



Empfehlungen zur IT-Ausstattung von Schulen

Votum 2019

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

Votum 2019

Erarbeitet von Vertretern folgender Institutionen:

Bayerisches Staatsministerium für
Unterricht und Kultus

Akademie für Lehrerfortbildung und
Personalführung

Staatsinstitut für Schulqualität und
Bildungsforschung

und erfahrenen Lehrkräften

München, Juni 2019

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

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

Bezug: Das Votum 2019 ist im Internet unter der Adresse
<https://www.mebis.bayern.de/votum>
abrufbar.

Grußwort



Foto: © Andreas Gebert

Der digitale Wandel verändert unser Lernen, Leben und Arbeiten. Darum machen wir im Freistaat unsere Schulen fit für die digitale Zukunft. Wir bauen dabei auf die Stärken und die Individualität jeder einzelnen Schule. Die Schulen können bei der Planung ihrer IT-Ausstattung am besten auf die Gegebenheiten vor Ort eingehen und passgenaue Lösungen finden. Zeitgemäßer Unterricht benötigt eine zeitgemäße Ausstattung, wobei Pädagogik und Technik Hand in Hand gehen.

Wir werden rund eine Milliarde Euro in die digitale Ausstattung unserer Schulen stecken. Lernen und Lehren mit digitalen Medien ist nur dann möglich, wenn die schulische Bildungsinfrastruktur pädagogisch sinnvoll konzipiert ist, den gegenwärtigen Anforderungen entspricht und zuverlässig funktioniert. Dazu leistet der Beraterkreis zur IT-Ausstattung von Schulen im Kultusministerium mit dem jährlich aktualisierten VOTUM einen wichtigen Beitrag.

Für die geleistete Arbeit und das Engagement der Expertinnen und Experten des Beraterkreises bedanke ich mich herzlich. Den Leserinnen und Lesern des VOTUMS 2019 wünsche ich bei der Lektüre nützliche Impulse für die Konzeption und Umsetzung einer modernen IT-Ausstattung an den Schulen im Freistaat. Ich bin überzeugt: Nur gemeinsam können wir die Chancen der Digitalisierung bestmöglich nutzen – zum Wohl unserer Schülerinnen und Schüler.

München, im Juni 2019

A handwritten signature in blue ink, consisting of a long horizontal line above a stylized, cursive signature.

Prof. Dr. Michael Piazzolo
*Bayerischer Staatsminister
für Unterricht und Kultus*

Inhaltsverzeichnis

Grußwort.....	3
1. Konzeption und Planung von Schulnetzen	6
a) Konzeption von Schulnetzen.....	6
b) IT-Systemlösungen für Schulen	8
c) Planung von IT-Systemen in der Schule	8
d) Beratungs- und Fortbildungsangebote	9
2. Hinweise zur Beschaffung von IT-Systemen	10
a) Beschaffung von IT-Systemen	10
b) Nutzungsdauer	11
c) Gebrauchtrechner.....	11
d) Leasing	12
3. Betreuung von IT-Systemen an der Schule	12
a) Systembetreuung an den Schulen	12
b) Nutzungsordnung.....	13
4. Das digitale Klassenzimmer	14
a) Digitale Großbilddarstellung.....	14
b) Dokumentenkamera.....	15
c) Analoge Tafel.....	15
d) Räumliche Anordnung	15
e) Digitale Geräte für die Schülerinnen und Schüler.....	16
f) Computer- und andere Fachräume	17
g) Sonderpädagogischer Förderbedarf und Inklusion.....	18
h) Lernplattformen.....	18
5. Weitere Einsatzbereiche von IT-Systemen	18
a) Unterrichtsbezogene Nutzung von frei zugänglichen Computern	18
b) Lehrerzimmer.....	18
c) Ausstattung für die Seminausbildung.....	19
d) IT-Systeme in der Schulverwaltung.....	19
6. Vernetzung der Rechner, Schulhausvernetzung	20
a) Ethernet-Verkabelung (LAN).....	20
b) Funknetz (WLAN)	22
c) Powerline	25
d) Logische Trennung des lokalen Netzes in Teilnetze	25
7. Verbindung mit dem Internet	26
a) Internetzugang.....	26
b) Internetzugangsroutern mit Firewall	27
c) Webfilter	27
8. Auswahlkriterien für Computer, Betriebssysteme und Software.....	29
a) Desktop-Computer.....	29
b) Notebooks.....	29
c) Tablets.....	30

d) Weitere Bauformen	30
e) Tablets in der Grundschule	30
f) Großbilddarstellung.....	31
g) Beamer	32
h) Interaktive Großbildmonitore	33
i) Bildschirmübertragung von mobilen Endgeräten.....	34
j) Betriebssysteme für Desktop-Computer, Notebooks und Tablets	34
k) Standardsoftware, Branchensoftware, Pädagogische Software	36
l) Cloudbasierte Software.....	36
m) mebis-Tafel.....	36
n) Lernprogramme	37
o) Server und Serverbetriebssysteme	37
p) Terminalserver-Systeme	37
q) Virtualisierung von Server-Systemen	37
9. Administrative Aufgaben.....	38
a) Installation der Arbeitsplatzcomputer	38
b) Installation von Software auf Arbeitsplatzcomputern	38
c) Schutz der Arbeitsplatzcomputer vor Veränderungen	38
d) Sicherheitsupdates	39
e) Virenschutz	39
f) Systeme zur Datensicherung	39
g) Verwaltung von Tablets.....	39
10. Hardware.....	41
a) Arbeitsplatzcomputer	41
b) Monitore.....	44
c) Notebooks.....	46
d) Tablets.....	48
e) Server	53
f) NAS-Systeme	56
g) Beamer	61
h) Großbildmonitore	63
i) Interaktive Großbildmonitore (Touchscreens)	65
j) Dokumentenkameras.....	66
k) Drucker	67
l) 3D-Drucker	69
m) Strukturierte Gebäudeverkabelung	71
n) Access-Points	71
o) WLAN-Controller.....	74
p) Ethernet-Switche.....	76
q) Layer-3-Switche	78
r) Internetzugangsrouten.....	79
11. Weiterführende Literaturhinweise	82

Eine an pädagogischen Zielsetzungen orientierte IT-Ausstattung der Schulen ist eine wesentliche Voraussetzung zur Förderung der Medienkompetenz von Schülerinnen und Schülern und für den Einsatz digitaler Medien im Unterricht. Das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus will die Schulen und die für die IT-Ausstattung der Schulen zuständigen Sachaufwandsträger mit dem Votum in die Lage versetzen, Neuausstattungen und Ersatzbeschaffungen in bestmöglicher Weise vorzunehmen und den Schulen eine Orientierung bei der Erweiterung der schulischen Ausstattung und bei der Nutzung neuer Techniken geben.

1. Konzeption und Planung von Schulnetzen

Die Beschaffung schulgeeigneter IT-Systeme muss im Gesamtkontext der geplanten Einsatzmöglichkeiten vorbereitet und entschieden werden. Die allgemeinen, schulartübergreifenden Ziele und Inhalte der Medienerziehung und informationstechnischen Bildung sind in der Bekanntmachung des Staatsministeriums für Unterricht und Kultus vom 24. Oktober 2012 Az.: III.4-5 S 1356-3.18 725 „Medienbildung – Medienerziehung und informationstechnische Bildung in der Schule“ festgehalten (siehe <https://www.verkuendung-bayern.de/amtsblatt/dokument/kwmbli-2012-22-357/>).

a) Konzeption von Schulnetzen

Die Konzeption eines Schulnetzes beeinflusst nachhaltig die pädagogische Arbeit der Lehrkräfte und die Art und den Umfang der administrativen Tätigkeiten in der Schule. Das Schulnetz muss deshalb nach pädagogischen und didaktischen Überlegungen konzipiert werden. Es stellt die technische Basis zur Umsetzung des Medienkonzepts dar. Die Konzeption des Schulnetzes ist somit eine zentrale Aufgabe der Schule (Systembetreuung, Lehrerkollegium, Schulleitung, Medienkonzept-Team) in Zusammenarbeit mit dem Sachaufwandsträger.

Netzwerkstruktur

Die dem Schulnetz zugrunde liegende Netzwerkstruktur bestimmt im Wesentlichen die Funktionalität sowie die Sicherheit im Netz und in den einzelnen Teilnetzen.

Folgende Entscheidungen beeinflussen die Gestaltung des Schulnetzes:

- Flaches Netz oder Segmentierung in Teilnetze beziehungsweise VLAN-Struktur (z. B. Schülernetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz, WLAN-Netze für Lehrer, Schüler, Gäste, etc.)
- Authentifizierung und Netzzugang
- Definierte Übergänge zwischen den Netzen (Firewall-Struktur)
- WLAN-Infrastruktur (Abdeckung, Bandbreite, Art der Authentifizierung, BayernWLAN für öffentliche Schulen)
- Zugang zu schulinternen Ressourcen (z. B. Dateiablage, Drucker etc.)
- Zugang zum Internet (z. B. Proxy, Filterlösungen)
- Zugang zu externen Diensten, Nutzung externer Cloud-Dienste

An Schulen müssen aus Gründen des Datenschutzes und der Datensicherheit zumindest die Bereiche Unterrichtsnetz und Verwaltungsnetz getrennt sein, weitere Teilnetze können sinnvoll sein. Überlegungen zur Netzwerkstruktur sind in der Broschüre „Sichere Internetanbindung von Schulen“ beschrieben (siehe http://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/Sichere_Internetanbindung_I.pdf).

Medienkonzept

Aus dem Medienkonzept (siehe <https://www.mebis.bayern.de/medienkonzepte/leitfaden/wozu-ein-medienkonzept>) leitet sich ab, wie im Schulnetz gearbeitet wird und welche Ressourcen die Lehrkräfte und Schüler für die unterrichtliche Arbeit benötigen. Es bestimmt die Ausstattung mit Clients und Servern, die Nutzung von mobilen Endgeräten, den Anmeldeprozess, den Zugang zu Daten und Diensten bis hin zur Arbeitsweise im einzelnen Klassenzimmer und hat damit weitreichende Auswirkungen auf die Arbeit von Lehrkräften und Schülern sowie auf den Arbeitsumfang der Systembetreuung.

Die nachfolgend aufgeführten Nutzungskonzepte sind in Schulen etabliert. Abwandlungen und Mischformen ergeben sich durch die Anforderungen der jeweiligen Einsatzumgebung:

Klassische Domänenstruktur

Dieses Konzept geht davon aus, dass die Ressourcen primär in der Schule liegen. Alle Computer sind in eine serverbasierte Struktur (z. B. in eine Windows-Domäne) eingebunden. Es gibt für alle Benutzer personenbezogene, individuelle Accounts, der Zugang zu den lokalen Computern ist über die persönliche Anmeldung möglich. Jeder Benutzer hat ein individuelles Home-Verzeichnis innerhalb der Schule. Berechtigungen können sehr differenziert vergeben werden.

Schlanke Netzwerke (Lean-LAN)

Dieses Konzept geht davon aus, dass die Computer in keine serverbasierte Struktur eingebunden sind. Es gibt keine individuellen Schüler-Accounts innerhalb der Schule, am lokalen Computer ist keine Anmeldung erforderlich, Schülerinnen und Schüler haben keine individuellen Home-Verzeichnisse innerhalb der Schule, die Ressourcen liegen primär außerhalb der Schule.

Überlegungen für schlanke Schulnetze sind z. B. in dem Artikel "Das Lean-LAN – zeitgemäße Netzwerke in Schulen" (siehe <https://www.mebis.bayern.de/infportal/konzepte/it-ausstattung/it-netzwerke-an-schulen>) dargestellt.

Software zur Unterstützung des Unterrichts mit digitalen Medien

Klassenzimmersoftware oder sogenannte "Pädagogische Oberflächen" können für Lehrkräfte eine Unterstützung beim Unterrichten mit digitalen Medien wie Tablets und PCs darstellen. Die Geräte, an denen Schülerinnen und Schüler arbeiten, werden dabei mit dem der Lehrkraft verbunden. Funktionen können zum Beispiel sein: Übertragen oder Dunkelschalten der Schülerbildschirme, Sperren des Internetzugangs, Austeilen oder Einsammeln von digitalem Unterrichtsmaterial oder auch ferngesteuerte Bedienung des Schülergerätes. Ihr Einsatz richtet sich nach den didaktischen Überlegungen der Lehrkraft. Schülereigene Geräte (BYOD) können nur mit jederzeit

widerrufbarer Einwilligung der Schülerinnen und Schüler bzw. Erziehungsberechtigten in eine solche Umgebung aufgenommen werden.

Digitales Klassenzimmer

Die Konzeption und Ausstattung des Klassenzimmers legt grundlegend fest, wie im einzelnen Klassenzimmer mit digitalen Medien gearbeitet werden kann und welche Arbeitsformen damit im Zusammenhang mit der übrigen Klassenzimmergestaltung (z. B. Tischformen, flexible Pinnwände, Tafelanordnung) unterstützt werden (siehe Kapitel 4, Das digitale Klassenzimmer).

BYOD

BYOD (Bring Your Own Device) beschreibt eine Strategie zur Nutzung persönlicher Geräte von Schülerinnen, Schülern und Lehrkräften. Je nach Netzwerkstruktur und Nutzungskonzept kann die Einbindung dieser Geräte in das Schulnetz relativ einfach sein oder beliebig komplex werden.

Cloud-Lösungen

Der Cloud-Begriff wird heute sehr allgemein für die Nutzung von Ressourcen im Internet verwendet. Daten und Programme befinden sich außerhalb der Schule (z. B. mebis, Schul-Cloud, Webanwendungen im Internet), die Benutzerverwaltung und die Daten können dennoch im Organisationsbereich der Schule liegen (z. B. mebis).

Bei einer zuverlässigen und breitbandigen Anbindung an das Internet können Serverdienste, Dateiablagen, Lernplattformen und andere webbasierte Kommunikations- und Kollaborationswerkzeuge (Chat, E-Mail, Videokonferenz, Online-Texteditor etc.) zentral genutzt werden. Dadurch werden Ressourcen innerhalb der Schule eingespart und der Zugriff auf die Datenbestände wird auch von zu Hause aus möglich.

b) IT-Systemlösungen für Schulen

Für Schulen wird eine Fülle von IT-Systemlösungen angeboten, die möglichst viele von Schulen gewünschte Funktionalitäten abdecken und dennoch in der Bedienung und Administration einfach sein sollen. Allerdings besitzen viele dieser Systemlösungen einen hohen Grad an Komplexität und erfordern daher einen großen Einarbeitungsaufwand und eine dauerhafte externe technische Betreuung. Ebenso ist auf die Bedienbarkeit durch die Benutzer zu achten. IT-Systemlösungen sollten erweiterbar sein und neue Konzepte und Vorstellungen der Schule (z. B. Integration von mobilen Geräten) ohne große technische Hürden ermöglichen.

Aus Sicht der Sachaufwandsträger und auch zum regionalen Erfahrungsaustausch der Systembetreuerinnen und Systembetreuer kann es von Vorteil sein, wenn mehrere Schulen im Zuständigkeitsbereich eines Sachaufwandsträgers mit einheitlichen IT-Systemen und Systemlösungen ausgestattet werden.

c) Planung von IT-Systemen in der Schule

Zur Vorbereitung von Beschaffungsmaßnahmen im IT-Bereich sollte an der Schule ein Planungsteam gebildet werden. Dieses Team entwickelt im Dialog mit dem Sachaufwandsträger einen umfassenden Einsatz- und Ausstattungsplan im Rahmen des

Medienkonzepts als Teil des Schulentwicklungsplans (siehe auch „Leitfaden zur Erstellung von Medienkonzepten an bayerischen Schulen“ unter <https://www.mebis.bayern.de/medienkonzepte>).

Das Planungsteam prüft Realisierungsmöglichkeiten und verfolgt die konkrete Umsetzung. Es sollte dazu mindestens aus Vertretern der Schulleitung, des Sachaufwandsträgers und der Systembetreuerin bzw. des Systembetreuers der Schule bestehen. Insbesondere bei komplexeren Planungen im Bereich vernetzter Systeme (Stichwort Schulhausvernetzung) sollen auch externe Experten (z. B. IT-Fachberater, Beraterinnen und Berater für Digitale Bildung, IT-Experten des Sachaufwandsträgers, IT-Experten der Ausbildungsbetriebe im beruflichen Bereich, Ingenieurbüros) in die Planung ergänzend eingebunden werden.

Werden Verfahren eingesetzt, bei denen personenbezogene Daten verarbeitet werden, müssen diese in der Regel nach Art. 30 DSGVO bei der Beschreibung von Verarbeitungstätigkeiten im Rahmen des Verarbeitungsverzeichnisses von der Schule berücksichtigt werden. Weiterhin muss die Schule bei der Erhebung personenbezogener Daten grundsätzlich die Informationspflichten nach Art. 13 bzw. Art. 14 DSGVO beachten.

d) Beratungs- und Fortbildungsangebote

An den Dienststellen der Ministerialbeauftragten sowie an den Regierungen und den Staatlichen Schulämtern sind Unterstützungssysteme eingerichtet. Die „Medienpädagogischen Beraterinnen und Berater digitale Bildung“ (vormals MiB) fokussieren ihre Aktivitäten auf die medienpädagogische Beratung und medienpädagogische Fortbildung. Die „Informationstechnischen Beraterinnen und Berater digitale Bildung“ legen ihren Tätigkeitsschwerpunkt auf die informationstechnische Beratung und informationstechnische Fortbildung (siehe <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/empfehlung/beratung-ansprechpartner>).

Im Grund-, Mittel- und Förderschulbereich gibt es zusätzlich Fachberater Informatik bzw. Fachberater IT an den Staatlichen Schulämtern bzw. Regierungen.

Zu Fragen des Datenschutzes stehen an allen staatlichen Realschulen, Gymnasien und beruflichen Schulen, für Grund- Mittel- und Förderschulen pro Schulamtsbezirk Datenschutzbeauftragte zur Verfügung (siehe <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/service/datenschutz/ansprechpartner/datenschutzbeauftragte-schulen>).

