielen der Schule orientieren, wie sie im Mediencurriculum des Medienkonzepts beschrieben werden. Die Fortbildungsplanung geht auf die aus dem Mediencurriculum resultierenden Bedarfe der Lehrkräfte an der jeweiligen Schule ein und gewährleistet eine systematische medienbezogene Lehrkompetenzentwicklung unter Berücksichtigung des „DigCompEdu Bavaria“ als phasenübergreifenden Orientierungsrahmen für die Lehrerbildung (siehe <https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/unterrichten-in-der-digitalen-welt/digcompedu-bavaria>).

Das schulische Medienkonzept hat damit weitreichende Auswirkungen auf die unterrichtlichen Abläufe bzw. die Arbeit der Schülerinnen, Schüler, Lehrkräfte und des sonstigen pädagogischen Personals sowie die Ausgestaltung der pädagogischen und der technischen IT-Administration durch die Schule bzw. den Schulaufwandsträger. Zur nachhaltigen und erfolgreichen Arbeit mit dem Medienkonzept ist eine kontinuierliche Überarbeitung und Fortschreibung erforderlich

Lehr- und lernförderliche Arbeitsumgebungen

Die Konzeption und Ausstattung von Unterrichtsräumen legen grundlegend fest, wie dort mit digitalen Medien und Werkzeugen gearbeitet werden kann und welche Arbeitsformen damit im Zusammenspiel mit der übrigen Unterrichtsraumgestaltung (z. B. Anordnung der Tische, flexible Pinnwände, Tafel) unterstützt werden.

Die Gestaltung und Ausstattung der Unterrichtsräume 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 pädagogischen Systembetreuerinnen und Systembetreuer kann es von Vorteil sein, wenn mehrere Schulen im Zuständigkeitsbereich eines Schulaufwandsträgers mit einheitlichen IT-Systemen unter Berücksichtigung der schulart- bzw. schulspezifischen Besonderheiten ausgestattet werden.

Datenschutzrechtliche Aspekte bei Planung und Einsatz von IT-Systemen

Die Vorgaben des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus für die staatlichen Schulen in Bayern, die beim Vollzug der datenschutzrechtlichen Bestimmungen zu beachten sind, können der Bekanntmachung „Vollzug des Datenschutzrechts an staatlichen Schulen (VollzBek DS – Schulen)“ vom 14. Juli 2022 (siehe <https://www.verkuendung-bayern.de/baymbli/2022-435>) entnommen werden. Die wesentlichen datenschutzrechtlichen Aspekte dieser Bekanntmachung sind:

- Bei Einführung bzw. Änderung eines IT-Systems ist stets die Datenschutzbeauftragte bzw. der Datenschutzbeauftragte der Schule miteinzubeziehen. Insbesondere ist ihr

bzw. ihm Gelegenheit zur Stellungnahme vor dem erstmaligen Einsatz oder einer wesentlichen Änderung eines automatisierten Verfahrens, mit dem personenbezogene Daten verarbeitet werden, 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 bei der Beschreibung von Verarbeitungstätigkeiten im Verarbeitungsverzeichnis der Schule berücksichtigt werden. Weiterhin muss die Schule bei der Erhebung personenbezogener Daten grundsätzlich die Informationspflichten nach Art. 13 bzw. Art. 14 DSGVO sicherstellen.
- In der Regel wird zwischen Schule und Cloud-Anbieter ein Auftragsverarbeitungsvertrag (AVV) geschlossen. Es empfiehlt sich, die entsprechenden 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 nach Ende der Vereinbarung die Daten löscht oder sie an die Schule zurückgibt (vgl. Art. 28 DSGVO).
- Daneben ist bei der Planung und dem Einsatz von Verarbeitungsverfahren wie cloud-basierten Anwendungen auf § 46 BaySchO i. V. m. Anlage 2 zu achten.
- Bei der (nur ausnahmsweise zulässigen) Nutzung von lehrereigenen 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 Landesbeauftragten 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“ (siehe https://www.datenschutz-bayern.de/datenschutzreform2018/OH_Drittstaatentransfer.pdf).

Planungsteam

Zur Vorbereitung umfassender und komplexer Investitionsmaßnahmen im IT-Bereich wird empfohlen, an der Schule ein Planungsteam einzurichten. Es sollte dazu mindestens aus Vertretern der Schulleitung, einem Mitglied des Medienkonzeptteams, der pädagogischen Systembetreuung der Schule und des Schulaufwandsträgers bestehen. Das Planungsteam der Schule orientiert sich am bestehenden Ausstattungsplan des Medienkonzepts, prüft Realisierungsmöglichkeiten und begleitet die konkrete Umsetzung. 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 komplexeren Planungen im Bereich vernetzter Systeme (Schulhausvernetzung) sollen auch schulexterne Experten (z. B. Beratung digitale Bildung in Bayern, IT-Experten des Schulaufwandsträgers, externe Dienstleister) in die Planung eingebunden werden. Die Feinplanung, technische Spezifikation und konkrete Umsetzung erfolgen durch den zuständigen Schulaufwandsträger bzw. den von ihm beauftragten Dienstleister in Abstimmung mit 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 diverser staatlicher Förderprogramme beraten und unterstützen (siehe <https://mebis.bycs.de/bdb>).

2. Beschaffung von schulischen IT-Systemen

a) Beschaffung von IT-Systemen

Bei IT-Beschaffungen für den Unterrichtsbereich stehen die methodisch-didaktischen und medienpädagogischen Ziele der jeweiligen Schule im Vordergrund. Unabhängig von den fachlich-pädagogischen Empfehlungen in diesem Votum bedarf es bei einer konkreten Beschaffungsmaßnahme durch den Schulaufwandsträger einer Ausschreibung gemäß den gesetzlichen Bestimmungen. Zur Vermeidung rechtlicher Probleme sind dabei unterschiedliche rechtliche Aspekte, z. B. des Förder-, Vergabe-, Lizenz-, Vertrags- und Datenschutzrechts zu beachten.

Auf folgende weitere Aspekte ist bei der Beschaffung von IT-Systemen zu achten:

- Auf Wirtschaftlichkeit und Administrierbarkeit der Systeme sowie die im Kollegium vorhandene Erfahrung sollte gemeinsam mit dem Schulaufwandsträger geachtet werden.
- Bei Neuanschaffungen sollte das komplette IT-System einschließlich einiger Ersatzgeräte beschafft werden. So ist es z. B. sinnvoll, schulische Einheiten in einem Zug vollständig mit identischer Hardware und Software auszustatten.
- Bei einer Beschaffungsmaßnahme sollten ergänzende Dienstleistungen wie Garantien, rascher Austausch, qualifizierte Betreuung und Schulung des Kollegiums, Installation oder Administrationshilfen in die Kaufentscheidung mit einbezogen werden.
- Der betreuende Fachhändler sollte über ausreichende Fachkompetenz und Erfahrung mit schulischen IT-Systemen verfügen. Unabhängig von den verschiedenen Organisationsformen der technischen IT-Administration sollte eine vollständige Installation, ein formelles Abnahmeprotokoll sowie ein längerfristig verfügbarer technischer Vor-Ort-Support mit einer angemessenen kurzen Reaktionszeit gewährleistet sein.

Ergonomische Anforderungen, die Einhaltung von Umwelt-, Arbeits- und Sozialstandards sowie Nachhaltigkeitsanforderungen sollten beachtet werden:

- Geräuscentwicklung (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 Beamtenengewerkschaft 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.
 - „EPEAT“ ist ein US-Prüfsiegel, das IT-Produkte nach Umweltstandards zertifiziert.

b) Gewährleistung und Garantie

Beim Erwerb von IT-Ausstattung ist es oftmals 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. einen Ersatz sicherzustellen.

- Eine „Vor-Ort-Garantie“ bedeutet, dass ein Techniker des Herstellers oder eines von ihm beauftragten Unternehmens an die Schule kommt, um ein defektes Gerät unmittelbar zu reparieren oder zu ersetzen. Der Abschluss einer „Vor-Ort-Garantie“ mit festgelegter Reaktionszeit ist besonders für Geräte zu empfehlen, die nicht problemlos transportiert werden können oder für die Infrastruktur zwingend erforderlich sind.
- Bei einer „PickUp&Return-“ bzw. „Collect&Return-Garantie“ muss ein defektes Gerät ggf. abgebaut, verpackt und zur Abholung durch einen Paketdienst oder eine Spedition bereitgestellt werden. Der Versand und Rücktransport ist für die Schule in der Regel kostenfrei.

- Ist keine konkrete Regelung festgelegt, muss ein defektes Gerät üblicherweise auf eigene Kosten zum Anbieter bzw. Hersteller geschickt werden (z. B. „Bring-In-Garantie“).

Die Ausprägungen der Garantieleistungen können sich bei verschiedenen Anbietern stark unterscheiden und werden bisweilen auch in Form von Garantieversicherungen angeboten. Die verschiedenen Möglichkeiten sollten deshalb vor Vertragsabschluss bzw. Kauf sorgfältig geprüft werden. 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.

c) Nutzungsdauer

IT-Geräte und IT-Komponenten sollten so beschafft werden, dass eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzungsdauer möglich ist.

- Nach derzeitigen Praxiserfahrungen beträgt die gewöhnliche Nutzungsdauer für Tablets ca. 3 Jahre, für Notebooks ca. 5 Jahre und für Arbeitsplatzcomputer bis zu 7 Jahre. Bei Servern ist die Nutzungsdauer üblicherweise an die Dauer der Garantieleistung durch den Hersteller (in der Regel 5 Jahre Vor-Ort-Garantie) gekoppelt.
- Bei aktiven Netzwerkkomponenten (z. B. Router, Switches, Access-Points) kann von einer gewöhnlichen Nutzungsdauer von 10 Jahren ausgegangen werden, wobei Internetzugangsroutern in der Regel bei einer Änderung des Internetzugangs getauscht werden müssen. Auch bei Access-Points ist ein früherer Austausch sinnvoll, wenn auf eine aktuellere WLAN-Technologie (z. B. Wi-Fi 6(E)) umgestellt wird.
- Bei passiven Netzwerkkomponenten (z. B. Verkabelung, Patchfelder) kann von einer gewöhnlichen Nutzungsdauer von 20 Jahren ausgegangen werden, so dass dieser Bereich besonders sorgfältig geplant werden sollte.

d) Leasing

Für den Schulaufwandsträger kann das Leasing der IT-Ausstattung aus verschiedenen Gründen in Betracht kommen. Beim Leasing entfallen punktuell hohe Anfangsinvestitionen, so dass sich ggf. eine sicherere finanzielle Planbarkeit während der Laufzeit ergibt. Je nach Vertragsgestaltung erhält die Schule zudem regelmäßig Neugeräte, wobei der Leasinggeber üblicherweise auch die Entsorgung oder die Weiterverwendung der Altgeräte übernimmt bzw. organisiert. Entsprechende Serviceverträge mit dem Leasinggeber können dazu beitragen, den Reparatur- und Wartungsaufwand zu minimieren bzw. Servicefälle schnell und unkompliziert abzuwickeln.

Auf lange Sicht kann, abhängig von den individuellen Anforderungen an die Geräteausstattung und Nutzungsdauer, der finanzielle Aufwand beim Leasing einer IT-Ausstattung jedoch höher ausfallen als ein Kauf, so dass eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erforderlich wird. Ein Leasingvertrag kann zudem Einschränkungen enthalten, wie z. B. eine begrenzte Nutzungsdauer oder Einschränkungen bei der Geräteanpassung. Im schulischen Einsatz sollte wegen der mehrjährigen Nutzungsdauer eine wirtschaftliche und zu

den schulischen Anforderungen passende Ausgestaltung der Leasingverträge über die Laufzeit sichergestellt werden.

e) gebrauchte Hardware (Refurbished-Geräte)

In der Praxis zeigt sich, dass der Erwerb gebrauchter Hardware meist nicht wirtschaftlich ist. Im Unterschied zum Neugerätekauf greift zumeist nur eine reduzierte Gewährleistung und es wird oft keine zusätzliche Garantie angeboten. Mobile Endgeräte bestimmter Hersteller sind auch bei einer Vornutzung oft sehr preisstabil, so dass der Preisvorteil gegenüber Neugeräten auch angesichts möglicher Bildungsrabatte für Schulen meist verhältnismäßig gering ausfällt. Dieser wird ggf. durch Zusatzleistungen wie z. B. Erneuerung des Akkus, Garantie bzw. Gewährleistung oder notwendige Vorarbeiten zur Registrierung im schuleigenen MDM noch weiter reduziert. Bei einer heterogenen Ausstattungssituation (z. B. bezüglich Ladeanschlüssen, Betriebssystemen) wird zudem der Aufwand für die Einrichtung und Betreuung deutlich erhöht.

Bei gebrauchten Arbeitsplatzcomputern ergibt sich die Preisdifferenz zu einem Neugerät meist durch eine ältere Prozessorgeneration, deren Leistungsfähigkeit ggf. zwar für eine weitere Nutzungsdauer von 5 Jahren ausreichend sein kann, jedoch eventuell nicht durch aktuelle Betriebssysteme unterstützt wird, wodurch sich eine Sicherheitsproblematik ergeben kann.

Bei gebrauchten Servern ist die Leistungsfähigkeit älterer Prozessorgenerationen für schulische Zwecke bei einer weiteren Nutzungsdauer von 5 Jahren oftmals ausreichend. Die Nutzungsdauer sollte vollständig durch eine "Vor-Ort-Garantie" mit einer Reaktionszeit von einem Arbeitstag abgesichert werden. Zu beachten ist, dass Refurbished-Server oft ohne Massenspeicher angeboten werden bzw. dieser bei Angeboten mit einem gebrauchten Speichersystem vor Inbetriebnahme gewechselt werden sollte.

Bei gebrauchten Peripheriegeräten, wie z. B. Monitoren und Druckern, ist die Kostenersparnis gegenüber Neugeräten verhältnismäßig gering.

Die Beschaffung eines Refurbished-Geräts kann nach Abwägung aller oben genannter Punkte im Einzelfall dennoch sinnvoll sein.

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

a) Pädagogische Systembetreuung und technische IT-Administration an den Schulen

Pädagogische Systembetreuung

Die pädagogische Systembetreuung durch Lehrkräfte liegt in den Händen der Schule. Deren Tätigkeitsschwerpunkte bilden die pädagogisch-didaktische Begleitung der schulischen Anwenderinnen und Anwender sowie organisatorisch-koordinierenden Aufgaben im Bereich der Schul-IT. Nur in einem vertretbaren Rahmen zählen auch technische Aufgaben (Hard- und Software) zum Aufgabenprofil.

Das Aufgabenfeld der pädagogischen Systembetreuung umfasst damit insbesondere die Beratung und Unterstützung des Kollegiums beim Computereinsatz im Unterricht, die Organisation und Durchführung schulinterner Lehrerfortbildungen im Bereich digitaler Medien und – gemeinsam mit den Fachverantwortlichen – das Setzen von Impulsen zum Einsatz digitaler Medien und Werkzeuge im Fachunterricht. Pädagogische Systembetreuerinnen und Systembetreuer fungieren als Ansprechpartner für Lehrkräfte, die Schulleitung, Schülerinnen und Schüler, sie bieten bedarfsabhängig individuelle IT-Beratung oder IT-Unterstützung an und leiten eigene bzw. beteiligen sich anlassbezogen an den Fachsitzungen der einzelnen Fächer.

Die pädagogischen Systembetreuerinnen und Systembetreuer sind auch an der Planung und Beschaffung der IT-Systeme einschließlich Software beteiligt und wirken bei der Organisation des Zugangs zu den schulischen IT-Infrastrukturen und zum Internet mit. Im Aufgabenbereich der Administration (einschließlich Wartung und Pflege, Support) bilden sie die Schnittstelle zwischen Schule und Schulaufwandsträger. Hierfür ist eine technische Grundbildung bzw. eine entsprechende Qualifizierung durch geeignete Fortbildungsangebote erforderlich (siehe Kapitel 3.d)).

Je nach Komplexität der Aufgaben und Systeme kann es hilfreich sein, die Aufgaben der pädagogischen Systembetreuung an den Schulen auf mehrere Personen aufzuteilen. Dies fördert ein modernes Wissensmanagement und bietet eine Redundanz bei der Betreuung der schulischen IT-Systeme.

Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus misst der Ausstattung von Schulen mit Informations- und Kommunikationstechnik eine große Bedeutung bei und hat die Aufgaben der Systembetreuung an den Schulen im Grundsatz mit der Bekanntmachung vom 17. März 2000, Az. Nr. III/4 – II/2 – O1350 – 1/13 456, geregelt, siehe https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayVV_2230_1_1_1_2_4_UK_024. Eine Konkretisierung der Aufgabenabgrenzung zur technischen IT-Administration erfolgt über die jährliche Aktualisierung dieses VOTUMs sowie im Einzelnen unter den jeweiligen schulspezifischen Anforderungen unmittelbar vor Ort.

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

Wartung, Pflege und Support der technischen Infrastrukturen wie Netzwerke und Hardware liegen im Zuständigkeitsbereich des Schulaufwandsträgers und werden unter der technischen IT-Administration zusammengefasst. Nach Art. 3 des Bayerischen Schulfinanzierungsgesetzes (BaySchFG) zählt die Bereitstellung, Einrichtung, Ausstattung, Bewirtschaftung und Unterhaltung der Schulanlage zum Sachaufwand. Dies bezieht die IT-Infrastruktur in den Schulen mit ein. Die normierte Aufgabenzuständigkeit der Schulaufwandsträger schließt eine staatliche Finanzierungsbeteiligung an den Ausgaben für die IT-Administration über staatliche Förderungen bzw. gesetzliche Zuschusssysteme zum Schulaufwand nicht aus. Auch die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) weist darauf hin, dass technisches Personal eingesetzt werden sollte, welches Lehrkräfte bei der Arbeit mit digitalen Geräten unterstützt und die technische Betreuung der IT-Infrastruktur und IT-Ausstattung an den Schulen übernimmt (siehe DGUV Regel 102-601, S. 48, <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3581>).

Sofern die Aufgaben der technischen IT-Administration auch 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.

b) Einordnung der Supportanfragen nach Supportlevel

Regelmäßig anfallende Tätigkeiten und Anfragen an die IT-Administration lassen sich üblicherweise je nach technischem Anforderungsniveau drei verschiedenen Supportlevels (First-, Second-, Third-Level) zuordnen. Bei der Meldung von Problemen an der IT-Hard- oder Software gehen pädagogische Systembetreuung und technische IT-Administration stufenweise vor. In der Schule nehmen die pädagogische Systembetreuerinnen und Systembetreuer häufig den First-Level-Support wahr und sind die ersten Ansprechpartner vor Ort.

First-Level-Support: Einfache Administrationsmaßnahmen und Lösung von Standardproblemen, Problemannahme und qualifizierte Fehlermeldung

Der First-Level-Support kann einfache Standardprobleme selbst lösen und weitergehende Probleme qualifiziert analysieren. Aufgaben des First-Level-Supports sind beispielsweise:

- Pflege von Nutzerzugängen (z. B. Passwort zurücksetzen)
- Gerät neustarten
- Kabelsteckverbindung prüfen
- Gerät mit schuleigenem WLAN verbinden

Kann das aufgetretene Problem nicht mit einfachen Mitteln der dargestellten Art gelöst werden, grenzt die pädagogische Systembetreuung die Ursache soweit möglich ein und nimmt Kontakt mit dem Second-Level-Support auf. Sie gibt eine qualifizierte Fehlerbeschreibung und unterstützt bei Bedarf bei einer Fernwartung durch den Second-Level-Support mittels Remote-Zugriff.

Second-Level-Support: Weitergehende Administrationsmaßnahmen und Lösung von nicht durch den First-Level-Support gelösten Problemen im Bereich Systemwartung und -pflege

Durch den Second-Level-Support werden Probleme bzw. Aufgabenbereiche bearbeitet, die mit Mitteln des First-Level-Supports nicht erledigt werden können. Außerdem werden dauerhafte oder anlassbezogene Aufgaben der Systemwartung und -pflege durchgeführt. Hierzu zählen im schulischen Umfeld zum Beispiel:

- Installation von Updates
- Inbetriebnahme von Neugeräten
- Einspielen von Images bzw. Konfigurationsprofilen
- Installation neuer Software
- Aufnahme von Geräten in das zentrale Gerätemanagementsystem

Anlassbezogen oder bei speziellen Problemen reichen auch diese Maßnahmen des Second-Level-Supports nicht aus, um eine Störung zu beseitigen bzw. weitergehende Administrationsmaßnahmen durchzuführen.

Third-Level-Support: Komplexe Administrationsmaßnahmen und Lösung spezieller Probleme, die insbesondere Eingriffe in die Programme, Betriebssysteme, Komponentensteuerungen oder Datenbanken erfordern

Insbesondere wenn Fehlerquellen nicht auf der Installations- bzw. Konfigurationsebene gefunden werden können bzw. größere Neubeschaffungen oder Inbetriebnahmen anstehen, sind sie typischerweise Aufgabenbereiche des Third-Level-Supports. Im schulischen Umfeld sind das beispielsweise:

- Aufbau und Konfiguration von Nutzerstrukturen
- Erstellen und Anpassen von Images bzw. Konfigurationsprofilen für schuleigene Endgeräte und Server
- Aufbau und Konfiguration der Netzwerkinfrastruktur
- Fehleranalyse und -behebung im Netzwerk

Umsetzung an den Schulen

Während der First-Level-Support häufig von den pädagogischen Systembetreuerinnen und Systembetreuern, also von Lehrkräften erbracht wird (siehe KMBek „Systembetreuung an Schulen“), sind Second- und Third-Level-Support durch den Schulaufwandsträger sicherzustellen. Dies kann durch dessen eigenes Personal oder durch Beauftragung von externen Firmen im Rahmen von Einzelaufträgen oder längerfristigen Administrationsverträgen mit einem externen Dienstleister erfolgen.

Für eine effiziente und qualitätsvolle Ausgestaltung der technischen IT-Administration durch den Schulaufwandsträger eignen sich insbesondere Supportstrukturen zur Betreuung mehrerer Schulen bzw. Zusammenschlüsse zu interkommunalen Strukturen auf regionaler Ebene, z. B. durch Zweckvereinbarungen, Zweckverbände oder beauftragte Kommunalunternehmen. Der Aufbau professioneller Administrationsstrukturen (Ausbildung und Finanzierung von IT-Administratorinnen und IT-Administratoren für Schulen) wird über die Richtlinien zur Bayerischen IT-Administrationsförderung (BayARn) auf Basis der Zusatz-Verwaltungsvereinbarung „Administration“ zum DigitalPakt Schule 2019 bis 2024 unterstützt (siehe <https://www.km.bayern.de/administration>). Regionale Investitionsmaßnahmen für den Aufbau von regionalen Strukturen für die professionelle Administration und Wartung digitaler Infrastrukturen im Zuständigkeitsbereich von Schulträgern (erforderliche Systeme, Werkzeuge, Dienste) sind Fördergegenstand in der Förderrichtlinie „digitale Bildungsinfrastruktur an bayerischen Schulen (dBIR)“ (siehe <https://www.km.bayern.de/digitalpakt>).

Wichtig beim Aufbau von professionellen Strukturen für die technische IT-Administration ist es, diese grundlegend erweiterbar und skalierbar anzulegen, um sie bei einem Ausbau der IT-Infrastrukturen an den steigenden Administrationsbedarf anpassen zu können.

c) Administrative Aufgaben der technischen IT-Administration

Das Aufgabenfeld der technischen IT-Administration deckt ein breites Spektrum im Bereich der Konfiguration, des Betriebs (insbesondere Patchmanagement) und 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, sind für die IT-Sicherheit verantwortlich 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 sind vor allem folgende Aufgaben 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. Bewährt hat sich in der Vergangenheit das Klonen eines Modellarbeitsplatzes auf andere Arbeitsplätze, oft in Verbindung mit dem Einsatz von Projektorsoftware zur Absicherung gegen Veränderungen. Da damit aber die Verteilung neuer Software bzw. Updates auf die Arbeitsstationen sehr aufwändig ist, wird dieses Verfahren zunehmend durch zentrale Gerätemanagementlösungen (z. B. per MDM) ersetzt. Auch der Einsatz rein webbasierter Anwendungen und die Nutzung von Cloud-diensten reduzieren den Aufwand für das lokale Softwaremanagement im Bereich der Anwendungssoftware, so dass die Installation und Aktualisierung der Betriebssysteme im Vordergrund stehen.

Mobile-Device-Management (MDM)

Unter einem Mobile-Device-Management (MDM) versteht man ein System zur zentralen Verwaltung von mobilen und stationären Endgeräten einschließlich der verwendeten Programme bzw. Apps. Da nicht nur mobile Geräte verwaltet werden, sind auch die Begriffe „Unified Endpoint Management (UEM)“ und „Unified Device Management (UDM)“ gebräuchlich. Die Verwaltung umfasst dabei die Inventarisierung von Geräten sowie die Software-, Daten- und Richtlinienverteilung. Die MDM-Software läuft in der Regel auf einem lokalen Server (On-Premises) oder in der Cloud. Über eine Verwaltungskonsole (z. B. per Webzugriff) können die Geräte zentral und remote konfiguriert bzw. verwaltet werden.