Ebenso bieten einige Sachaufwandsträger verschiedene Beratungs- und Unterstützungsangebote für die Schulen in ihrem Zuständigkeitsbereich.

Des Weiteren stehen zentrale Beratungsangebote zur Verfügung:

- IT-Ausstattung: Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung (<https://alp.dillingen.de/akademie/it-beratung>)
- Medieneinsatz: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (<http://www.isb.bayern.de>)
Landesbeauftragte für den Computereinsatz im Fachunterricht (<https://www.mebis.bayern.de/infoportal/service/beratung/landesbeauftragte>),
Medienzentren der kreisfreien Städte und Landkreise (<https://www.mebis.bayern.de/infoportal/medienzentren>)
- Schulverwaltung: Multiplikatoren für Schulverwaltungsprogramme (<http://www.asv.bayern.de/beratung/multiplikatoren.html>)

Mit der Fortbildungsinitiative SCHULNETZ werden allen Systembetreuerinnen und Systembetreuern vielfältige Schulungen zum Aufbau von und Umgang mit vernetzten IT-Systemen angeboten (<https://schulnetz.alp.dillingen.de>).

2. Hinweise zur Beschaffung von IT-Systemen

Unbenommen der Empfehlungen in diesem Votum bedarf es bei einer konkreten Beschaffungsmaßnahme im Einvernehmen mit dem Sachaufwandsträger einer Ausschreibung gemäß den gesetzlichen Bestimmungen. Eine Kaufentscheidung, die sich lediglich auf dieses Votum stützt, kann im Einzelfall zu rechtlichen Problemen führen.

a) Beschaffung von IT-Systemen

Bei IT-Beschaffungen für den Unterrichtsbereich stehen die methodisch-didaktischen und medienpädagogischen Ziele der jeweiligen Schule im Vordergrund. Zu beachten sind auch rechtliche Aspekte, z. B. Lizenz-, Vertrags- und Datenschutzrecht. Die Wirtschaftlichkeit und Wartbarkeit der Systeme sollte im Dialog mit dem Sachaufwandsträger geprüft werden. Ebenso sollte man die im Kollegium vorhandene Erfahrung berücksichtigen.

Bei Neuanschaffungen sollte das IT-System komplett, einschließlich einiger Ersatzgeräte beschafft werden. So ist es z. B. sinnvoll, Einheiten in einem Zug vollständig mit identischer Hardware und Software auszustatten.

Bei einer Beschaffungsmaßnahme sollten Dienstleistungen wie Gewährleistung, rascher Austausch, qualifizierte Betreuung, Installation oder auch entsprechende Administrationshilfen in die Kaufentscheidung mit einbezogen werden.

Der betreuende Fachhändler sollte über genügend Fachkompetenz in Bezug auf Schulausstattungen verfügen. Eine vollständige Installation, ein formelles Abnahmeprotokoll sowie ein längerfristig verfügbarer technischer Vor-Ort-Support mit einer angemessen kurzen Reaktionszeit sollten gewährleistet sein.

Ergonomische Anforderungen und Umweltrichtlinien sollten beachtet werden:

- Geräusentwicklung (Arbeitsplatzcomputer, Notebooks, Beamer und Drucker)
- Tastatur mit geneigtem und leicht bedienbarem Tastaturfeld mit leisem Anschlag, geeignet zum Tastschreiben
- Bildschirm mit matter Oberfläche, Höhe und Neigung verstellbar
- Drucker mit geringer Feinstaubemission, insbesondere bei hohem Druckaufkommen
- Umweltprüfzeichen Energy Star als Zertifikat für energieeffiziente Geräte (z. B. Energy Star 6.1 für Computer und Monitore)
- TCO-Zertifikate (TCO Certified Displays 7 für Monitore, TCO Certified Notebooks 5, TCO Certified Tablets 3, TCO Certified Projectors 8 für Beamer)
- „80 Plus“-Zertifizierung von Netzteilen, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad in den verschiedenen Lastbereichen zu gewährleisten
- Umweltprüfzeichen Blauer Engel (z. B. RAL-UZ 78a für PCs, RAL-UZ 78c für Monitore, RAL-UZ 171 für Drucker)
- GS-Prüfzeichen und Funkentstörung nach CE-Norm (auch für Einzelteile!)
- Umweltfreundliches Material von Verpackungen – mit Rücknahme und fachgerechter Entsorgung durch den Anbieter
- Rücknahme von Altgeräten durch den Lieferanten entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen

b) Nutzungsdauer

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

Nach derzeitigen Praxiserfahrungen beträgt die Nutzungsdauer für Tablets ca. 3 Jahre, für Notebooks ca. 5 Jahre, für Arbeitsplatzcomputer bis zu 7 Jahre. Bei Servern, die für den Betrieb unverzichtbar sind, ist die Nutzungsdauer üblicherweise an die Dauer der Garantieleistung durch den Hersteller (in der Regel 5 Jahre Vor-Ort-Garantie) gekoppelt.

Bei den aktiven Netzwerkkomponenten (z. B. Router, Switches, Access-Points) kann von einer 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 dann sinnvoll, wenn insgesamt auf eine aktuelle WLAN-Technologie umgestellt werden soll.

Bei passiven Netzwerkkomponenten (Verkabelung, Patchfelder) kann von einer Nutzungsdauer von 20 Jahren ausgegangen werden, so dass dieser Bereich besonders sorgfältig geplant werden sollte.

c) Gebrauchtcomputer

In der Praxis zeigt sich häufig, dass der Erwerb gebrauchter Hardware im Allgemeinen nicht wirtschaftlich ist, da sich der Aufwand für die Einrichtung und den Support deutlich erhöht. Ebenso werden meist keine Garantie und nur eine kurze Gewähr-

leistung angeboten. Daher sollte nach Möglichkeit auf Gebrauchtrechner verzichtet werden.

d) Leasing

Die Finanzierung einer Rechnerausstattung über Leasing-Verträge kommt dort in Betracht, wo die Verfügbarkeit der jeweils neuesten Technik unabdingbar ist. Im schulischen Einsatz sollte wegen der bis zu fünfjährigen Nutzungsdauer eine kostengünstige Finanzierung der Leasing-Verträge über die gesamte Laufzeit gesichert sein. Insbesondere bei vorzeitiger Erneuerungsoption der Rechnerausstattung können derartige Finanzierungsmodelle auch für Schulen interessant sein.

3. Betreuung von IT-Systemen an der Schule

a) Systembetreuung an den Schulen

Die zentralen Aufgaben der Systembetreuerinnen und Systembetreuer liegen im pädagogischen Bereich (u. a. Beratung und Unterstützung des Kollegiums beim Computereinsatz im Unterricht, Organisation und Durchführung schulinterner Lehrerfortbildungen im Bereich digitaler Medien, Impulse zum Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht). Sie sind auch an der Planung und Beschaffung der IT-Systeme beteiligt und koordinieren darüber hinaus die Administration sowie die Wartung und Reparatur der IT-Ausstattung. In diesem Aufgabenbereich bilden die Systembetreuerinnen und Systembetreuer die Schnittstelle zwischen Schule und Sachaufwandsträger. Das Bayerische Kultusministerium hat bereits im Jahr 2000 der Ausstattung von Schulen mit Informations- und Kommunikationstechnik eine große Bedeutung beigemessen und mit KMBek vom 17. März 2000 (KWMBI I 2000 S. 86) die Systembetreuung an den Schulen formuliert und geregelt (siehe <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/votum/kmbek-systembetreuung>).

Je nach Komplexität der Aufgaben und Systeme kann es sinnvoll sein, die Aufgaben der Systembetreuung an den Schulen auf zwei Lehrkräfte aufzuteilen. Dies entspricht einem modernen Wissensmanagement und sichert auch im Krankheitsfall die Betreuung der schulischen IT-Systeme.

Die erforderliche externe technische Unterstützung der Systembetreuung bietet sich z. B. durch Abschluss von entsprechenden Wartungsverträgen oder durch die technische Betreuung der Schulrechner durch EDV-Techniker der Sachaufwandsträger an. Auch die Bereitstellung zentraler Dienste für mehrere Schulen kann hier einen Beitrag leisten.

In dem moderierten Online-Seminar „*Systembetreuung an Schulen – Einführung und Orientierung*“ werden die Aufgaben der schulischen 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, zur Beratung des Kollegiums und zur Durchführung schulinterner Lehrerfortbildungen.

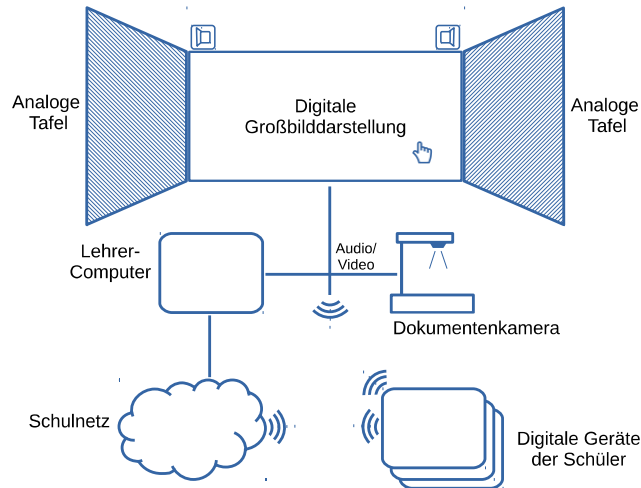
Diese Kurse werden von der Akademie Dillingen in Zusammenarbeit mit der Regionalen Lehrerfortbildung für Systembetreuerinnen und Systembetreuer angeboten. Auch weiterführende Lehrgänge für Systembetreuerinnen und Systembetreuer werden regelmäßig an der Akademie Dillingen angeboten (siehe <https://schulnetz.alp.dillingen.de>).

b) Nutzungsordnung

Mit den Schülerinnen und Schülern sowie den Lehrkräften und dem Verwaltungspersonal sollte eine Nutzungsordnung zum Umgang mit dem EDV-System vereinbart werden. 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 Nutzer (z. B. Lehrkräfte) eine entsprechende Einverständniserklärung abgegeben haben oder die EDV-Einrichtungen der Schule ausschließlich zu schulischen Zwecken genutzt werden dürfen 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 EDV-Infrastruktur in einer Nutzungsvereinbarung geregelt sein. Die dort vereinbarten Regeln sollten prinzipiell unabhängig vom benutzten Endgerät sein. In der Nutzungsordnung sollte auch auf mögliche Urheberrechtsverletzungen im Umgang mit dem Internet (Upload bzw. Download von Dateien) hingewiesen werden. In der KMBek vom 12. September 2012 Az.: II.7-5 O 4000-6b.122 162 „Rechtliche Hinweise zur Nutzung der EDV-Einrichtung und des Internets an Schulen“, das unter <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/service/datenschutz/recht/kmbek-edv-und-internet> abgerufen werden kann, ist ein „Muster für eine Nutzungsordnung der EDV-Einrichtung und des Internets“ enthalten.

4. Das digitale Klassenzimmer

Für die zielführende und nachhaltige Umsetzung der digitalen Bildung in der Schule ist die Einrichtung eines „digitalen Klassenzimmers“ für die Räume, in denen regelmäßig Unterricht stattfindet, empfehlenswert:



Beispielhafte Ausstattung eines digitalen Klassenzimmers

Das digitale Klassenzimmer besteht aus einem Lehrerarbeitsplatz mit einer Präsentationseinrichtung und der Möglichkeit für Schülerinnen und Schüler, digitale Geräte (z. B. PCs, Notebooks, Tablets, Smartphones) unter der Verwendung der schulischen Infrastruktur zu nutzen. Der Lehrerarbeitsplatz besteht aus einem Lehrercomputer (Desktop-PC, Notebook oder Tablet), die Präsentationseinrichtung beinhaltet eine Großbilddarstellung, eine Dokumentenkamera und ein Audiosystem.

a) Digitale Großbilddarstellung

Die digitale Großbilddarstellung kann derzeit mit einem Beamer oder einem Flachbildschirm mit ausreichender Größe realisiert werden. Beide Systeme gibt es auch mit einer interaktiven Funktion für Benutzereingaben (interaktiver Beamer, interaktive Beamer/Whiteboard-Kombination, Touchdisplay). Damit hat die Lehrkraft die Möglichkeit, den Computer über die Projektions- bzw. Bildfläche zu bedienen oder diese wie eine digitale Schreibfläche zu nutzen. Diese direkte Bedienung wird vor allem im Grund- und Förderschulbereich als vorteilhaft erachtet (Auge-Hand-Koordination).

Ein mit Stift bedienbares Tablet bietet in Verbindung mit der entsprechenden Software die gleiche technische Funktionalität wie eine unmittelbar interaktive Großbilddarstellung. Die Bedienung erfolgt dabei über das Tablet. Von Vorteil kann dabei sein, dass die Projektions- oder Darstellungsfläche nicht durch die Interaktionsfläche in der Größe beschränkt ist.

An die Großbilddarstellung sollte eine drahtlose Präsentationslösung von Bildschirm-inhalten angeschlossen sein. Damit können die Lehrkräfte und gegebenenfalls auch

die Schüler den Bildschirminhalt des jeweils verwendeten mobilen Gerätes wiedergeben.

Die sinnvolle Nutzung derartiger interaktiver Präsentationseinrichtungen setzt eine entsprechende Schulung und Einarbeitungszeit zum Erwerb der notwendigen technischen und didaktischen Kompetenzen bei den Lehrkräften voraus.

b) Dokumentenkamera

Eine Dokumentenkamera dient zum einen als Ersatz des Overheadprojektors und ermöglicht die direkte Darstellung von Textvorlagen, Bildern und auch dreidimensionalen Objekten. Zum anderen lassen sich damit auch Abläufe als Video aufzeichnen (z. B. physikalische oder chemische Versuche), gegebenenfalls digital bearbeiten und somit lassen sich Digitalkameras auch für die Erstellung von Erklärvideos nutzen.

Die Funktionalität einer Dokumentenkamera kann im Prinzip auch mit einem Tablet mit geeignetem Stativ und dem Einsatz einer diesbezüglichen App erreicht 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. zur Demonstration des Umgangs mit analogen Werkzeugen (z. B. Zirkel und Geodreieck).

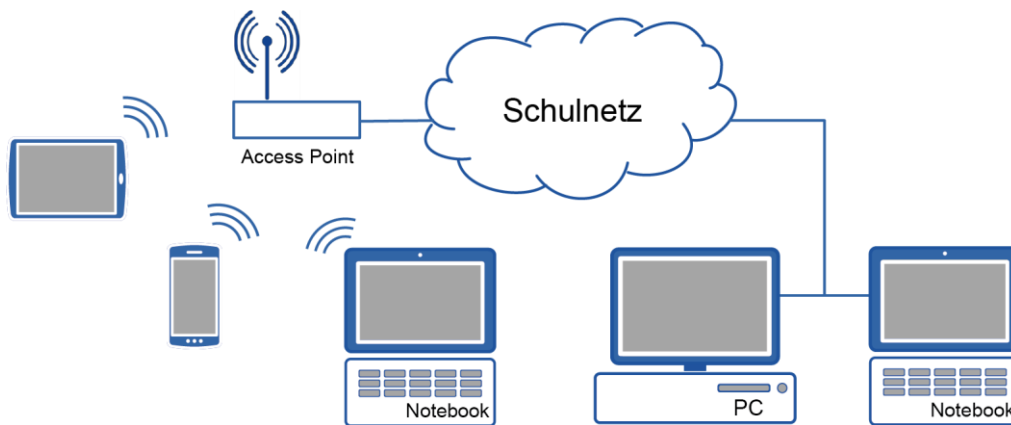
d) Räumliche Anordnung

Vielfältige Unterrichtsmethoden (z. B. Gruppenarbeit, Schülervortrag, Expertenpuzzle, kollaboratives Arbeiten), die durch den Einsatz digitaler Geräte unterstützt werden, erfordern auch grundsätzliche Überlegungen zur Gestaltung und Möblierung der Unterrichtsräume (z. B. Tischformen, Pinnwände, Tablet-Aufbewahrung, Stromversorgung).

Sowohl die analoge (klassische) Tafel als auch das digitale Bild (Projektionsfläche bzw. Großbildmonitor) sollen von allen Schülerplätzen gut einsehbar sein. Grundsätzliche Überlegungen bei der Großbilddarstellung betreffen dabei auch die räumliche Anordnung von klassischer Tafel und der digitalen Projektionsfläche beziehungsweise des Großbildmonitors. Es sollte nach didaktischen Überlegungen und praktischen Rahmenbedingungen geprüft werden, inwieweit diese eine räumliche Einheit bilden können, um einen Bruch im gesamten Tafelbild zu vermeiden.

Anzustreben ist ferner eine technisch möglichst einheitliche Ausstattung der Unterrichtsräume.

e) Digitale Geräte für die Schülerinnen und Schüler



Die Verfügbarkeit digitaler Geräte für Schülerinnen und Schüler bereichert die Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung auf vielfältige Weise. Der Einsatz kann somit spontan und ohne großen Aufwand auch für kurze Unterrichtssequenzen direkt im Klassenzimmer erfolgen.

Die Infrastruktur des digitalen Klassenzimmers sollte idealerweise die Nutzung drahtlos verbundener digitaler Endgeräte für die Lehrkräfte und alle Schülerinnen und Schüler ermöglichen. Eine entsprechende Netzwerkinfrastruktur (insbesondere auch WLAN) und eine Internetanbindung mit ausreichender Bandbreite sind dabei Voraussetzung. Die Unterrichtsräume sollten ggf. mit einer ausreichenden Anzahl von Steckdosen (z. B. zum Aufladen der Akkus) sowie mit abschließbaren Aufbewahrungsmöglichkeiten (ggf. mit integrierter Ladefunktionalität) ausgestattet sein.

Für regelmäßiges, flexibles und nachhaltiges Arbeiten mit digitalen Medien wird eine 1:1-Ausstattung (z. B. schülereigene Geräte) der Schülerinnen und Schüler mit digitalen Endgeräten immer stärker zum Einsatz in den Klassen kommen. Aus didaktischen Gründen sollte angestrebt werden, dass sich beim Einsatz digitaler Werkzeuge im Durchschnitt höchstens zwei Schülerinnen und Schüler ein Gerät teilen.

Schülereigene mobile Geräte

BYOD (Bring Your Own Device) beschreibt eine Strategie, bei der Schülerinnen und Schüler ein privates Notebook, Tablet oder Smartphone als persönliches Lernwerkzeug nutzen, das an verschiedenen Lernorten zur Verfügung steht:

- Die mobilen Geräte sind auch zu Hause (z. B. zur Erledigung der Hausaufgaben) einsetzbar.
- Eine mögliche Herausforderung liegt in der Heterogenität der im Unterricht von Schülerseite verwendeten Geräte.
- Wenn von der Schule für die schülereigenen Geräte Apps bzw. Programme empfohlen werden, ist darauf zu achten, dass eine Installation auf den eigenen Geräten nicht gefordert werden kann und dass datenschutzrechtliche Belange nicht verletzt werden (z. B. durch Zugriffe der Apps auf persönliche Daten der Schüler oder Erfassung der Nutzungsdaten durch Anbieter).

- Die Administration der schülereigenen mobilen Geräte (z. B. Installation der Anwendungen, Updates, Herstellen eines Netzwerkzugriffs) liegt nicht im Aufgaben- oder Verantwortungsbereich der Schule.

Schuleigene mobile Geräte

Bei schuleigenen mobilen Geräten ist der entsprechende organisatorische und technische Betreuungsaufwand zu berücksichtigen:

- Das Austeilen, Einsammeln, Aufbewahren und Laden der Geräte muss organisiert werden.
- Es sollte eine zentrale Möglichkeit zum Zurücksetzen, Klonen oder zur Neuinstallation der Geräte gegeben sein (Mobile-Device-Management, MDM).
- Da auf einem Tablet nach der Verwendung in der Regel personenbezogene Daten (wie z. B. Bilder, Filme oder Dokumente) gespeichert sind, muss den Themen Datenschutz und Datensicherheit ein besonderes Augenmerk gewidmet werden (Information, Verhaltensregeln, Sicherung der Ergebnisse, Löschen der Dateien vor der Aushändigung des Tablets an einen anderen Benutzer).
- Viele Tablets sind nur in Verbindung mit einem individuellen Online-Account beim Hersteller sinnvoll zu nutzen.
- Mit der Verwendung schuleigener mobiler Geräte verbundene, rechtliche Fragen (z. B. Haftung, Datenschutz) sollten vor Beschaffung der Geräte bedacht werden.

Arbeitsplatzrechner für Schülerinnen und Schüler

In bestimmten Klassenräumen bietet es sich an, für Schülerinnen und Schüler Arbeitsplatzrechner zur Verfügung zu stellen. Diese sind in der Regel per Kabel mit dem Netzwerk verbunden.

f) Computer- 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 erweiterte Form des digitalen Klassenzimmers dar, in dem zusätzlich für jede Schülerin bzw. jeden Schüler ein eigener Computer-Arbeitsplatz zur Verfügung steht.

Falls es die räumlichen Möglichkeiten zulassen, sollten die Computer so angeordnet werden, dass methodisch-didaktisch begründete Arbeits- und Sozialformen unterstützt 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. Biologie, Physik, Chemie, Musik, Kunst, Werkstätten, Labore) können über die Grundausstattung des digitalen Klassenzimmers hinaus weitere (gegebenenfalls auch leistungsfähigere) Computer, z. B. zur Messwerterfassung, für Simulationsprogramme oder für den Videoschnitt erforderlich sein, ebenso

zusätzliche Peripheriegeräte (z. B. Funkmikrophone, Grafiktablets, Plotter, 3D-Drucker).

g) Sonderpädagogischer Förderbedarf und Inklusion

Zusätzliche spezielle Peripheriegeräte können in entsprechenden Förderschwerpunkten oder im Rahmen der Inklusion von Kindern und Jugendlichen mit sonderpädagogischem Förderbedarf notwendig sein. Dies betrifft besonders Ein- und Ausgabegeräte. Beispiele hierfür sind spezielle Braille-Tastaturen und -Drucker im Förderschwerpunkt Sehen, elektronische Kommunikationshilfen im Rahmen der Unterstützten Kommunikation, programmgesteuerte Sprachkontrolle bzw. Bildtelefonie im Förderschwerpunkt Hören und Sprache oder programmierbare Tastaturen im Förderschwerpunkt körperlich-motorische Entwicklung. Auch an der Schule für Kranke ist besondere Peripherie notwendig, z. B. um die Integration in den Unterricht der Stammschule zu gewährleisten. Nähere Informationen sind bei den Fachberatungen oder der Beratung digitale Bildung für Förderschulen erhältlich.

h) Lernplattformen

Lernplattformen stellen eine virtuelle Arbeitsumgebung zur Unterstützung und Organisation des Unterrichtsgeschehens dar und ermöglichen die Zusammenarbeit zwischen Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern auch außerhalb der Schule. Seit dem Schuljahr 2014/2015 steht die zentral bereitgestellte mebis-Lernplattform allen bayerischen Schulen zur Verfügung (<https://lernplattform.mebis.bayern.de>). Eine Übersicht über das Fortbildungsangebot zu mebis findet sich unter: <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/fortbildungsangebote>.

5. Weitere Einsatzbereiche von IT-Systemen

a) Unterrichtsbezogene Nutzung von frei zugänglichen Computern

Arbeitsinseln, Bibliotheken (für Schülerinnen und Schüler), Lernlandschaften oder Aufenthaltsräume können durch eine entsprechende IT-Ausstattung mit WLAN- und Internetzugang ergänzt werden. Die Schülerinnen und Schüler nutzen diese Orte außerhalb des regulären Fachunterrichts zu schulischen Zwecken, z. B. zur Informationssuche bzw. -gewinnung, zur Vorbereitung von Referaten oder zur Arbeit mit Lernplattformen. Ist die Arbeit mit Lernplattformen oder anderen Internetangeboten verpflichteter Bestandteil des Unterrichts, kann so sichergestellt werden, dass alle Schülerinnen und Schüler Zugang zu einem internetfähigen Computer haben.

b) Lehrerzimmer

Im Lehrerzimmer sind in der Regel ebenfalls Computerarbeitsplätze mit Internetzugang, Drucker und Scanner (üblicherweise als Multifunktionsgeräte) eingerichtet. Damit soll für alle Lehrkräfte – in Ergänzung zu den in den o. g. Fachräumen vorhandenen IT-Systemen – die Möglichkeit bestehen, diese Computer zur Unterrichts-

vorbereitung nutzen zu können. Ebenso empfiehlt es sich, dass für den Zugriff auf die Schulverwaltung weitere Geräte für Lehrkräfte zur Verfügung stehen.

Sollte das Lehrerzimmer regelmäßig für Konferenzen bzw. Fortbildungen genutzt werden, ist – ähnlich wie beim digitalen Klassenzimmer – auch eine Ausstattung mit einer Großbilddarstellung mit Audiosystem und einer Dokumentenkamera empfehlenswert.

c) Ausstattung für die Seminausbildung

Räume, die üblicherweise für den Lehrbetrieb im Rahmen der Seminausbildung genutzt werden, sollen mindestens der Ausstattung eines digitalen Klassenzimmers entsprechen. Dies beinhaltet einen Lehrerarbeitsplatz (Desktop-PC, Notebook oder Tablet), eine Präsentationseinrichtung (Großbilddarstellung, Dokumentenkamera, Audiosystem) und die Möglichkeit, eigene digitale Geräte anzuschließen und zu nutzen.

Zudem ist eine darüber hinausgehende Ausstattung (z. B. Tabletwagen) sinnvoll, die es ermöglicht, digital gestützte Unterrichtsszenarien mit unterschiedlichen Geräten vorzustellen und praktisch zu erproben.

Seminarveranstaltungen an wechselnden Orten (z. B. im Grund-, Mittel- und Förderschulbereich) sollten ebenfalls die Möglichkeit bieten, digital gestützte Unterrichtsformen zu erproben. Dies erfordert gegebenenfalls eine transportable Grundausstattung für ein digitales Klassenzimmer (z. B. Notebooks, Tablets, Beamer, Dokumentenkamera, Audiosystem, ggf. LTE-WLAN-Router).

Ebenso ist es sinnvoll, an ausgewählten Standorten, z. B. an Medienzentren, digitale Labore einzurichten, in denen der Umgang mit unterschiedlichen Geräten erprobt werden kann.

d) IT-Systeme in der 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.

Ein Zugang der Verwaltungsrechner zum Internet ist notwendig. Bei Vernetzung und Internetzugang sind entsprechende Schutzmaßnahmen erforderlich.

Eine detailliertere Zusammenstellung von Schutzmaßnahmen ist in der KMBek vom 11. Januar 2013 Az.: I.5-5 L 0572.2-1a.54 865 „Erläuternde Hinweise für die Schulen zum Vollzug des Bayerischen Datenschutzgesetzes“ enthalten, insbesondere unter Punkt 4.4 (Fernzugriff von Lehrkräften auf Dienste an Servern innerhalb der Schule) und Punkt 6.1 (Datensicherung) (siehe <http://www.km.bayern.de/ministerium/recht/datenschutz.html> oder auch <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/service/datenschutz/recht/kmbek-hinweise-zum-datenschutz>).

6. Vernetzung der Rechner, Schulhausvernetzung

Für die Schulhausvernetzung sind gewisse Mindestanforderungen zu erfüllen:

- Die zentralen Komponenten eines Netzwerks (z. B. Router, konfigurierbare Switches, Server) müssen besonders geschützt werden. Ein physikalischer Schutz ist gegeben, wenn diese Komponenten in einem separaten Serverraum oder in abschließbaren Verteilerschränken untergebracht sind.
- Die ausreichende Kühlung bzw. Klimatisierung von Serverräumen und Verteilerschränken erhöht die Verfügbarkeit und Lebensdauer der Geräte und ist deshalb anzuraten.
- Eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) kann sicherstellen, dass Server im Falle eines Stromausfalls ordnungsgemäß heruntergefahren werden, um eventuellen Schaden und damit verbundenen Datenverlust zu vermeiden.
- Ebenso müssen die zentralen Komponenten eines Netzwerks gegen Manipulationen und vor nicht berechtigten Zugriffen geschützt sein. Eine Absicherung erreicht man dadurch, dass der Konfigurationszugang zu den Geräten mit sicheren Passwörtern versehen ist und aus dem Unterrichtsnetz grundsätzlich nicht möglich ist.
- Schulnetze müssen zu bestimmten Zeiten (Unterrichtsbeginn und -ende) besondere Lastsituationen verarbeiten können. Gleichzeitige An- und Abmeldevorgänge oder der Zugriff auf einen Fileserver verursachen ein hohes Datenaufkommen und erfordern hoch-performante Netzwerkhardware. Dies gilt sowohl für die kabelgebundene Infrastruktur als auch für Funknetze.
- Datenschutz und Datensicherheit sind gerade im Verwaltungsbereich von herausgehobener Bedeutung. Bei der Schulhausvernetzung gilt es dahingehend vorausschauend zu planen und die dafür nötigen technischen Rahmenbedingungen zu schaffen.

Die Integration aller Arbeitsplätze in ein leistungsfähiges Rechnernetz ist heute Standard. Es wird empfohlen, mit der Planung, der Installation, der Wartung sowie der Reparatur einen darauf spezialisierten Partner oder Anbieter zu beauftragen. Die Einweisung der mit der Systembetreuung betrauten Lehrkraft in die Administrationsmöglichkeiten des Rechnernetzes muss gewährleistet sein.

a) Ethernet-Verkabelung (LAN)

Eine strukturierte, dienstneutrale Gebäudeverkabelung stellt eine Basisinfrastruktur dar. Die Netzwerkinfrastruktur wird dabei nicht mehr nur für die Informationstechnik, sondern auch für die Kommunikationstechnik sowie gegebenenfalls für Bereiche der Gebäude- und Gebäudeleittechnik genutzt und sollte daher großzügig geplant werden. Die Planungsrichtlinien für Kommunikationsnetze sind zu beachten (siehe Kapitel 11, Weiterführende Literaturhinweise). Bei Neu- und Umbauten sollten in allen Räumen ausreichend Netzwerkressourcen vorgesehen werden.

In großen vernetzten Umgebungen unterscheidet man zwischen

- Primärverkabelung (gebäudeübergreifend, Campusnetzwerk; typisch: LWL)
- Sekundärverkabelung (stockwerksübergreifend, Backbone-Verkabelung innerhalb eines Gebäudes; Lichtwellenleiter, derzeit typische Übertragungsrate 10 GBit/s)
- Tertiärverkabelung (Arbeitsplatzverkabelung; Twisted-Pair-Kupfer-Verkabelung, derzeit typische Übertragungsrate 1 GBit/s)

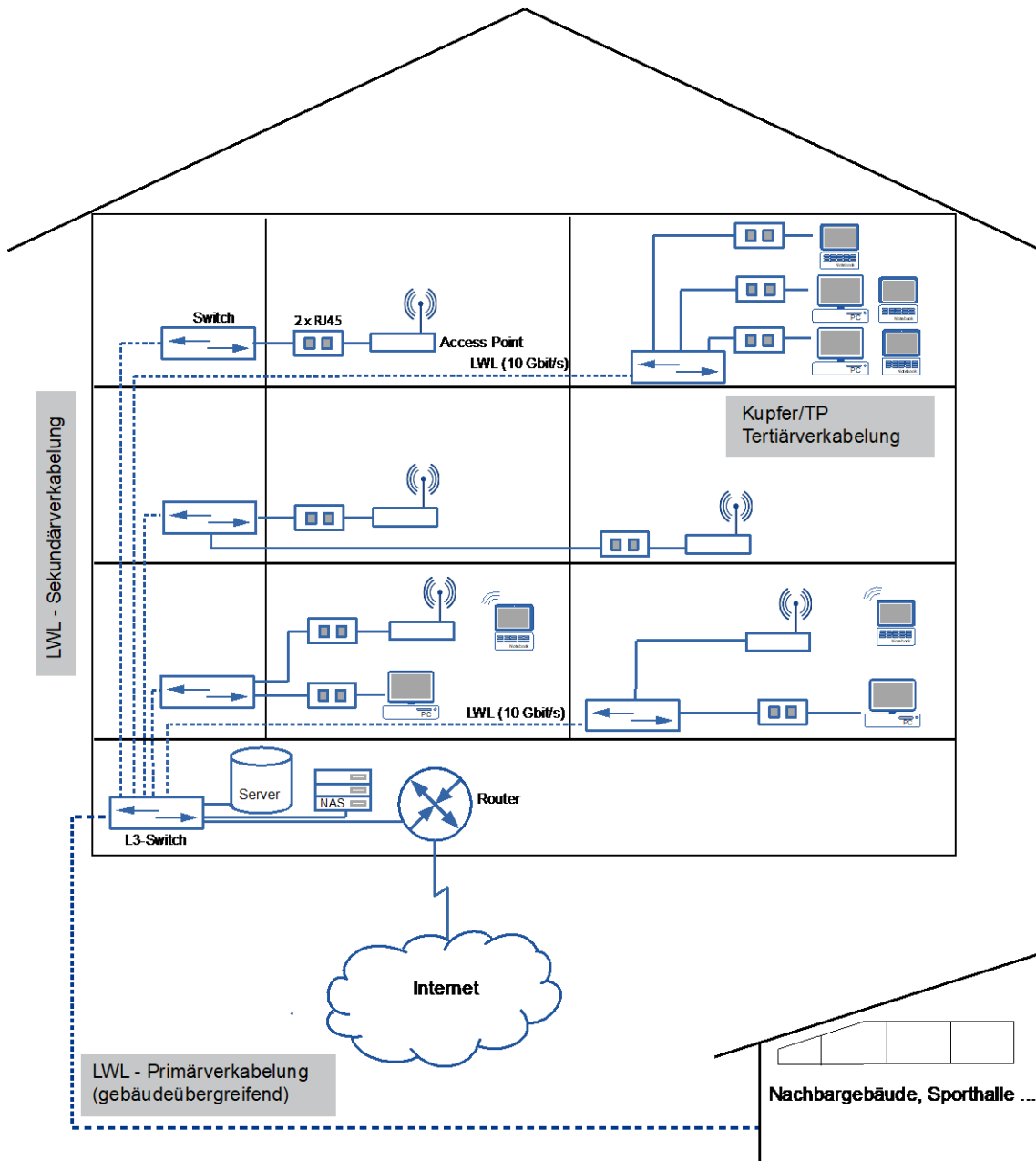
Die Anbindung fester Arbeitsplätze und weiterer netzwerkfähiger nicht mobiler Clients (z. B. Drucker, interaktive Tafeln, zunehmend auch Beamer oder Dokumentenkameras) wird üblicherweise über eine Kupferverkabelung (Twisted-Pair-Verkabelung) mit Gigabit-Ethernet (1 GBit/s) durchgeführt. Im Backbone-Bereich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

Zunehmend ist es auch üblich, die vorhandene Ethernet-Verkabelung zu nutzen, um Audio- oder Video-Signale (z. B. mit Ethernet-HDMI-Extender) zu übertragen.

Nachfolgend ist eine strukturierte Gebäudeverkabelung mit Primärverkabelung, Sekundärverkabelung und Tertiärverkabelung symbolhaft dargestellt.

Die zentralen Komponenten des Netzwerks (z. B. Router mit Internetanbindung, L3-Switch, Server, NAS) sollten in einem Serverraum (Gebäudehauptverteiler) untergebracht sein.