Neu angeschaffte schuleigene Geräte sollten soweit möglich bereits vom autorisierten Händler im verwendeten MDM registriert und dadurch mit der von der technischen IT-Administration vorgesehenen Initialinstallation und -konfiguration versehen werden. Die Einbindung schülereigener Geräte, z. B. im Rahmen von Modellen der bezuschussten Eigenbeschaffung von mobilen Endgeräten zur jahrgangsstufenweisen 1:1-Ausstattung, in ein von der Schule genutztes MDM setzt die vorherige informierte Einwilligung der Schülerin oder des Schülers bzw. seiner Erziehungsberechtigten voraus.

Softwareupdates

Auch bei modernen Betriebssystemen und Anwendungen werden immer wieder Sicherheitslücken bekannt, die dazu führen können, dass 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) erheblich reduzieren. Durch das regelmäßige Update der Betriebs- und Anwendungssoftware wird zugleich der volle Funktionsumfang und die Kompatibilität sichergestellt.

Dringend geboten ist ein ständig aktueller Sicherheitsstand bei Servern und aktiven Netzwerkkomponenten, um Angriffe auf solche zentralen Zugriffspunkte und damit das Risiko der Kompromittierung des gesamten Netzwerks zu vermeiden. Es ist vor diesem Hintergrund unerlässlich, dass eine Liste der an der Schule genutzten Software geführt und aktuell gehalten wird.

Virenschutz

Viren-Scanner bieten einen Schutz durch die automatische Überprüfung von transportablen 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 wird automatisch mit den Windows-Updates aktualisiert. Ebenso verfügen aktuelle macOS-Versionen bereits über eine integrierte Virenschutz-Software.

Systeme zur Datensicherung

Zur lokalen Datensicherung an der Schule stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung, z. B.

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

Zunehmend werden auch cloudbasierte Datensicherungslösungen angeboten, die als Ergänzung zu einer lokalen Datensicherung innerhalb der Schule sinnvoll sein können. Dabei sind die datenschutzrechtlichen Bestimmungen zu beachten.

Eine regelmäßige Datensicherung sollte automatisiert und ohne Benutzereingriffe mit spezialisierter Software erfolgen, um eine zuverlässige und regelmäßige Durchführung zu gewährleisten.

Weitere Informationen zu den verschiedenen Themen sind unter <https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit> zu finden.

d) Beratungs- und Fortbildungsangebote

Zentrale Angebote

Zentrale Beratungs- und Fortbildungsangebote werden in Bayern gebündelt durch folgende Stellen angeboten:

- IT-Ausstattung: Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung (ALP) (<https://alp.dillingen.de/akademie/it-beratung>)
- Stabsstelle Medien.Pädagogik.Didaktik (<https://links.alp.dillingen.de/stabsstelle>)

- Medieneinsatz: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) (<https://www.isb.bayern.de>)

Mit der Fortbildungsinitiative SCHULNETZ werden allen pädagogischen Systembetreuerinnen und Systembetreuern vielfältige Schulungen zum Aufbau von und Umgang mit vernetzten IT-Systemen angeboten:

- Im moderierten Online-Seminar „*Systembetreuung an Schulen – Einführung und Orientierung*“ werden die Aufgaben der pädagogischen Systembetreuung und die Organisation dieser Aufgaben erörtert.
- Die beiden jeweils einwöchigen Präsenzkurse „*Basiskurs I: Grundlagen der Schulvernetzung*“ und „*Basiskurs II: Medieneinsatz und Datensicherheit*“ vermitteln praktische Grundkenntnisse zur Betreuung des Schulnetzes, Beratung des Kollegiums und Durchführung schulinterner Lehrerfortbildungen.

Diese Lehrgänge werden von der Akademie Dillingen in Zusammenarbeit mit der Regionalen Lehrerfortbildung durchgeführt. An der Akademie Dillingen werden regelmäßig weiterführende Lehrgänge für die pädagogischen Systembetreuerinnen und Systembetreuer angeboten (siehe <https://schulnetz.alp.dillingen.de>).

Regionale und lokale Angebote

An den Dienststellen der Ministerialbeauftragten sowie an den Regierungen und den 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 170 hochqualifizierte Beraterinnen und Berater digitale Bildung zur Seite. Sie begleiten die Schulen bei der Medienkonzeptarbeit und medienbezogenen Schulentwicklungsarbeit und nehmen dabei 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 (siehe <https://mebis.bycs.de/bdb>) gliedert sich angesichts der großen Themenvielfalt und der dadurch erforderlichen Spezialisierung in 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: Beraterinnen und Berater digitale Bildung beraten im Tandem mit Schulentwicklungsmoderatorinnen und -moderatoren individuell vor Ort beim digitalen Change-Management und bringen dabei 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 seit dem Schuljahr 2019/2020 durch ein vom Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus neu etabliertes Referenten- und Experten Netzwerk 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/flaechen-wirksame-fortbildungsinitiative#sec3>).

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 (siehe <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 (siehe <https://mebis.bycs.de/beitrag/datenschutz-an-schulen>).

e) Nutzungsordnung

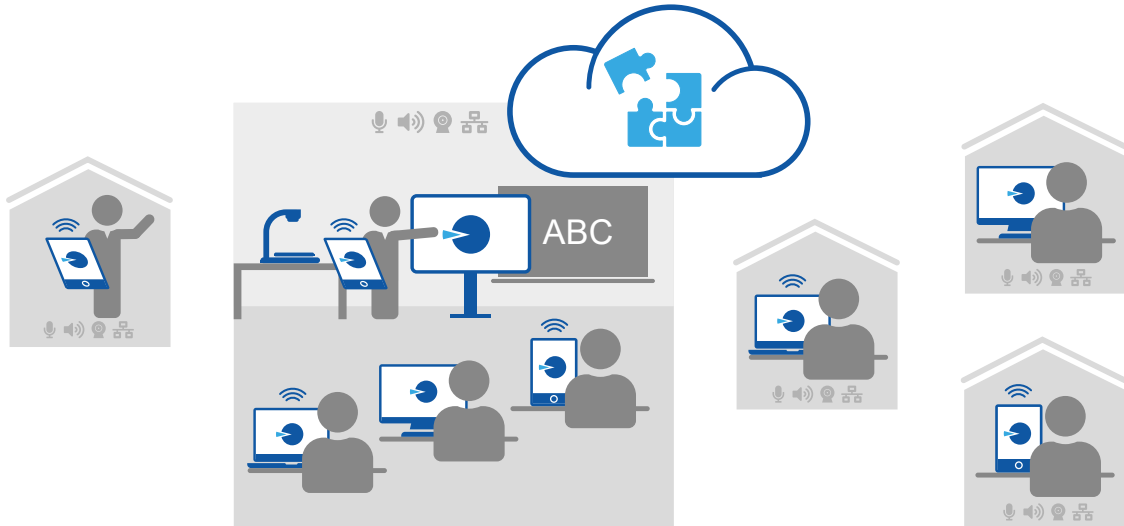
Mit den Schülerinnen und Schülern sowie den Lehrkräften, dem sonstigen pädagogischen Personal und dem Verwaltungspersonal ist eine Nutzungsordnung zum Umgang mit der IT-Infrastruktur zu vereinbaren. Zu beachten ist, dass datenschutzrechtlich eine Protokollierung der Tätigkeiten im lokalen Netz, der Arbeit mit sogenannten Lernumgebungen oder der Internet-Nutzung, die zeitlich begrenzte Speicherung der Log-Dateien und das Vornehmen von Stichproben gemäß Telekommunikationsgesetz nur dann zulässig sind, wenn die Nutzerinnen und Nutzer (z. B. Lehrkräfte) eine entsprechende Einwilligungserklärung abgegeben haben oder die schulische IT-Infrastruktur ausschließlich zu schulischen Zwecken genutzt werden darf und ein entsprechender Anlass vorhanden ist. Diese Punkte sollten in einer Nutzungsordnung geregelt werden. Ebenso sollten die technischen und organisatorischen Voraussetzungen zum Einsatz privater Endgeräte im Schulnetz sowie die private Nutzung der schulischen IT-Infrastruktur in einer Nutzungsvereinbarung geregelt sein. Die dort vereinbarten Regeln sollten prinzipiell unabhängig vom benutzten Endgerät sein. In der Nutzungsordnung sollte auch auf rechtliche Aspekte, z. B. mögliche 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 in der eigenen Schule angepasst werden kann. Weitere Informationen sind unter <https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit> zu finden.

f) Pädagogische Nutzungsregeln

Ergänzend zur eigentlichen Nutzungsordnung kann die Schule im Einvernehmen mit dem Schulforum pädagogische Nutzungsregeln aufstellen, die insbesondere den Gebrauch mobiler Endgeräte im Schulgebäude sowie auf dem Schulgelände betreffen unabhängig davon, ob die schulische Ausstattung oder Infrastruktur genutzt wird. Die zeitliche, örtliche und inhaltliche Verwendung mobiler Geräte im Schulhaus kann konkret auf die individuelle Situation abgestimmt werden. Ausführliche Informationen finden sich unter <https://mebis.bycs.de/beitrag/private-nutzung-digitaler-endgeraete-in-der-schule-basisbeitrag>.

4. Das digitale Klassenzimmer

Um eine regelmäßige Nutzung digitaler Werkzeuge und Medien zielführend und nachhaltig im Unterricht zu etablieren, ist der Ausbau von Unterrichtsräumen zu digitalen Klassenzimmern empfehlenswert. Diese schaffen die optimalen Voraussetzungen für das Lehren und Lernen in der digitalen Welt und damit zur Umsetzung der digitalen Bildung.



Beispielhafte Ausstattung eines digitalen Klassenzimmers

Die Einrichtung eines digitalen Klassenzimmers besteht aus einer (zusätzlichen) Anschlussmöglichkeit (z. B. per Docking-Station) für das Lehrerdienstgerät oder einem Lehrercomputer, einer oder mehreren Möglichkeiten zur digitalen Großbilddarstellung, Peripheriegeräten für Präsentationen (Dokumentenkamera oder entsprechende Halterung für ein mobiles Endgerät, Möglichkeit der drahtlosen Bildschirmübertragung, Audiosystem) und der Zugangsmöglichkeit von digitalen Endgeräten für Schülerinnen und Schüler und Lehrkräften zum Schulnetz bzw. Internet per WLAN. Dadurch ist der Zugriff auf die für den digitalen Unterricht notwendigen internetbasierten Ressourcen sichergestellt, z. B. auf die verschiedenen pädagogischen Angebote und digitalen Werkzeuge der BayernCloud Schule. Anzustreben ist eine technisch möglichst einheitliche, einfach zu bedienende Ausstattung aller Unterrichtsräume. Bei der Einrichtung der digitalen Klassenzimmer müssen die baulichen und räumlichen Gegebenheiten (z. B. Raumhöhe, Lichtverhältnisse etc.) bedacht werden. Die verschiedenen Komponenten im digitalen Klassenzimmer können über entsprechende zentrale Steuerelemente (z. B. Touchscreens, Schalter) an einer Wand oder im Lehrerpult gesteuert werden. Um die Konnektivität zu erleichtern, können entsprechende Anschlüsse (z. B. für HDMI, Audio, Strom) z. B. am Lehrerarbeitsplatz vorgesehen werden.

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.

a) Digitale Großbilddarstellung und drahtlose Bildschirmübertragung

Die digitale Großbilddarstellung kann mit einem fest installierten Beamer oder einem Großbildmonitor mit an den Raum angepasster Größe realisiert werden. Beide Systeme gibt es auch mit einer interaktiven Funktion für Benutzereingaben (interaktiver Beamer, interaktive Beamer/Whiteboard-Kombination, Touchdisplay). Die dadurch ermöglichte direkte Bedienung und Nutzbarkeit als digitale Schreibfläche wird vor allem im Grund- und Förderschulbereich als vorteilhaft erachtet, 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 Großbilddarstellung wiedergeben. Ein mit Stift bedienbares mobiles Endgerät bietet damit eine ähnliche Funktionalität wie eine unmittelbar interaktive Großbilddarstellung. Die sinnvolle Nutzung interaktiver Großbilddarstellungen setzt eine entsprechende Schulung und Einarbeitungszeit zum Erwerb der notwendigen technischen und didaktischen Kompetenzen bei den Lehrkräften voraus.

b) Kamera

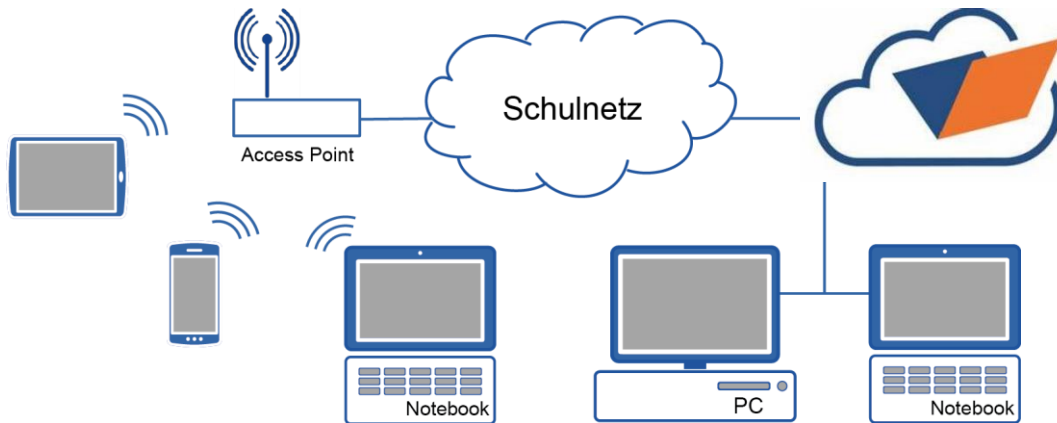
Eine Kamera, die Textvorlagen, Bilder und dreidimensionale Objekte auf die Großbilddarstellung und einen Computer übertragen kann, ist für den Unterricht sinnvoll. Dabei sollten sich Abläufe als Video aufzeichnen lassen, so dass beispielsweise physikalische oder chemische Experimente dokumentiert sind oder Erklärvideos erstellt werden können.

Diese Funktionalität kann zum Beispiel durch eine Dokumentenkamera oder ein Tablet bzw. Smartphone mit entsprechendem Stativ bereitgestellt werden.

c) Analoge Tafel

Es wird empfohlen, zusätzlich zur digitalen Präsentationseinrichtung eine klassische Tafel oder eine andere (analoge) Schreibfläche zur Verfügung zu stellen. Diese ist unabhängig von der Verfügbarkeit der technischen Infrastruktur nutzbar, einfach im Gebrauch und dient u. a. der Demonstration des Umgangs mit analogen Werkzeugen (z. B. Zirkel und Geodreieck).

d) Digitale Geräte für Schülerinnen und Schüler



Für die Arbeit mit digitalen Medien und Werkzeugen ist eine 1:1-Ausstattung der Schülerinnen und Schüler mit digitalen Endgeräten anzustreben. Die 1:1-Ausstattung aller Schülerinnen und Schüler einer Jahrgangsstufe bzw. Klasse mit einem eigenen Tablet oder Notebook leistet einen wichtigen Beitrag, Unterricht zeitgemäß weiterzuentwickeln und eine digitale Dynamik an den Schulen zu erzeugen. Sie setzt starke Impulse für die Entwicklung, Erprobung und dauerhafte Implementierung innovativer Unterrichtskonzepte.

Die Infrastruktur des digitalen Klassenzimmers ermöglicht die flexible und mobile Nutzung digitaler Endgeräte im Unterricht. Eine entsprechende Netzwerkinfrastruktur, insbesondere WLAN und eine breitbandige Internetanbindung, sind dabei wesentliche Voraussetzungen. Die Räume sollten mit einer ausreichenden Anzahl von Steckdosen und einer abschließbaren Aufbewahrungsmöglichkeit (eventuell mit Lademöglichkeit) ausgestattet sein.

Schülereigene mobile Geräte (Privatgeräte im Eigentum der Schülerinnen und Schüler bzw. Erziehungsberechtigten)

BYOD (Bring Your Own Device) beschreibt ein Konzept, bei dem Schülerinnen und Schüler ein privates Notebook oder Tablet als persönliches Lernwerkzeug mitbringen und für schulische Zwecke einsetzen. Bei der Gerätebeschaffung ist auch eine finanzielle Unterstützung durch Dritte in unterschiedlichen Zuschuss bzw. Fördermodellen möglich. Die Schule kann beim Beschaffungsprozess organisatorische Unterstützung leisten. Werden im Vorfeld der Gerätebeschaffung von Seiten der Schule technische Mindestkriterien definiert (z. B. beim Betriebssystem), kann auch in einem BYOD-Modell eine Homogenität bei den mobilen Endgeräten erreicht werden, die den administrativen Aufwand reduzieren und die pädagogische Arbeit erleichtern kann.

Die Besonderheiten des BYOD-Ansatzes sind:

- Die mobilen Endgeräte werden an verschiedenen Lernorten (z. B. in der Schule, zu Hause) und in verschiedenen Lernsituationen flexibel genutzt.
- Es handelt sich um Privatgeräte, die schulisch sowie privat genutzt werden. Ggf. lassen sich dadurch Doppelbeschaffungen im privaten und schulischen Bereich vermeiden.

- Eine technische wie didaktische Herausforderung kann ggf. in der Heterogenität schülereigener Geräte liegen, die allerdings durch einen schulisch organisierten Beschaffungsprozess minimiert wird.
- Die Einbindung schülereigener mobiler Endgeräte in ein schulisches MDM-System setzt eine informierte 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. Die Gewährung von Zuschüssen zur Gerätebeschaffung kann von der Einwilligung zur Einbindung in ein MDM abhängig gemacht werden.
- Auf private personenbezogene Daten, z. B. Fotos, Browser- und Chatverläufe, Social Media Accounts usw., die auf schülereigenen digitalen Endgeräten gespeichert sind, darf die Schule grundsätzlich nicht zugreifen, es sei denn, es liegt hierfür eine wirksame Einwilligung der Erziehungsberechtigten und ggf. der Schülerinnen und Schüler vor.
- Die Installation von Software bzw. Apps auf den privaten Geräten darf nur durch den Eigentümer oder anderweitig Verfügungsberechtigten oder im Einvernehmen mit ihm 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 schülereigenen mobilen Geräte liegt regelmäßig nicht im Verantwortungsbereich der Schule und damit des Schulaufwandsträgers. Die Schule sollte dennoch gemeinsam mit den Erziehungsberechtigten bzw. Schülerinnen und Schülern in einem Konzept Zuständigkeiten und Regelungen zur Konfiguration und Administration festlegen, z. B. Installation der Anwendungen, Updates, Herstellen eines Netzwerkzugriffs.

Schuleigene mobile Geräte (im Eigentum der Schulaufwandsträger)

Bei schuleigenen mobilen Endgeräten sind folgende Aspekte der organisatorischen und technischen Betreuung zu berücksichtigen:

- Die technische IT-Administration der schuleigenen mobilen Endgeräte liegt im Zuständigkeitsbereich der Schulaufwandsträger.
- Bei wechselndem Einsatz müssen der Transport, das Austeilen, Einsammeln und Aufbewahren der Geräte organisiert werden. Es sind ausreichend sichere Lademöglichkeiten für die schuleigenen mobilen Endgeräte vorzusehen.
- Da auf einem mobilen Endgerät nach der Verwendung eventuell personenbezogene Daten wie z. B. Bilder, Filme, Dokumente oder Browserverläufe lokal gespeichert sind, haben Datenschutz und Datensicherheit hier besondere Bedeutung. Sie werden insbesondere durch geeignete Nutzungskonzepte (z. B. Gastmodus), Information, Verhaltensregeln, Sicherung der schülereigenen Ergebnisse und sicherem Löschen von Daten früherer Nutzer vor Aushandigung des mobilen Endgeräts an andere Benutzerinnen und Benutzer 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.
- Vor der Beschaffung und Verwendung schuleigener mobiler Geräte sollten damit verbundene rechtliche Fragen (z. B. Haftung, Datenschutz) geklärt werden.

Lehrerdienstgeräte und Schülerleihgeräte

Lehrerdienstgeräte und Schülerleihgeräte unterscheiden sich von anderen schuleigenen Geräten für den wechselnden Unterrichtseinsatz dadurch, dass sie über einen längeren Zeitraum als personenbezogene Geräte von den Schülerinnen und Schülern oder Lehrkräften bzw. dem sonstigen pädagogischen Personal genutzt und mit nach Hause genommen werden. Die Weisungsbefugnis über die Verwendung liegt weiterhin bei der Schule, so dass die Installation bestimmter Software ohne Einwilligung der Nutzerinnen und Nutzer durchgeführt werden kann. Die Ausgabe und Rahmenbedingungen der Nutzung sollten dokumentiert und damit nachvollziehbar sein.

- Schülerleihgeräte werden (typischerweise) an Schülerinnen und Schüler entliehen, die in einer entsprechenden Bedarfssituation über kein eigenes Gerät verfügen. Grundlage der Nutzung ist ein zwischen Schulaufwandsträger und Schülerin bzw. Schüler geschlossener Leihvertrag, der bestimmte Nutzungsrechte einräumt.
- Lehrerdienstgeräte sind dagegen Arbeitsmittel, die vom Dienstherrn zum weisungsgebundenen Einsatz zur Verfügung gestellt werden; rechtliche Basis ist das Beschäftigungsverhältnis. Es handelt sich dabei nicht um Leihverträge zwischen Lehrkraft bzw. sonstigem pädagogischen Personal und dem Schulaufwandsträger.
- Je nach schulischem Anwendungskonzept können die persönlich zugeordneten Geräte entweder durch die Schule, den Schulaufwandsträger oder durch die Nutzerin bzw. den Nutzer administriert werden, wobei die Schule ggf. die Möglichkeit hat, die Geräte auf eine definierte Ausgangskonfiguration zurückzusetzen.
- Die Verwendung der schuleigenen Geräte 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 (siehe 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/baymbk/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.

e) Videokonferenzsysteme

Videokonferenzsysteme sind cloudbasierte Anwendungen, die eine synchrone Kommunikation mit Bild- und Tonübertragung ermöglichen. Funktionen der Zusammenarbeit wie Steuerung durch einen Moderator, Aufteilung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer in

Gruppenräume, Chatfunktion, Reaktions-/Meldefunktion und Bildschirmfreigabe sind in der Regel integriert.

Bei Auswahl und Einsatz von Videokonferenzsystemen ist besonders auf die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Voraussetzungen zu achten (siehe Kapitel 1.c)), insb. die Orientierungshilfe des Bayerischen Landesbeauftragten für den Datenschutz (LfD) zu „Internationalen Datentransfers“ (siehe https://www.datenschutz-bayern.de/datenschutzreform2018/OH_Drittstaatentransfer.pdf).

- Im Rahmen der BayernCloud Schule steht allen bayerischen Schulen das datenschutzkonforme Videokonferenzwerkzeug ByCS-ViKo kostenlos zur Verfügung.
- Meist genügt ein aktueller Browser für den Zugang der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Um den vollen Funktionsumfang nutzen zu können, ist in manchen Fällen die Verwendung proprietärer Client-Software des Herstellers erforderlich.
- Üblicherweise werden alle aktuellen Betriebssysteme unterstützt, so dass Videokonferenzen mit unterschiedlichen Endgeräten wie Arbeitsplatzcomputern, Notebooks, Tablets oder Smartphones möglich sind.
- Die Qualität integrierter Kameras von mobilen Endgeräten ist in der Regel ausreichend. An Geräte ohne Kamera kann eine externe Webcam angeschlossen werden. Zur Anzeige von Präsentationen oder anderen Dokumenten ist ein ausreichend großes Display zur Darstellung vorteilhaft, so dass ein Smartphone für diese Anwendungen zumindest bei längerem Einsatz ungeeignet ist.
- Wichtig für die Nutzung von Videokonferenzsystemen ist eine gute Audioqualität. Diese wird am einfachsten mit einem Headset erreicht.

Technisch und organisatorisch unaufwändig lassen sich Videokonferenzen mit kleineren Gruppen (z. B. Klassenverbände) durchführen, die einzeln über eigene Geräte eingebunden sind. Anspruchsvoller in der technischen Umsetzung sind hybride Konferenzen, bei denen sich in einer Präsenzveranstaltung einzelne Personen oder Gruppen zuschalten und die Audio-/Videoübertragung des gesamten Raums ermöglicht werden soll. Ein „Kompendium Videokonferenzsysteme“ ist auf den Seiten des BSI (siehe Kapitel 11) einzusehen.

Integrierte Videokonferenzlösungen

Nehmen nicht nur Einzelpersonen, sondern Personengruppen an einer Videokonferenz teil, sollte die Ausstattung des digitalen Klassenzimmers um integrierte Videokonferenzlösungen mit spezieller Hardware ergänzt werden. Das Einsatzszenario und die verwendete Software müssen bei der Auswahl der Hardware berücksichtigt werden. Eine integrierte Videokonferenzlösung lässt sich modular aus Einzelkomponenten zusammenstellen oder als Komplettsystem mit Kamera, Mikrofonen und Lautsprecher erwerben.

Die Konferenzkameras solcher Komplettsysteme können die Abbildung unterschiedlicher Bildwinkel, Autotracking, Erfassung von Teilnehmenden, Anpassung der Farbdarstellung sowie Fernsteuerung ermöglichen.

Die integrierten Mikrofonarrays können einen größeren Radius und einen weiteren Winkelbereich abdecken und sich auf einen Sprecher fokussieren. Rausch- und Echounterdrückung verbessern die akustische Verständlichkeit. Für größere Räume empfiehlt sich

eine Lösung, die durch zusätzliche Mikrofone erweitert werden kann, um alle Mitwirkenden optimal zu erfassen.

f) 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. Es sollte je Schülerin bzw. Schüler ein eigener Computerarbeitsplatz zur Verfügung stehen.

Die Computer sollten so angeordnet werden, dass unterschiedliche methodisch-didaktisch begründete Arbeits- und Sozialformen wie Gruppenarbeit möglich werden. Hilfreich ist es, wenn die Lehrkraft alle Bildschirme im Blick hat und bei Fragen der Schülerinnen und Schüler die einzelnen Arbeitsplätze schnell erreichen kann. Aus ergonomischen Gründen werden für die Arbeit am Computer Drehstühle empfohlen. Ergänzend dazu sind – wenn es die räumlichen Möglichkeiten zulassen – zusätzliche Tische zur Arbeit ohne Computer sinnvoll.

In anderen Fachräumen, z. B. für Biologie, Physik, Chemie, Musik, Kunst, Werkstätten, Labore, können über die Grundausstattung des digitalen Klassenzimmers hinaus weitere, ggf. leistungsfähigere Computer, z. B. zur Messwerterfassung, für Simulationsprogramme oder für den Videoschnitt, sowie zusätzliche Peripheriegeräte, z. B. Messsonden, Funkmikrofone, Grafiktablets, Plotter oder 3D-Drucker erforderlich sein.

g) Sonderpädagogischer Förderbedarf und Inklusion

Für Kinder, Jugendliche und Erwachsene mit sonderpädagogischem Förderbedarf können in allen Förderbereichen an den Förderschulen bzw. im Rahmen der Inklusion spezielle Peripheriegeräte notwendig sein. An der Schule für Kranke sind ebenfalls besondere Hilfsmittel nötig, um z. B. die Integration in den Unterricht der Stammschule zu gewährleisten.

Zur Unterstützung des Lernens in den verschiedenen Förderschwerpunkten sind eine Vielzahl an Hilfsmitteln verfügbar, wie z. B. Spezial-Tastaturen, Talker, Tonübertragungshilfen für Lehrkräfte, Mausersatzgeräte, externe Taster, Noise-Cancelling-Headsets, mobile Touchdisplays, Screenreader-Software.

Auch die, in die gängigen Betriebssysteme, integrierten Bedienungshilfen können zur Barrierefreiheit beitragen, beispielsweise Anpassung der Textgröße, Beschränkung visueller Effekte, Veränderung des Mauszeigers/Touch, Bildschirmlupe, Farbfilter, Kontrastanpassung, Sprachein- und -ausgabe, Audioeinstellungen zur Unterstützung der auditiven Wahrnehmung, Unterstützung für externe Taster/Schalter, Screenreader. Nähere Informationen und Unterstützungen sind bei den Fachberatungen, den ELECOK-Beratungsstellen oder der Beratung digitale Bildung für Förderschulen (siehe <https://mebis.bycs.de/bdb>) erhältlich.

5. Weitere Einsatzbereiche von schulischen IT-Systemen

a) Unterrichtsbezogene Nutzung frei zugänglicher Computer für Schülerinnen und Schüler

Moderne Lernsettings beziehen Arbeitsinseln, Bibliotheken, Lernlandschaften oder Aufenthaltsräume mit ein und können durch eine entsprechende IT-Ausstattung mit Arbeitsplatzrechnern bzw. WLAN- und Internetzugang unterstützt werden. Diese Orte werden auch außerhalb des regulären Unterrichts zu schulischen Zwecken genutzt.

b) Schulische Arbeitsräume für Lehrkräfte

Lehrerzimmer und Vorbereitungsräume

Für Lehrkräfte bzw. sonstiges pädagogisches Personal gibt es in einer Schule verschiedene Arbeitsräume, wie z. B. das Lehrerzimmer oder fachbezogene Arbeitsräume, in denen entsprechende 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 entsprechend eingerichtete Geräte für Lehrkräfte zur Verfügung stehen. Inzwischen sind nahezu alle Lehrkräfte mit entsprechenden Lehrerdienstgeräten ausgestattet, weswegen zusätzliche Anschlussmöglichkeiten (z. B. per Docking-Station) an den Arbeitsplätzen vorgesehen werden sollten, die den Zugriff auf schulische Ressourcen (z. B. Drucker) im Unterrichtnetzwerk ermöglichen. Bei der Ausstattung und Gestaltung der schulischen Arbeitsplätze sollten auch ergonomische Aspekte (z. B. höhenverstellbare Monitore und Schreibtische) 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 Seminausbildung

Räume, die üblicherweise zu Ausbildungszwecken im Rahmen der Seminausbildung genutzt werden, sollen mindestens der Ausstattung eines digitalen Klassenzimmers entsprechen (siehe Kapitel 4). Aus den Mitteln des Masterplans BAYERN DIGITAL II zur Verbesserung der IT-Ausstattung an Ausbildungsseminaren und Seminarschulen stellt das StMUK allen Referendarinnen und Referendaren bzw. Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärttern sowie den Seminarlehrkräften Ausbildungsgeräte einschließlich des erforderlichen Zubehörs bereit. Dies legt die Grundlagen dafür, in der zweiten Phase der

Lehrerbildung, die im Studium erworbenen digitalen Lehrkompetenzen zu erweitern und unter Anleitung der Seminarlehrkräfte in der konkreten Unterrichtssituation praktisch zu erproben. Die Ausbildungsgeräte werden zentral verwaltet. Zudem ist eine darüberhinausgehende Ausstattung, z. B. mit Tabletswagen oder weiteren fachspezifischen Peripheriegeräten, sinnvoll, die es ermöglicht, digital gestützte Unterrichtsszenarien mit unterschiedlichen Geräten vorzustellen und ausgiebig zu erproben.

Seminarveranstaltungen an wechselnden schulischen Orten, wie sie z. B. im Grund-, Mittel- und Förderschulbereich üblich sind, sollten ebenfalls die Möglichkeit bieten, digital gestützte Unterrichtsformen auszuprobieren. Dies erfordert ggf. eine transportable Grundausstattung für ein digitales Klassenzimmer, z. B. Notebooks, Tablets, Beamer, Dokumentenkamera, Audiosystem, ggf. 4G/5G-WLAN-Router. Ebenso ist es empfehlenswert, was vielfach bereits umgesetzt wird, dass an ausgewählten zentralen Standorten, z. B. Medienzentren oder Seminarschulen, digitale Unterrichtslabore eingerichtet werden, in denen der Umgang mit verschiedenen Geräten eingeübt werden kann.

d) IT-Systeme für die Schulverwaltung

Über den unterrichtlichen Bereich hinaus ist der IT-Einsatz auch zur Unterstützung der Schulverwaltung von erheblicher Bedeutung. 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://www.asv.bayern.de/beratung/multiplikatoren.html>.

Für Verwaltungsrechner ist regelmäßig ein Zugang zum Internet notwendig, wobei besondere Schutzmaßnahmen 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 der IT-Systeme im Verwaltungsbereich sind auch 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.

e) Digitale Informationsanzeige

Um Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler über anstehende Vertretungen oder Termine zu informieren, können digitale schwarze Bretter oder Anzeigetafeln genutzt werden. Die Systeme werden über eine entsprechende Weboberfläche verwaltet und können

individuell angepasst werden. So können beispielsweise Nachrichten, Bilder oder Videos eingebunden werden. Die Anzeigen werden im Lehrerzimmer und an gut zugänglichen Orten im Schulhaus angebracht und stellen die Informationen an den Nutzerkreis angepasst dar.

6. Cloubasierte Anwendungen

Ergänzend oder alternativ zu lokal installierter Software werden verstärkt cloubasierte Anwendungen über das Internet bereitgestellt. Diese laufen auf Servern bei den entsprechenden Diensteanbietern. Die Nutzung ist dabei fast immer über einen Browser möglich. Alternativ kann sie über einen eigenen installierten Client erfolgen, der zusätzliche Funktionen bietet.

Cloubasierte Anwendungen ermöglichen es, ortsunabhängig zu arbeiten und bieten unterschiedliche Instrumente v. a. für die Kommunikation und Kollaboration an (z. B. gemeinsame Datenablagen, Kalender, Kommunikationswerkzeuge wie Messenger oder Videokonferenzsysteme). Online-Office-Lösungen erlauben auch die gleichzeitige Bearbeitung gemeinsamer Text-, Tabellenkalkulations- oder Präsentationsdokumente. Die Dateien der Benutzer liegen dabei auf einem Cloud-Speicher.

Das Arbeiten mit cloubasierten Kollaborations- und Kommunikationswerkzeugen ist Bestandteil einer zeitgemäßen schulischen Bildung. Dateien und interaktive Inhalte können geteilt und gemeinsam genutzt oder erarbeitet werden. Über Messenger oder Foren kann asynchron kommuniziert werden. Audio- oder Videokonferenzen ermöglichen einen synchronen Austausch.

Cloubasierte Produkte sind datenschutzrechtlich anspruchsvoll. Die im Kapitel 1.c) unter „Datenschutzrechtliche Aspekte bei Planung und Einsatz von IT-Systemen“ genannten Voraussetzungen einer cloubasierten 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.

a) BayernCloud Schule (ByCS)

Die BayernCloud Schule (ByCS) ist das staatlich zentral bereitgestellte Angebot für schulspezifische Cloubanwendungen. Sie bündelt verschiedene Dienste, die der gesamten Schulfamilie das digitale Lernen und Arbeiten erleichtern.

Die ByCS stellt zentral allen bayerischen Schulen und der Schulaufsicht ein stetig wachsendes, auf schulische Nutzung zugeschnittenes Paket von Webanwendungen bereit. Die Nutzerinnen und Nutzer erhalten neben Werkzeugen für die digitale Kommunikation und Kollaboration ein vielseitiges Angebot an online verfügbaren, multifunktionalen Lern- und Lehrinhalten und digitalen Medien. Damit bringen die kostenfrei nutzbaren Angebote der ByCS spürbare Entlastung für die Schulleitung als (Datenschutz-)Verantwortlichen, die pädagogische Systembetreuung und die Schulaufwandsträger.

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.

Das Portfolio der ByCS wird sukzessive erweitert. Einige Anwendungen wie die mebis Lernplattform, das Videokonferenzsystem ByCS-ViKo oder Dienst-E-Mail werden bereits vielfach an Schulen verwendet. Als zentrale Anlaufstelle stehen ein Web-Portal und eine zentrale Anwendungsverwaltung zur Verfügung. Seit dem laufenden Schuljahr erweitern die neuen Kernkomponenten ByCS-Messenger und ByCS-Drive mit Office den Funktionsumfang deutlich. Neben der VIDIS-Schnittstelle zu externen Angeboten werden weitere Anwendungen sukzessive in den ByCS-Verbund aufgenommen, z. B. FIBS (Fortbildung in bayerischen Schulen), Fachwahl-Erfassung Online (FEO) oder Noten-Erfassung Online (NEO).

Die nachfolgende Grafik zeigt den aktuellen Ausbaustand der ByCS:



Web-Portal

Das Web-Portal als Dreh- und Angelpunkt führt die Anwendungen der ByCS und weitere schulspezifische Angebote unter einem Dach zusammen. Das Dashboard ist die intuitive

grafische Bedienoberfläche innerhalb des Web-Portals und bietet mit nur einer Anmeldung (Single Sign-On) zentral einen nutzungsgruppenspezifischen und niederschweligen Zugang zu allen aktiven Angeboten der ByCS.

Lehr- und Verwaltungspersonal sowie Schülerinnen und Schüler haben Zugriff auf jeweils personalisierte Dashboards, auf denen nur die für sie relevanten Anwendungen, Inhalte und Aktivitäten angezeigt werden. Schulen können eigene Angebote und Inhalte erstellen und diese für ihre Schulgemeinschaft im Dashboard verlinken.

Die Website der ByCS informiert unter <https://www.bycs.de> frei zugänglich über alle ByCS-Anwendungen. Interessierte Personen erhalten hier einen umfassenden Überblick über die Funktionen und aktuellen Entwicklungen in der ByCS. Darüber hinaus gibt es einen umfangreichen Hilfe- und Tutorial-Bereich, der auch einen neuen FAQ-Bereich umfasst. Für persönliche Unterstützung steht eine Support-Hotline mit umfangreichen Servicezeiten zur Verfügung.

Weitere Informationen sind hier abrufbar: <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/dashboard-anwendung/index.html>

Zentrales Identitätsmanagement (IDM)

Der einheitliche und vernetzte Zugang zum Angebot der ByCS wird durch die ByCS-Administration (zentrale Benutzerverwaltung) sichergestellt. Alle Anwendungen werden mit nur einer persönlichen Kennung, der ByCS-Kennung, genutzt. Das Videokonferenzsystem (Viko), alle Komponenten von mebis, Dienst-E-Mail und andere Anwendungen sind per Single Sign-on über die gleichen Zugangsdaten erreichbar. Für Anwendungen mit erhöhtem Schutzbedarf, wie z.B. dem Nutzerprofil, die Administration oder die Anwendungsverwaltung, wird zukünftig eine Multifaktor-Authentifizierung eingeführt. Das heißt, dass zusätzlich zum bisher verwendeten Authentifizierungsverfahren mit Benutzernamen und Passwort ein weiterer „Anmeldefaktor“ benötigt wird. Hierfür kommt der Standard „TOTP“ (Time-based One-time Password) zum Einsatz.

Anwendungsverwaltung

Von der Vereinfachung durch ein zentrales Identitäts- und Rechtemanagement profitiert auch die schulische IT-Administration. Mithilfe der Anwendungsverwaltung können alle Angebote der ByCS schnell, passgenau und direkt aktiviert werden. Nach Abschluss der Aktivierung stehen alle rechtlich notwendigen Dokumente, wie Auftragsvertragsverträge (AVV) sowie Datenschutzerklärungen, Nutzungsbedingungen und Verarbeitungsbeschreibungen zum Download bereit. Die nötigen Verträge können direkt per Mausklick gezeichnet werden.

ByCS-Drive mit Office

ByCS-Drive ist ein zeitgemäßer cloudbasierter Speicherdienst, der unter Berücksichtigung fortschrittlicher Sicherheitstechnologien und höchsten Ansprüchen an den Datenschutz bereitgestellt wird. Die Verfügbarkeit von Inhalten überall und zu jeder Zeit, verbessert die Zusammenarbeit und Produktivität im Schulalltag. Spezielle Programme („Sync-Clients“) garantieren die Synchronisation von Daten in Drive mit dem persönlichen Endgerät. Linkfreigaben ermöglichen die Zusammenarbeit mit anderen Nutzerinnen und Nutzern, auch schulübergreifend.

Die webbasierte Office-Anwendung ByCS-Office ist fester Bestandteil von ByCS-Drive und bietet den bekannten Funktionsumfang einer zeitgemäßen Office-Suite: Textdokumente, Tabellenverarbeitung und Präsentationssoftware. Die Kollaborationsfunktion ermöglicht gleichzeitiges Arbeiten an einem Dokument durch mehrere Nutzende. Die volle Kompatibilität zu gängigen Office-Dateiformaten ist sichergestellt.

Weitere Informationen sind hier abrufbar: <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/cloudspeicher/index.html>, <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/weboffice/index.html>.

ByCS-Messenger

Der ByCS-Messenger bietet eine sichere und datenschutzkonforme Kommunikation im schulischen Umfeld. Die Anwendung im Chat-Format kann die Kommunikation zwischen den Mitgliedern der Schulgemeinschaft erheblich vereinfachen. Der Funktionsumfang des Messengers orientiert sich am Funktionsumfang bekannter Chat-Anwendungen: Emojis, Abstimmungen, Sprachtelefonie und die Standortübermittlung seien beispielhaft erwähnt. Die Nutzung kann sowohl über Apps für mobile Endgeräte oder im Browser ohne zusätzlichen Installationsaufwand erfolgen.

Das Administrationsportal des ByCS-Messenger ermöglicht eine Einschränkung der Berechtigungen von Nutzenden oder Nutzergruppen, angepasst an das medienpädagogische Konzept der Schule. So kann es beispielsweise sinnvoll sein, für Schülerinnen und Schüler das Erstellen eigener Chaträume zu unterbinden.

Weitere Informationen sind hier abrufbar: <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/messenger/index.html>.

Videokonferenzsystem

ByCS-ViKo ist ein für alle bayerischen Schulen kostenloses und datenschutzkonformes Videokonferenzwerkzeug. Es handelt sich dabei um browserbasierte Software, die unterschiedliche Nutzungsszenarien, z. B. Beratungs- oder Elterngespräche und Gremiumssitzungen, Sitzungen in Klassenstärke oder Großveranstaltungen im Webinar-Modus mit bis zu 2.000 Teilnehmenden unterstützt.

ByCS-ViKo ist speziell auf die schulischen Bedürfnisse und Einsatzbereiche abgestimmt, unabhängig vom Endgerät nutzbar und bietet u. a. umfangreiche Gruppenraumfunktionen, unterschiedliche Möglichkeiten zur Bildschirmfreigabe, barrierefreie Bedienung, Chatfunktion und Dateiaustausch zum Verteilen von Arbeitsmaterialien bei gleichzeitiger Bildschirmfreigabe. ByCS-ViKo bietet auch eine App für iOS- und Android-Endgeräte.

Weitere Informationen sind hier abrufbar: <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/videokonferenzsystem/index.html>.

Dienst-E-Mail

Staatliche bayerische Schulen können im Rahmen der ByCS für ihre Lehrkräfte, dem weiteren pädagogischen Personal sowie Verwaltungs- und Hauspersonal Dienst-E-Mail-Accounts in Anspruch nehmen. Das webbasierte System dient dem Austausch untereinander sowie dem dienstlichen Kontakt zu Schülerinnen und Schülern sowie zu Erziehungsberechtigten und externen Partnern unter Beachtung des Datenschutzes und der

Datensparsamkeit. Zudem können Funktionspostfächer angelegt werden, auf die mehrere Personen Zugriff haben (z. B. Sekretariate) und die sich für die Adressierung von einzelnen Funktionsträgern bzw. Ansprechpartnern innerhalb einer Schule, beispielsweise die Datenschutzbeauftragten eignen. Bei personellen Wechsels ist die Zuweisung des Funktionspostfachs an den oder die gewünschten Nutzer einfach möglich. Neben Funktionspostfächern können auch Verteilerlisten angelegt werden, mit deren Hilfe eine zuvor definierte Anzahl an Personen (z. B. das gesamte Lehrerkollegium einer Schule) erreicht werden kann, ohne die Adressaten einzeln anschreiben zu müssen. Außerdem steht in der Kalenderfunktion der Dienst-E-Mail auch ByCS-ViKo als Add-In zu Verfügung, wodurch ohne Systemwechsel ByCS-ViKo-Räume eingerichtet und die Zugangsdaten mit einer Terminanfrage versendet werden können.

Weitere Informationen sind hier abrufbar: <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/e-mail/index.html>.

mebis Lernplattform und teachSHARE

Die mebis Lernplattform ist ein browserbasiertes Lern-Management-System auf Grundlage von Moodle. Darin gestalten Lehrkräfte begleitend zum Unterricht didaktisch gezielt digitale Lernangebote. Diese Lernplattformkurse lassen sich methodisch vielseitig einsetzen, etwa zur Bereitstellung interaktiver Materialien für Lern- und Übungsphasen, zum Einsammeln und Bewerten von Lernprodukten und für Feedback. Durch die individuelle Dokumentation des Lernfortschritts können Lehrkräfte auch differenzierend arbeiten und individuelle Lern- und Förderangebote einrichten.

Da alle Schulen in Bayern Zugriff auf dieselbe Lernplattform haben, ist eine schulübergreifende Zusammenarbeit in der Konzeption und Nutzung von Lernplattformkursen durch Lehrkräfte im Team möglich. Darüber hinaus stellt teachSHARE eine zentrale Austauschplattform für urheberrechtlich geprüfte Lernplattformkurse dar, über die Lehrkräfte einzelne Lernmaterialien bis hin zu vollständigen Kursen als Open Educational Resources freigeben und nutzen können.

Weitere Informationen sind hier abrufbar: <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/lernplattform/index.html>, <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/teachshare/index.html>.

mebis Mediathek, Prüfungsarchiv und digitale Lernaufgaben

Bei der mebis Mediathek, dem Prüfungsarchiv und den digitalen Lernaufgaben handelt es sich um drei Mediatheken mit pädagogischen Inhalten: In der Mediathek finden Lehrkräfte eine täglich wachsende und tagesaktuelle Sammlung von Videos und Podcasts aus verschiedenen Quellen, allen voran aus öffentlich-rechtlichen Angeboten. Diese Medien können in der Lernplattform und der mebis Tafel integriert und mit anderen Lernmaterialien kombiniert werden. Außerdem können alle Medien als offline abspielbare Medien im MP4- oder MP3-Format heruntergeladen werden. Durch die Anbindung der lokalen Medienzentren haben Lehrkräfte über die Suche in der Mediathek auch Zugriff auf den vor Ort lizenzierten Inhalt, den das Medienzentrum den Schulen bereitstellt.

Im Prüfungsarchiv befinden sich alle zentral gestellten Prüfungen inklusive etwaiger Zusatzmaterialien und Lösungen.

Digitale Lernaufgaben sind Aufgaben, die digitale Werkzeuge (Hard- und Software) in die Lösungsstrategie und Bearbeitung einbeziehen und Schülerinnen und Schüler bei der Vorbereitung, dem Austausch und der Reflexion von Lerninhalten unterstützen. Digitale Lernaufgaben können verschiedene Formate haben, wie z. B. interaktive Übungen, Online-Quiz oder multimediale Präsentationen. Im Portal für digitale Lernaufgaben finden Lehrkräfte eine Auswahl an bereits ausgearbeiteten Beispielen für unterschiedliche Schularten. Das Portal wird laufend um Beispiele für digitale Lernaufgaben erweitert. Weitere Informationen sind hier abrufbar: <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/mediathek/index.html>, <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/pruefungsarchiv/index.html>, <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/digitale-lernaufgaben/index.html>.

mebis Kurzlinks

mebis Kurzlinks bieten die Möglichkeiten, lange URLs zu kürzen und entsprechende QR-Codes zu erzeugen. Die direkte und intuitive Integration in der Lernplattform ermöglicht zudem das unmittelbare Erstellen von Kurzlinks und QR-Codes zu einzelnen Lernplattformkursen bzw. zu separaten, darin enthaltenen Aktivitäten. Lehrkräfte können die Kurzlinks selbst benennen und nachträglich die Ziel-Adresse aktualisieren.

Weitere Informationen sind hier abrufbar: <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/mebis-kurzlinks/index.html>.

mebis Tafel

Die mebis Tafel ist eine digitale, hardware-unabhängige Whiteboard-Software, in der Elemente wie Bilder, Videos, Audios, Texte eingefügt und Schülerinnen und Schülern eigenständig oder über einen Lernplattformkurs zur Verfügung gestellt werden können. Die Lernenden können dann in ihrer eigenen Version Änderungen im Tafelbild vornehmen und entsprechende Aufgabenstellungen bearbeiten, die sich im Nachgang von der Lehrkraft einsehen und korrigieren lassen. In Zukunft wird auch kollaboratives Arbeiten in der mebis Tafel möglich sein.

Weitere Informationen sind hier abrufbar: <https://www.bycs.de/uebersicht-und-funktionen/tafel/index.html>

b) Fortbildungsangebot zur BayernCloud Schule

Parallel zum stufenweisen Ausbau der ByCS wird für Lehrkräfte ein umfangreiches Fortbildungsangebot der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung (ALP) Dillingen aufgebaut und fortlaufend aktualisiert. Eine Übersicht zu den verfügbaren Fortbildungen findet sich auf der ByCS-Themenseite unter <https://bycs.alp.dillingen.de/>.

Neben Selbstlernkursen (asynchronen virtuellen Fortbildungen) werden auch eSessions (synchrone virtuelle Fortbildungen) zu den einzelnen ByCS-Anwendungen angeboten. Lehrkräfte können über das Fortbildungsportal FIBS (<https://fibs.alp.dillingen.de/>) für sie geeignete Fortbildungen suchen und sich für diese anmelden.

7. Vernetzung der Rechner, Schulhausvernetzung

Bei der Schulhausvernetzung gilt es mit Blick auf die technischen Entwicklungen vorausschauend zu planen und frühzeitig die notwendigen technischen Rahmenbedingungen zu schaffen. Die Integration aller Arbeitsplätze sowie aller mobilen schuleigenen und persönlichen Geräte in eine leistungsfähige Netzwerkinfrastruktur ist sicherzustellen. Es wird empfohlen, mit der Planung, Installation, Dokumentation, Wartung sowie der Reparatur einen darauf spezialisierten Dienstleister zu beauftragen. Die pädagogische Systembetreuung als Schnittstelle zwischen Schule und Schulaufwandsträger sollte in die Planung des Schulnetzes (z. B. VLAN-Struktur, WLAN-Aufbau) einbezogen und grundlegend in die Administration und Architektur des Rechnernetzwerkes eingewiesen werden.