Die Switches (Layer-2-Switches), die die Verbindung zwischen Sekundär- und Tertiärverkabelung herstellen, sollten in abschließbaren Verteilerschränken (Bereichsverteiler) untergebracht sein.



b) Funknetz (WLAN)

Der Einsatz von mobilen Endgeräten, insbesondere Tablets oder Smartphones, ist ohne eine Funkanbindung nicht sinnvoll möglich. Ein Funknetz ergänzt eine strukturierte Gebäudeverkabelung, kann diese jedoch nicht ersetzen. Für stationäre IT-Geräte ist eine kabelgebundene Anbindung an das lokale Netz zu bevorzugen.

Die Anbindung von WLAN-fähigen Clients wird über Access-Points realisiert. Letztere sind per Kabel in das lokale Netz eingebunden. Für eine flächendeckende WLAN-Versorgung muss das Gebäude über eine entsprechende kabelbasierte Erschließung verfügen um Access-Points geeignet positionieren zu können.

Möglich sind derzeit Übertragungsraten bis in den Gigabit-Bereich (802.11ac-Standard). Zu beachten ist, dass die Übertragungsqualität und die Übertragungs-

reichweite oftmals schwer einschätzbaren Umgebungseinflüssen (z. B. Stahlbetonwände) unterliegen. Dabei wird bei schlechter Übertragungsqualität die Übertragungsraten drastisch reduziert. In der Praxis wird selten mehr als ein Drittel der Brutto-Übertragungsraten erreicht, die sich alle an einem Access-Point angehängten Clients teilen.

Bei Neuinstallationen sollte der Standard IEEE 802.11ac (Wave 2) berücksichtigt werden. Geeignete Access-Points unterstützen die Clients im 2,4 GHz- und im 5 GHz-Bereich und bieten ausreichend hohe Übertragungsraten. Die Anbindung der Access-Points an das lokale Netz erfolgt dabei über Gigabit-Ethernet.

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. Nur so können ein stabiler Netzzugriff und die performante Nutzung externer Ressourcen gewährleistet werden.

Wenn WLAN die zentrale Netzzugangstechnik im Klassenzimmer ist und intensiv im Unterricht genutzt wird, kann vereinfacht von der Installation eines Access-Points pro Klassenzimmer ausgegangen werden. Bei komplizierten baulichen Situationen ist ggf. eine professionelle Ausleuchtung zur Planung der WLAN-Infrastruktur sinnvoll.

WLAN-Controller

Eine WLAN-Infrastruktur mit mehreren Access-Points sollte über einen zentralen WLAN-Controller administriert werden. Dies ermöglicht eine schnelle Anpassung oder Erweiterung sowie ein zentrales Monitoring des WLAN-Netzes.

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 Strukturen

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 sog. 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. Als schulweite funktionsstabile WLAN-Infrastruktur ist dieser Ansatz nicht zu empfehlen, kann aber im Home-Bereich oder für spezielle Anwendungssituationen sinnvoll sein.

WLAN-Repeater sind nicht geeignet, ein Funknetz mit den schultypischen Lastszenarien aufzubauen. Repeater verstärken Funksignale und vergrößern die Reichweite einer Funkzelle. Sie erhöhen nicht die Bandbreite innerhalb des Empfangsbereichs. Der Einsatz von WLAN-Repeatern ist im Schulumfeld, mit Ausnahme sehr spezieller Einsatzszenarien, nicht zu empfehlen.

Zugriffsschutz

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

- eine verschlüsselte Verbindung (z. B. mit WPA2 oder zukünftig WPA3), deren Schlüssel nur autorisierten Personen bekannt ist (PSK, Pre-Shared-Key) oder
- eine zentrale individuelle Authentifizierung (z. B. Hotspot-Lösung mit Captive Portal-Authentifizierung, MAC-Adressen-Filterung oder IEEE 802.1x und Radius-Server).

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

Ein separates, ungeschütztes, vom eigentlichen Schulnetz logisch getrenntes WLAN-Netz mit Internetzugang ist eine weitere Zugangsmöglichkeit, die z. B. für BYOD-Konzepte sinnvoll sein kann. Dies ist z. B. bei BayernWLAN, einer Initiative des Bayerischen Staatsministeriums für Heimat und Finanzen so realisiert. Informationen dazu sind unter <https://www.ldbv.bayern.de/breitband/bayernwlan.html> zu finden.

Gesundheitliche Aspekte bei der Verwendung von WLAN

Bei einem flächendeckenden WLAN-Einsatz kann die erforderliche Sendeleistung pro Access-Point reduziert und damit die punktuelle Strahlenbelastung generell minimiert werden.

WLAN nutzt zur Datenübertragung Frequenzen im 2,4 GHz- oder 5 GHz-Bereich. Alle in Deutschland zugelassenen technischen Geräte für den Aufbau von Funknetzwerken halten die strahlungsrelevanten Höchstwerte ein.

WLAN-Systeme emittieren zum Zweck der drahtlosen Informationsübertragung hochfrequente elektromagnetische Felder. Gesundheitliche Risiken dieser Felder wurden national und international, u. a. auch im Rahmen des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms, untersucht. Unterhalb der derzeit in Deutschland geltenden Grenzwerte sind vom Bundesamt für Strahlenschutz keine negativen gesundheitlichen Auswirkungen nachgewiesen. Messungen zeigen zudem, dass die geltenden Grenzwerte selbst in unmittelbarer Nähe zu WLAN-Komponenten bei weitem nicht ausgeschöpft werden (siehe auch <https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/emf/info-bluetooth-und-wlan.html>).

Ergänzende Hinweise zu Auswirkungen elektromagnetischer Felder bietet das Bayerische Staatsministerium für Gesundheit und Pflege unter <https://www.stmgp.bayern.de/vorsorge/umwelteinwirkungen/elektromagnetische-strahlung>.

Der Netzzugang mit Tablets oder Smartphones per WLAN ist, aufgrund einer geringeren Strahlung, einer Mobilfunkverbindung vorzuziehen (siehe z. B. BfS: „Smartphones und Tablets – Tipps zur Reduzierung der Strahlenbelastung“, <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/mobilfunk/schutz/vorsorge/smartphone-tablet.html>).

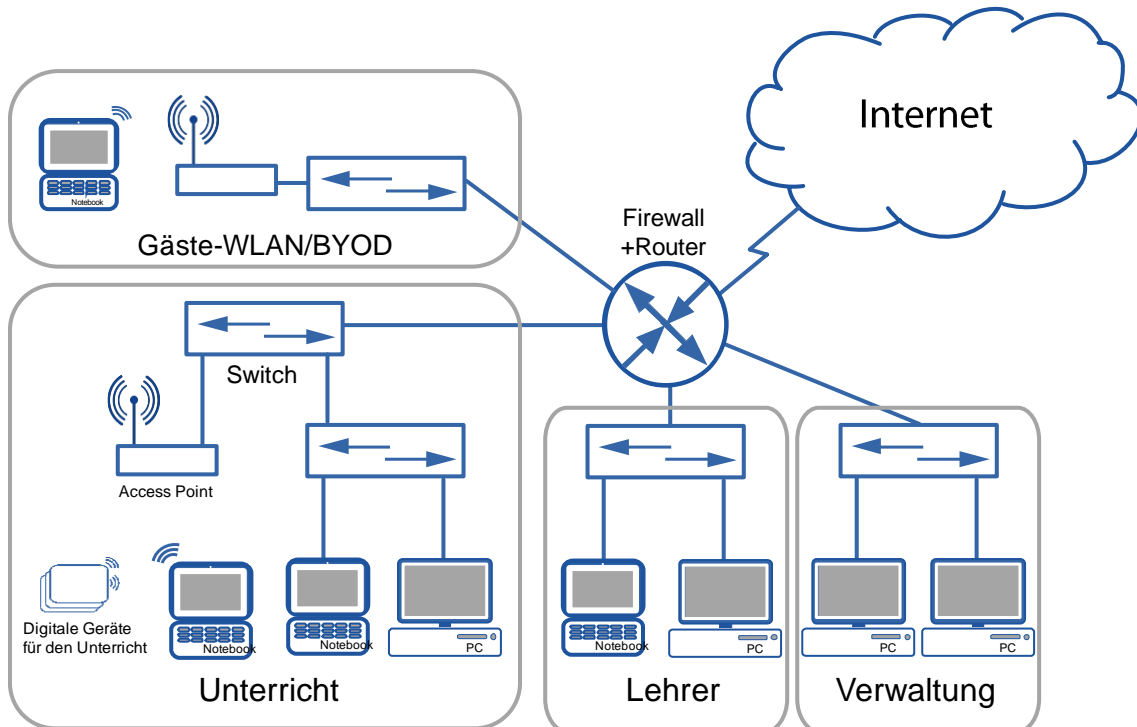
c) Powerline

Eine weitere Ergänzung zur strukturierten Verkabelung stellt die Powerline-Technologie dar. Sie eignet sich, wenn die Verbindung zu einem Gebäudeteil über eine strukturierte Verkabelung nicht möglich ist, aber vorhandene Stromnetze, Antennenetze oder Telefonleitungen verwendet werden können. Die Datenübertragungsrate bei Powerline ist mit WLAN vergleichbar. Die Betriebsstabilität und tatsächlich nutzbare Bandbreite muss individuell im Einsatzumfeld ermittelt werden.

Ähnlich wie bei WLAN ist auch bei Powerline eine räumliche Begrenzung praktisch nicht möglich. Von der Nutzung von Powerline im Verwaltungsbereich wird deshalb abgeraten.

d) Logische Trennung des lokalen Netzes in Teilnetze

In der Grafik sind verschiedene Teilnetze dargestellt, die durch einen zentralen Router verbunden sind. Über die im Router integrierte Firewall können Zugriffe zwischen den einzelnen Netzen bzw. dem Internet geregelt werden.



Beispielhafte Darstellung verschiedener Teilnetze in der Schule

Lokale Netze können in mehrere voneinander geschützte Teilnetze unterteilt werden. Jedes dieser Teilnetze ist ein eigenes logisches Netz, in dem eigene Sicherheitsstandards definiert werden können. Die Teilnetze können über VLANs (bei Nutzung der gleichen physikalischen Verkabelung) oder über eine getrennte 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.

Hinsichtlich des Schutzbedarfes ist es sinnvoll, Verwaltungsbereich, Lehrerbereich und Schüler-/Unterrichtsbereich in verschiedene Teilnetze zu trennen. Ein Zugriff vom Schüler-/Unterrichtsbereich aus auf Rechner in den beiden anderen Bereichen darf nicht möglich sein. Ein Zugriff vom Lehrerbereich auf Rechner des Verwaltungsbereichs ist auf diejenigen Dienste der Schulverwaltung einzuschränken, die zur Verwendung durch die Lehrkräfte vorgesehen sind.

Über WLAN-Multi-SSID lassen sich auch unterschiedliche WLAN-Netze und Einsatzvarianten definieren (z. B. Lehrer-WLAN, Schüler-WLAN, Gäste-WLAN etc.). So kann für schuleigene oder schulfremde Geräte (BYOD) bestimmt werden, auf welche Ressourcen, wie Internet oder interne Serverangebote diese zugreifen dürfen. Auch Störungen oder Überlastungen sind so üblicherweise auf die jeweiligen Teilnetze beschränkt.

Eine Trennung in Teilnetze innerhalb des Unterrichtsbereiches kann aus diesen genannten Gründen sinnvoll sein (z. B. in einzelne Computerräume, Klassenbereiche, Fachräume).

Fortbildungen zum Thema „Netzwerk-Infrastrukturen“ und „BYOD“ werden von der Akademie Dillingen in den Schulnetz-Lehrgängen angeboten (siehe <http://schulnetz.alp.dillingen.de>).

7. Verbindung mit dem Internet

a) Internetzugang

Ein Internetzugang ist für Schulen unverzichtbar. Um Online-Angebote (z. B. mebis-Portal) in der Schule sinnvoll nutzen zu können, ist eine möglichst hohe Bandbreite notwendig. Erklärtes Ziel der Bayerischen Staatsregierung ist die Anbindung der Schulen über einen breitbandigen Glasfaseranschluss.

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

Für Anwendungsszenarien, wie zum Beispiel die aktive Medienarbeit und das Speichern von Daten auf internetbasierten Cloudspeichern, kann zur Berechnung vereinfacht von einem symmetrischen Bandbreitenbedarf von etwa 1 MBit/s pro aktivem Nutzer ausgegangen werden. Insgesamt sollte die verfügbare Internetbandbreite einer Schule – abhängig von der Schulgröße – bei einer DSL-Anbindung idealerweise nicht weniger als 100 MBit/s (40 MBit/s im Upstream) betragen.

Für Schulen bietet die Deutsche Telekom mit der Aktion Telekom@School Schulen einen DSL-Zugang je nach Verfügbarkeit an. Sofern die technischen Voraussetzungen gegeben sind, ist eine Erhöhung der Bandbreite anzustreben.

Schulen, die noch keinen Breitbandzugang zum Internet haben, wird empfohlen, über ihre Kommune eine Aufnahme in den Ausbaubereich im Rahmen des Breitbandförderprogramms des Freistaat Bayern zu erwirken.

Der Internetzugang über das Mobilfunknetz per LTE kann den kabelgebundenen Zugang flexibel ergänzen oder als Backupverbindung herangezogen werden. In jedem Fall sind aber die Volumenbeschränkungen der Zugangstarife zu beachten.

b) Internetzugangsrouten mit Firewall

Der Internetzugangsrouten der Schule ist der zentrale Übergangsknotenpunkt, an dem sehr effektiv der Datenfluss zwischen dem lokalen Netz und dem Internet gesteuert werden kann. Diesem Gerät kommt besondere Bedeutung zu. Der Routen sollte den Einsatz unter hohen Lastbedingungen gewährleisten, unterschiedliche Netze anbinden können, differenzierte Firewall-Einstellungen bieten und gegebenenfalls einen redundanten Internetanschluss ermöglichen. Internetzugangsrouten aus dem Heimbereich bieten diese Eigenschaften nicht.

Bereits mit einer Standardkonfiguration bieten Internetzugangsrouten einen guten Schutz gegen Angriffe oder ungewollte Zugriffe aus dem Internet, lassen jedoch jede Datenübertragung zu, die aus dem internen Netz initiiert wird.

Fortbildungen zum Thema „Sichere Internetanbindung von Schulen“ werden von der Akademie Dillingen in den Schulnetz-Lehrgängen angeboten (siehe <http://schulnetz.alp.dillingen.de>).

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 Internet-Ressourcen kontrollieren sollen, um Kinder und Jugendliche vor schwierigen Situationen, nicht zuletzt der Konfrontation mit unangemessenen Inhalten, im Umgang mit digitalen Medien zu bewahren.

Der Einsatz eines Webfilters entbindet die Schule nicht von ihrer zentralen Aufgabe, die Medienkompetenz der Schülerinnen und Schüler zu fördern. Diese werden durch die Lehrkräfte zum verantwortungsbewussten Arbeiten mit Medien angeleitet und dabei begleitet.

Die zunehmende Digitalisierung erfordert den kompetenten, kritisch-optimistischen Umgang auch insofern, als das Internet außerhalb der schulischen Infrastruktur für Kinder und Jugendliche immer häufiger als selbstverständliche Ressource überall verfügbar ist.

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

Betriebsstabilität, Performance und technische Zuverlässigkeit

Ein Webfilter beeinflusst an einem zentralen Punkt die Anbindung des Unterrichtsnetzes an das Internet. Ein dauerhaft stabiler und zuverlässiger Betrieb ist deshalb unabdingbar. Der Webfilter darf die Internetverbindung oder das Aufrufen von Webseiten nicht merklich verlangsamen und muss mit allen Desktop-Computern, Notebooks und Tablets der Schule 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 muss sich in das Nutzungskonzept der Schule einfügen. An den schüler- bzw. lehreigenen Geräten sollte der Webfilter funktionieren ohne dass dort Änderungen an der Konfiguration vorgenommen werden müssen.

Inhaltliche Zuverlässigkeit

Bei der bestimmungsgemäßen Arbeit im Unterricht sollte man den Webfilter nicht bemerken. Üblicherweise werden Webfilter danach bewertet, wie zuverlässig diese unerwünschte Webseiten sperren. Ebenso wichtig ist, dass Webfilter erwünschte Webseiten und Dienste zulassen und den Unterricht nicht behindern.

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, eigene Whitelist). Sinnvoll ist es, wenn die Filterregeln entsprechend der geistigen und charakterlichen Eignung der Schülerinnen und Schüler voreingestellt werden können.

Nutzung durch die Lehrkraft

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

Protokollierung der Web-Zugriffe

Werden von einem Webfilter personenbezogene Daten in Logdateien gespeichert, ist der Datenschutz zu beachten.

Technische Umsetzung

Webfilter über einen Proxyserver erlauben sehr differenzierte Einstellungen anhand von Benutzerkennungen, Computerkennungen oder 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 andere Möglichkeit, Webfilter einzurichten, ist eine Filterung über den DNS-Dienst, der von allen Geräten, die einen Internetzugang benötigen, verwendet wird.

Eine externe DNS-Filterung bindet keine Ressourcen in der Schule, erlaubt jedoch keine differenzierten Filtereinstellungen innerhalb der Schule.

Eine grundsätzliche Verpflichtung für Schulen, eine technische Lösung einzusetzen, um unerwünschte Internetseiten zu blockieren oder um Internetaktivitäten zu protokollieren, gibt es nicht.

8. Auswahlkriterien für Computer, Betriebssysteme und Software

a) Desktop-Computer

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 mit diesen Computern 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. Desktop-Computer gibt es in allen Leistungsklassen, vom Standard-Büro-Computer bis zu leistungsfähigen Workstations für CAD-Anwendungen, Grafik- oder Videobearbeitung.

Die klassischen Betriebssysteme für Arbeitsplatzcomputer sind Windows, Linux oder MacOS. In Verwaltungs- und Büroumgebungen hat sich Windows weitgehend durchgesetzt und ist auch an Schulen am weitesten verbreitet.

b) Notebooks

Klassische Notebooks mit einem größeren Display (ab ca. 15") sind ein Ersatz für Desktop-Computer, die vor allem dann zum Einsatz kommen, wenn der Platz beschränkt ist, wenn die Geräte häufiger transportiert werden oder wenn nicht ständig damit gearbeitet wird und deshalb auf ergonomische Erfordernisse weniger Wert gelegt wird. Die Systemleistung von klassischen Notebooks entspricht der von Standard-Desktop-Computern. Je kleiner und mobiler die Geräte sind, desto mehr Abstriche muss man bei der Darstellung von Bildschirmhalten, bei der Bedienung der Geräte (Größe der Tastatur und Anordnung der Tasten) und bei der Leistungsfähigkeit bzw. beim Betriebsgeräusch (insbesondere durch die Wärmeentwicklung) machen.

Als Betriebssysteme für Notebooks werden wie bei Desktop-Computern Windows, Linux (bei x86-PCs) oder MacOS (bei MacBooks) und seit einigen Jahren auch Chrome OS (bei Chromebooks) angeboten.

In Verbindung mit einer Docking-Station, die den Rechner schnell und unkompliziert mit externem Monitor, Tastatur, Maus, Netzwerk und Stromanschluss verbindet, eignen sich Notebooks auch als Ersatz für Desktop-Computer.

c) Tablets

Tablets sollen wie Smartphones unkompliziert und ohne eine physische Tastatur bedienbar sein. Weitere Vorteile sind die schnelle Einsatzbereitschaft, lange Akkulaufzeiten, 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 mit Fingern 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.

Tablets haben ein anderes Bedienkonzept als Notebooks. Dies setzt auch ein entsprechend geeignetes Betriebssystem und speziell für den Tablet-Einsatz entwickelte Anwendungen (Apps) voraus.

Der Einsatzschwerpunkt von Tablets ist die Nutzung im Online-Bereich (z. B. Internet-Recherche), als Video-Player, als Digitalkamera, als digitales Schulbuch, als mobiles digitales Nachschlagewerk, für E-Learning, als digitales Schulheft und in Kombination mit einem Beamer als Ersatz für ein interaktives Whiteboard oder eine Dokumentenkamera.

Tablets gibt es mit den vorinstallierten Betriebssystemen Android, Chrome OS, iOS und Windows. Bei der Auswahl des Betriebssystems und des Gerätetyps sollte eine einfache Administrierbarkeit, zum Beispiel über ein Mobile Device Management System berücksichtigt werden.

d) Weitere Bauformen

Vor allem mit Windows-Betriebssystemen werden auch Geräte mit Touch-Display und abnehmbarer Tastatur angeboten, die die Brücke zwischen Notebooks und Tablets schlagen sollen. Dabei ist zu beachten, dass Notebooks und Tablets völlig unterschiedliche Bedienkonzepte haben und nicht jede Anwendung für beide Bedienkonzepte geeignet ist.

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

Bei Convertibles ist die Tastatur nicht abnehmbar, sondern nur umklappbar. Den Anspruch, die Vorzüge von Notebooks und Tablets zu vereinen, erfüllen diese Geräte nur bedingt. Im Vergleich zu Tablets sind die Geräte eher schwer und damit unhandlich. Der Schreibkomfort mit einem Stift kann durch den relativ hohen Block bei umgeklappter Tastatur nicht mit dem Schreibgefühl eines Tablets konkurrieren. In der Praxis werden Convertibles eher wie Notebooks genutzt.

e) Tablets in der Grundschule

Der Erwerb von Medienkompetenz spielt bereits in der Grundschule eine große Rolle (siehe Kapitel 11, Weiterführende Literaturhinweise "Digitales Klassenzimmer -

Verlieren unsere Kinder den Anschluss?“). Für die Lernumgebung der Grundschule erweisen sich dabei Tablets oft sinnvoller als Desktop-PCs oder Notebooks.

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. Auch neue, digitale Präsentationsformen sind dadurch umsetzbar. Multifunktionalität sowie die hohe räumliche, zeitliche und methodische Flexibilität erlauben, nicht zuletzt wegen der kompakten Größe und des geringen Gewichts, eine optimale Umsetzung der geforderten Lehrplaninhalte und Methodenvielfalt.

Da auch die in den Grundschulen verwendeten Apps, Programme und Plattformen eine gute Performance verlangen, sollte bei der Geräteauswahl auf 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. Sinnvoll ist eine robuste stoßabsorbierende Schutzhülle für die Geräte.

f) Großbilddarstellung

Die digitale Großbilddarstellung kann derzeit mit einem Beamer oder einem Flachbildschirm mit ausreichender Größe realisiert werden. Beide Systeme gibt es auch mit einer interaktiven Funktion der Benutzereingaben, wobei hier eine mechanische Höhenverstellung empfohlen wird.

Bei den interaktiven Lösungen gibt es in Verbindung mit der eingesetzten Software sehr unterschiedliche Bedienkonzepte und Umsetzungsvarianten:

- Bedienung per Spezialstift, mit einem beliebigen Stift oder mit der Hand
- Bedienung über Icons am Bildschirm, über Knöpfe bzw. über die Stiftablage am Whiteboard
- Art der Umschaltung zwischen der Mausfunktion und Schreibfunktion, z. B. automatische Erkennung der Bedienung mit Finger oder Stift
- Art der Bedienung der rechten Maustaste (Aufruf des Kontextmenüs)
- Art der Umschaltung zwischen Stiften (Farben, Strichstärke, Löschfunktion)
- Möglichkeit des gleichzeitigen Arbeitens mit mehreren Stiften

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

Das Schreiben auf den Flächen sollte sich komfortabel anfühlen (ähnlich wie bei einer klassischen Tafel). Die Stifte sollten geräuscharm eingesetzt werden können. Der Tafelanschrieb sollte annähernd so präzise möglich sein wie bei einer klassischen Tafel (sauberes Schriftbild).

Auswahl einer Großbilddarstellung

Beamer	Großbildmonitor
<ul style="list-style-type: none"> • sehr große Projektionsfläche möglich • eventuell störende Lüftergeräusche • ggf. störende Schattenbildung • ggf. körniges Bild • Auf Lichtverhältnisse sollte geachtet werden (ggf. Verdunklung des Raums). • In der Regel sind externe Lautsprecher erforderlich. 	<ul style="list-style-type: none"> • Projektionsfläche ist auf die Bildschirmfläche begrenzt • keine Lüftergeräusche • keine Schattenbildung • hohe Auflösung • hoher Kontrast (Eine Verdunklung des Raums ist normalerweise nicht nötig.) • Die eingebauten Lautsprecher reichen in der Regel aus.

Zusätzliche Kriterien bei der Auswahl einer interaktiven Großbilddarstellung

Interaktives Whiteboard mit Beamer	Interaktiver Beamer mit Whiteboard	Interaktiver Großbildmonitor
<ul style="list-style-type: none"> • Die Interaktivität wird durch die Projektionsfläche erfasst. • Die Projektionsfläche ist in der Regel nicht beschreibbar. • wird zunehmend durch die anderen beiden Systeme abgelöst 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Interaktivität wird durch den Beamer erfasst. • Die Projektionsfläche kann mit geeigneten Stiften beschrieben werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die drahtlose Bild- und Tonübertragung ist häufig bereits integriert. • integriertes Betriebssystem; Bildschirm kann autark verwendet werden

g) Beamer

In einem Klassenzimmer sollten bevorzugt Ultrakurzstanz-Beamer eingesetzt werden, die über der Projektionsfläche fest montiert sind. Diese reduzieren die Schattenbildung und verhindern, dass Lehrkräfte bei einer Präsentation in den Beamerstrahl blicken. Neben der Darstellungsqualität sollte dabei auch auf Handhabung, Anschlussmöglichkeiten und Lüftergeräusch geachtet werden. Eine Fernbedienung ist aus didaktischen Gründen sinnvoll.

In größeren Räumen oder bei größeren Projektionsflächen sind an der Decke installierte Beamer sinnvoll. Bei allen fest installierten Beamern sollen zusätzliche Anschlussmöglichkeiten (z. B. für Notebooks oder Dokumentenkameras) im Bereich des Lehrerarbeitsplatzes vorgesehen werden.

Sollen die Inhalte von Smartphones oder Tablets per WLAN über den Beamer dargestellt werden, sind ggf. Zusatzgeräte zum Anschluss an den Beamer erforderlich (siehe dazu Kapitel 8.i), Bildschirmübertragung von mobilen Endgeräten).

h) Interaktive Großbildmonitore

Interaktive Großbildmonitore können üblicherweise auch ohne externen PC betrieben werden. Sie bieten standardmäßig die Möglichkeit, Videos und Bilder direkt von einem angeschlossenen USB-Stick oder über das Netzwerk darstellen zu können. Ebenso bieten sie eine integrierte Schreibfunktion.

Interaktive Großbildmonitore werden mit unterschiedlichen Techniken angeboten, die sich auch auf die Bedienung der Geräte auswirken.

Die derzeit in Schulen am häufigsten eingesetzten interaktiven Großbildmonitore verfügen über eine optische Berührungserkennung. Dabei sind in einem die Scheibe umgebenden Rahmen Infrarot-LEDs und entsprechende Sensoren verbaut. Dieser Rahmen ist dadurch oft etwas robuster. Staubablagerungen und Schmutz (z. B. Kreidestaub von den Seitenflügeln) im Rahmen können die korrekte Funktionsweise der Sensorik beeinflussen. Stört man mit einem Finger oder auch einem einfachen, ansonsten funktionslosen Stift den unsichtbaren Lichtvorhang, wird dies als Berührung lokalisiert. Der Größe der berührenden Fläche (Finger, Handballen, dünne oder dicke Kunststoffspitze eines Stifts) wird softwareseitig jeweils eine eigene Funktion zugeordnet: z. B. Finger als Mausfunktion, dünne Stiftspitze als blaue Stifffarbe, dicke Stiftspitze als rote Stifffarbe, Faust als Radiergummi. Diese automatische Zuordnung der Funktionen funktioniert bei optischen Touchscreens jedoch nur, solange die herstellereigene (Tafel-)Software verwendet wird. Beim Arbeiten mit der mebis-Tafel wird die gewünschte Funktion (z. B. Maus- oder Stifffunktion) manuell innerhalb der Bedienung der mebis-Tafel gewählt. Entscheidet sich die Schule grundsätzlich für das Arbeiten mit der mebis-Tafel, spielen diese herstellereigene Funktionalitäten der automatischen Erkennung des interaktiven Touchdisplays somit eine untergeordnete Rolle, so dass man darauf auch verzichten könnte.

Kapazitive Touchscreens (wie beispielsweise bei einem Smartphone) ermitteln die Position der Berührung durch Veränderung eines elektrischen Feldes. Dazu muss mindestens ein Finger, ein leitfähiger Eingabestift oder ein speziell angefertigtes Hilfsmittel den Touchscreen berühren. Mit einem passiven, ansonsten funktionslosen Stift (z. B. einem Kugelschreiber ohne ausgefahrene Miene) lässt sich eine solche Touchoberfläche nicht bedienen.

Induktive Touchscreens werden in der Regel über spezielle Eingabestifte (mit einer integrierten Spule) bedient. Diese Spule dient dazu, ein elektromagnetisches Feld zu erzeugen, welches dann von Sensoren im Bildschirm erfasst wird. Somit können die genaue Position des Stiftes und ggf. auch dessen Neigungswinkel bestimmt werden. Ferner ist es damit auch möglich, verschiedene Druckstufen zu erkennen und somit – je nach Stärke des Aufdrückens – unterschiedliche Strichdicken zu erzeugen. Der Stift wird häufig bereits knapp über der Oberfläche vor der eigentlichen Berührung erkannt.

Großbildmonitore, die eine hybride Technologie aus kapazitivem und induktivem Touchscreen verwenden, funktionieren damit im Prinzip genauso wie man es bei einem Tablet mit Stiftbedienung gewohnt ist. Bei diesen Geräten ist auch eine Handballenerkennung möglich, so dass ein Handballen oder ein das Display berührender Ärmel beim Schreiben keine Reaktion hervorruft.

i) Bildschirmübertragung von mobilen Endgeräten

Mit Screen Mirroring bzw. Casting ist es möglich, Inhalte von mobilen Endgeräten wie z. B. Tablets oder Smartphones drahtlos auf einer Großbilddarstellung zu präsentieren. Dabei werden entweder der gesamte Bildschirminhalt (Mirroring) oder nur einzelne Medieninhalte (Casting) übertragen.

Zur Übertragung existieren verschiedene Standards (z. B. Miracast, Chromecast, Air-Play), wobei nicht jede Streaming-Lösung alle Standards unterstützt und mit jedem mobilen Endgerät zusammenarbeiten kann.

Vor der Anschaffung einer Streaming-Lösung ist ein Funktionstest mit der eigenen Infrastruktur unerlässlich. Weiterführende Informationen dazu sind unter <https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/Bildschirmuebertragung.pdf> zusammengestellt.

j) Betriebssysteme für Desktop-Computer, Notebooks und Tablets

Microsoft Windows ist das verbreitetste Betriebssystem für Arbeitsplatzcomputer in Verwaltungen und Büroumgebungen. Auch an Schulen ist es bei Desktop-Computern und Notebooks das am häufigsten genutzte 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 und in einer gewohnten PC-Umgebung gearbeitet wird. In Verbindung mit einer Tastatur wird dadurch ein „Systembruch“ zu Windows-Arbeitsplatzcomputern vermieden.

Bei Neuanschaffungen von Windows-PCs sollte ein aktuelles Windows-Betriebssystem zum Einsatz kommen (Windows 10), da hier die geringsten Probleme mit Gerätetreibern und Anwendungsprogrammen zu erwarten sind. Für Schulen werden dabei die Professional-Versionen von Windows (Professional, Enterprise oder Education) empfohlen. Die Enterprise- bzw. Education-Version von Windows 10 bietet dabei die umfangreichsten Möglichkeiten, Windows über Gruppenrichtlinien anzupassen. Microsoft unterstützt derzeit auch noch die Vorgängerversionen von Windows 10 mit Updates (Windows 7 bis 14.01.2020 und Windows 8 bis 2023).

Das FWU hat mit Microsoft Vereinbarungen zum Bezug von Windows-Betriebssystemen und Anwendersoftware abgeschlossen, die derzeit noch von Schulen genutzt werden können (siehe: <http://www.fwu.de/1702/rahmenvertrag-zwischen-dem-fwu-und-microsoft>).

Microsoft hat die Lizenzen für den Bildungsbereich unter <https://www.microsoft.com/de-de/education/how-to-buy/default.aspx> dargestellt.

Windows XP ist an Schulen immer noch verbreitet, obwohl die Produktunterstützung durch Microsoft abgelaufen ist. Da für diese Systeme keine neuen Sicherheitsupdates angeboten werden, muss in besonderer Weise darauf geachtet werden, dass sie keine Viren oder andere Schadsoftware verbreiten. Folgende Maßnahmen tragen dazu bei:

- Betrieb der Geräte nur in einem internen Netz hinter einer konfigurierten Firewall
- Aktivierung der Windows-eigenen Firewall (ohne Ausnahmen)
- Nutzung eines aktuellen Internet-Browsers (z. B. aktueller Firefox)

- Betrieb der Geräte mit einer Protektor-Lösung, die nach jedem Neustart alle Veränderungen verwirft (siehe Kapitel 9.c), Schutz der Arbeitsplatzcomputer vor Veränderungen)
- Bereitstellung eines sauberen System-Images und regelmäßiges Klonen der Geräte (siehe Kapitel 9.a), Installation der Arbeitsplatzcomputer)

Bei Notebooks, die in unterschiedlichen Systemumgebungen genutzt werden oder bei Verwaltungscomputern, die personenbezogene Daten verarbeiten, wird empfohlen Windows XP und Office 2003 nicht mehr zu verwenden. Entsprechendes gilt in Kürze für Windows 7, bei dem ab Januar 2020 die Produktunterstützung durch Microsoft ausläuft.

Linux ist eine Open-Source-Software, dadurch frei erhältlich und stellt eine Alternative zu Windows dar. Linux bietet für alle Standardanwendungen wie z. B. Office, Bild- und Videobearbeitung freie Software an. Auch fächerspezifische Lernprogramme stehen unter Linux zur Verfügung. Linux lässt sich alternativ oder zusätzlich zu Windows auf jedem x86-PC installieren.

MacOS ist das Desktop-Betriebssystem für Apple-Computer (z. B. MacBook, iMac). Viele klassische Softwareprodukte stehen unter MacOS zur Verfügung. Upgrades auf die jeweils aktuelle Betriebssystemversion sind kostenlos verfügbar. Für Updates und für den Zugriff auf den AppStore ist eine Apple-ID notwendig.

Chrome OS ist ein von Google entwickeltes Betriebssystem, das für Desktop-PCs, Notebooks oder Tablets angeboten wird. Chrome OS setzt eine Internetverbindung und einen Google-Account voraus, der gegebenenfalls mit G-Suite for Education von der Schule verwaltet werden kann. Die meisten Programme laufen als Web-Anwendungen, die Daten werden in der Google-Cloud gespeichert.

Die Betriebssysteme Android und iOS sind primär für mobile Geräte (Tablets und Smartphones) und einen energieeffizienten Betrieb ausgelegt. Sie unterstützen Apps (z. B. aus zertifizierten App-Stores) und webbasierte Anwendungen.

Android ist eine von Google entwickelte, freie Software. 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-Benutzer-Account nötig.

Auf dem iOS können nur über den Apple-Store weitere Apps installiert werden. Dazu ist die Anmeldung mit einer Apple-ID notwendig.

Apps auf Android wie auch auf iOS können durch Mobile Device Management Lösungen zentral verwaltet und verteilt werden. Beide Betriebssysteme bieten Anpassungsmöglichkeiten für Anforderungen im Bildungs- und Erziehungsbereich.

k) Standardsoftware, Branchensoftware, Pädagogische Software

Vor der Beschaffung einer Software sollten die gesamten damit verbundenen Ressourcen und Kosten betrachtet werden (z. B. Installation der Software, Schulung der Lehrkräfte, ggf. notwendige Supportverträge mit dem Hersteller, Wechselwirkungen mit anderer Software).