Schulnetze müssen zu bestimmten Zeiten (z. B. Unterrichtsbeginn und -ende) besondere Lastspitzen verarbeiten können. Gleichzeitige An- und Abmeldevorgänge, Multimediaanwendungen oder Internetzugriffe verursachen ein hohes Datenaufkommen und erfordern hoch performante Netzwerkhardware sowie Internetanbindungen. Dies gilt sowohl für die kabelgebundene Infrastruktur als auch für die Funknetze (WLAN). Vor allem beim Zugriff auf cloudbasierte Dienste ist eine ausreichend leistungsstarke Internetanbindung erforderlich (siehe 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 (siehe Kapitel 11).

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 zwischen

- 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.

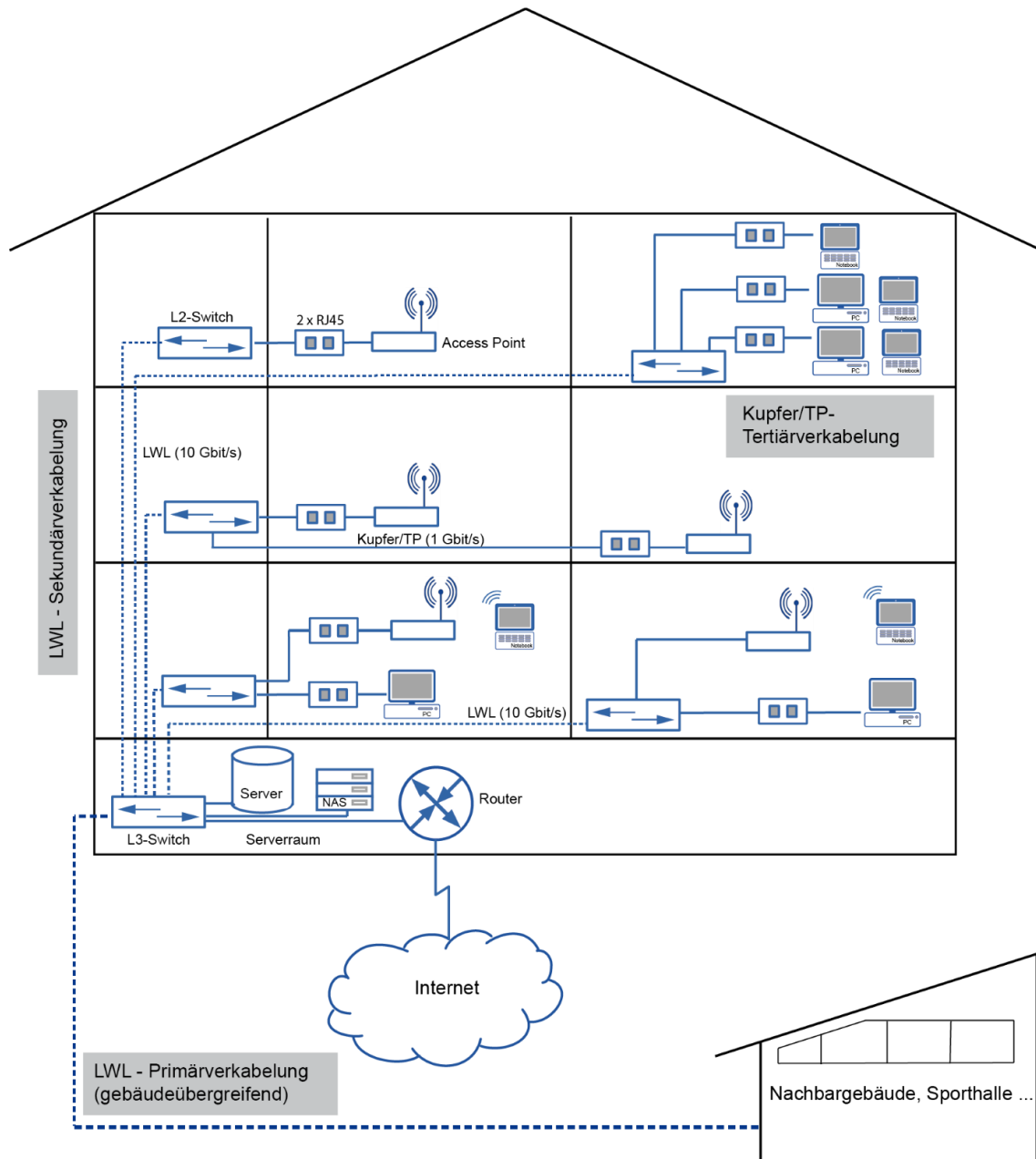
Die Anbindung fester Arbeitsplätze und weiterer netzwerkfähiger nicht mobiler Clients (z. B. Drucker, interaktive Tafeln, zunehmend auch Beamer oder Dokumentenkameras) wird üblicherweise über eine Kupferverkabelung (Twisted-Pair-Verkabelung) mit Gigabit-Ethernet (1 Gbit/s) durchgeführt. Im Backbone-Bereich 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, 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 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 Primär-, Sekundär- und Tertiärverkabelung symbolisch dargestellt:



Strukturierte Gebäudeverkabelung mit Primär- Sekundär- und Tertiärverkabelung

b) Funknetz (WLAN)

Im Zuge der steigenden Anzahl mobiler Endgeräte im Schulnetzwerk gewinnt eine flächendeckende und performante WLAN-Infrastruktur eine Schlüsselrolle für einen digital gestützten Unterricht. Ein Funknetz ergänzt die strukturierte Gebäudeverkabelung, kann diese jedoch nicht ersetzen. Für stationäre IT-Geräte ist eine kabelgebundene Anbindung an das lokale Netz zu bevorzugen. Die Anbindung von mobilen Endgeräten und sonstigen WLAN-fähigen Clients wird über kabelgebundene Access-Points realisiert, deren Anzahl, bereitgestellte Bandbreite, Positionierung und Management sorgfältig geplant werden muss. Ebenso sollten die Access-Point zentral gemanagt werden, um mög-

liche Leistungsengpässe zu erkennen und den administrativen Aufwand bei der Konfiguration zu reduzieren. Um Access-Points geeignet positionieren zu können, muss das Gebäude über eine entsprechende kabelgebundene Netzwerkinfrastruktur verfügen.

- Für einen stabilen Netzzugang über WLAN kann vereinfacht von der Installation eines Access-Points pro Klassenzimmer ausgegangen werden. Bei komplizierten baulichen Konstellationen kann eine professionelle Ausleuchtung zur Planung der WLAN-Infrastruktur notwendig sein.
- 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 und sich alle angemeldeten Clients die verfügbare Bandbreite des Access-Points teilen.
- Bei einer schlechten Übertragungsqualität wird die Übertragungsrate drastisch reduziert. In der Praxis wird bei der Datenrate für die Nutzdaten selten mehr als ein Drittel der Brutto-Übertragungsrate zwischen dem Access-Point und dem Client erreicht.
- Bei Neuinstallationen sollte der Standard IEEE 802.11ax / Wi-Fi 6(E) berücksichtigt werden. Geeignete Access-Points unterstützen die Clients im 2,4 GHz-, im 5 GHz- und im 6 GHz-Bereich und bieten ausreichend hohe Übertragungsraten. Die Anbindung der Access-Points an das lokale Netz erfolgt dabei über Gigabit-Ethernet mit Übertragungsraten von 1 bzw. 2,5 Gbit/s.
- Bei der Planung einer WLAN-Infrastruktur ist auch darauf zu achten, dass die Schule über eine ausreichend große interne LAN- sowie Internetbandbreite (Download und Upload) verfügt und entsprechend leistungsfähige Netzwerkkomponenten verwendet werden. Nur so können ein stabiler Netzzugriff und die performante Nutzung externer Ressourcen gewährleistet werden.
- Bestehende WLAN-Infrastrukturen bieten u. U. Möglichkeiten der Optimierung der Konfiguration (z. B. in 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. Controller gibt es lokal gehostet (On Premises) als Software auf einem Computer, als separate Hardware oder als cloudbasierte Variante. Cloudbasierte Controller sind, je nach Hersteller, auch mandantenfähig, d. h., die WLAN-Netzwerke mehrerer Schulen lassen sich zentral über eine Plattform administrieren.

Grundsätzlich müssen die Access-Points zum Controller kompatibel sein. Dies bedingt die Festlegung auf einen Systemanbieter bzw. Hersteller. Bei Planung und Beschaffung empfiehlt es sich, auf eine Technologie zu setzen, die erweiterbar ist und auch in Hochlastumgebungen stabil funktioniert.

Alternative WLAN-Strukturen

WLAN-Mesh-Systeme und WLAN-Repeater sind weitere mögliche Ansätze für eine WLAN-Infrastruktur, die in einer Schule jedoch aus folgenden Gründen nicht zu empfehlen sind.

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. Sie bilden die Knoten des Mesh-Netzwerks. Alle Knoten kommunizieren untereinander über das Funknetz. Die zur Steuerung genutzten Signale und Datenübertragungen verringern die Bandbreite des Gesamtsystems. Mesh-Systeme sind nicht herstellerübergreifend kompatibel.

WLAN-Repeater sind nicht geeignet, ein Funknetz mit den schultypischen Lastszenarien aufzubauen. Repeater verstärken nur Funksignale und vergrößern die Reichweite einer Funkzelle, sie erhöhen aber nicht die Bandbreite innerhalb des Empfangsbereichs, sondern halbieren sie i. d. R. aufgrund der Verstärkung des Funksignals.

Zugriffsschutz

Der Zugriff auf vertrauliche Ressourcen und Daten der Schule (z. B. Dateifreigaben) über das WLAN der Schule muss abgesichert werden und darf nur autorisierten Personen möglich sein. Erreicht werden kann dies z. B. durch folgende Maßnahmen:

- Eine verschlüsselte Verbindung (z. B. mit WPA2 bzw. WPA3), deren Schlüssel (Pre-Shared Key) nur den autorisierten Nutzerinnen und Nutzern (z. B. Lehrkräften) bekannt ist.
- Eine weitere Möglichkeit bildet eine zentrale individuelle Netzwerkauthentifizierung (z. B. Hotspot-Lösung mit Captive Portal-Authentifizierung oder WPA-Enterprise nach IEEE 802.1x und RADIUS-Server). Diese Variante erhöht die Sicherheit und den Verwaltungsaufwand. Die Absicherung wird durch die Limitierung der Zugriffsberechtigungen erreicht. Die Sicherheit der Datenübertragung wird dadurch nicht verbessert und es kann zu Problemen bei der drahtlosen Bildschirmübertragung kommen.
- Eine weitere individuelle Authentifizierung bei Zugriff auf einen Anwendungsserver oder Datenspeicher kann v. a. bei Zugriff auf personenbezogene Daten zusätzlich notwendig sein.

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

Ein vollständig separates, vom eigentlichen Schulnetz logisch getrenntes WLAN-Netz mit Internetzugang ist eine weitere Zugangsmöglichkeit. Ein Zugriff auf schulinterne Ressourcen ist dabei nicht vorgesehen. Dies ist z. B. bei BayernWLAN, einer Initiative des Bayerischen Staatsministeriums der Finanzen und für Heimat, so realisiert. Informationen dazu sind unter <https://www.ldbv.bayern.de/breitband/bayernwlan.html> zu finden.

Gesundheitliche Aspekte bei der Verwendung von WLAN

WLAN-Systeme emittieren zur drahtlosen Informationsübertragung hochfrequente elektromagnetische Felder. WLAN nutzt zur Datenübertragung Frequenzen 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. auch 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 (siehe https://www.bfs.de/Shared-Docs/Downloads/BfS/DE/broschueren/emf/info-bluethooth-und-wlan.pdf?__blob=publicationFile&v=7 sowie gleichlautende LT-Drucksache 16/2362). 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 unter <https://www.stmuv.bayern.de/themen/strahlenschutz/index.htm> an.

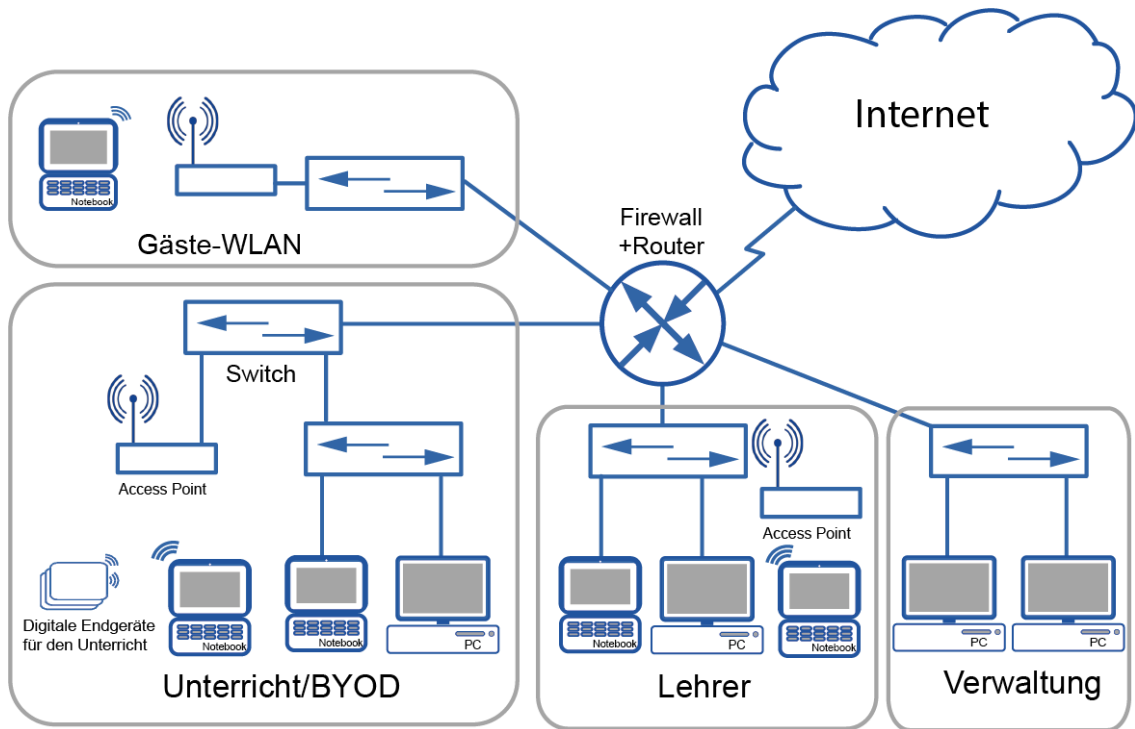
Der Netzzugang mit Notebooks, Tablets oder Smartphones per WLAN ist, aufgrund einer geringeren Strahlung, einer Mobilfunkverbindung vorzuziehen (siehe z. B. BfS: "Tipps für Nutzer*innen von Smartphones und Tablets", <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/mobilfunk/vorsorge/smartphone-tablet/smartphone-tablet.html>).

c) Logische Trennung des lokalen Netzes in Teilnetze

Zur Gewährleistung eines hohen und differenzierten Schutzniveaus ist es sinnvoll, Verwaltungsbereich, Lehrerbereich und Schüler-/Unterrichtsbereich in verschiedene Teilnetze zu trennen. Jedes dieser Teilnetze ist ein eigenes logisches Netz, in dem eigene Sicherheitsstandards definiert werden können. Die Teilnetze können über VLANs (bei Nutzung derselben physikalischen Verkabelung) oder über eine getrennte (physische) Verkabelung gebildet werden.

Zur Verbindung von Teilnetzen bzw. zur Kommunikation zwischen den Teilnetzen ist ein Router oder ein Layer-3-Switch nötig. Damit lassen sich kontrollierbare Übergänge einrichten. Durch Firewall-Regeln wird festgelegt, zwischen welchen Teilnetzen kommuniziert und wie jeweils auf das Internet zugegriffen werden kann.

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

Über WLAN-Multi-SSID lassen sich auch unterschiedliche WLAN-Netze und Einsatzvarianten definieren (z. B. Lehrer-WLAN, Unterricht-/BYOD-WLAN, Gäste-WLAN etc.). So kann für die jeweiligen Teilnetze, Nutzergruppen und Einsatzzwecke bestimmt werden, auf welche Ressourcen, wie Internet oder interne Dienste, diese zugreifen dürfen. Im Unterrichtsnetz sollten Lehrkräfte, das sonstige pädagogische Personal, Schülerinnen und Schüler zusammenarbeiten und auf die gleichen Ressourcen (z. B. Drucker, drahtlose Bildschirmübertragung) zugreifen können. Auch Störungen oder Überlastungen sind so üblicherweise auf die jeweiligen Teilnetze beschränkt.

Eine weitere Trennung in mehrere Teilnetze innerhalb des Unterrichtsnetzes kann aus denselben Gründen sinnvoll sein, z. B. in einzelne Computerräume, Klassenbereiche, Fachräume.

d) Allgemeine Hinweise

- Datenschutz und Datensicherheit sind insbesondere im Verwaltungsbereich von herausgehobener Bedeutung.
- Eine ausreichende Kühlung bzw. Klimatisierung von Serverräumen und Verteilerschränken erhöht die Verfügbarkeit und Lebensdauer der Geräte und ist deshalb anzuraten.
- Die zentralen Komponenten eines Netzwerks (z. B. Router mit Internetanbindung, konfigurierbare Switches, Server, NAS) müssen gegen Manipulation und vor unberechtigten Zugriffen geschützt und zugleich zuverlässig verfügbar sein. Eine Absicherung erreicht man dadurch, dass der Konfigurationszugang zu den Geräten mit sicheren Passwörtern versehen und aus dem Unterrichtsnetz grundsätzlich nicht

möglich ist. Weitere Informationen sind unter <https://www.km.bayern.de/gestalten/digitalisierung/datensicherheit> zu finden.

- Ein physischer Schutz kann dadurch gewährleistet werden, dass diese Komponenten in einem separaten verschlossenen Serverraum oder in abschließbaren Verteilerschränken untergebracht werden.

8. Verbindung mit dem Internet

a) Internetzugang

Ein leistungsstarker Internetzugang ist für Schulen unverzichtbar. Um die ins Internet ausgelagerten Dienste in der Schule sinnvoll nutzen zu können, ist eine möglichst hohe Bandbreite sowohl im Up- als auch im Downstream notwendig. Erklärtes Ziel der Bayerischen Staatsregierung ist die Anbindung der Schulen über einen breitbandigen Glasfaseranschluss.

Grundsätzlich werden aktuell drei unterschiedliche Technologien beim kabelgebundenen Internetzugang angeboten: DSL (Digital Subscriber Line), Kabelnetz und Lichtwellenleiter (Glasfaser). Die Techniken unterscheiden sich hinsichtlich Bandbreite und Stabilität deutlich.

- DSL verwendet die vorhandenen Kupferkabel des Telefonnetzes und hat aufgrund technischer und physikalischer Beschränkungen nur eine geringe maximale Bandbreite ohne weitere Steigerungsmöglichkeit. Bei DSL-Anschlüssen sind aktuell bis zu 250 Mbit/s im Downstream und 40 Mbit/s im Upstream möglich.
- Im Kabelnetz wird der Breitbandzugang über die Kabelfernsehtnetze realisiert. Es handelt sich dabei um ein „Shared Medium“, das heißt, die vorhandene Bandbreite wird auf die Anschlussinhaber aufgeteilt. Es kann somit unabhängig von der gebuchten maximalen Bandbreite zu deutlichen Leistungsschwankungen in Stoßzeiten kommen. Im Kabelnetz sind Datenraten von bis zu 1.000 Mbit/s im Down- und 50 Mbit/s im Upstream möglich.
- Lichtwellenleiter (LWL, Glasfaser) haben die genannten Bandbreitenbeschränkungen bzw. Leistungsschwankungen nicht und ermöglichen eine erheblich höhere maximale Bandbreite. Aufgrund der deutlich besseren Skalierbarkeit und Zukunftssicherheit ist ein Glasfaseranschluss anzustreben. Dieser ist sowohl mit symmetrischer als auch asymmetrischer Bandbreitenaufteilung buchbar. Hier werden Datenraten von z. B. 1.000 Mbit/s im Down- und Upstream angeboten.

Neben der Bandbreite sind die Verfügbarkeit und der Support wichtige Leistungsmerkmale. Geschäfts- bzw. Business-Anschlüsse bieten oft den notwendigen Service und eine kurzfristigere Lösung von Störungen.

Bandbreitenmessung

Die Bundesnetzagentur bietet unter <https://breitbandmessung.de> eine Möglichkeit zur Messung der tatsächlichen Bandbreite des Internetzugangs an. Diese Prüfung sollte zu verschiedenen Tages- und Wochenzeiten mehrmals durchgeführt werden. Um Effekte

des lokalen Netzwerks ausschließen zu können, ist der Test von einem kabelgebundenen LAN-Anschluss möglichst nah am Internetzugangsrouter auszuführen. Weicht die vertraglich gebuchte Bandbreite von der gemessenen, tatsächlichen Bandbreite signifikant ab, sollte in einem ersten Schritt der Anbieter informiert werden. In einem zweiten Schritt kann geprüft werden, ob ein Anbieterwechsel notwendig ist, sofern die Bandbreitendabweichungen weiterhin bestehen bleiben.

Richtwert für den Bandbreitenbedarf

Der Bandbreitenbedarf einer Schule ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Schulart und Schüleranzahl sind grundlegende Kalkulationsgrößen. Die Anwendungsart und -intensität ergeben sich aus den schulischen Nutzungsszenarien. In besonderem Maße ist bei der Nutzung externer Lernplattformen, Videokonferenztools und allgemein bei der Nutzung von Clouddiensten der deutlich zunehmende Bedarf an Upstream-Geschwindigkeit zu berücksichtigen. Das Aufrufen und Abspeichern von Daten bei Clouddiensten führt vor allem am Unterrichtsbeginn und -ende zu hohen Netzbelastungen.

Für typische Anwendungsszenarien, wie zum Beispiel die aktive Medienarbeit und das Speichern von Daten auf Cloudspeichern, kann zur Berechnung vereinfacht von einem symmetrischen Bandbreitenbedarf von etwa 1 Mbit/s pro aktiver Nutzerin bzw. aktivem Nutzer ausgegangen werden.

Dabei sollte die verfügbare Internetbandbreite einer Schule jedoch mindestens 100 Mbit/s im Down- und Upstream betragen.

Mit zunehmender Schülerzahl sollte ein weiterer Internetzugang für die Schule zur Lastverteilung oder Steigerung der Ausfallsicherheit erwogen werden. Schulen, die noch keinen Breitbandzugang zum Internet haben, wird empfohlen, sich um einen entsprechenden Vertragsabschluss zu bemühen bzw. über ihre Kommune eine Aufnahme in den Ausbaubereich im Rahmen der verschiedenen Breitband- bzw. Gigabitförderprogramme des Freistaats Bayern und des Bundes zu erwirken.

Der Internetzugang über das Mobilfunknetz per LTE/5G kann den kabelgebundenen Zugang flexibel ergänzen oder als Backupverbindung herangezogen werden. Bei der Wahl des Mobilfunktarifs ist darauf zu achten, dass dieser keine Volumenbegrenzung hat. Oftmals haben Anbieter spezielle Bildungstarife in ihrem Angebot.

b) Internetzugangsrouter mit Firewall

Dem Internetzugangsrouter der Schule kommt 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 anbinden 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 (z. B. in der Industrie) setzen komplexe, sehr sichere und aufwändig zu konfigurierende Firewalls bzw. UTM-Systeme (Unified-Threat-Management) ein, die auch zunehmend Schulen angeboten werden, um beispielsweise spezielle Anwendungen wie Messenger oder Social Media im schulischen Netzwerk zu blockieren. Diese Systeme integrieren neben klassischen Filtern auf IP- und Protokollebene zusätzliche Sicherheits- und Filterfunktionen wie Authentifizierung, VPN, Intrusion-Detection, Intrusion-Prevention oder Content-Filter. Diese Funktionen gehen in der Regel über den Sicherheitsbedarf der Schulen hinaus und rechtfertigen nicht den hohen Konfigurations- und Administrationsaufwand sowie die regelmäßig anfallenden Lizenzkosten für den Weiterbetrieb der gewählten Lösung.

c) Webfilter

Der Schutz der Kinder und Jugendlichen vor unerwünschten Inhalten aus dem Internet ist Anliegen und Auftrag der Schule. Dazu wurden als technisches Hilfsmittel Webfilter entwickelt, die den Zugang zu Internetinhalten kontrollieren sollen, um Kinder und Jugendliche vor schwierigen Situationen im Umgang mit digitalen Medien, vor allem der Konfrontation mit unangemessenen Inhalten, zu bewahren.

Der Einsatz eines Webfilters entbindet die Schule jedoch nicht von ihrer Bildungs- und Erziehungsaufgabe, die Medienkompetenz der Schülerinnen und Schüler zu fördern. Diese werden durch die Lehrkräfte und das sonstige pädagogische Personal zum verantwortungsbewussten Arbeiten mit Medien angeleitet und dabei begleitet. Die zunehmende Digitalisierung erfordert den kompetenten, selbstverantwortlichen Umgang mit digitalen Medien bereits deshalb, weil Kinder und Jugendliche außerhalb des schulischen Umfelds auf das Internet regelmäßig und zumeist ohne Beschränkungen zugreifen können.

Protokollierung der Web-Zugriffe

Es besteht keine grundsätzliche Verpflichtung für Schulen eine technische Lösung einzusetzen, um unerwünschte Internetseiten zu filtern bzw. Internetaktivitäten zu protokollieren.