Für Standardanwendungen ist in großem Umfang freie oder für die Schulen kostenlose Software erhältlich, die in der Regel den Anforderungen der Schule genügt. Auch bei Branchensoftware und pädagogischer Software sollte primär auf Open-Source-Software oder kostenfreie Software gesetzt werden.

Vor allem an beruflichen Schulen sollte bei der Auswahl der Software auf die Belange der Ausbildungsbetriebe Rücksicht genommen werden.

l) Cloudbasierte Software

Anstatt Software lokal zu installieren, gibt es auch die Möglichkeit cloudbasierte Software zu verwenden, die üblicherweise als Browseranwendung läuft. Um diese zu nutzen benötigen alle Geräte eine stabile Internetverbindung.

Cloudbasierte Software bietet besondere Möglichkeiten der Zusammenarbeit (z. B. gemeinsame Datenablagen, Kalender oder Kommunikationswerkzeuge). Online-Office-Lösungen ermöglichen darüber hinaus auch die gleichzeitige Bearbeitung gemeinsamer Text-, Tabellenkalkulations- oder Präsentationsdokumente. Die Dateien der Benutzer liegen dabei auf einem zur Verfügung gestellten Onlinespeicher.

Cloudbasierte Produkte sind datenschutzrechtlich anspruchsvoll. Vor der Entscheidung für ein Produkt sollte daher immer geprüft werden, ob die vorgesehene Verwendung datenschutzkonform möglich ist. Für das landesweite Angebot mebis ist der rechtskonforme Einsatz sichergestellt.

m) mebis-Tafel

Zukünftig wird allen Schulen innerhalb von mebis eine Tafelsoftware bereitgestellt, die als browserbasierte Tafelsoftware mit jedem Endgerät mit einem aktuellen Browser verwendet werden kann (z. B. PC, Tablet, Smartphone, interaktiver Großbildmonitor, interaktiver Beamer). Für den angemeldeten mebis-Nutzer bietet die mebis Tafel die Option, die Tafelbilder innerhalb eines eigenen Bereichs abzuspeichern, weiter zu bearbeiten und als Lehrer auch direkt mit Klassen oder Kollegen zu teilen. In das Tafelbild können eine Vielzahl von Medien, darunter z. B. auch der Grafikrechner von GeoGebra, eingebunden werden. Ebenso ist die Einbettung von Mediathekinhalten, sowie eine Integration der mebis Tafel in die Lernplattform und umgekehrt möglich.

Um die mebis Tafelsoftware auch ohne Internetverbindung nutzen zu können, stehen für Windows und MacOS Installationsdateien zur Verfügung.

Weitere Informationen zur Verwendung der mebis Tafel findet man im mebis Infoportal unter <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/tafel/die-mebis-tafel>.

Die Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung bietet einen Online-Selbstlernkurs zur mebis Tafel an (<https://fibs.alp.dillingen.de> unter der Stichwortsuche "Einführung in die mebis Tafel").

n) Lernprogramme

Zu unterscheiden sind hier lokal bzw. serverbasiert installierte Softwareprodukte, webbasierte Lernprogramme und Lernplattformen. Installierte Programme stehen auch ohne Internetverbindung zur Verfügung, erfordern aber einen Administrationsaufwand. Dieser Aspekt fällt bei Onlineanwendungen weg.

Viele Lernprogramme stehen als Apps für mobile Geräte in den App-Stores zur Verfügung.

Ist zum Einsatz von Lernprogrammen eine Registrierung notwendig oder werden personenbezogene Daten verarbeitet, sind die datenschutzrechtlichen Bestimmungen zu beachten.

o) Server und Serverbetriebssysteme

In der Regel sind die Clients in ein Netzwerk eingebunden und können in diesem Netzwerk zentrale Dienste eines Servers nutzen. In Betracht kommen hierfür primär Windows- oder Linux-Server. Bei allen Serverbetriebssystemen sind zur Administration fundierte Kenntnisse ihrer Struktur sowie im Aufbau des Rechtesystems nötig.

Als Fileserver (Datenablage oder Dateiaustausch) und ggf. auch für weitere Serverdienste (z. B. Webserver, Medienserver) eignen sich auch NAS-Systeme (Network Attached Storage). Die Administration einer NAS erfolgt über eine Weboberfläche und ist sehr viel einfacher als bei einem traditionellen Server.

Für die konkrete Entscheidung, welches System gewählt wird, sind die Kompetenz des jeweiligen Händlers bei Einrichtung und Betreuung sowie die Erfahrung der jeweiligen Lehrkraft in der Systembetreuung wichtige Kriterien.

Fortbildungen zur Nutzung von NAS-Systemen und zur Administration von Windows- oder Linux-Servern werden von der Akademie Dillingen in den Schulnetz-Lehrgängen angeboten (siehe <http://schulnetz.alp.dillingen.de>).

p) Terminalserver-Systeme

Eine Alternative zu eigenständigen Clients stellen Konzepte mit Terminalservern dar, die mit Windows- oder Linux-Servern realisierbar sind. Dabei dienen die Clients nur als Zugangscomputer, die Anwendungen laufen auf einem Terminalserver. Als Terminals eignen sich Thin-Clients (reine Terminals) oder normale, auch ältere, Arbeitsplatzcomputer unter Windows oder Linux. Gute Erfahrungen liegen mit Terminalservern bei der reinen Nutzung von Standardanwendungen (Office-Anwendungen, Internet, Mail) vor. Wirtschaftlich kann diese Lösung vor allem bei der Verwendung von älteren Computern oder Gebrauchtcomputern sein. Bei Programmen mit höheren Anforderungen an die Grafikleistung wie z. B. Multimedia oder CAD ist die Leistung oft nicht ausreichend.

q) Virtualisierung von Server-Systemen

In vielen Schulnetzen sind mehrere Server (Windows- oder Linux-Server) im Einsatz. Diese Server werden heute am sinnvollsten als virtuelle Maschinen (z. B. auf einem

ESXi- oder HyperV-Host) betrieben. Dies spart erhebliche Ressourcen und erleichtert die Administration der Serversysteme. In einer VLAN-Infrastruktur lassen sich die einzelnen virtuellen Server unterschiedlichen VLANs zuordnen (z. B. Unterrichtsnetz, Verwaltungsnetz).

Die Administration von ESXi- oder HyperV-Servern erfordert zusätzliche Kenntnisse. Fortbildungen zur Virtualisierung von Serversystemen werden von der Akademie Dillingen in den Schulnetz-Lehrgängen angeboten (siehe <http://schulnetz.alp.dillingen.de>).

9. Administrative Aufgaben

a) Installation der Arbeitsplatzcomputer

Bei der großen Zahl von Arbeitsplatzcomputern an den einzelnen Schulen ist es notwendig, die Installation von Betriebssystemen und Software zu automatisieren. Bewährt hat sich das Klonen eines Modellarbeitsplatzes auf alle anderen Arbeitsplätze durch den Einsatz geeigneter Hilfssoftware (z. B. Windows-eigenes Imaging-Verfahren oder Software wie Drive Snapshot, Acronis True Image, Norton Ghost, FOG, Clone-Zilla, PartImage).

Fortbildungen zur automatisierten Installation von Windows werden von der Akademie Dillingen in den Schulnetz-Lehrgängen angeboten (siehe <https://schulnetz.alp.dillingen.de>).

b) Installation von Software auf Arbeitsplatzcomputern

Die Installation von Software in einem Schulnetz gestaltet sich als ein komplexer und zeitaufwändiger Vorgang. Vor allem die Anpassung aller Arbeitsstationen an die neue Software ist nicht einfach. Entsprechend viele Hilfsprogramme werden dazu am Markt angeboten, die jedoch nicht alle für jeden Einsatzzweck geeignet sind und zudem einen hohen Zeitaufwand zur Einarbeitung erfordern. Häufig ist es einfacher, Software nur an einem Modellarbeitsplatz zu installieren und diesen zu klonen.

c) Schutz der Arbeitsplatzcomputer vor Veränderungen

Grundsätzlich hat ein Benutzer mit physikalischem Zugriff auf einen Computer vielfältige Manipulationsmöglichkeiten. Dennoch sollen Client-Computer ohne arbeitsintensive administrative Eingriffe in einem funktionierenden Zustand gehalten werden können.

Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte sollten nur mit eingeschränkten Rechten und nicht als Administrator am Rechner arbeiten. Bei Windows-Computern, die in eine Domäne eingebunden sind, lassen sich über Gruppenrichtlinien mögliche Veränderungen am Client weitestgehend ausschließen. Dies setzt jedoch sehr gute Systemkenntnisse voraus.

Einfacher ist es, einen Arbeitsplatzcomputer mit einer Protektorsoftware zu schützen, die schreibende Festplattenzugriffe in einen temporären Bereich umleitet und nach einem Neustart des Computers alle Änderungen verwirft.

Zusätzlich sollte ein möglichst schnelles und automatisiertes Verfahren zur Neuinstallation bzw. zum Klonen der Arbeitsplätze vorbereitet sein.

d) Sicherheitsupdates

Durch die Komplexität heutiger Betriebssysteme und Anwendungen werden immer wieder Sicherheitslücken bekannt, die dazu führen können, dass Computer angreifbar werden. Diese Gefährdung lässt sich durch die regelmäßige Installation von Sicherheitsupdates beziehungsweise die regelmäßige Aktualisierung sicherheitskritischer Software (z. B. Java, Flash-Player oder PDF-Reader) oder durch den Verzicht auf Software (z. B. Java oder Flash-Player) reduzieren.

Dringend geboten ist ein ständig aktueller Sicherheitsstand bei Servern und allen Computern, die aus dem Internet erreichbar sind. Die regelmäßige Installation von Sicherheitsupdates ist darüber hinaus bei allen mobilen Geräten notwendig, bei Computern, die sensible Daten enthalten oder im Zugriff haben und bei allen Computern, die nicht durch andere Maßnahmen (z. B. mit einer Protektorsoftware oder durch regelmäßiges Klonen) geschützt sind.

e) Virenschutz

Viren-Scanner bieten einen Schutz durch die automatische Überprüfung transportabler Medien, von E-Mail-Anhängen oder von aus dem Internet geladener Dateien. Bei aktuellen Windows-Systemen ist dieser Schutz mit Windows-Defender bereits im Betriebssystem enthalten und wird automatisch mit den Windows-Updates aktualisiert.

f) Systeme zur Datensicherung

Zur Datensicherung stellen externe Festplatten bzw. SSD-Speicher oder NAS-Systeme, eine redundante Verteilung der Daten auf mehrere Computer oder Backup-Server sinnvolle Möglichkeiten dar. Die regelmäßige Datensicherung sollte automatisiert und ohne Benutzereingriffe erfolgen. Nur so ist gewährleistet, dass sie auch durchgeführt wird.

Zunehmend werden auch cloudbasierte Backup-Lösungen angeboten, die als Ergänzung für eine lokale Datensicherung innerhalb der Schule sinnvoll sein können. Dabei sind die datenschutzrechtlichen Bestimmungen zu beachten.

g) Verwaltung von Tablets

Tablets und Smartphones sind in der Regel reine Verbrauchergeräte, deren Betriebssysteme sich zum Teil erheblich von denjenigen von Arbeitsplatzcomputern unterscheiden. Bei schuleigenen Tablets ist es sinnvoll, die Geräte in ein Mobile-Device-Management-System (MDM-System) einzubinden. Ein MDM-System sollte die vorhandenen mobilen Betriebssysteme verwalten können und folgende Funktionen bereitstellen:

- Inventarisierung von mobilen Geräten
- zentrale Konfiguration aller notwendigen Einstellungen (Desktop, WLAN etc.)
- Bereitstellung von Apps

- Sicherung bzw. Bereinigung

Die Verwaltung von schülereigenen Geräten über ein MDM-System ist üblicherweise nicht vorgesehen. Falls dies dennoch erfolgen soll, wäre zumindest die Einwilligung der Schülerinnen und Schüler bzw. der Erziehungsberechtigten Voraussetzung.

10. Hardware

Die nachfolgenden Spezifikationen der beschriebenen Hardware-Komponenten können eine Orientierung für die Beschaffung sein. Sie ersetzen im Einzelfall jedoch keine Ausschreibung, da dabei auch das Vergaberecht zu berücksichtigen ist. Die angegebenen Preise (Bruttopreise) sind eine Orientierung, bei größeren Stückzahlen können diese gegebenenfalls deutlich unterschritten werden.

Die in den folgenden Tabellen als „Mindestkriterien“ bezeichneten Zeilen enthalten Informationen, die als technische Mindestanforderungen für die jeweilige IT-Geräteklasse zu verstehen sind. Darüber hinausgehende Beschreibungen dienen der weiterführenden Information und haben empfehlenden Charakter.

a) Arbeitsplatzcomputer

Dieser Standard-PC eignet sich zum generellen Einsatz in der Schule. Bei speziellen Anwendungen (z. B. Videoschnittsoftware, CNC, 3D-CAD) können höhere Anforderungen notwendig sein, die in der Regel vom Hersteller spezifiziert werden. Nachfolgend ist ein Standardcomputer für die Betriebssysteme Windows, Linux oder MacOS beschrieben.

Datenblatt Arbeitsplatzcomputer		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, Festplatte, Garantie		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Systemleistung/ CPU	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das Programm SYSmark 2014 oder das kostenlose Programm Cinebench R15. Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: ab Intel Pentium Gold G4560 ab Intel i3-6xxx ab Intel i5-6xxx ab Intel i7-6xxx ab AMD Ryzen 3 13xxx ab AMD Ryzen 5 xxxxx ab AMD Ryzen 7 xxxxx	Mindestwerte Benchmark: SYSmark 2014 v1.5 (Windows 10, 64bit): 1200 Punkte oder Cinebench R15: 145 Punkte (Single-Core) und 370 Punkte (Multi-Core)
BIOS/UEFI	Manche Deploymentlösungen setzen einen Start im Legacy BIOS Modus voraus.	UEFI Modus und Legacy BIOS Modus

RAM	Um flüssiges Arbeiten zu ermöglichen, ist ausreichend Arbeitsspeicher erforderlich. Eine Erweiterung des Arbeitsspeichers (ohne Ausbau der vorhandenen Module) sollte möglich sein.	ab 8 GB RAM
Festplatte	Insbesondere beim Boot-Vorgang ist der schnelle Zugriff auf Daten gefordert. Daher empfiehlt sich der Einsatz einer Solid-State-Disk (SSD). Die typischen Transferraten liegen bei einer Anbindung über SATA III bei ca. 550 MB/s. Bei einem Anschluss über PCIe 3.0 x4 (M.2) sind höhere Transferraten möglich.	SSD: ab 240 GB
Grafik- / Sound-Anschlüsse	Grafik- und Soundanschlüsse sind meist auf dem Motherboard 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-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 60 MByte/s) USB 3.0 (bis 500 MByte/s) USB 3.1 (bis 1200 MByte/s)	2 x USB 3.0 2 x USB 2.0 evtl. 1 x USB-C zwei USB-Anschlüsse an der Frontseite
LAN-Anschluss	Üblich ist ein RJ45-LAN-Anschluss für Gigabit-Ethernet mit Autosensing.	RJ45-LAN-Anschluss (Gigabit-Ethernet)
Optisches Laufwerk	Gegebenenfalls ist es sinnvoll, einzelne Rechner (z. B. Lehrer-PC) mit einem optischen Laufwerk auszustatten (DVD-Brenner oder Blu-ray-Brenner).	
Geräuschentwicklung	Insbesondere in Computerräumen ist auf möglichst geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter).	bis zu 26 dB bei 50% Last bis zu 20 dB bei Büroanwendungen

Votum 2019

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.	
Ergonomie, Zertifizierung	„Energy Star“ beschreibt Mindestanforderungen für die Energieeffizienz. „Blauer Engel“ ist ein Umweltprüfzeichen mit Kriterien zu Energieverbrauch, Materialanforderungen, Recyclingfähigkeit und Geräuschemission. Es gibt weitere Zertifizierungen, die gegebenenfalls gefordert werden können, aber nicht immer ausgewiesen sind, z. B. TCO Certified Desktops 5 oder energieeffizientes Netzteil nach „80 Plus Silver“.	Energy Star 6.1 ggf: Blauer Engel (RAL-UZ 78a für PCs)
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“ Eine über die gesetzliche Gewährleistung hinausgehende Garantie kann entfallen, wenn der „Vor-Ort-Service“ vom Sachaufwandsträger übernommen wird.
Beschaffung	ggf. Aufstellen und Anschließen der PCs, Entsorgung der Verpackungen	
Preis	mit Intel i5-8xxx mit AMD Ryzen 5 5 Jahre Vor-Ort-Garantie	ca. 600 € ca. 500 € ca. 100 €

b) Monitore

Datenblatt Monitor		
Mindestkriterien: Werte für Größe, Auflösung, Helligkeit		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Größe	Bildschirmdiagonalen von 24" sind Standard. Für die Bildbearbeitung sind größere Monitore mit einer entsprechend höheren Auflösung empfehlenswert.	ab 23,5"
Panel	Von den derzeit verfügbaren Panel-Technologien bieten IPS-Panels das beste Bild und den größten Blickwinkel.	IPS-Panel
Auflösung		bis 24" Bildschirm: ab 1920 x 1080 Pixel bzw. ab 1920 x 1200 Pixel bei Bildschirmen > 24": ab 2560 x 1440 Pixel
Helligkeit	Da in Klassenzimmern und Computerräumen an verschiedenen Arbeitsplätzen unterschiedliche Lichtverhältnisse herrschen, sollte der Monitor hell genug sein und ein gutes Kontrastverhältnis für die Darstellung von satten Farben und einen gut lesbaren Text haben.	ab 300 cd/m ²
Reaktionszeit	Eine niedrige Reaktionszeit (grau zu grau) ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	max. 5 ms
Anschlüsse	Neben digitalen Eingängen sollte zum Anschluss älterer Rechner auch ein VGA-Anschluss vorhanden sein.	HDMI oder DisplayPort VGA
Ergonomie	Der Monitor sollte in der Höhe und Neigung verstellbar sein.	Stabiler Standfuß, höhenverstellbar, neigbar

Votum 2019

Zertifizierung	<p>„Blauer Engel“ ist ein Umweltprüfzeichen mit Kriterien zu Energieverbrauch, Materialanforderungen, Recyclingfähigkeit und Geräuschemission.</p> <p>TCO Certified Displays ist ein Gütesiegel für Bildschirme, das u. a. ergonomische Kriterien (Helligkeit, Kontrast, Sehwinkel, reflexionsfreie Oberfläche) und auch die Anforderungen des „Energy Star“ beinhaltet.</p> <p>Zunehmend wird auch bei Monitoren ein EU-Energielabel ausgewiesen (z. B. EU-Energielabel A+).</p>	<p>Blauer Engel (RAL-UZ 78c für Monitore) TCO Certified Displays 7</p>
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: 27"-Monitor:	ab ca. 170 € ab ca. 250 €

c) Notebooks

Die Auswahl richtet sich nach den Mobilitätsanforderungen (Ersatz für einen Desktop-Computer oder mobiles Gerät) und der erforderlichen Ausstattung (z. B. DVD-Laufwerk, Schnittstellen). Nachfolgend ist ein Notebook für die Betriebssysteme Windows, Linux oder MacOS beschrieben.