Werden 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.c)).

Wenn sich eine Schule für einen Webfilter entscheidet, um die kontinuierliche und präventive Aufsicht der Schule zu unterstützen, kann die Berücksichtigung folgender Kriterien bei der Auswahl hilfreich sein:

Betriebsstabilität, Performanz und technische Zuverlässigkeit

Ein Webfilter beeinflusst an einem zentralen Punkt die Anbindung des Unterrichtsnetzes an das Internet. Für einen stabilen und zuverlässigen Internetzugang darf der Webfilter die Internetverbindung oder das Aufrufen von Webseiten nicht merklich verlangsamen

und muss mit allen Desktop-Computern, Notebooks, Tablets und weiteren mobilen Endgeräten funktionieren. 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 schüler- bzw. lehrereigenen Geräten sollte der Webfilter funktionieren, ohne dass dort Änderungen an der Konfiguration (z. B. Installation von Anwendungen) vorgenommen werden müssen.

Inhaltliche Zuverlässigkeit

In der täglichen Unterrichtsarbeit und bei der regulären Internetnutzung sollte man den Webfilter nicht bemerken. Üblicherweise werden Webfilter danach bewertet, wie zuverlässig diese unerwünschten Webseiten sperren und erwünschte Webseiten und Dienste ungehindert zulassen.

Globale Einstellung durch die Schule

Die Schule sollte eine einfache Möglichkeit haben, die Filterung zu beeinflussen (z. B. Auswahl der zu filternden Kategorien, eigene Blacklist/Whitelist). Sinnvoll ist es, wenn die Filterregeln entsprechend dem Alter, der Medienkompetenz, der Selbstverantwortung, der Einsichtsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler und der jeweiligen Einsatz- und Beaufsichtigungssituation global voreingestellt werden können.

Nutzung durch die Lehrkraft

Flexible Differenzierungen der Filtereinstellungen in einzelnen Unterrichtsstunden und für einzelne Klassen sind oft unpraktikabel. Die Internetnutzung im Unterricht sollte möglich sein, ohne dass die Lehrkraft im Vorfeld den Filter zwingend anpassen muss.

Technische Umsetzung

Ein Webfilter kann technisch über einen Proxyserver oder alternativ über einen DNS-Filter realisiert werden. Webfilter über einen Proxyserver erlauben sehr differenzierte Einstellungen anhand von Benutzer- oder Computerkennungen sowie auch differenzierte zeitliche Einstellungen (z. B. Ausschalten der Filterregeln für einzelne Unterrichtsstunden). Bei der Filterung von https-Seiten und bei der Arbeit mit mobilen Geräten bereiten Proxyserver häufig Probleme. Zahlreiche Apps bei Smartphones und Tablets funktionieren unter Verwendung eines (auch transparenten) Proxyservers nicht wie gewünscht.

Eine Alternative ist eine DNS-Filterung über den DNS-Dienst, der von allen Geräten für den Internetzugriff verwendet wird. Der entsprechende DNS-Server kann auf dem Internetzugangsroutern der Schule hinterlegt werden, ohne die Konfiguration der Endgeräte zu ändern. Eine differenzierte Filterung (z. B. für Lehrkräfte und Schülerinnen und Schüler) ist möglich, indem z. B. unterschiedliche DNS-Server verwendet werden. Alternativ können für mobile Endgeräte DNS-Filter-Apps auf die Endgeräte verteilt werden (z. B. mit einem MDM), die den Internetverkehr des Mobilgeräts an den DNS-Server weiterleiten. Dies erfordert jedoch eine Veränderung der Gerätekonfiguration. Die Nutzung eines

externen DNS-Filterungsdienst bindet keine Ressourcen in der Schule, erlaubt jedoch ggf. keine individuellen Anpassungen der Filtereinstellungen durch die Schule. Mit DNS over HTTPS (DoH) existiert ein Standard, der die DNS-Filterung durch Zugriff auf einen geeigneten DNS-Server ohne Filterung umgehen könnte. Aktuell wird DoH jedoch noch nicht flächendeckend eingesetzt. Grundsätzlich kann diese Lücke über Firewall-Einstellungen am Router oder über dedizierte Firewall-Systeme geschlossen werden. Außerdem kann die Einstellmöglichkeit von DoH im Browser an verwalteten Endgeräten über entsprechende Richtlinien unterbunden werden. Alternativtechniken zu DoH sind DNS over TLS (DoT) oder DNS over QUIC (DoQ).

9. Entscheidungskriterien bei der Auswahl von schulischen IT-Systemen

In den Kapiteln 1 bis 8 wurden verschiedene schulische Einsatzbereiche und -zwecke von IT-Systemen aus fachlicher, pädagogischer sowie grundlegender technischer Perspektive vorgestellt. Die Kapitel 9 und 10 konkretisieren den Auswahlprozess auf der Grundlage geräteklassenspezifischer technischer Kriterien und bilden eine inhaltliche Einheit. In Kapitel 9 werden die zentralen Entscheidungskriterien für die Auswahl von schulischen IT-Systemen dargelegt. In Kapitel 10 werden für jede Geräteklasse technische Anforderungen (z. B. Monitorhelligkeit, Arbeitsspeichergröße) als Datenblätter zusammengestellt, um Planungs- und Beschaffungsprozesse zu unterstützen.

a) Arbeitsplatzcomputer

Desktop-Computer mit separat angeschlossenem Monitor, Tastatur und Maus sind die klassischen Arbeitsplatzcomputer, die in allen Verwaltungs- und Büroumgebungen zum Einsatz kommen. Die ergonomischen Anforderungen an Büroarbeitsplätze lassen sich damit am besten erfüllen. In Schulen kommen Desktop-Computer überall dort zum Einsatz, wo fest installierte Computer sinnvoll sind, z. B. in Computerräumen, in Lehrerzimmern oder in der Schulverwaltung. Die klassischen Betriebssysteme für Arbeitsplatzcomputer sind Windows, Linux oder macOS.

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

b) Notebooks

Notebooks kommen vor allem dann zum Einsatz, wenn der Platz beschränkt oder wenn ein ortsunabhängiger Einsatz als mobiles Gerät erforderlich ist. Als Betriebssysteme für Notebooks werden wie bei Desktop-Computern Windows, Linux (bei x86-PCs) oder macOS (bei MacBooks) angeboten.

Chromebooks sind Notebooks im Formfaktor sehr ähnlich, unterscheiden sich aber in der Bedienung deutlich von diesen. Sie verwenden ein eigenes Betriebssystem (ChromeOS), dessen Bedienung eher an Mobilgeräte angelehnt ist. Chromebooks gibt

es in verschiedenen Hardwareausstattungen, die den verschiedenen Einsatzszenarien angemessen sind. Für eine hardwaresparsame, cloudbasierte Nutzung (browsergestützte Anwendungen, z. B. Internetrecherche, Videokonferenzen im Browser, Office Anwendungen im Browser) genügen ChromeOS-Geräte mit den im Datenblatt in Kapitel 10.b) angegebenen Mindestanforderungen. Für eine umfassendere Offline-Nutzung (z. B. Nutzung von Apps, Erstellen und Bearbeiten von Inhalten, Programmieren) sind ChromeOS-Geräte mit einer höheren Leistung notwendig.

Notebooks oder Chromebooks mit einem größeren Display (ab ca. 15") können als Ersatz für Desktop-Computer dienen, insbesondere wenn sie an externe Peripheriegeräte wie Monitor, Tastatur und Maus anschließbar sind, z. B. über eine Docking-Station oder eine Verkabelung (z. B. über USB-C, ggf. unter Verwendung eines Adapters). Auch im Büroalltag werden Desktop-Lösungen inzwischen konsequent auf Laptop mit Docking-Station umgestellt. Bei der Nutzung einer Docking-Station sollte aus Kompatibilitäts- und Qualitätsgründen immer auf das originale Zubehör des Notebook-Herstellers zurückgegriffen werden.

c) Tablets

Tablets haben ein anderes Bedienkonzept als Notebooks. Tablets sind wie Smartphones unkompliziert und ohne eine physische Tastatur bedienbar. Weitere Vorteile sind die schnelle Einsatzbereitschaft, lange Akku-Laufzeiten, geringes Gewicht, integrierte Foto- und Video-Funktionen und vor allem die hohe Mobilität. Weniger geeignet sind Tablets für Anwendungen, die Tastatur und Maus oder eine große Bildschirmdarstellung benötigen (z. B. für Office-Anwendungen).

Neben der Touch-Funktionalität bieten viele Tablets auch die Möglichkeit einer Stifteingabe, wobei hier spezielle (meist induktive) Stifte mit mehreren Druckstufen zum Einsatz kommen. Gleichzeitig ist bei dieser Art der Stiftbedienung die Touch-Funktion deaktiviert, so dass der Handballen wie beim Schreiben auf Papier auf dem Tablet aufliegen kann.

Das Bedienkonzept von Tablets setzt auch ein angepasstes Betriebssystem und speziell für den Tablet-Einsatz entwickelte Anwendungen (Apps) voraus. Tablets werden mit den vorinstallierten Betriebssystemen Android, ChromeOS, iPadOS und Windows angeboten.

Bei der Auswahl stehen das Betriebssystem und die damit möglichen pädagogischen Anwendungen im Vordergrund. Wird vor allem browserbasiert, z. B. über die Bayern-Cloud Schule gearbeitet, spielt das zugrunde liegende Betriebssystem hingegen eine untergeordnete Rolle.

Bei der Nutzung von Tablets als Notebookersatz sind leistungsfähigere Geräte bzw. weiteres Zubehör notwendig. Neben ggf. einem größeren Bildschirm oder entsprechenden Docking-Möglichkeiten (z. B. über USB-C) sind insbesondere bei Windows-Geräten leistungsfähigere Prozessoren nötig, die sich an den Anforderungen für Notebooks orientieren. Näheres kann den Datenblättern in Kapitel 10.c) entnommen werden.

Zur Administration von Tablets und insbesondere für den Einsatz mit wechselnden Benutzern, wird der Einsatz eines MDM-Systems empfohlen. Der Funktionsumfang des

MDM-Systems ist sowohl vom unterstützten Betriebssystem als auch vom MDM-Anbieter abhängig.

Tablets in der Grundschule

Der Erwerb von grundlegenden Medienkompetenzen spielt bereits in der Grundschule bzw. in der Grundschulstufe der Förderschule eine große Rolle. Für die Lernumgebung der Grundschule erweisen sich dabei Tablets mit ihrem niederschweligen Bedienkonzept im Vergleich zu Desktop-PCs oder Notebooks aus fachlich-pädagogischer Sicht oft als besser geeignet.

Der hohe Aufforderungscharakter, die intuitive Bedienbarkeit und bestehende Vorerfahrungen der Kinder aus dem häuslichen Umfeld ermöglichen einen unkomplizierten Einstieg in die Arbeit mit digitalen Medien und Werkzeugen. Auch neue digitale Präsentationsformen sind mit Tablets gut umsetzbar. Die Multifunktionalität von Tablets sowie die hohe räumliche, zeitliche und methodische Flexibilität aufgrund der kompakten Größe und des geringen Gewichts erlauben, ergänzend zu den analogen bzw. haptischen Lernzugängen, eine große Methodenvielfalt und eine optimale Umsetzung der geforderten Lehrplaninhalte.

Da auch die in der Grundschule verwendeten Apps, Programme und Plattformen eine gute Performanz verlangen, sollte bei der Geräteauswahl auf eine ausreichende Leistung geachtet werden. Je nach vorgesehenem Einsatzzweck sollte ggf. ein Tablet gewählt werden, das mit einem induktiven Stift bedienbar ist, um Apps mit Stifteingabe (z. B. Schwungübungen, digitaler Notizblock, Grafiksoftware) nutzen zu können. Auch auf Erweiterungsmöglichkeiten sollte geachtet werden (z. B. Anschlüsse für Kopfhörer, Mikrofon, Tastatur und Speichermedien). Dies gewährleistet eine reichhaltigere Nutzung und ermöglicht die Anpassung an die fortschreitende Souveränität der Kinder im Umgang mit digitalen Arbeitsgeräten. Empfehlenswert ist eine robuste, stoßabsorbierende Schutzhülle für die Geräte.

Weitere Bauformen von mobilen Geräten

Es werden weitere mobile Geräte mit Touch-Displays angeboten, die die Vorteile von Notebooks und Tablets zu vereinen versuchen. Bei Convertibles bzw. 2-in-1-Geräten ist die Tastatur bzw. das Display umklappbar.

Bei der Auswahl ist jedoch zu beachten, dass Notebooks und Tablets unterschiedliche Bedienkonzepte aufweisen, die nicht für jede Anwendung geeignet sind.

Bei Tablets werden leichte und handliche Geräte mit Stiftbedienung und integrierten Kameras erwartet, bei Notebooks eine gut bedienbare Tastatur mit Touchpad und eine deutlich höhere Systemleistung.

Den Anspruch, die Vorzüge von Notebooks und Tablets zu vereinen, erfüllen diese Geräte daher nur bedingt.

Geräte, die über ein schmales Gehäuse verfügen, nähern sich beim Gewicht Tablets immer mehr an. Der Schreibkomfort ist bei einigen Geräten mit Tablets vergleichbar. Andere Bauformen, wie Foldables oder Notebooks mit Dual Display, sind für den Einsatz in der Schule weniger empfehlenswert, da sie nicht robust sind und die Scharniere einem hohen Verschleiß ausgesetzt sind.

d) Betriebssysteme und Anwendungssoftware für Arbeitsplatzcomputer, Notebooks und Tablets

Neben der Wahl der Gerätebauform sollte auch die Wahl des Betriebssystems an die schulische Infrastruktur und verwendete Software angepasst sein. Im schulischen Umfeld kommen verschiedene Betriebssysteme zum Einsatz, die nachfolgend vorgestellt werden.

(Desktop)-Betriebssysteme

Windows

Microsoft Windows ist an Schulen bei Desktop-Computern und Notebooks das am weitesten verbreitete Betriebssystem.

Auch Tablets sind mit vorinstalliertem Windows-Betriebssystem erhältlich. Vorteilhaft dabei ist, dass neben den Apps aus dem Microsoft-Store viele andere Windows-Programme von Drittanbietern zum Einsatz kommen können.

Bei Neuanschaffungen von Windows-PCs sollte ein aktuelles Windows-Betriebssystem zum Einsatz kommen (z. B. Windows 11), da hier die geringsten Kompatibilitätsprobleme mit Gerätetreibern und Anwendungsprogrammen zu erwarten sind und die Versorgung mit Updates über die gesamte Nutzungszeit der Geräte zu erwarten ist. Das FWU hatte mit Microsoft Vereinbarungen zum Bezug von Windows-Betriebssystemen und Anwendersoftware abgeschlossen, die seit dem 31.05.2023 ausgelaufen sind. Es gibt von Microsoft entsprechende Alternativverträge, die unter <https://www.microsoft.com/de-de/education/how-to-buy/> dargestellt werden. Eine weitere Übersicht findet sich auch unter https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/Microsoft_Lizenzmodelle.pdf. Es empfiehlt sich bei offenen Lizenzierungsfragen einen entsprechenden Microsoft Partner einzubeziehen.

Ältere Windows-Betriebssysteme (z. B. Windows 7 oder Windows 8), für die keine neuen Sicherheitsupdates angeboten werden, sollten baldmöglichst aktualisiert, ausgetauscht bzw. speziell abgesichert werden.

Linux

Linux ist eine frei erhältliche Open-Source-Software und stellt eine Alternative zu Windows dar. Linux bietet für alle Standardanwendungen wie z. B. Officeanwendungen, Bild- und Videobearbeitung freie Software an. Auch fächerspezifische Lernprogramme stehen unter Linux zur Verfügung.

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 Updates und für den Zugriff auf den App-Store ist eine Apple-ID notwendig.

ChromeOS

ChromeOS ist ein von Google entwickeltes Betriebssystem, das für Desktop-PCs, Notebooks oder Tablets angeboten wird. Obwohl ChromeOS konsequent auf eine cloudbasierte Nutzung abzielt (Cloud-First-Betriebssystem), ist eine Offlineverwendung möglich. ChromeOS kann auf Tablets mit oder ohne Benutzeraccount (z. B. Gastmodus oder per Managed-Guest-Session) genutzt werden. Mit ChromeOS Flex bietet Google eine kostenlose Alternative für vorhandene Geräte oder Refurbished-Geräte, wobei zuvor die Hardwarekompatibilität zu überprüfen ist. ChromeOS Flex setzt auf einen energieeffizienten Betrieb und ist vorrangig für das Arbeiten in der Cloud (z. B. per Web-Apps) ausgelegt.

Mobile-Betriebssysteme

Mobile Betriebssysteme sind speziell für Smartphones und Tablets abstimmt, auf einen energieeffizienten Betrieb ausgelegt und speziell für das touchbasierte Bedienkonzept optimiert. Sie unterstützen Apps (z. B. aus zertifizierten App-Stores) und webbasierte Anwendungen.

Android

Android ist ein von Google entwickeltes, freies mobiles Betriebssystem. Apps können über verschiedene App-Stores installiert werden. Darunter gibt es auch solche, die nur freie Software vertreiben, ohne dass ein Benutzeraccount nötig ist. Ein einfacher Betrieb ist über die vorinstallierte Google-Umgebung und den dazugehörigen App-Store möglich. Dazu ist eine Anmeldung mit einem Google-Account nötig. Viele Tablet-Hersteller passen Android an ihre spezifischen Anforderungen an und verwenden herstellerspezifische Betriebssystemnamen. Aufgrund der individuellen Anpassungen kann es zu Zeitverzögerungen beim Release der angepassten, herstellerspezifischen neuen Androidversion kommen.

iPadOS

Für die Installation von Apps auf einem iPad ist eine private Apple-ID oder eine MDM-Lösung notwendig. Mit dem kostenlosen Apple School Manager bietet Apple Bildungseinrichtungen die Möglichkeit zentral Apps zu beschaffen und von Bildungskonditionen zu profitieren.

Administration von (mobilen) Endgeräten

Endgeräte mit modernen Betriebssystemen lassen sich zentral über ein MDM-System verwalten, um Software bzw. Apps und deren Updates zentral zu installieren und die Geräte zu managen (z. B. Bereitstellung eines WLAN-Profiles, Einschränkung von Gerätefunktionen). Hierfür sind die Geräte bei einer entsprechenden MDM-Lösung zu registrieren.

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.c) zu beachten.

Nutzerkonten

Alle Betriebssysteme verwenden üblicherweise Nutzerkonten zur Anmeldung an den Geräten (lokale oder cloudbasierte Konten). Sie bieten aber auch die Möglichkeit einer Benutzung ohne Anmeldung (z. B. Kiosk-Modus, Gastmodus), um eine datensparsame und unkomplizierte Nutzung zu ermöglichen.

Anwendungssoftware

Neben der Wahl des Betriebssystems spielt auch die Bereitstellung der geeigneten allgemeinen und fachspezifischen Anwendungssoftware eine wichtige Rolle. Die Software muss im jeweiligen Betriebssystem lauffähig sein, um Kompatibilitätsschwierigkeiten zu vermeiden. Vor der Beschaffung von Software sollten auch die damit verbundenen Gesamtressourcen und Kosten betrachtet werden, z. B. für Lizenzierung, 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 Belange der Ausbildungsbetriebe Rücksicht genommen werden.

Die Schulen sollten aus datenschutzrechtlichen und sicherheitstechnischen Gesichtspunkten eine Liste über die an der Schule verwendete Anwendungssoftware führen.

e) Monitore

Monitore sind Bildschirme, die an Arbeitsplatzcomputer oder über weitere Anschlussmöglichkeiten wie Docking-Stationen an mobile Endgeräte angeschlossen werden. 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. Statt zweier Monitore kann auch ein Breitbild-Monitor (z. B. im Seitenverhältnis 21:9) mit ausreichender Bildschirmdiagonale (z. B. 34") verwendet werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass der angeschlossene Rechner das benötigte Seitenverhältnis und die zugehörige Auflösung unterstützt.

f) USB-Ladestationen (Lade-Hubs)

Für die Nutzung von mobilen Endgeräten an Schulen sind entsprechende Lademöglichkeiten erforderlich. Das können, neben klassischen Steckdosen zum Anschluss von Geräten über ein Ladekabel, auch USB-Ladestationen zur Aufbewahrung und zum simultanen Aufladen mehrerer mobiler Endgeräte sein. USB-Ladestationen gibt es in verschiedenen Größen (für bis zu 40 Geräte) bzw. in verschiedenen Bauformen (z. B. Kof-

fer, Wagen, Spind oder Schrank), die je nach schulischem Einsatzszenario passend auszuwählen sind. USB-Ladestationen besitzen ein integriertes Netzteil, so dass auf weitere Netzteile verzichtet werden kann. Der Anschluss der Ladekabel erfolgt in der Regel entweder über USB-A oder USB-C.

Neben USB-Ladestationen für Tablets gibt es Ladestationen für Notebooks mit abweichender Größe und elektrischer Leistung der Anschlüsse. Bei Ladestationen für Notebooks ist darauf zu achten, dass die Ladestation die Notebooks nicht langsamer auflädt als das Netzteil des Geräts. Üblich sind Leistungen von mind. 65 Watt je zu ladendem Gerät.

Beim Aufladen über USB-C mit dem Ladestandard USB-PD (Power Delivery), verständigen sich Ladegerät und Endgerät auf eine höhere Leistung für eine verkürzte Ladezeit, indem das Gerät seine maximale Leistungsaufnahme meldet und der USB-Host das Leistungsprofil mit der optimalen Leistung für das angeschlossene Gerät bereitstellt. 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 jeweils benötigte Ladeleistung auszuhandeln. Neben diesen Standards bieten einige Hersteller eigene Schnellladefunktionen an, die jedoch herstellerspezifisch und nur für ausgewählte Produkte verfügbar sind.

Sofern keine direkten Lademöglichkeiten (z. B. per Steckdose) in einem Raum vorhanden sind, können auch Powerbanks zum Laden verwendet werden.

g) Server und Serverbetriebssysteme

Zentrale IT-Dienste können als internetbasierte Clouddienste, auf angemieteten Servern im Internet, in einem kommunalen Rechenzentrum oder auf lokalen Servern in der Schule bereitgestellt werden. Mit der BayernCloud Schule steht eine staatliche zentrale Cloud-Lösung bereit, die die gängigen pädagogischen Anforderungen der Schule abbildet (siehe Kapitel 6.a)). Es sollte mit Blick auf diese kostenfreien, datenschutzkonformen, barrierefreien und zentral administrierten Angebote der ByCS geprüft werden, ob lokal bereitgestellte Serverdienste noch notwendig sind. Für die datenschutzrechtlichen Hinweise zu Cloud-Lösungen siehe Kapitel 1.c).

Für umfangreichere Serverdienste (z. B. Domänencontroller, Webserver, 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 ausgebildeten IT-Experten verwaltet werden sollten. Für einen bzw. mehrere Schulaufwandsträger kann es empfehlenswert sein, ein regionales Rechenzentrum für ihre Schulen einzurichten, um Synergieeffekte zu erzielen und Kosten für die Beschaffung und Administration zu reduzieren.

Server sollten nach dem jeweiligen Einsatzbereich ausgewählt werden. In den Datenblättern des Kapitels 10.f) sind je ein Standardserver (als nativer Server bzw. als Host mit einer virtuellen Serverinstanz) und ein Server zur Virtualisierung von Serversystemen für folgende Einsatzbereiche spezifiziert.

- Der Standardserver eignet sich z. B. zur Virtualisierung eines Servers für die Schulverwaltung (etwa 10 Arbeitsplätze), der die Rolle als Anmeldeserver und

Fileserver übernimmt und auch kleinere servergestützte Programme (z. B. ASV) hostet.

- Sind an einer Schule mehrere Server im Einsatz, werden diese zumeist als virtuelle Maschinen auf einem leistungsfähigen physikalischen Server (z. B. mit VMware-ESXi oder Microsoft-HyperV) betrieben. Dies spart erhebliche Ressourcen und erleichtert die Administration der Serversysteme (siehe Kapitel 1.a)).

h) NAS-Systeme

NAS-Systeme (Network Attached Storage) eignen sich für den Einsatz als lokaler Fileserver (Datenablage oder Dateiaustausch), als Backup-System und ggf. auch für weitere Serverdienste (z. B. Medienserver).

NAS-Systeme sind ursprünglich als Datenablagen konzipierte Speichersysteme mit großem Festplattenspeicherplatz, die direkt aus dem Netzwerk erreichbar sind. Mittlerweile bieten NAS-Systeme eine Vielzahl weiterer Zusatzdienste an (z. B. Backup-Server, einfacher Virtualisierungsserver, Medienserver, Web-Server, SQL-Server, VPN-Server, Speicher für Videoüberwachung, Clouddienste).

Die Administration eines NAS erfolgt über eine Weboberfläche und ist deutlich einfacher als bei einem traditionellen Server.

Die Lese- und Schreibrechte auf Daten können benutzerspezifisch geregelt werden, die Zugriffe sind mit unterschiedlichen Protokollen möglich, z. B. über smb, ftp, http oder bei mobilen Geräten über Apps. Für differenzierte Zugriffsrechte bieten NAS-Systeme auch Schnittstellen zu gängigen Verzeichnisdiensten (z. B. ADDS (Active Directory Domain Services) oder LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)) an.