Datenblatt Notebook		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, Festplatte, Display, Garantie		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Systemleistung/ CPU	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das Programm SYSmark 2014 oder das kostenlose Programm Cinebench R15. 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 bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: ab Intel i5-73xxU ab Intel i7-7xxxx ab AMD Ryzen 7 3700U	Mindestwerte Benchmark: SYSmark 2014 v1.5 (Windows 10, 64bit): 1200 Punkte oder Cinebench R15: 145 Punkte (Single-Core) und 370 Punkte (Multi-Core)
BIOS/UEFI	Manche Deploymentlösungen setzen einen Start im Legacy BIOS Modus voraus.	UEFI Modus und Legacy BIOS Modus
RAM	Um flüssiges Arbeiten zu ermöglichen, ist ausreichend Arbeitsspeicher erforderlich.	ab 8 GB RAM
Festplatte	Insbesondere beim Boot-Vorgang ist der schnelle Zugriff auf Daten gefordert. Daher empfiehlt sich der Einsatz einer Solid-State-Disk (SSD).	SSD: ab 240 GB
Display	Empfohlen wird ein mattes Display (non-glare), da dieses Reflexionen vermeidet und somit ein angenehmeres Arbeiten ermöglicht. Bei Notebooks, die über einen Touchscreen verfügen (z. B. Convertibles), sind matte Displays dagegen kaum verfügbar.	ab 1920 x 1080 Pixel

Votum 2019

Grafik- / Sound-Anschlüsse	Zum Anschluss an einen Beamer oder externen Monitor ist ein Grafikananschluss notwendig. Üblich ist ein digitaler Anschluss (Display-Port, Mini-Display-Port, HDMI, Mini-HDMI). Ggf. sind Adapter notwendig.	Display-Port, Mini-Display-Port oder HDMI Kopfhörer/Mikrophon-Anschluss
USB-Anschlüsse	Sinnvoll sind mind. 2 USB-Anschlüsse. USB 2.0 (bis 60 MByte/s) USB 3.0 (bis 500 MByte/s) USB 3.1 (bis 1200 MByte/s)	2 x USB 3.0 evtl. 1 x USB-C
LAN-Anschluss	Bei kleineren Notebooks ist der LAN-Anschluss nur über einen Adapter (z. B. USB-C auf RJ45-Adapter) möglich.	RJ45-LAN-Anschluss (Gigabit-Ethernet)
WLAN		802.11ac
weitere optionale Ausstattungen	integriertes Blu-ray oder DVD-Laufwerk / Brenner integrierte Lautsprecher Kartenlesegerät eingebaute Kamera Fingerprint-Sensor Kensington-Schutz Docking-Anschluss	
Ergonomie, Zertifizierung	„Energy Star“ beschreibt Mindestanforderungen für die Energieeffizienz. Weitere Zertifizierungen sind bei Notebooks meist nicht ausgewiesen. Da Notebooks ggf. mechanisch stark beansprucht werden, sollte man auf robuste Geräte achten. Dies gilt z. B. für Geräte, die nach dem MIL-STD-810G zertifiziert sind.	Energy Star 6.1
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 Eine über die gesetzliche Gewährleistung hinausgehende Garantie kann entfallen, wenn der „Vor-Ort-Service“ vom Sachaufwandsträger übernommen wird.
Preis		ab 650 € (Intel i5-8xxxU) ab 700 € (AMD Ryzen 5)

d) Tablets

Bei der Auswahl eines Tablets stehen das Betriebssystem und die damit verbundenen Anwendungen im Vordergrund.

Bei schuleigenen Tablets wird zur einfacheren Administration ein Mobile Device Management-System (MDM-System) empfohlen.

Die Fingerbedienung eines Tablets wird durch eine kapazitive Technologie erkannt. Soll ein Tablet auch zum Schreiben (digitale Heftführung oder als Whiteboardersatz) geeignet sein, ist eine präzise Stifteingabe notwendig. Induktive Stifte (aktive Stifte) ermöglichen dies und unterstützen mehrere Druckstufen. Durch die Unterscheidung zwischen kapazitiver Berührung und induktivem Stift ist auch eine Handballenerkennung möglich.

Datenblatt Windows-Tablet		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, interner Speicher, Display		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Systemleistung/ CPU	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das kostenlose Programm Cinebench R15. 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 bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: ab Intel Celeron N4xx ab Intel Pentium Silver N5xx ab Intel Pentium Gold 4xxx Intel Core m-5xxxx ab Intel Core m3-xxxx ab Intel i3-6xxxU ab Intel i5-6xxxU ab Intel i7-6xxxx	Mindestwerte Benchmark: Cinebench R15: 60 Punkte (Single-Core) und 150 Punkte (Multi-Core)
RAM		ab 4 GB RAM
interner Speicher		SSD ab 128 GB

Votum 2019

Display	Gefordert wird ein blickwinkelstabiles Display mit einem Touchscreen und einem Digitizer oder einer vergleichbaren Technik zur Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung.	ab 9,5" Bildschirmdiagonale mind. 2 MegaPixel Digitizer (Stifteingabe mit mehreren Druckstufen)
WLAN		802.11ac
Betriebssystem/ Software	Windows 10 S: Installation von Programmen aus dem Windows-Store Windows 10: Windows-Store oder normale Installation von Desktop-Programmen Drucken ist wie bei Desktop-Computern möglich.	Windows 10
Gewicht		bei 10": max 800 g bei 12": max 1000 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		ab ca. 500 € Tastatur: 80 € Eingabestift: 75 € Schutzcover: ab 30 €

Datenblatt Android- bzw. ChromeOS-Tablet		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, interner Speicher, Display		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Systemleistung/ CPU	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignen sich die kostenlosen Programme AnTuTu oder GeekBench. Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: RK3399 MT8176 Helio ab X20 Kirin 659, 950, 960 Snapdragon ab 625	Mindestwerte Benchmark: AnTuTu v7-Benchmark: 75.000 Punkte (Total Score) oder GeekBench 4 900 Punkte (Single-Core) und 3500 Punkte (Multi-Core)
RAM		ab 2 GB RAM
interner Speicher	Eine Möglichkeit zur Erweiterung des internen Speichers mit einer Speicherkarte ist meist gegeben.	ab 32 GB
Display	Gefordert wird ein blickwinkelstabiles Display mit einem Touchscreen und einem Digitizer oder einer vergleichbaren Technik zur Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung.	ab 9,5" Bildschirmdiagonale mind. 2 MegaPixel Digitizer (Stifteingabe mit mehreren Druckstufen)
WLAN		802.11ac
Betriebssystem/ Software	Für die Updates des Betriebssystems ist der Gerätehersteller zuständig. Daher sollten Hersteller gewählt werden, die System-Updates auch für ältere Geräte liefern. Die Installation von Apps ist über den Google Playstore oder über alternative Quellen möglich. Drucken funktioniert über Apps oder Google Cloud-Print.	ab Android 7 bzw. aktuelles Chrome OS
Gewicht		bei 10": max 600 g bei 12": max 800 g

Votum 2019

<p>Sonstiges</p>	<p>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.</p>	
<p>Preis</p>		<p>ab 250 € Bluetooth-Tastatur: ab 80 € Eingabestift: ab 30 € Schutzcover: ab 20 €</p>

Datenblatt iOS-Tablet		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, interner Speicher, Display		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Systemleistung/ CPU	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das Programm AnTuTu. Aktuelle iPads (ab Apple A10-Prozessor) erfüllen die geforderte Systemleistung.	Mindestwerte Benchmark: AnTuTu v7-Benchmark: 200.000 Punkte (Total Score)
RAM		ab 2 GB RAM
interner Speicher	Wenn viele Apps installiert werden oder wenn das iPad für Video-Aufnahmen genutzt wird, ist mehr Speicher erforderlich.	ab 32 GB
Display	Alle aktuellen iPads bieten ein blickwinkelstabiles Display mit der Möglichkeit der Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung.	ab 9,5" Bildschirmdiagonale mind. 2 MegaPixel Digitizer (Stifteingabe mit mehreren Druckstufen)
WLAN		802.11ac
Betriebssystem/ Software	Die Installation von Apps erfolgt über den Apple App-Store. Drucken ist über Air-Print möglich.	aktuelles iOS
Gewicht		bei 10": max 600 g bei 12": max 800 g
Sonstiges	Alle aktuellen iPads enthalten ein Gyroskop (für AR- und VR-Anwendungen) und verfügen über eine lange Akkulaufzeit. Ein Hardcover zum Schutz der Geräte vor leichten Stößen ist empfehlenswert.	
Preis	iPad 9,7" (mit 128 GB): iPad Air 10,5" (mit 64 GB): iPad Pro 11": Smart Keyboard für iPad Pro 11: Apple Pencil: Schutzcover:	ab 400 € ab 510 € ab 800 € ca. 200 € ab 90 € ab 30 €

e) Server

Server sollten differenziert nach dem jeweiligen Einsatzbereich ausgewählt werden. Nachfolgend sind je ein Standardserver und ein Server zur Virtualisierung von Serversystemen spezifiziert.

Datenblatt Standardserver (z. B. Fileserver ohne Virtualisierung von Serversystemen)		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse, Garantie		
Merkmale	Erläuterung / Hinweise	Werte
Systemleistung/ CPU	Um die Prozessorleistung zu überprüfen, eignet sich der Benchmark SPEC CPU 2006. https://www.spec.org/cgi-bin/osgresults?conf=cpu2006 (CINT2006 Rates) Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: ab Intel Xeon E3-1220 v6 ab Intel Xeon Bronze	mind. 4-Kern-CPU Benchmark SPEC-CPU-2006 SPECint_rate_base2006: ab 200
RAM	Bei der Belegung der Steckplätze mit RAM-Modulen sollten die Herstellervorgaben bez. der Aufteilung auf die Speicherkanäle beachtet werden, um Leistungseinbußen zu vermeiden. Für eine spätere Erweiterungsmöglichkeit sollten noch Steckplätze zur Verfügung stehen. ECC-Arbeitsspeicher beinhalten eine Fehlerkorrektur, die für Server im Dauerbetrieb sinnvoll ist.	ab 16 GB RAM ab DDR 4 ECC 2133 MT/s
Festplatte (HDD)	Wichtig ist, dass Server-Festplatten für den Dauer-Einsatz verwendet werden. Ggf. können auch zwei Festplatten (für System und Daten) sinnvoll sein.	HDD: 1 x 2 TB

USB-Anschlüsse	Je nach vorgesehener Anwendung (z. B. Datensicherung mit mobilen USB-Festplatten), können auch USB-Anschlüsse an der Frontseite sinnvoll sein.	ab 4 x USB 3.0
LAN-Anschlüsse		2 x RJ45-LAN (Gigabit-Ethernet)
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
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“
Preis	Incl. 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“	ab 1.000 €

Datenblatt Server (zur Virtualisierung von Serversystemen)		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse, Garantie		
Als Virtualisierungssystem wird primär VMware ESXi (kostenlose Version oder Essentials-Version) oder Microsoft Hyper-V eingesetzt. Die Hardware sollte so ausgelegt sein, dass mehrere Serversysteme virtualisiert werden können.		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Systemleistung/ CPU	Um die Prozessorleistung zu überprüfen, eignet sich der Benchmark SPEC CPU 2006. https://www.spec.org/cgi-bin/osgresults?conf=cpu2006 (CINT2006 Rates) Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: ab Intel Xeon E5-2630 v4 ab Intel Xeon Silver 4110 ab AMD Epyc 7351	mind. 8-Kern-CPU Benchmark SPEC-CPU-2006 SPECint_rate_base2006: ab 600

Votum 2019

RAM	Bei der Belegung der Steckplätze mit RAM-Modulen sollten die Herstellervorgaben bez. der Aufteilung auf die Speicherkanäle beachtet werden, um Leistungseinbußen zu vermeiden. Für eine spätere Erweiterungsmöglichkeit sollten noch Steckplätze zur Verfügung stehen. ECC-Arbeitsspeicher beinhalten eine Fehlerkorrektur, die für Server im Dauerbetrieb sinnvoll ist.	ab 64 GB RAM ab 2400 MT/s ECC RDIMMs
SSD	Die Installation des Virtualisierungsservers (ESXi, Hyper-V) erfolgt vorzugsweise auf einem Flash- oder auf einem schnellen SSD-Speicher.	ESXi: 16 GB Flash Hyper-V: 128 GB SSD
HDD	Vier Festplatten im RAID-5-Verbund mit einem Hardware-Controller; ggf. Hot Spare	HDD: 4 x 2 TB SAS-Platten Controller: RAID 5
USB-Anschlüsse		4 x USB 3.0
LAN-Anschlüsse	Je nach vorgesehenem Einsatz sind 2-4 LAN-Anschlüsse sinnvoll (z. B: Link Aggregation, Anbindung eines externen Storage). Gegebenenfalls können auch 2 x 10 GBit/s-Ethernet-Anschlüsse sinnvoll sein.	4 x RJ45-LAN (Gigabit-Ethernet)
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
Garantie	Sinnvoll ist eine „Vor-Ort-Garantie“ mit festgelegter Reaktionszeit, ggf. mit der Möglichkeit, die Garantie auf fünf Jahre zu erweitern. Beim Austausch defekter Festplatten kann festgelegt werden, dass diese aus Datenschutzgründen beim Kunden verbleiben.	mindestens 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“ maximale Reaktionszeit: nächster Arbeitstag
Preis		ab 5.000 €

f) NAS-Systeme

NAS-Systeme (Network Attached Storage) 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 Virtualisierungs-Server, Medienserver, Web-Server, SQL-Server, VPN-Server, Speicher für Videoüberwachung, Cloud-Dienste). Die Lese- und Schreibrechte auf Freigaben können benutzerspezifisch geregelt werden, die Zugriffe sind mit unterschiedlichen Protokollen möglich, z. B. über smb, AppleTalk, ftp, http oder bei mobilen Geräten über Apps.

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.

Datenblatt NAS-System für den Unterrichtsbetrieb		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Systemleistung/ CPU	Für viele Serverdienste oder gleichzeitige Zugriffe mehrerer Personen und eine kurze Reaktionszeit ist ein leistungsfähiger Prozessor erforderlich.	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 ausreichend Arbeitsspeicher erforderlich.	ab 2 GB RAM
Konfiguration	Die normale Konfiguration erfolgt über eine Weboberfläche. Der Zugriff auf das Dateisystem über SSH sollte möglich sein. Sinnvoll ist es, wenn die NAS-Box 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 (3,5").	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 2 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
LAN-Anschlüsse	Sinnvoll sind derzeit 2-4 RJ45-LAN-Anschlüsse mit Gigabit-Ethernet und der Möglichkeit der Link-Aggregation. ggf. Einschubmöglichkeit für 10 GBit/s-Netzwerkkarte	ab 2 x RJ45-LAN (Gigabit-Ethernet)
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 gleichzeitigen Verbindungen sollte hoch genug 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-Authentifizierung (Benutzerverwaltung über einen Windows-Server) ggf. 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, AppleTalk, NFS, FTP, http). Für den Zugriff von mobilen Geräten sollte eine App verfügbar sein.	Zugriffe über SMB, AppleTalk, NFS, FTP, http App für mobile Geräte

optionale Zusatzfunktionen	<p>Je nach vorgesehenem Einsatz können Zusatzfunktionen von Interesse sein, die viele NAS-Systeme anbieten:</p> <p>Webserver: z. B. für schulinterne Webseiten, ggf. mit Zusatz-Apps (Moodle, Joomla)</p> <p>Datenbankserver: üblicherweise ein MySQL-Server, der aktiviert werden kann</p> <p>iSCSI-Speicher: z. B. als externer Speicher für Virtualisierungslösungen</p> <p>Verschlüsselung</p> <p>Virens Scanner: mit automatisierten Updates und Suchfunktionen</p> <p>Automatisierte Backupfunktion (z. B. auf eine andere NAS oder eine angeschlossene Festplatte), ggf. auch mit One-Touch-Taste (Backup auf eine USB-Platte per Tastendruck)</p> <p>Medienserver</p> <p>Radius-Server</p>	
weitere optionale Ausstattungen	<p>Reset-Knopf (Passwort zurücksetzen)</p> <p>Kensington-Schutz</p> <p>HDMI-Anschluss</p>	
Energieverbrauch	<p>Üblich sind bis zu 50 W im Betrieb (mit 4 Festplatten) und bis zu 30 W im Standby (HDD-Ruhezustand).</p> <p>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).</p>	<p>max. 50 W (Betrieb)</p> <p>max. 30 W (Standby)</p> <p>max. 1 W (Sleep-Modus)</p>
Geräuschentwicklung	<p>Falls das NAS in einem Raum steht, in dem sich gelegentlich Personen aufhalten, ist auf geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter).</p> <p>Leistungsstarke NAS-Systeme sind üblicherweise lauter.</p>	<p>max. 21 dB (im Betriebs-Modus, bei laufenden Festplatten)</p>
Garantie	<p>ggf. mit Vorab-Zustellung eines Ersatzgeräts</p>	<p>3 Jahre Garantie</p>
Preis	<p>NAS mit 4 Festplatten je 2 TB</p>	<p>ab 800 €</p>

Datenblatt Einfaches NAS (z. B. zur Datensicherung)		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise Beschreibung	Werte
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 1 GB RAM
Konfiguration	Die normale Konfiguration erfolgt über eine Weboberfläche. Der Zugriff auf das Dateisystem über SSH sollte möglich sein. Sinnvoll ist es, wenn die NAS-Box 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 (3,5")	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 2 TB geeignet für den Dauerbetrieb (NAS-Festplatten)
RAID-Level	JBOD, RAID 0/1	RAID 1
LAN-Anschlüsse	Standard ist derzeit ein RJ45-LAN-Anschluss mit Gigabit-Ethernet.	ab 1 x RJ45-LAN (Gigabit-Ethernet)
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

Votum 2019

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 5W 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. 5 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. 19 dB (im Betriebs-Modus, bei laufenden Festplatten)
Garantie		2 Jahre Garantie
Preis	NAS mit 2 Festplatten je 2 TB	ab 350 €

g) Beamer

Für die Lichterzeugung von Beamern gibt es unterschiedliche Technologien:

Metalldampflampen sind derzeit die am häufigsten verwendeten Leuchtmittel bei Beamern. Sie enthalten jedoch Quecksilber. Die Lebensdauer von Metalldampflampen liegt typischerweise bei ca. 4000 Stunden, so dass ein gelegentlicher Lampenwechsel am Beamer erforderlich sein kann. Metalldampflampen benötigen eine Aufwärmphase und erreichen die volle Helligkeit erst nach ca. 1 Minute. Beamer mit Metalldampflampen bieten derzeit das beste Preis-Leistungsverhältnis.