Aktuelle NAS-Systeme bieten auch die Möglichkeit, virtuelle Maschinen auf dem NAS-System zu betreiben. Diese Funktion ist jedoch eher für den Home-Bereich gedacht. Die Virtualisierung von Serversystemen erfordert sehr viel Rechenleistung und ist bei den derzeitigen NAS-Systemen nur eingeschränkt möglich.

In größeren 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. Für Schulen sind SAN eher überdimensioniert und nur im Ausnahmefall zu empfehlen.

i) Terminalserver-Systeme und Virtual Desktop Infrastructure

Bei der klassischen Client-Server-Infrastruktur werden die Anwendungen auf dem Client installiert und ausgeführt und die Daten auf einem Server gespeichert. Bei einem Terminalserver-System dienen die Clients hingegen nur als Zugangscomputer (Thin Clients), die für die Eingaben von Tastatur und Maus und für die Bildschirmdarstellung zuständig sind. Die Anwendungen sind nicht auf dem Client, sondern auf einem Server installiert und werden dort ausgeführt. Auf dem Server ist eine entsprechende Rechenleistung erforderlich, während die für den Terminalserver-Zugriff konzipierten Thin Clients (siehe Datenblatt in Kapitel 10.h) in Bezug auf Hardware- und Softwareausstattung auf den notwendigsten Umfang reduziert werden können.

Ein weiterer Einsatzbereich für Terminalserver ist die Bereitstellung von Heimarbeitsplätzen über sichere VPN-Verbindungen, z. B. im Verwaltungsbereich.

Wird auf einen Terminalserver über das Internet zugegriffen, ist auf eine Internetanbindung mit entsprechender Bandbreite und vor allem geringer Latenz zu achten. Dies ist bei Internetanschlüssen von Schulen nicht immer erfüllt.

Im pädagogischen Netz der Schule stehen Terminalserver-Systeme sowohl der Tendenz zu mobilen Einsatzszenarien bzw. flexiblen Lernsettings als auch der zunehmenden Nutzung von sich weiterentwickelnden Clouddiensten entgegen. Außerdem setzt der gleichzeitige Zugriff vieler Benutzerinnen und Benutzer auf einen Terminalserver sehr performante und damit teure Lösungen voraus. Eine Weiterentwicklung der lokalen Terminaldienste stellen virtuelle Desktops (VDI – Virtual Desktop Infrastructure) dar, bei der der virtuelle Desktop über eine Weboberfläche konfiguriert und über das Internet bereitgestellt wird. Eine entsprechend leistungsstarke Internetanbindung ist Voraussetzung für die Nutzung einer VDI. Die Kostenabrechnung für eine VDI erfolgt nutzungsbezogen, was eine konkrete Kostenschätzung schwierig macht. Bildungstarife für die Nutzung von VDI sind zudem noch kaum verfügbar.

j) Netzwerkkomponenten

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

Ethernet-Switches

Eine Netzwerk-Infrastruktur wird mit managbaren VLAN-fähigen Layer-2-Switches und ggf. mit einem zentralen Layer-3-Switch (mit Routing- und Firewallfunktionen) aufgebaut. Nicht managbare Switches können in kleineren Umgebungen zur lokalen Erweiterung im Klassenzimmer oder Büro zum Einsatz kommen. Entsprechende Empfehlungen zur Ausstattung finden sich im Kapitel 10.i).

PoE (Power over Ethernet) ermöglicht die Stromversorgung angeschlossener Endgeräte (z. B. Access-Points, IP-Telefone) über die Netzwerkleitung. Bei der Auswahl von PoE-Switches ist neben dem passenden PoE-Standard auch das gesamte Leistungsbudget der angeschlossenen Geräte zu berücksichtigen.

In großen schulischen Netzwerken (z. B. differenzierte Aufteilung des lokalen Netzes in Teilnetze mit Unterrichtsnetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz, WLAN-Netze etc.) übernimmt ein zentraler Layer-3-Switch das schulinterne Routing.

Bei einer weniger differenzierten Aufteilung des lokalen Netzes (z. B. Unterrichtsnetz, Lehrernetz) und in kleinen Schulnetzen kann diese Aufgabe auch durch den Internetzugangsrouter übernommen werden.

Internetzugangsrouter

Ein Internetzugangsrouter verbindet das Schulnetz mit dem Internet. Der Router stellt als wichtige Schnittstelle den Übergang vom lokalen Netz (auf Ethernet-Basis) auf ein Weitverkehrsnetz (DSL, Kabelnetz, Glasfaser) her. Er erfordert eine präzise Konfiguration und eine stabile Performanz.

Professionelle Router (Enterprise-Router), wie sie überwiegend im geschäftlichen Umfeld eingesetzt werden, bieten differenzierte Firewall-Funktionen. Speziell für Schulen werden auch vorkonfigurierte Kommunikationsserver als Internetgateway angeboten (Computer auf Linux-Basis), bei denen die Einhaltung der Erfordernisse der Schule bzw. der Empfehlungen im Datenblatt in Kapitel 10.j) (z. B. Routing-Durchsatz) zu prüfen ist. Einfache Consumer-Router, wie sie im privaten Bereich eingesetzt werden, sind allein 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.

Access-Points

Ein Access-Point ermöglicht den drahtlosen Zugriff auf das Schulnetz (einschließlich Internet) bzw. das Intranet über WLAN. Funktionsstabilität und Verfügbarkeit sind entscheidende Voraussetzungen für ein durchgängiges und flächendeckendes WLAN und die technische Basis für störungsfreien Netzzugriff im Unterricht. Die Access-Points spielen dabei eine entscheidende Rolle. Im Datenblatt in Kapitel 10.k) sind entsprechende Auswahlkategorien dargelegt.

Bei mehreren Access-Points erleichtert ein Controller die Administration des Netzes. Mit der Beschaffung sollte bereits auf die Möglichkeit der Erweiterung des Netzes geachtet werden (Skalierbarkeit). Der Einsatz von Enterprise-Geräten ermöglicht den stabilen Betrieb auch bei vielen gleichzeitigen Zugriffen. Access-Points aus dem Enterprise-Umfeld unterscheiden sich von Heimanwendergeräten durch die Konfigurierbarkeit spezieller Funktionen. Dazu zählen Energiesparfunktionen, Clientmanagement oder Roaming-Optimierung. Aus dem Installationsort ergibt sich die Wahl der erforderlichen Bauart, wobei Indoor- und Outdoor-Geräte grundsätzlich verschiedene Gehäusemerkmale aufweisen. Die Anschlussmöglichkeit externer Antennen ermöglicht die präzise Ausleuchtung von Empfangsbereichen.

WLAN-Technik wird in Normen spezifiziert. Das IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) führt dazu die Reihe IEEE 802.11. Parallel dazu bietet die Wi-Fi-Alliance die Kategorisierung nach Wi-Fi. Wi-Fi 6 entspricht dabei der Norm IEEE 802.11ax. Bei der Beschaffung von Access-Points sollte der derzeit aktuelle Funkstandard berücksichtigt werden. Das wichtigste Merkmal der Standardweiterentwicklung ist die Datenübertragungsrate (in Mbit/s) in Abhängigkeit verschiedener Kenngrößen, wie dem Übertragungsfrequenzband (2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz), der Kanalbandbreite, der Multiplextechnik bzw. Mehrfachanbindung (MIMO: Multiple Input, Multiple Output). Gerade im Schulumfeld ist die funktionsstabile Versorgung vieler WLAN-Clients von entscheidender Bedeutung. Multi-User-MIMO bietet die gleichzeitige Anbindung mehrerer Clients und wird durch die entsprechende MIMO-Kennzeichnung (z. B. 2x2) verdeutlicht. Ein 2x2 MIMO steht beispielweise für zwei Sende- und zwei Empfangsantennen bzw. Spatial Streams.

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-Anschlussbandbreite. Über eine PoE-Funktion wird der Access-Point vom Switch bzw. PoE-Adapter mit Strom versorgt, so dass kein separater Stromanschluss mehr erforderlich ist.

Wi-Fi Protected Access (WPA) ist ein Sicherheitsstandard für das WLAN. Die aktuelle Version WPA3 unterstützt die Varianten Pre-Shared Key (PSK) und Enterprise.

WLAN-Controller

Ein WLAN-Controller ermöglicht die zentrale Konfiguration, das zentrale Management und ein übersichtliches Monitoring der Access-Points in einem Netz. Die Funktionsweise des WLAN-Controllers ist herstellerabhängig. WLAN-Controller arbeiten üblicherweise nur mit Access-Points desselben Herstellers zusammen. Über Updates der Firmware bieten diese aktuelle Sicherheitsfunktionen. Service und Support sollten langfristig sichergestellt sein.

Funktionsweise eines WLAN-Controllers		
	Management eigenständiger Access-Points	Der Controller dient nur zur Konfiguration und zum Monitoring der Access-Points. Die WLAN-Nutzdaten laufen nicht über den Controller.
Implementierung von WLAN-Controllern		
	Eigenständiger Controller (virtuelle Appliance oder Hardware)	Der Controller ist ein eigenes Gerät oder eine eigenständige virtuelle Appliance.
	Zusatzfunktion auf einem Access-Point oder Router	Der Controller ist ein Zusatzdienst auf einem Access-Point oder Router. Gegebenenfalls muss dieser Dienst eigens lizenziert werden.
	Serverdienst	Der Controller wird als Software auf einem schul-eigenen Windows- oder Linux-Server installiert.
	Cloud-Service	Der Controller wird als Cloud-Service angeboten. Diese Variante ist ggf. auch mandantenfähig und ermöglicht das zentrale Management mehrerer Standorte bzw. Schulen. Zur Konfiguration benötigen die Access-Points eine Internetverbindung. Es können hier Kosten für den Betrieb des Cloud-Services entstehen.
Funktionen eines WLAN-Controllers		
	übliche Funktionen	• automatische Erkennung neuer Access-Points • zentrale Konfiguration aller Access-Points • zentrales Monitoring aller Access-Points • automatische Installation von Firmware-Updates für alle Access-Points
	optionale Funktionen	• Benachrichtigung über aufgetretene Fehler per E-Mail

k) Großbilddarstellungen

Grundsätzliche Auswahlkriterien für Großbilddarstellungen

Die digitale Großbilddarstellung kann derzeit mit einem Beamer oder einem Großbildmonitor realisiert werden. Beide Systeme gibt es auch mit einer interaktiven Funktion für Benutzereingaben.

Neben speziellen Großbildmonitoren, die für den Dauerbetrieb ausgelegt sind, sind auch Consumer-Geräte (Fernseher) erhältlich, die jedoch hinsichtlich Helligkeit und Kontrast unter den in den Datenblättern in Kapitel 10.I) angegebenen Werten liegen.

Auswahlkriterien für Großbilddarstellungen

Beamer	Großbildmonitor
• sehr große Projektionsfläche ist möglich • eventuell störende Lüftergeräusche • ggf. störende Schattenbildung • ggf. körniges Bild • auf Lichtverhältnisse sollte geachtet werden (ggf. Verdunklung des Raums). • ggf. sind externe Lautsprecher erforderlich	• Projektionsfläche ist auf die Bildschirmfläche begrenzt • keine Lüftergeräusche • keine Schattenbildung • hohe Auflösung • hoher Kontrast (eine Verdunklung des Raums ist normalerweise nicht nötig) • ggf. sind externe Lautsprecher erforderlich

Zusätzliche Auswahlkriterien für interaktive Großbilddarstellungen

Interaktiver Großbildmonitor	Interaktiver Beamer mit Whiteboard	Interaktives Whiteboard mit Beamer
• Die drahtlose Bild- und Tonübertragung ist häufig bereits integriert. • Integriertes Betriebssystem; Großbildmonitor kann autark verwendet werden.	• Die Interaktivität wird durch den Beamer erfasst. • Die Projektionsfläche kann mit geeigneten Stiften beschrieben werden. • Eine Kalibrierung wird von Zeit zu Zeit notwendig.	• Die Interaktivität wird durch die Projektionsfläche erfasst. • Die Projektionsfläche ist in der Regel nicht beschreibbar. • Wird zunehmend durch die anderen beiden Systeme abgelöst

Interaktive Großbildmonitore (Touchscreens)

Interaktive Großbildmonitore werden mit unterschiedlichen Techniken zur interaktiven Steuerung angeboten, die sich auch auf die Bedienung der Geräte auswirken. Dabei ist eine optische, kapazitive, induktive oder hybride Berührungserkennung möglich.

Das Schreiben auf den Flächen sollte sich komfortabel anfühlen und annähernd so präzise sein, wie bei einer klassischen Tafel, und die Stifte sollten geräuscharm eingesetzt werden können.

Da interaktive Großbildmonitore von unterschiedlich großen Personen eingesetzt werden, ist eine höhenverstellbare Befestigung empfehlenswert. Zu berücksichtigen ist eine geeignete Verkabelung (Zugentlastung, Länge, Signalstärke und -richtung, Übertragungsrate).

Nahezu alle Großbildhersteller bieten die Möglichkeit, klassische Tafelsegmente oder Whiteboards seitlich anzubringen. Eine Nachrüstung ist nicht immer möglich, da das Befestigungssystem auf das Gesamtgewicht des vollständigen Systems (Großbildmonitor und ggf. Seitentafeln) ausgelegt wird.

Interaktive Großbildmonitore bieten integrierte Grundfunktionen (z. B. Tafelsoftware, Browser) und können üblicherweise auch ohne externen PC betrieben werden. Zusätzlich kann ein PC (extern oder intern) dauerhaft an den Großbildmonitor angeschlossen sein. Die Verwendung eines Einschub-PCs z. B. über eine OPS-Schnittstelle macht zusätzliche Kabelverbindungen hierfür überflüssig und beugt Fehlern durch falsch oder nicht gesteckte Anschlüsse vor.

Integrierte Android-Betriebssysteme mit vorinstallierten Apps (z. B. Annotationsapp, Browser) ermöglichen die Verwendung grundlegender Funktionalitäten. Ähnlich wie bei Tablets empfiehlt sich auch hier eine zentrale Administrationsmöglichkeit für Updates, das App-Management und Energiemanagementeinstellungen (Ein- und Ausschalten).

Je nach eingesetzter Software eröffnen sich unterschiedliche Bedienkonzepte und Umsetzungsvarianten. Neben der herstellereigenen Software werden zahlreiche browserbasierte (z. B. die mebis Tafel) und lokal installierbare Lösungen angeboten. Es wird empfohlen, interaktive Großbildmonitore mit der mebis Tafel zu testen (siehe <https://tafel.mebis.bayern.de/>).

Sollen die Inhalte von Smartphones oder Tablets per WLAN über den Bildschirm dargestellt werden, sind ggf. Zusatzgeräte erforderlich (siehe dazu Kapitel 9.m)).

Es ist ratsam, dass das Kollegium die Modelle unterschiedlicher Hersteller kennenlernt und in die Entscheidung mit einbezogen wird, welches Modell beschafft werden soll.

Beamer

Beamer sollten im Klassenzimmer bevorzugt als Ultrakurzstanz-Beamer über und sehr nahe an der Projektionsfläche fest montiert sein. Diese reduzieren die Schattenbildung und verhindern, dass Lehrkräfte bei einer Präsentation in den Lichtstrahl des Beamers blicken. In größeren Räumen oder bei größeren Projektionsflächen sind an der Decke installierte Beamer sinnvoll.

Neben der Darstellungsqualität sollte dabei auch auf Handhabung, genügend Anschlussmöglichkeiten und Lüftergeräusche geachtet werden. Eine Fernbedienung ist sinnvoll.

Zur drahtlosen Darstellung von Inhalten von Smartphones oder Tablets über den Beamer sind ggf. Zusatzgeräte zum Anschluss an den Beamer erforderlich (siehe dazu Kapitel 9.m)).

Die erforderliche Lichtstärke ist neben den räumlichen Gegebenheiten auch abhängig von der angestrebten Bildgröße. Aktuelle Beamer bieten verschiedene Helligkeitsstufen an (z. B. Normal-Modus und Eco-Modus). Bei der angegebenen Lichtstärke, bei der Lampenlebensdauer und beim Betriebsgeräusch muss die jeweilige Helligkeitsstufe berücksichtigt werden. Häufig wird herstellerseitig nur der jeweils günstigste Wert genannt.

Für die Lichterzeugung von Beamern gibt es unterschiedliche Technologien:

- Entladungslampen sind derzeit die am häufigsten verwendeten Leuchtmittel bei Beamern. Ihre Lebensdauer liegt typischerweise bei ca. 4.000 Stunden, so dass ein gelegentlicher Lampenwechsel am Beamer erforderlich sein kann. Die Lampen benötigen eine Aufwärmphase und erreichen die volle Helligkeit erst nach ca. 1 Minute.
- LED- (Light Emitting Diode) Beamer, Laser-Beamer oder kombinierte LED-/Laser-Beamer verwenden LED- bzw. Laserlichtquellen. Diese Leuchtmittel haben eine Lebensdauer von typischerweise bis zu 20.000 Stunden. Die volle Helligkeit erreichen diese Beamer bereits nach wenigen Sekunden. Auch gegen häufiges Ein-/Ausschalten sind diese Beamer unempfindlich.
- Für die Licht- und Bilderzeugung gibt es im Wesentlichen die DLP- (Digital Light Processing) und die LCD- (Liquid Crystal Display) Technologie mit spezifischen technikhedigten Vor- und Nachteilen. So ist z. B. bei der DLP-Technik i. d. R. ein höherer Kontrast im Gegensatz zur LCD-Technik gegeben, während bei LCD hingegen die Farbwiedergabe typischerweise über das ganze Farbspektrum feiner ist.

l) Dokumentenkamera

Dokumentenkameras (Visualizer) ermöglichen die Darstellung von Objekten über eine Großbilddarstellung – von Printmedien bis zu räumlichen Gegenständen. Sie ersetzen damit zunehmend die Tageslichtprojektoren.

Dokumentenkameras werden über einen Display-Anschluss (VGA oder 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.

m) Drahtlose Bildschirmübertragung

Mit Screen-Mirroring bzw. -Casting ist es möglich, Bildschirminhalte (Mirroring) oder nur einzelne Medieninhalte (Casting/Streaming) von mobilen Endgeräten mittels WLAN-Schnittstelle drahtlos auf eine Großbilddarstellung zu übertragen.

Zur drahtlosen Bildschirmübertragung sind grundsätzlich folgende Lösungen möglich:

- Hardware in Form eines HDMI-Dongles
- Werksseitig eingebaute Lösungen in die Großbilddarstellung oder Dokumentenkamera
- Multifunktionsgeräte oder -adapter mit mehreren Übertragungstechnologien
- Software-Lösungen auf Arbeitsplatzrechnern

Technologien für die drahtlose Bildschirmübertragung

Miracast	Google Cast	AirPlay
• Bevorzugte Lösung für Windows-Geräte (Notebooks, Tablets) und für die meisten Android-Geräte • Mit den meisten Android- und Windows-Geräten ohne zusätzliche Apps ansteuerbar • Funktioniert mit und ohne WLAN-Infrastruktur und bietet die Möglichkeit von Touch-Back-Funktionalität	• Bevorzugte Lösung für Chromebooks und viele Android-Geräte • Mit einem Chrome-Browser auch für Windows-, Linux- und MacOS-Geräte nutzbar, verschiedene Apps können direkt an den Google Cast-Adapter streamen. • Eine WLAN-Infrastruktur ist erforderlich, Adapter und mobile Geräte müssen im selben Netzwerk sein.	• Bevorzugte Lösung für Apple-Geräte • Mit Apple-Geräten ohne Zusatzsoftware nutzbar • AirPlay-Adapter (Apple-TV) und iPads bzw. Mac-Books befinden sich üblicherweise im selben Netzwerk. Eine WLAN-Infrastruktur ist ggf. erforderlich.

Die Adapter werden 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 drei Technologien unterstützen.

Eine weitere Möglichkeit der drahtlosen Bildübertragung bieten Softwarelösungen, die auf einem Arbeitsplatzrechner installiert werden, der mit einem Beamer oder einem Display verbunden ist. Das mobile Gerät verbindet sich direkt oder über eine App dabei mit dem PC und überträgt den Bildschirminhalt.

Auswahlkriterien für eine drahtlose Bildschirmübertragung

- unterstützte Übertragungsstandards
- Gleichzeitige Darstellung der Inhalte mehrerer mobilen Endgeräte
- Software für bzw. Anbindung an ein zentrales Gerätemanagement
- Unabhängigkeit von der Notwendigkeit der Installation einer App zur drahtlosen Bildschirmübertragung
- Einsetzbarkeit in der vorhandenen Netzwerkinfrastruktur
- Simultaner Internetzugriff während der Übertragung des Bildschirminhalts
- Möglichkeiten der Steuerung (App / Webbrowser / Maus / Tastatur / Tastenfeld / Fernbedienung)

- Versorgung mit Updates/Kosten für Updates
- Dauerbetrieb des Geräts
- Touch-Back-Funktionalität (Steuerung des Tablets oder Notebooks über eine interaktive Projektionsfläche)

Vor der Anschaffung sollte eine entsprechende Lösung mit der eigenen Infrastruktur getestet werden. Weiterführende Informationen zur drahtlosen Bildschirmübertragung finden sich auf den Materialenseiten von SCHULNETZ unter <https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/Bildschirmuebertragung.pdf>.

n) Drucker

Im Bereich der Schulverwaltung oder als zentraler Lehrkräftedruker sollten entsprechende Großgeräte (z. B. per Leasing) eingesetzt werden, die ein hohes Druckaufkommen verarbeiten können. Diese Geräte bieten auch Kopier- und Scannerfunktion.

Bei einem geringen Druckvolumen ist ein dezentraler, netzwerkfähiger Monochrom- oder Farb-Seitendrucker empfehlenswert. Bei der Beschaffung sind die Verbrauchskosten (Gesamtkosten pro Seite bzw. monatliche Gesamtkosten) zu beachten. Tinten-Multifunktionsgeräte, die anstatt mit Tintenpatronen über große Ersatztanks befüllt werden, können hier bei hohem Druckaufkommen eine Alternative zu Laserdruckern darstellen.

Falls mobile Geräte einen Druckerzugriff haben sollen, sollte darauf geachtet werden, dass der Drucker auch die herstellerspezifischen Protokolle unterstützt (z. B. Apple AirPrint), cloudfähig ist oder Apps des Herstellers verfügbar sind.

o) 3D-Drucker

3D-Drucker eignen sich in der Schule zur Veranschaulichung räumlicher Strukturen (z. B. Prototypen bei CAD, räumliche Modelle in der Mathematik oder in den Naturwissenschaften, Gebäude- und Architekturmodelle in der Kunsterziehung). Aufgrund der leichteren Handhabung eignen sich für die Schule vorzugsweise Filamentdrucker, die nach dem Schmelzschichtungsverfahren mit Kunststoffen (FDM, Fused Deposition Modelling) arbeiten. Bei der Anschaffung und beim Betrieb derartiger Geräte in der Schule sind die geltenden Sicherheitsbestimmungen einzuhalten (siehe Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RISU), <https://www.km.bayern.de/unterrichten/unterrichtsalltag/schutz-und-sicherheit/sicherheit-im-unterricht>). Eine kurze Einführung und weiterführende Informationen sind unter <https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/3D-Druck.pdf> abrufbar.

p) Extended Reality (XR)

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

VR ist eine Technologie, die es Benutzerinnen und Benutzern ermöglicht, in eine computergenerierte, immersive und interaktive 3D-Umgebung einzutauchen. Dafür sind VR-Brillen erforderlich, die den Nutzern das Gefühl geben, sich tatsächlich in der virtuellen Umgebung zu befinden und zu bewegen. Im Bildungsbereich können VR-Technologien

dazu verwendet werden, Schülerinnen und Schülern komplexe Konzepte in einem visuell ansprechenden und interaktiven Umfeld zu vermitteln. Beispielsweise können sie mit Hilfe einer VR-Brille eine virtuelle Reise durch den menschlichen Körper unternehmen oder fiktive, historisches bzw. weit entfernte Objekte oder Ereignisse besuchen.

Eine Standalone-VR-Brille funktioniert unabhängig von einem Computer oder einem Smartphone und benötigt keine Verbindung zu einem externen Gerät, da alle erforderlichen Komponenten wie Prozessor, Speicher, Display und Batterie bereits in der Brille selbst verbaut sind. Die Standalone-Brille bietet damit den Benutzerinnen und Benutzern eine größere Freiheit und Mobilität und ermöglicht ein freies Bewegen in der virtuellen Welt. Die hierfür notwendigen Empfehlungen finden sich im Datenblatt im Kapitel 10.q). Werden mehrere VR-Brillen in der Schule eingesetzt, sollte ein Device-Management verwendet werden.

AR 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 physisch Vorhandenes, z. B. ein Bild, einen Gegenstand oder einen Ort, durch zusätzliche digitale Informationen über entsprechende Auslöser in der realen Welt. AR-Anwendungen können im Schulbereich eingesetzt werden, um ein 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 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.

10. Hardware-Spezifikationen für schulische IT-Systeme

Die nachfolgenden Spezifikationen der beschriebenen Hardware-Komponenten geben Hilfestellung bei der Beschaffung. Die angegebenen Preise (Bruttopreise) sind 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 auch verzichtbar sein, sofern entsprechende vergleichbare Leistungen nach Umfang, Reaktions- und Wiederherstellungszeit (z. B. Reparaturleistungen, Ersatzbeschaffung) vom Schulaufwandsträger übernommen und sichergestellt werden.

a) Arbeitsplatzcomputer

Kernkriterien (Arbeitsplatzcomputer): Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Garantie		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Systemleistung/CPU		
Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das Programm SYSmark 2018 oder das kostenlose Programm Cinebench R23. Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung von folgenden Prozessoren erfüllt wird: ab Intel i3 10. Generation alle AMD Ryzen-Prozessoren ab Apple M1		Benchmark-Mindestwerte Sysmark 2018 Overall Performance: 1200 Punkte oder Cinebench R23: 900/3600 Punkte (Single/Multi-Core)
RAM		
Um flüssiges Arbeiten zu ermöglichen, ist ein ausreichend großer Arbeitsspeicher erforderlich. Eine Erweiterung des Arbeitsspeichers (ohne Ausbau der vorhandenen Module) sollte möglich sein.		ab 8 GB RAM
Massenspeicher		
Insbesondere beim Boot-Vorgang ist der schnelle Zugriff auf Daten notwendig. Daher empfiehlt sich der Einsatz einer Solid-State-Disk (SSD). Typische Anbindungen sind SATA III und PCIe (M.2). Bei letzterer sind höhere Übertragungsraten möglich.		SSD: ab 240 GB
Garantie		
optional: 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“ Gegebenenfalls kann bei einer Ersatzbeschaffung gefordert werden, dass ein an der Schule vorhandenes Systemimage auch auf den Ersatzgeräten läuft (Imagestabilität).		mindestens 3 Jahre „Vor-Ort-Garantie“

weitere Kriterien (Arbeitsplatzcomputer)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Grafikeinheit		
	Prozessoren verfügen oft über eine integrierte Grafikeinheit, welche für die meisten schulischen Anwendungen ausreichend ist. Eine aktuelle Prozessorgeneration bietet meist auch eine bessere Grafikleistung.	
BIOS / UEFI		
	Manche Managementszenarien setzen einen Start im Legacy BIOS Modus voraus.	UEFI Modus und ggf. Legacy BIOS Modus
Grafik- / Sound-Anschlüsse		
	Grafik- und Soundanschlüsse sind meist auf dem Mainboard integriert, nur bei höheren Grafikanforderungen ist eine eigene Grafikkarte notwendig. Üblich sind mindestens ein digitaler Videoanschluss (HDMI) und Audio-Anschlüsse (Line in/out). Soll der PC zusätzlich an einen Beamer angeschlossen werden, ist ein weiterer kombinierter Audio-/Video-Ausgang sinnvoll (z. B. Zusatzkarte mit HDMI oder Display-Port).	frontseitige Audioanschlüsse für Kopfhörer/Mikrofon HDMI/DisplayPort-Anschluss ggf. zusätzlich: weiterer HDMI-Anschluss oder Display-Port
USB-Anschlüsse		
	Sinnvoll sind mind. 4 USB-Anschlüsse, davon zwei leicht zugänglich an der Frontseite. USB 2.0 (bis 480 Mbit/s) USB 3.0 (bis 5 Gbit/s) USB 3.1 (bis 10 Gbit/s) USB 3.2 (bis 20 Gbit/s) USB 4 (bis 40 Gbit/s)	Mind. 4 USB-Anschlüsse, davon 2 mit mind. USB 3.x an der Frontseite evtl. 1 x USB-C
LAN-Anschluss		
		1 Gbit/s-Ethernet
Geräuscentwicklung		
	Insbesondere in Computerräumen ist auf möglichst geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter).	
Formfaktor, Gehäuse		
	Die unterschiedlichen Gehäusegrößen und -formen sind nicht exakt definiert. Verwendet werden die Begriffe Micro-PC, Mini-PC, Small-Form-Factor, All-in-One-PC. Je nach Einsatzort kann die maximale Größe festgelegt werden.	
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie		
		zertifiziert nach TCO Certified Desktops oder gleichwertigen Kriterien

Beschaffung		
	Ggf. Aufstellen und Anschließen der PCs, Entsorgung der Verpackungen	
Preis		
	mit Intel i5-12xxx mit AMD Ryzen 5 32xxG jeweils inkl. 3 Jahre Vor-Ort-Garantie	ca. 650 € ca. 580 €

b) Notebooks

Kernkriterien (Notebooks): Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Display, Garantie		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Systemleistung/CPU		
	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das Programm SYSmark 2018 oder 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 10. Generation ab AMD Ryzen 3 4300U ab AMD Ryzen 5 3500U ab AMD Ryzen 7 3700U alle AMD Ryzen 9 ab Apple M1	Benchmark-Mindestwerte Sysmark 2018 Overall Performance: 1100 Punkte oder Cinebench R23: 850/3000 Punkte (Single/Multi-Core)
RAM		
	Um flüssiges Arbeiten zu ermöglichen, ist ein ausreichend großer Arbeitsspeicher erforderlich.	ab 8 GB RAM
Massenspeicher		
	Insbesondere beim Boot-Vorgang ist der schnelle Zugriff auf Daten erforderlich. Daher empfiehlt sich der Einsatz einer Solid-State-Disk (SSD).	SSD: ab 240 GB
Display		
	Empfohlen wird ein mattes Display (non-glare), da es ein angenehmeres Arbeiten ohne störende Reflexionen ermöglicht. Bei Notebooks, die über einen Touchscreen verfügen (z. B. Convertibles), sind matte Displays dagegen kaum verfügbar.	Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel Helligkeit ab 250 cd/m²

Garantie		
	Üblicherweise werden Notebooks im Garantiefall zum Hersteller eingeschickt (z. B. Collect & Return). Gegebenenfalls ist auch eine „Vor-Ort-Garantie“ möglich.	mindestens 3 Jahre Garantie

weitere Kriterien (Notebooks)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Grafikeinheit		
	Aktuelle Mobilprozessoren verfügen üblicherweise über eine integrierte Grafikeinheit. Eine aktuellere Prozessorgeneration bietet meist auch eine bessere Grafikleistung.	
BIOS / UEFI		
	Manche Managementszenarien setzen einen Start im Legacy BIOS Modus voraus.	UEFI Modus und ggf. Legacy BIOS Modus
Kamera		
	Für Videokonferenzen ist eine integrierte Kamera vorteilhaft. Eine HD-Auflösung (720p) setzt mindestens 0,9 Megapixel bei einem Seitenverhältnis von 16:9 voraus. Für Full HD (1080p) sind mindestens 2 Megapixel erforderlich.	ab 0,9 Megapixel
Grafik- / Sound-Anschlüsse		
	Zum Anschluss an einen Beamer oder externen Monitor ist ein Grafikananschluss notwendig. Üblich ist ein USB-C-Anschluss mit Videofunktionalität, ein weiterer digitaler Anschluss (Display-Port, Mini-Display-Port, HDMI, Mini-HDMI) ist sinnvoll. Ggf. sind Adapter notwendig.	USB-C mit Videofunktionalität und HDMI/Display-Port Kopfhörer/Mikrofon-Anschluss
USB-Anschlüsse		
	Sinnvoll sind mind. 3 USB-Anschlüsse.	1 x USB A 2 x USB-C
LAN-Anschluss		
	Bei kleineren 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) ist mittlerweile weit verbreitet.	802.11ax

weitere optionale Ausstattungen		
	integrierte Lautsprecher Kartenlesegerät Fingerprint-Sensor Kensington-Schutz Docking-Anschluss	
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie		
	Da Notebooks ggf. mechanisch stark beansprucht werden, sollte man auf robuste Geräte achten.	zertifiziert nach TCO Certified Notebooks oder gleichwertigen Kriterien
Preis		
	mit Intel i5-11xxxx mit AMD Ryzen 5	ab 550 € ab 450 €

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

Kernkriterien (ChromeOS-Geräte): Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Display, Garantie, Updateverfügbarkeit	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	Empfehlungen
Systemleistung/CPU	
Um die Systemleistung 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 A6 ab MediaTek Helio P60T bzw. MT8183 Für eine umfassendere Nutzung: ab Intel Core i3 ab AMD Athlon ab AMD Ryzen	Benchmark-Mindestwerte Passmark (aktueller CPU-Mark): 1600 (für cloudbasierte Nutzung) 3000 (für eine umfassendere Nutzung)
RAM	
	ab 4 GB RAM
Massenspeicher	
ChromeOS nutzt vorwiegend Cloudspeicher.	ab 64 GB Flash-Speicher
Display (entfällt bei Desktop-Geräten mit externem Monitor)	
Empfohlen wird ein mattes Display (non-glare), da es ein angenehmeres Arbeiten ohne störende Reflexionen ermöglicht.	Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel Helligkeit ab 250 cd/m²
Garantie	
Üblicherweise werden Chromebooks im Garantiefall zum Hersteller eingeschickt (z. B. Collect & Return). Gegebenenfalls ist auch eine „Vor-Ort-Garantie“ möglich.	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

weitere Kriterien (ChromeOS-Geräte)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Grafikeinheit		
	Aktuelle Mobilprozessoren verfügen üblicherweise über eine integrierte Grafikeinheit. Eine aktuellere Prozessor- generation bietet meist auch eine bessere Grafikleis- tung.	
Touchscreen		
	Viele Modelle verfügen über Touchscreen Funkionali- tät und etliche sind auch per Stift (USI) bedienbar (Con- vertible/Tablet).	
Kamera (entfällt bei Desktop-Geräten mit externem Monitor)		
	Für Videokonferenzen ist eine integrierte Kamera vor- teilhaft. Eine HD-Auflösung (720p) setzt mindestens 0,9 Megapixel bei einem Seitenverhältnis von 16:9 voraus. Für Full HD (1080p) sind mindestens 2 Megapixel er- forderlich.	ab 0,9 Megapixel
Grafik- / Sound-Anschlüsse		
	Zum Anschluss an einen Beamer oder externen Moni- tor ist ein Grafikananschluss notwendig. Üblich ist ein di- gitaler Anschluss (USB-C mit Videofunktionalität, HDMI/Display-Port). Ggf. sind Adapter notwendig.	USB-C mit Videofunktiona- lität oder HDMI/Display- Port Kopfhörer/Mikrofon-An- schluss
USB-Anschlüsse		
	Sinnvoll sind mind. 2 USB-Anschlüsse.	1 x USB A 1 x USB-C
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) ist mittlerweile weit verbreitet.	802.11ax
Preis		
	cloudbasierte Nutzung: mit Mediatek MT8183	ab 250 €
	umfassendere Nutzung: mit Intel i3-11xxxx	ab 450 €

c) Tablets

Windows-Tablets

Kernkriterien (Windows-Tablets): Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Display, Kamera	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	Empfehlungen
Systemleistung/CPU	
Um die Systemleistung 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 i3-10xxxY	Benchmark-Mindestwerte Cinebench R23: 750/1350 (Single/Multi-Core) Als Notebook-Ersatz: Cinebench R23: 850/3000 Punkte (Single/Multi-Core)
RAM	
	ab 8 GB
Massenspeicher	
Ein größerer Speicher ist insbesondere bei multimediale Anwendungen zu empfehlen.	SSD ab 128 GB
Display	
Gefordert wird 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 Notebooksersatz 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 muss möglich sein (Digitizer).
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) ist mittlerweile 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. Bei der Verwendung als Notebookersatz sollte der Anschluss von USB-Geräten und einem externen Bildschirm (z. B. über USB-C) möglich sein.	
Preis	
Windows-Tablet Tastatur Stift Schutzcover als Notebook-Ersatz (inkl. Tastatur und Stift)	ab 600 € ab 70 € ab 40 € ab 30 € ab 1.200 €

Android-Tablets

Kernkriterien (Android-Tablets):		
Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Display, Kamera		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Systemleistung/CPU		
Um die Systemleistung 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 P90T, G80		Benchmark-Mindestwerte AnTuTu v7 oder v8: 170.000 Punkte (Total Score)
RAM		
		ab 4 GB
Massenspeicher		
Ein größerer Speicher ist insbesondere bei multimedialen Anwendungen zu empfehlen.		ab 64 GB
Display		
Gefordert wird ein helles und blickwinkelstabiles Display mit einem Touchscreen und einem Digitizer oder einer vergleichbaren Technik zur Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung.		Bildschirmdiagonale ab 10" Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel Helligkeit ab 350 cd/m² Stifteingabe mit mehreren Druckstufen muss möglich sein (Digitizer).
Kamera		
		Front- und Rückkamera Rückkamera ab 8 Megapixel

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

Betriebssystem, Software		
	Für die Updates des Betriebssystems ist der Gerätehersteller zuständig. Daher sollten Hersteller gewählt werden, die regelmäßige Updates über einen längeren Zeitraum auch für ältere Geräte liefern. Die Installation von Apps ist über Google Play oder über alternative Quellen möglich. Drucken ist ggf. über ein herstellereigenes Plugin des Druckerherstellers möglich.	ab Android 13
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.	
Preis		
	Android –Tablet Original-Stift Tastatur Schutzcover	ab 280 € ab 50 € ab 40 € ab 30 €

iPadOS-Tablets

Kernkriterien (iPadOS-Tablets):		
Systemleistung/CPU, RAM, Massenspeicher, Display, Kamera		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Systemleistung/CPU		
	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das Programm AnTuTu. Aktuelle iPads (ab Apple A14- Prozessor) erfüllen die geforderte Systemleistung.	Benchmark-Mindestwerte AnTuTu v7 oder v8: 450.000 Punkte (Total Score)
RAM		
		ab 4 GB
Massenspeicher		
	Ein größerer Speicher ist insbesondere bei multimediale Anwendungen zu empfehlen.	ab 64 GB

Display		
	Alle aktuellen iPads bieten ein helles und blickwinkelstabiles Display mit der Möglichkeit der Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung.	Bildschirmdiagonale ab 10" Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel Helligkeit ab 350 cd/m ² Stifteingabe mit mehreren Druckstufen muss möglich sein (Digitizer).
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) ist mittlerweile weit verbreitet.	802.11ax
Betriebssystem, Software		
	Die Installation von Apps erfolgt über den Apple App-Store. Drucken ist über AirPrint möglich.	aktuelles iPadOS
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.	
Preis		
	iPad Tastatur Stift Schutzcover als Notebookersatz (iPad Pro 12,9", Wi-Fi, M2, 128 GB inkl. Tastatur und Stift)	ab 440 € ab 50 € ab 30 € ab 30 € ab 1.800 €

d) Monitore

Kernkriterien (Monitore): Größe, Auflösung, Helligkeit		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Größe		
	24“ Bildschirmdiagonalen sind der Standard. Für Bildbearbeitung oder Stundenplanung sind größere Monitore empfehlenswert.	ab 23,5"
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
Helligkeit		
	In Klassenzimmern und Computerräumen mit nicht optimalen Lichtverhältnissen sollte der Monitor eine Helligkeit von mindestens 300 cd/m ² und ein gutes Kontrastverhältnis aufweisen, um satte Farben und einen gut lesbaren Text darzustellen.	ab 250 cd/m ²

weitere Kriterien (Monitore)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Panel		
	IPS-Panels bieten eine hohe Farbtreue, eine schnelle Reaktionszeit und einen großen Blickwinkel. VA-Panels bieten bessere Schwarzwerte bzw. 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		
		HDMI oder DisplayPort, USB-C
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 geforderten 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		
	integrierte Lautsprecher, Kopfhörer- und Mikrofon-Anschlüsse, USB-Anschlüsse	
Garantie		
	Da aktuelle Monitore relativ günstig und haltbar sind, ist eine erweiterte Garantie nicht notwendig.	gesetzliche Gewährleistung
Preis		
	24"-Monitor:	150 €
	27"-Monitor:	240 €

e) USB-Ladestationen (Lade-Hubs)

Kernkriterium (USB-Ladestationen): Ausstattung		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Ausstattung		
	Die USB-Ladestation ist zum Aufladen von Tablets und Notebooks geeignet. Die Stromversorgung erfolgt über ein integriertes Netzteil. Die Ladestation besitzt entweder USB-A oder USB-C-Anschlüsse. Der Ladestandard USB-PD ermöglicht ein schnelleres Aufladen über USB-C. USB-Ladestationen gibt es für verschiedene Gerätegrößen. Diese orientieren sich oft nach der Displaygröße der aufzuladenden Geräte. Die Verwendung von Schutzhüllen oder Tastaturen bei Tablets sollte bei den Abmessungen der Geräte mitberücksichtigt werden.	Ladestation für 8 Geräte mit 8 x USB-A oder USB-C Anschlüssen Ladestation für 24 Geräte mit 24 x USB-A oder USB-C Anschlüssen Ladestandard USB-PD

weitere Kriterien (USB-Ladestationen)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Zusatzfunktionen		
	Ladestationen können über einen integrierten USB-Hub zum Synchronisieren von Geräten verwendet werden. In diesem Fall besitzt die Ladestation einen USB-B Anschluss. Ladestationen können mit einem Hauptschalter ausgestattet sein. Ladestationen können auch zur Aufbewahrung von Tablets verwendet werden. Abschließbare Ladestationen bieten einen einfachen Diebstahlschutz. Der Ladestandard USB-PD kann ein schnelleres Aufladen über USB-C ermöglichen. Weitere Schnellladestands sind USB EPR und USB PPS.	

	Einige Ladestationen verfügen über eine Netzwerkschnittstelle und einen Access-Point. Damit kann lokal ein WLAN-Hotspot zur Verfügung gestellt werden. Dieser Hotspot ersetzt jedoch keine WLAN-Infrastruktur.	
Garantie		
		mindestens 2 Jahre Garantie
Preis		
	USB-Ladestation für 8 Tablets USB-Ladewagen für 24 Tablets USB-Ladewagen für 24 Laptops	ab 200 € ab 1.000 € ab 1.400 €

f) Server

Standardserver

Kernkriterien (Standardserver): 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 Aufwandes für eigene Messungen, wird empfohlen, sich an der ausführlichen Datenbank von SPEC zu orientieren. 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 bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: alle Intel Xeon E alle Intel Xeon D (ab 4 Kerne) alle Intel Xeon W ab Intel Xeon Bronze alle AMD EPYC		ab 4-Kern-CPU Benchmarkwerte SPEC-CPU 2017 SPECrate2017_int_base: ab 10 (bei 1 CPU)
RAM		
Bei der Belegung der Steckplätze mit RAM-Modulen sollten die Herstellervorgaben bezüglich der Aufteilung		ab 32 GB RAM ab DDR 4 ECC 3200 MT/s

	auf die Speicherkanäle beachtet werden, um Leistungseinbußen zu vermeiden. Für eine spätere Erweiterungsmöglichkeit sollten weitere Steckplätze zur Verfügung stehen. ECC-Arbeitsspeicher beinhalten eine Fehlerkorrektur, die für Server im Dauerbetrieb sinnvoll ist.	
LAN-Anschlüsse		
	Je nach vorgesehenem Einsatz sind mehrere LAN-Anschlüsse sinnvoll (z. B. Link Aggregation, Anbindung eines externen Storage).	2 x 1 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

weitere Kriterien (Standardserver)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Speichersystem		
	Für schulische Anwendungsszenarien sind meist Enterprise SSDs mit einer Endurance von 1 DWPD und einer SATA-Anbindung ausreichend. DWPD gibt an, wie oft die gesamte Speicherkapazität innerhalb der Garantiezeit täglich überschrieben werden könnte. Für höhere Übertragungsraten kann zur Anbindung die SAS-Schnittstelle genutzt werden.	SATA-SSD: 1 x 1,92 TB mit 1 DWPD
USB-Anschlüsse		
	Je nach vorgesehener Anwendung (z. B. Datensicherung mit mobilen USB-Festplatten), können USB-Anschlüsse an der Frontseite sinnvoll sein.	mind. 2 x USB 3.x
Geräuschentwicklung		
	Falls der Server in einem Raum steht, in dem sich gelegentlich Personen aufhalten, ist auf geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter).	
Formfaktor, Gehäuse		
	Üblich sind Tower oder 19"-Gehäuse zum Einbau in ein Rack.	Tower
Preis		
	Mit Intel Xeon E23xx, incl. 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“	ab 1.500 €

Virtualisierungsserver

Kernkriterien (Virtualisierungsserver): 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 Aufwandes für eigene Messungen, wird empfohlen, sich an der ausführlichen Datenbank von SPEC zu orientieren. 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 bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: alle Intel Xeon E (ab 8 Kerne) alle Intel Xeon W (ab 8 Kerne) ab Intel Xeon Silver 4110 alle AMD EPYC	ab 8-Kern-CPU Benchmarkwerte SPEC-CPU 2017 SPECrate2017_int_base: ab 35 (bei 1 CPU)
RAM	
Bei der Belegung der Steckplätze mit RAM-Modulen sollten die Herstellervorgaben bezüglich der Aufteilung auf die Speicherkanäle beachtet werden, um Leistungseinbußen zu vermeiden. Für eine spätere Erweiterungsmöglichkeit sollten weitere Steckplätze zur Verfügung stehen. ECC-Arbeitsspeicher beinhalten eine Fehlerkorrektur, die für Server im Dauerbetrieb sinnvoll ist.	ab 64 GB RAM ab 3200 MT/s ECC RDI-MMs
LAN-Anschlüsse	
Je nach vorgesehenem Einsatz sind mehrere LAN-Anschlüsse sinnvoll (z. B. Link Aggregation, Anbindung eines externen Storage). Sinnvoll sind 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.	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

weitere Kriterien (Virtualisierungsserver)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Speichersystem		
	Um eine gewisse Ausfallsicherung zu erreichen, bietet sich mindestens ein RAID-5 Verbund 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 ausreichend. DWPD gibt an, wie oft die gesamte Speicherkapazität innerhalb der Garantiezeit täglich überschrieben werden könnte. Für höhere Übertragungsraten kann zur Anbindung die SAS-Schnittstelle genutzt werden. Bei mehr Speicherbedarf können auch zusätzlich HDDs eingebaut oder ein externes Speichersystem über ein 10 Gbit/s-Netzwerk angebunden werden.	4x 1,92 TB SATA 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		
	Intel Xeon Silver 43xxx	ab 5.000 €

g) NAS-Systeme

NAS-Systeme für den Unterrichtsbetrieb

Kernkriterien (NAS-Systeme für den Unterrichtsbetrieb): 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. Werden optionale Zusatzfunktionen verwendet (s. u.), ist ein leistungsstärkerer Prozessor sinnvoll.	ab Quadcore-Prozessor (x86-Architektur) mit mind. 1,5 GHz Taktfrequenz
RAM		
	Für viele Serverdienste, gleichzeitige Zugriffe mehrerer Personen und eine hohe Schreib- und Lesegeschwindigkeit ist ein ausreichend großer Arbeitsspeicher erforderlich. 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 derzeit 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

weitere Kriterien (NAS-Systeme für den Unterrichtsbetrieb)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Konfiguration		
	Die normale Konfiguration erfolgt über eine Weboberfläche. Der Zugriff auf das Dateisystem über SSH sollte möglich sein. 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 mit 3,5"

Festplatten (HDD)		
	Es sollten SATA-Festplatten verwendet werden, die für den Dauerbetrieb (Servereinsatz oder NAS-Einsatz, 24/7) geeignet sind. Ggf. kann es sinnvoll sein, eine weitere Festplatte (als Vorrat) zu beschaffen, damit im Falle eines Festplattendefekts entsprechend schnell reagiert werden kann.	4 SATA-Platten 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
Leistung (Datendurchsatz, Verbindungen)		
	Bei 2 Netzwerkanschlüssen sollte der Datendurchsatz 200 Mbyte/s betragen (bei RAID 5, Windows Upload/Download), bei 4 Netzwerkkarten 400 Mbyte/s. Die Zahl der maximal gleichzeitig möglichen Verbindungen sollte ausreichend hoch sein.	200 Mbyte/s (Windows Upload/Download bei RAID 5) 500 gleichzeitige Verbindungen
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 (Benutzerverwaltung über einen Windows-Server) Quota-Regelung für Benutzer	2000 Benutzerkonten Quota-Regelung für die Benutzer
Zugriffsmöglichkeiten		
	Die Benutzer sollten auf das NAS mit gängigen Werkzeugen zugreifen können (Windows-Zugriffe bzw. SMB, nfs, ftp, http). Für den Zugriff mit mobilen Geräten sollte eine App verfügbar sein. Eine Zwei-Faktor-Authentifizierung sollte für Nutzer mit administrativen Rechten 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, die viele NAS-Systeme anbieten: Cloudspeicher (z. B. Nextcloud) SQL-Server iSCSI-Speicher (z. B. als externer Speicher für Virtualisierungslösungen) Verschlüsselung Virens Scanner Automatisierte Backupfunktion Medienserver RADIUS-Server	
weitere optionale Ausstattungen		
	Reset-Knopf (Passwort zurücksetzen) Kensington-Schutz HDMI-Anschluss	
Energieverbrauch		
	Üblich sind bis zu 50 W im Betrieb (mit 4 Festplatten) und bis zu 30 W im Standby (HDD-Ruhezustand). Bei einigen NAS-Systemen lässt sich ein Sleep-Modus einstellen (max. 1 W). Wenn das NAS im Sleep-Modus ist, dauert der erste Zugriff länger (Starten des Systems, Hochfahren der Festplatten).	max. 50 W (Betrieb) max. 30 W (Standby) max. 1 W (Sleep-Modus)
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		
	Ggf. mit Vorab-Zustellung eines Ersatzgeräts	3 Jahre Garantie
Preis		
	NAS mit 4 Festplatten je 4 TB	ab 1.200 €

Einfache NAS-Systeme zur Datensicherung

Kernkriterien (NAS-Systeme zur Datensicherung): Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Systemleistung/CPU		
	Für kleine Benutzergruppen (höchstens fünf gleichzeitige Zugriffe) oder als Backupsystem ist ein Embedded-Prozessor ausreichend.	Ab Quadcore-Embedded-Prozessor mit mind. 1 GHz Taktfrequenz
RAM		
		ab 2 GB
LAN-Anschlüsse		
	Standard ist derzeit ein RJ45-LAN-Anschluss mit Gigabit-Ethernet.	1 Gbit/s-Ethernet

weitere Kriterien (NAS-Systeme zur Datensicherung)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Konfiguration		
	Die normale Konfiguration erfolgt über eine Weboberfläche. Der Zugriff auf das Dateisystem über SSH sollte möglich sein. 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. 2 Festplatteneinschüben.	2 Festplatteneinschübe mit 3,5"
Festplatten (HDD)		
	Es sollten SATA-Festplatten verwendet werden, die für den Dauerbetrieb (Servereinsatz oder NAS-Einsatz, 24/7) geeignet sind. Ggf. ist es sinnvoll, eine weitere Festplatte (als Vorrat) zu beschaffen, damit im Falle eines Festplattendefekts entsprechend schnell reagiert werden kann.	2 SATA-Platten je 4 TB geeignet für den Dauerbetrieb (NAS-Festplatten)
RAID-Level		
	JBOD, RAID 0/1	RAID 1
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	Mehrere Benutzerkonten
Zugriffsmöglichkeiten		
	Die Benutzer sollten auf das NAS mit gängigen Werkzeugen zugreifen können. Für den Zugriff von mobilen Geräten sollte eine App verfügbar sein.	Zugriffe über SMB, App für mobile Geräte
Optionale Zusatzfunktionen		
	Je nach vorgesehenem Einsatz können Zusatzfunktionen von Interesse sein, die viele NAS-Systeme anbieten: Verschlüsselung Backupfunktion	
Energieverbrauch		
	Üblich sind bis zu 20 W im Betrieb (mit 2 Festplatten) und bis zu 8 W im Standby (HDD-Ruhezustand). Bei einigen NAS-Systemen lässt sich ein Sleep-Modus einstellen (max. 1 W). Wenn das NAS im Sleep-Modus ist, dauert der erste Zugriff länger (Starten des Systems, Hochfahren der Festplatten).	max. 20 W (Betrieb) max. 8 W (Standby) max. 1 W (Sleep-Modus)
Geräuscentwicklung		
	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. 19 dB (im Betriebs-Modus, bei laufenden Festplatten)
Garantie		
		2 Jahre Garantie
Preis		
	NAS mit 2 Festplatten je 4 TB	ab 600 €

h) Thin Clients für den Zugriff auf Terminalserver

Kernkriterien (Thin Clients): 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 (Display-Port, Mini-Display-Port, HDMI) mindestens 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

weitere Kriterien (Thin Clients)		
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 250 €

i) Ethernet-Switches

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

Kernkriterien (Layer-2-Switches): 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 mit 10 Gbit/s SFP+. Ethernet-Ports mit 2,5 Gbit/s können für die Anbindung von Access-Points verwendet werden.	ab 24 Ethernet-Ports mit 1 Gbit/s, ggf. Ports mit 2,5 Gbit/s für Access- Points und mind. 2 SFP+ Ports mit 10 Gbit/s
VLANs	
	VLAN-Unterstützung nach IEEE 802.1q
Leistung	
Die interne Switching-Kapazität (Bandbreite der Backplane) sollte der (doppelten) Gesamtkapazität aller Ports entsprechen. Der Datendurchsatz in Mpps (Million Packets per Second) gibt an, wie viele Pakete der Switch pro Sekunde verarbeiten kann (üblicherweise mit 64 Byte-Paketen gemessen). Eine sinnvolle Größenordnung für den erforderlichen Datendurchsatz kann man aus der Switching-Kapazität ermitteln, wenn man mit einer durchschnittlichen Paketgröße von 2.000 Bit kalkuliert. Weitere Leistungsparameter können sein: 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

weitere Kriterien (Layer-2-Switches)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Konfiguration		
	Die übliche Konfiguration erfolgt über ein Webinterface des Switches. Ein Konsolenanschluss ermöglicht einen Zugang unabhängig von der IP-Konfiguration. 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 Switch 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 genannte PoE-Ausgangsleistung (PSE) liegt über der nutzbaren Anschlussleistung (PD).	PoE+ nach IEEE 802.3at PoE+-Gesamtleistung: mind. 300 W WiFi 7 Access-Points benötigen ggfs. PoE++ nach 802.3 bt-Standard.
Lüfter		
	Die Lüfter in einem Switch entwickeln oft störende Geräusche. Beim Einsatz im Klassenzimmer sollte eine lüfterlose Variante gewählt werden.	lüfterloses Design
zusätzliche Funktionen		
	Rapid Spanning-Tree (Loop-Protection) QoS (Quality of Service) bei VoIP Ggf. Port-Mirroring und Protokollierung fehlerhafter Datenframes (Fehlersuche) Der Standard IEEE 802.3az (auch als Energy Efficient Ethernet bezeichnet) kann den Stromverbrauch des Switches reduzieren. Monitoring von Parametern (z.B. Auslastung, Bandbreiten, Dienste) zur Problembehebung und Kapazitätsplanung	
Montage		
	Montage im Rack	19“-Gerät
Service		

	kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates, Serviceadresse	
--	---	--

Preis		
	PoE-Switch mit 24 Ethernet- und 4 SFP+-Ports	ab 900 €
	PoE-Switch mit 48 Ethernet- und 4 SFP+-Ports	ab 1.500 €
SFP-Module		
	SFP+-Modul mit 10 Gbit/s: Bei SFP-Modulen (GBICs) muss auf den richtigen LWL-Anschluss (ST, SC, LC) und auf Herstellerkompatibilität geachtet werden.	ab 150 €

Layer-3-Switches

Kernkriterien (Layer-3-Switches): 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 basierend auf Ziel/Quell-IP auf VLAN-Basis

weitere Kriterien (Layer-3-Switches)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
mögliche zusätzliche Funktionen		
	DHCP-Server DHCP-Relay (Weiterleitung von DHCP-Anfragen)	

	QoS (Quality of Service) bei VoIP Bandbreitenbeschränkung per Port	
--	---	--

Preis		
	Layer-3-Switch mit 24 Ethernet- und 4 SFP+-Ports	ab 1.000 €
	Layer-3-Switch mit 24 Ethernet- und 16 SFP+-Ports	ab 5.000 €
SFP-Module		
	SFP+-Modul mit 10 Gbit/s	ab 150 €

j) Internetzugangsrouter

Kernkriterien (Internetzugangsrouter): 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 (z. B. Unterrichternetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz). Einzelne LAN-Ports können in Verbindung mit einem externen Modem auch als zusätzliche WAN-Schnittstellen geschaltet werden (z. B. für Load-Balancing). Ausreichende Anzahl der SFP und SFP+-Ports in Abhängigkeit der zukünftig voraussichtlich benötigten Bandbreite.	4 x 1 Gbit/s-Ethernet- und mind. 1 SFP-Ports (RJ45), als Router-Ports konfigurierbar
WAN-Schnittstellen		
	Mindestens zwei WAN Gigabit-Ethernet-Schnittstellen, konfigurierbar für externes Modem (z. B. PPPoE, je nach Provider) z. B. DSL-Schnittstelle mit integriertem Modem, Glasfaser	Zwei oder mehrere zur WAN-Technologie kompatible Schnittstellen (z. B. DSL, Kabel, Ethernet, Glasfaser)
Routing-Durchsatz		
	Wenn der Router auch zur Trennung verschiedener Netze (z. B. Unterrichternetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz) eingesetzt werden soll, sollte der Durchsatz entsprechend höher sein. Der Router sollte dabei mindestens 30.000 gleichzeitige Sitzungen und mind. 3.000 neue Sitzungen pro Sekunde verwalten können.	Routing-Durchsatz mind. 900 Mbit/s bzw. mind. 1 Mbit/s pro Client

weitere Kriterien (Internetzugangsrouter)

Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Konfiguration		
	Die übliche Konfiguration erfolgt über ein Webinterface des Routers. Ein Konsolenanschluss ermöglicht einen Zugang unabhängig von der IP-Konfiguration. 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 (über IPSEC, SSL oder L2TP) 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 (und teureren) Router.	Unterstützung von mind. 10 gleichzeitigen VPN-Verbindungen über IPSEC
Zusatzfunktionen		
	Weitere Zusatzfunktionen (DNS Relay bzw. DNS Proxy, DHCP, Dynamisches DNS) sind üblicherweise an allen Routern integriert. Bei der Verwendung mehrerer WAN-Schnittstellen ermöglicht eine Lastverteilung die gleichzeitige Verwendung der WAN-Schnittstellen und sorgt zugleich für Ausfallsicherheit. 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

Jugendschutzfilter		
	Viele Internetzugangsroutern 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 über eine gut gepflegte (eventuell deutschsprachige) Internetpräsenz verfügen und darüber kostenlos Firmware-Updates, Datenblätter und Zusatzinfos (z. B. Konfigurationsbeispiele) anbieten.	Kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates
Preis		
	VPN-Router (z. B. 100 gleichzeitige VPN-Verbindungen) oder Router mit höheren Routing-Bandbreiten können erheblich teurer sein.	ab 900 €

k) Access-Points

Kernkriterien (Access-Points): WLAN-Standard, Übertragungsraten, Konfiguration, Authentifizierung, Multi-SSID, LAN-Schnittstelle, Stromversorgung, Client-Isolation		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
WLAN-Standard		
	Aktuelle Standards: 802.11ax / Wi-Fi 6(E) In der Regel bedienen diese Geräte neben 802.11ac/ax-fähigen Geräten im 5 GHz-Band auch 802.11n-Clients im 2,4 GHz-Frequenzband. Der Wi-Fi-6E-Standard verbindet Geräte auch im 6-GHz-Band.	IEEE 802.11ax 2,4 GHz, 5 GHz und 6 GHz

Übertragungsraten		
	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. Bei 2,4 GHz sind derzeit theoretisch bis zu 450 Mbit/s (3x3 MIMO) möglich, bei 5 GHz 1733 Mbit/s (4x4 MIMO) und bei 6 GHz 4,8 Gbit/s (4x4 MU-MIMO)	2,4 GHz: ab 2x2 MIMO 5 GHz: ab 3x3 MIMO 6 GHz: ab 4x4 MU-MIMO
Konfiguration		
	Die Konfiguration sollte mit einem Controller (Hardware- oder Softwarecontroller) erfolgen.	zentrales Management über einen WLAN-Controller oder eine Management-Cloud möglich. Bei Cloud-Betrieb sind die datenschutzrechtlichen Vorgaben zu berücksichtigen.
Authentifizierung		
	Üblich sind heute 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 und WPA2-Enterprise (802.1x) und WPA3
Multi-SSID		
	Multi-SSID ermöglicht die Bereitstellung mehrerer Funkzellen (SSIDs) in unterschiedlichen Teilnetzen (VLANs) für unterschiedliche Benutzergruppen (z. B. Lehrkräfte, Schülerinnen und Schüler etc.) oder Anwendungsbereiche. (Abweichende Bezeichnungen für Multi-SSID sind möglich.)	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

Client-Isolation	
Beim Betrieb des Access-Points als Hotspot ist es sinnvoll, die Kommunikation der WLAN-Clients untereinander zu unterbinden. Oft führt dies jedoch zu Schwierigkeiten bei der drahtlosen Bildschirmübertragung oder beim drahtlosen Drucken. (Abweichende Bezeichnungen für Client-Isolation sind möglich)	Client-Isolation einstellbar

weitere Kriterien (Access Points)	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	Empfehlungen
Sendeleistung	
Werden externe Antennen angebracht, soll die Reichweite beschränkt werden oder um Störungen zu benachbarten Access-Points zu vermeiden, bzw. die Strahlenbelastung zu minimieren, kann es ebenfalls sinnvoll sein, die Sendeleistung zu reduzieren.	Die maximale Sendeleistung soll reduzierbar sein.
Antennen	
Externe Antennen können durch spezielle Richtcharakteristiken das Sende- und Empfangsverhalten positiv beeinflussen; im Klassenzimmer reichen meist die eingebauten Standardantennen aus.	
Elektromagnetische Verträglichkeit	
Durch die EMV-Zertifizierung (Elektromagnetische Verträglichkeit) nach EN 60601-1-2 ist ein Access-Point auch für den Einsatz in medizinischen Umgebungen zugelassen.	EMV-Zertifizierung nach EN 60601-1-2
Garantie	
	mind. 3 Jahre Garantie
Service	
Der Hersteller sollte über eine gut gepflegte (eventuell deutschsprachige) Internetpräsenz verfügen und kostenlos Firmware-Updates, Datenblätter und Zusatzinfos (z. B. Konfigurationsbeispiele) anbieten.	Kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates
Preis	
Access-Point Ggf. weitere Kosten für den Controller	ab 300 €

I) Großbildmonitore

Nicht-interaktive Großbildmonitore

Kernkriterien (Nicht-interaktive Großbildmonitore): 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/m ² (Nits)
Auflösung	
Das Seitenverhältnis ist standardmäßig 16:9.	ab 3.840 x 2.160 Pixel

weitere Kriterien (nicht-interaktive Großbildmonitore)	
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	ab 2 x 10 W
Reaktionszeiten	
Eine niedrige Reaktionszeit des Panels ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	maximal 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. Für die Zuspierung durch externe Geräte, z. B. mit Blu-ray Playern, muss der HDMI-Anschluss HDCP-2.2-fähig sein. Weitere Schnittstellen (z. B. VGA, Audio-Ein-/Ausgang, USB, Netzwerk) können sinnvoll sein.	1 HDMI-2.0-Anschluss 1 weitere digitale Schnittstelle (HDMI, DisplayPort oder USB-C)
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

Energieverbrauch		
	Der Energieverbrauch von Großbildmonitoren kann je nach Modell erheblich variieren.	
Drahtlose Bildschirmübertragung		
	Manche Monitore verfügen bereits über integrierte Möglichkeiten (z. B. Miracast oder AirPlay) zur drahtlosen Bild- und Tonübertragung von mobilen Endgeräten. Teilweise sind herstellerabhängige Apps für die Darstellung notwendig.	
Preis		
	Großbildmonitor 65“ Großbildmonitor 75“ Großbildmonitor ab 85“	ab 1.000 € ab 1.600 € ab 2.200 € (jeweils zzgl. Halterung)

Interaktive Großbildmonitore (Touchscreens)

Kernkriterien (interaktive Großbildmonitore): Werte für Oberfläche und Helligkeit, Auflösung		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Oberfläche und Helligkeit		
	Für wechselnde Lichtverhältnisse sollte die Präsentationsfläche möglichst wenig spiegeln (z. B. mattes Display). Die Oberfläche sollte möglichst kratzunempfindlich sein (z. B. Mohs-Härtegrad 7). Es sollte darauf geachtet werden, dass ein Sicherheitsglas verwendet wird.	ab 350 cd/m ² (Nits)
Auflösung		
	Das Seitenverhältnis ist standardmäßig 16:9.	ab 3.840 x 2.160 Pixel

weitere Kriterien (interaktive Großbildmonitore)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Lautsprecher		
	integrierte Lautsprecher	ab 2 x 10 W
Reaktionszeiten		
	Eine niedrige Reaktionszeit des Panels ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	maximal 8 ms
Touchpunkte		
	Für Gestensteuerungen und gleichzeitiges Arbeiten muss das Display über Multitouch verfügen.	Display erfasst mindestens 8 gleichzeitige Berührungspunkte

angeschlossener PC		
	Einige Hersteller bieten integrierte PCs an, die z. B. als Einschubmodul über eine OPS-Schnittstelle (Open Pluggable Specification) angebunden werden.	Automatische Versorgung mit Updates durch den Hersteller
integriertes Betriebssystem		
	Der Großbildmonitore sollte auch ohne angeschlossenen 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 Speicher bei Android-Systemen mindestens Android 11
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. Für die Zuspierung durch externe Geräte, z. B. mit Blu-ray Playern, muss der HDMI-Anschluss HDCP-2.2-fähig sein. Weitere Schnittstellen (z. B. VGA, Audio-Ein-/Ausgang, USB, Netzwerk) können sinnvoll sein.	1 HDMI-2.0-Anschluss 1 weitere digitale Schnittstelle (HDMI oder Display-Port) USB-A, um Toucheingaben auf einen angeschlossenen PC zu übertragen ggf. 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
Energieverbrauch		
	Displays mit Infrarot-Technologie haben typischerweise einen höheren Energieverbrauch als kapazitive / induktive Technologien.	

drahtlose Bildschirmübertragung		
	Manche Monitore verfügen bereits über integrierte Möglichkeiten (z. B. Miracast oder AirPlay) zur drahtlosen Bild- und Tonübertragung von mobilen Endgeräten. Teilweise sind herstellerabhängige Apps für die Darstellung notwendig.	
Garantie		
	Aufgrund der Größe sollte geprüft werden, ob eine Vor-Ort-Garantie möglich ist.	Nach Möglichkeit mit „Vor-Ort-Garantie“
Preis		
	86":	ab 3.500 €
	Halterung und Seitentafeln:	ab 1.500 €

m) Beamer

Kernkriterien (Beamer): Lichtstärke, Auflösung, Anschlüsse		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Lichtstärke		
	Der Beamer sollte auch 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		
	Die native Auflösung des Beamers sollte idealerweise der des Monitors entsprechen. Für Ultrakurzstanz-Beamer sind derzeit aus Preisgründen bei der Auflösung noch Abstriche zu machen. Eine Full HD Auflösung wäre bei Neuanschaffung trotzdem anzuraten.	Standard-Beamer ab 1.920 x 1.080 Pixel bzw. ab 1.920 x 1.200 Pixel Ultrakurzstanz-Beamer ab 1.920 x 1.200 Pixel bzw. ab 1.920 x 1.080 Pixel
Anschlüsse		
	Aktueller Standard sind zwei HDMI- und ein VGA-Eingang.	2 digitale Eingänge (HDMI oder DisplayPort)

weitere Kriterien (Beamer)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
optionale Anschlüsse / Schnittstellen		
	Ein Netzwerkanschluss (LAN/WLAN) kann zur Steuerung des Beamers und zur Einbindung in die Infrastruktur sinnvoll sein.	USB, , LAN,

	Sowohl ein analog als auch ein digital eingespeistes Audio-Signal wird über den analogen Audio-Ausgang ausgegeben (zum Anschluss externer Lautsprecher). Soll ein Adapter für die kabellose Bild- und Tonübertragung verwendet werden, wird dafür ein HDMI-Anschluss benötigt. Die Stromversorgung dieser Geräte kann über HDMI/MHL oder über USB erfolgen. In diesem Fall wird am USB-Port eine ausreichende Leistung benötigt.	WLAN, analoger Audio-Ausgang
Drahtlosverbindung		
	Manche Beamer verfügen bereits über integrierte Möglichkeiten (z. B. Miracast oder AirPlay) zur drahtlosen Bild- und Tonübertragung von mobilen Endgeräten. Teilweise sind herstellerabhängige Apps für die Darstellung notwendig.	
Geräuschentwicklung		
	Die in den vom Hersteller angegebenen Werte für das Betriebsgeräusch sind nicht bei allen Anbietern exakt vergleichbar.	28 dB (Eco-Modus) 37 dB (Normal-Modus)
Lampenlebensdauer		
	Entladungslampe: LED / Laser-Lichtquelle: LED / Laser-Lichtquellen können nicht gewechselt werden.	4000 Std. (Normalmodus) 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. Dies trifft oft auch auf die Lampe zu, wobei die Garantiezeit normalerweise durch eine Betriebsstundenanzahl begrenzt wird.	3 Jahre Garantie
Preis		
	Beamer mit Entladungslampe (1.920 x 1.200 Pixel) Original-Ersatzlampe:	ab 500 € ab 150 €
	Laser-Beamer (1.920 x 1.200 Pixel)	ab 1.100 €
	Ultrakurzdistanz-Beamer (1.920 x 1.080 Pixel)	ab 1.100 €

interaktiver Ultrakurzdistanz-Beamer (1.920 x 1.080 Pixel mit Finger-Touch-Funktion)	ab 2.400 €
Laser-Ultrakurzdistanz-Beamer (1.920 x 1.200 Pixel)	ab 1.900 €
Interaktiver Laser-Ultrakurzdistanz-Beamer (1.920 x 1.200 Pixel mit Stift und Gestensteuerung)	ab 2.350 €

n) Dokumentenkamera

Kernkriterien (Dokumentenkamera): 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

weitere Kriterien (Dokumentenkameras)	
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 €

o) 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 (z. B. Briefumschläge, Folien) ist eine eigene Mehrzweckzufuhr sinnvoll.	Papierkassette 250 Blatt, Mehrzweckzufuhr

weitere Kriterien (Drucker)	
Merkmal – Erläuterung / Hinweis	Empfehlungen
Duplex	
	Duplexdruck 10 Seiten/min
Cloudbasierte Druckdienste	
Herstellereigene Lösungen ermöglichen das Ausdrucken auch von mobilen Geräten aus. 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. AirPrint).	
Zubehör	
zweites bzw. größeres Papierfach	
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie	
	ggf. zertifiziert nach: Blauer Engel oder gleichwertigen Kriterien

Druckkosten		
	Bei sehr preisgünstigen Geräten sind die Druckkosten oft hoch. Daher sollten bei der Anschaffung auch die Kosten der Ersatzkartuschen und ihr Druckvolumen berücksichtigt werden.	s/w-Seite: < 2 Cent Farbseite: < 10 Cent
Preis		
	Die angegebenen Preise können auf Grund erweiterter Funktionen wie Duplexdruck, Mehrzweck-Papierzufuhr und drahtlosem Drucken von den genannten abweichen.	s/w-Laserdrucker: ab 200 € Farbdrucker: ab 220 € (mit erweiterten Funktionen wie Duplexdruck, Mehrzweck-Papierzufuhr und drahtlosem Drucken) Farblaser-Multifunktionsgerät: ab 500 €

p) 3D-Drucker

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

weitere Kriterien (3D-Drucker)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Technologie		
	Schmelzschichtungs-Verfahren (FDM)	
Druckmaterial		
	Filament, Ø 1,75 mm oder Ø 2,85 mm, je nach 3D-Drucker. Die höhere Verbreitung hat Ø 1,75 mm. Kunststoffe: PLA, ABS, 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 500 €

q) Standalone-VR-Brille

Kernkriterien (Standalone-VR-Brille): 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 dadurch Motion Sickness vor. Das Sichtfeld (Field of View (FOV)) sollte möglichst groß sein.	Auflösung pro Auge: ab 2.000 x 2.000 Bildwiederholrate von mind. 90 Hz

weitere Kriterien (Standalone-VR-Brillen)		
Merkmal – Erläuterung / Hinweis		Empfehlungen
Prozessor		
	Meist kommen speziell für VR-Anwendungen optimierte ARM-Prozessoren zum Einsatz. Zur Messung der Leistungsfähigkeit hat sich derzeit noch kein Benchmark etabliert.	
Bewegungserkennung und Interaktion		
	Die Freiheitsgrade (Degrees of Freedom (DoF)) 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 ggf. 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 Landesmedienzentrum mebis (<https://mebis.bycs.de>). Beratungs- und Fortbildungsangebote sind in Kapitel 3 dargestellt. Die nachfolgend genannten Veröffentlichungen sollen die Empfehlungen dieses Votums ergänzen und es im Blick auf eine Gesamtausstattung der Schule mit Einrichtungen, Geräten und Programmen abrunden.

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/kwmbli-2012-22-357>
- Digitale Bildung in Schule, Hochschule und Kultur. Die Zukunftsstrategie der Bayerischen Staatsregierung, Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, München 2016, https://www.km.bayern.de/epaper/Digitale_Bildung_in_Schule_Hochschule_Kultur/files/assets/basic-html/page-1.html
- Medienkonzepte, <https://mebis.bycs.de/beitrag/initiative>

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/baymbli/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/baymbli/2022-436/>

IT-Technik und -Sicherheit

- Planungsrichtlinien für Kommunikationsnetze beim Freistaat Bayern, Oberste Baubehörde im bayerischen Staatsministerium des Inneren, München 2021, https://www.lrz.de/services/netz/verkabelung/AMEV_LAN_2021.pdf
- Sichere Internetanbindung von Schulen, Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, Dillingen 2010, https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/Sichere_Internetanbindung_I.pdf
- Bildschirmübertragung von mobilen Endgeräten, Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, Dillingen 2023, <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 Videokonferenzsysteme, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Bonn 2020, https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/Empfehlungen-nach-Angriffszielen/Remote/Videokonferenzsysteme/videokonferenzsysteme_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/berlin/arbeits-und-standards/kernarbeitsnormen/lang—de/index.htm>
- 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

München, April 2024

gez.

Peter Botzenhart

Oberstudienrat

V1i