LED-Beamer, Laser-Beamer oder kombinierte LED-/Laser-Beamer verwenden LED- bzw. Laserlichtquellen. Diese Leuchtmittel sind quecksilberfrei und haben eine Lebensdauer von typischerweise bis zu 20.000 Stunden. Die volle Helligkeit erreichen diese Beamer bereits nach wenigen Sekunden. Auch bezüglich des häufigen Ein-/Ausschaltens sind diese Beamer unempfindlich.

Datenblatt Beamer		
Mindestkriterien: Werte für Lichtstärke, Auflösung, Schnittstellen		
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 betrachtet werden. Häufig wird in Datenblättern nur der jeweils günstigste Wert genannt.		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Lichtstärke	Auch für wechselnde Lichtverhältnisse und nicht optimal geeignete Präsentationsflächen sollte der Beamer über eine ausreichende Helligkeit verfügen.	ab 3400 ANSI-Lumen (im Normal-Modus)
Auflösung	Idealerweise sollte die native Auflösung des Beamers der des Monitors entsprechen. Für LED-Beamer, Laser-Beamer bzw. LED/Laser-Beamer und auch für Ultrakurzstanz-Beamer sind derzeit aus Preisgründen bei der Auflösung noch Abstriche zu machen.	Standard-Beamer ab 1920 x 1080 Pixel bzw. ab 1920 x 1200 Pixel LED- / Laser-Beamer ab 1280 x 720 Pixel bzw. ab 1280 x 800 Pixel Ultrakurzstanz-Beamer ab 1280 x 720 Pixel bzw. ab 1280 x 800 Pixel
Lampenlebensdauer	Metalldampflampe: LED / Laser-Lichtquelle: LED / Laser-Lichtquellen können nicht gewechselt werden.	4000 Std. (Normal-Modus, Ersatzlampe: 150 €) 20.000 Std.

Votum 2019

Schnittstellen	Aktueller Standard sind zwei HDMI- und ein VGA-Eingang.	2 digitale Schnittstellen (HDMI oder DisplayPort)
optionale Schnittstellen	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 Stromstärke (mind. 1,5 A) benötigt. Ein Netzwerkanschluss (LAN/WLAN) kann zur Steuerung des Beamer oder zur direkten Präsentation sinnvoll sein.	USB VGA, LAN, WLAN
Betriebsgeräusch	Die in den Datenblättern angegebenen Betriebsgeräusche sind nicht bei allen Anbietern exakt vergleichbar.	28 dB (Eco-Modus) 37 dB (Normal-Modus)
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 gedeckelt wird.	3 Jahre Garantie
Preis	Standard-Beamer (1980 x 1200 Pixel) LED / LED-Laser-Beamer (1280 x 800 Pixel) Ultrakurzdistanz-Beamer (1280 x 800 Pixel) interaktiver Ultrakurzdistanz-Beamer (1280 x 800 Pixel mit Finger-Touch-Funktion)	ab 550 € ab 850 € ab 1.200 € ab 1.500 €

h) Großbildmonitore

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

Datenblatt Großbildmonitor		
Mindestkriterien: Werte für Oberfläche und Helligkeit, Auflösung, Garantie		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Oberfläche und Helligkeit	Für wechselnde Lichtverhältnisse sollte die Präsentationsfläche möglichst wenig spiegeln. 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 mattes Display gehärtetes Glas
Auflösung	Das Seitenverhältnis ist standardmäßig 16:9.	ab 3840 x 2160 Pixel
Lautsprecher	integrierte Lautsprecher	ab 2 x 10 W
Reaktionszeiten (Pixel)	Eine niedrige Reaktionszeit des Panels ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	maximal 8 ms
Schnittstellen	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 Zuspiegelung durch externe Geräte, z. B. mit BluRay-Playern, muss der HDMI-Anschluss HDCP-2.2-fähig sein. Gegebenenfalls sind weitere Schnittstellen sinnvoll: <ul style="list-style-type: none"> • VGA (für ältere Notebooks) • Audio-Eingang • Audio-Ausgang • USB • Netzwerk 	1 HDMI-2.0-Anschluss 1 weitere digitale Schnittstelle (HDMI oder DisplayPort)

Votum 2019

Energieverbrauch	Der Energieverbrauch von Großbildmonitoren kann je nach Modell erheblich variieren.	
Drahtlosverbindung	Manche Monitore verfügen bereits über integrierte Möglichkeiten zur drahtlosen Bild- und Tonübertragung von mobilen Endgeräten aus.	
Garantie		mindestens 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“
Preis	Großbildmonitor 65" Großbildmonitor 75" Großbildmonitor > 80"	ab 1.400 € ab 2.800 € ab 4.000 € (jeweils zzgl. Halterung)

i) Interaktive Großbildmonitore (Touchscreens)

Interaktive Großbildmonitore sollten von der Schule zusammen mit der voraussichtlich zum Einsatz kommenden Tafelsoftware getestet werden. Neben dem Handling der Stifte und dem subjektiven Schreibgefühl sollte vor allem auf die Verzögerung beim Schreiben und auf die Parallaxe beim Aufsetzen des Stifts geachtet werden.

Es wird empfohlen, interaktive Großbildmonitore mit der mebis Tafel zu testen (siehe. <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/tafel/technische-hinweise-zur-mebis-tafel>).

Datenblatt Interaktiver Großbildmonitor (Touchscreen)		
Mindestkriterien: Werte wie bei Großbildmonitor		
<p>Um einen PC an einen interaktiven Großbildmonitor anzuschließen, ist die Übertragung von Bild, Ton und Mausfunktionalität erforderlich. Dies kann auf folgende Arten erfolgen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • HDMI (Bild und Ton), USB (Mausfunktion), • OPS (Open Pluggable Specification, Bild-, Ton-, Mausfunktion) • VGA (Bild, eingeschränkte Auflösung), Klinke (Ton), USB (Mausfunktion) <p>Der Anschluss mobiler Geräte (Tablets, Smartphones) erfolgt über integrierte Displayadapter (Bild- und Tonübertragung).</p>		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
siehe Großbildmonitor	Alle Merkmale/Werte für nicht interaktive Großbildmonitore gelten auch für interaktive Großbildmonitore.	
Touchpunkte	Für Gestensteuerungen und gleichzeitiges Arbeiten muss das Display über Multitouch verfügen.	Display erfasst mindestens 8 gleichzeitige Berührungspunkte
Integrierter PC	Einige Hersteller bieten integrierte PCs mit an, die z. B. als Einschubmodul über eine OPS-Schnittstelle (Open Pluggable Specification) angebunden werden.	
Onboard-Funktionen	Auch ohne angeschlossenen PC sollte der Großbildmonitor nutzbar sein.	Schreibfunktion (Tafel) Internet-Browser Mediaplayer
Energieverbrauch	Displays mit Infrarot-Technologie haben typischerweise einen höheren Energieverbrauch als kapazitive / induktive Technologien.	Infrarot-Technologie: typisch bis 500 W kapazitiv/induktiv: typisch bis 200 W
Preis	84" bis 86": Halterung und Seitentafeln:	ab 4000 € ab 1500 €

j) Dokumentenkameras

Dokumentenkameras (Visualizer) ermöglichen die Darstellung von Objekten über eine Großbilddarstellung. Sie ersetzen damit Tageslichtprojektoren und bieten darüber hinaus weitere Funktionen wie die Darstellung von Printmedien oder räumlicher Gegenstände.

Dokumentenkameras werden über einen Display-Anschluss (VGA oder HDMI) direkt mit dem Beamer 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.

Datenblatt Dokumentenkamera		
Mindestkriterien: Werte für Auflösung, Bildfrequenz, Zoom, Schnittstellen		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Auflösung	Die Ausgangsauflösung der Kamera sollte mindestens Full HD (1920 x 1080 Pixel) betragen. Dies entspricht ca. 2 Megapixel.	Ausgangsauflösung mind. 1920 x 1080 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 eine digitalen Zoom.	mind. 6-fach optischer Zoom
Schnittstellen	HDMI-Eingang zum Anschluss eines PC HDMI-Ausgang zum Beamer	HDMI-Eingang HDMI-Ausgang
optionale Anschlüsse		VGA, USB Cardreader
Lichtquelle		LED-Licht, abschaltbar
Funktionen	Umschalter zwischen Dokumentenkamera, HDMI-Eingang bzw. VGA-Eingang (zur Darstellung eines angeschlossenen PC am Beamer, ggf. auch, wenn die Dokumentenkamera ausgeschaltet ist) Erstellen und Speichern von Bildern und Videos auf USB-Stick, Speicherkarte oder direkt auf den PC	
Preis		ab 600 €

k) Drucker

Im Bereich der Schulverwaltung oder als zentraler Drucker für Lehrkräfte bietet es sich an, zum Drucken, Kopieren und Scannen zentrale Großgeräte (z. B. als Leasinggeräte) einzusetzen.

Als dezentraler Drucker mit geringem Druckvolumen ist ein netzwerkfähiger Monochrom- oder Farb-Seitendrucker empfehlenswert. Bei der Beschaffung sind die Verbrauchskosten (Gesamtkosten pro Seite bzw. monatliche Gesamtkosten) zu beachten.

Falls mobile Geräte (Tablets, Smartphones) einen Druckerzugriff haben sollen, sollte darauf geachtet werden, dass der Drucker auch die herstellerspezifischen Protokolle unterstützt (z. B. Apple AirPrint) bzw. cloudfähig ist (z. B. für Google Cloud-Print).

Datenblatt Drucker (dezentraler Drucker mit geringem Druckvolumen)		
Mindestkriterien: Werte für Auflösung, Schnittstellen		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Typ, Format	Laser-/Tintenstrahldrucker, SW/Farbe, DIN A4 oder DIN A3	
Auflösung		ab 1200 x 1200 dpi
Geschwindigkeit		Zeit bis zur ersten Seite max. 30s mind. 30 Seiten/min nach ISO/IEC 24734:2014
Papierzufuhr	Für Einzelblätter (z. B. Brief- umschläge, Folien) ist eine eigene Mehrzweckzufuhr sinnvoll.	Papierkassette 250 Blatt, Mehrzweckzufuhr
Duplex		Duplexdruck 10 Seiten/min
Schnittstellen	LAN-Anschluss, ggf. zusätzlich ein Wireless-LAN-Anschluss	RJ45 Ethernet (1 GBit/s)
Cloudbasierte Druckdienste	Cloudbasierte Druckdienste ermögli- chen das Ausdrucken von mobilen Geräten aus, auch über das Internet, alternativ können die Dienste auch über einen PC freigegeben werden. Apple AirPrint, Google Cloud Print, herstellereigene Lösungen	
Zubehör	zweites bzw. größeres Papierfach	

Votum 2019

Ergonomie, Zertifizierung	„Energy Star“ beschreibt Mindestanforderungen für die Energieeffizienz. „Blauer Engel“ ist ein Umweltprüfzeichen mit Kriterien zu Energieverbrauch, Materialanforderungen, Recyclingfähigkeit und Geräuschemission.	Energy Star Blauer Engel (RAL-UZ 205 für Drucker)
Druckkosten	Druckkosten können bei den einzelnen Geräten stark schwanken.	s/w-Seite: < 2 Cent Farbseite: < 10 Cent
Preis	Bei sehr preisgünstigen Geräten sind die Druckkosten oft sehr hoch. Daher sollten bei der Anschaffung auch die Kosten der Ersatzkartuschen und ihr Druckvolumen berücksichtigt werden.	s/w-Laserdrucker: ab 170 € Farbdrucker: ab 200 € (mit erweiterten Funktionen wie Duplexdruck, Mehrzweck-Papierzufuhr und drahtlosem Drucken) Farblaser-Multifunktionsgerät: ab 300 €

I) 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).

Beim 3D-Druck wird das zu druckende Objekt Schicht für Schicht computergesteuert aufgebaut, um so dreidimensionale Werkstücke zu erzeugen. Die hierfür üblicherweise verwendeten Werkstoffe sind Kunststoffe, die geschmolzen und durch eine Düse gepresst werden.

Manche Materialien reagieren auf Temperaturschwankungen sehr empfindlich. Ein geschlossenes Druckersystem sorgt für weitgehend gleichbleibende Temperaturen während des Druckvorgangs und damit für präzisere Drucke. Zudem besteht die Möglichkeit, die beim Schmelzvorgang je nach verwendetem Material entstehenden Dämpfe gefiltert abzusaugen.

Für die Steuerung des Druckers wird eine entsprechende Software (Slicer) benötigt, welche meist mit dem Drucker mitgeliefert wird. Diese Software erstellt aus 3D-Körpern den entsprechenden Code mit Steuerbefehlen für den 3D-Drucker (z. B. g-code). Viele dieser Softwarepakete sind Open-Source und für verschiedene Drucker geeignet. Die Übermittlung der Daten erfolgt über einen USB-Anschluss oder durch Kopieren auf eine SD-Karte. Ebenso existieren Apps, die den Drucker per LAN oder WLAN steuern können.

Der 3D-Druck großer Werkstücke kann mitunter viele Stunden dauern. Eine Abschätzung der zu erwartenden Druckdauer liefert üblicherweise die Druckersoftware.

Für 3D-Drucker existieren auch viele Bausätze. Diese eignen sich gut, um die Funktionsweise solcher Geräte kennen zu lernen. Für den produktiven Betrieb sind sie häufig nicht geeignet, da es ihnen oft an der nötigen Betriebssicherheit (u. a. CE) fehlt.

Für einen günstigen 3D-Druck kommt üblicherweise das Schmelzschichtverfahren (FDM: Fused Deposition Modelling, FLM: Fused Layer Modelling, FFF: Fused Filament Fabrication) zum Einsatz. Hier wird ein Werkstück aus geschmolzenem Kunststoff (Filament, z. B. PLA, ABS, PETG, Nylon, HIPS) bei Temperaturen von 150°C - 260°C schichtweise aufgetragen. Bei größeren Überhängen in dem zu druckenden Objekt sind Stützstrukturen notwendig, die anschließend entfernt werden müssen. Verfügt der Drucker über einen zweiten Druckkopf (Extruder), kann man diese Stützstrukturen aus einem wasserlöslichen Material (PVA) drucken, welches dann leicht und rückstandsfrei aufgelöst werden kann.

Bei zwei Extrudern ist es auch möglich, zweifarbig zu drucken. Mehrfarbige Drucke sind durch anschließendes Bedrucken des Werkstücks mit dem 3D-Tintenstrahlverfahren möglich.

Damit sich das Werkstück während des Druckvorgangs nicht von der Druckplatte löst, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die auch vom Druckmaterial abhängen. z. B. Glasplatte mit Haarspray, Pertinaxplatte, Blue Tape. Während man bei PLA auch bei unbeheizten Druckplatten gute Ergebnisse erzielen kann, ist bei anderen Werkstoffen wie ABS eine beheizbare Druckplatte erforderlich. Bei jedem Filament müssen die Temperatureinstellungen für Extruder und Druckplatte passend eingestellt werden.

Datenblatt 3D-Drucker		
Mindestkriterien: Werte für Schichtdicke, Druckplatte		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Technologie	Schmelzschichtungs-Verfahren (FDM)	
Druckmaterial	Filament, Ø 1,75 mm oder Ø 2,85 mm, je nach 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 ABS
Extruder	1-2 Extruder, wählbare Temperatur bis zu 260 °C Düsendurchmesser; 0,25 / 0,40 / 0,60 / 0,80 mm	Düsendurchmesser: 0,4 mm
Schichtdicke	ab 0,02 mm, u.a. abhängig von der gewählten Düse	bis 0,1 mm
Druckplatte	Auf der Druckplatte entsteht das Objekt. Für viele Kunststoffe ist eine beheizbare Druckplatte notwendig.	beheizbar
Objektgröße	abhängig von der Größe des Druckers und der Druckplatte Von 100 mm x 100 mm x 100 mm bis 500 mm x 500 mm x 500 mm und darüber hinaus möglich.	ca. 200 mm x 200 mm x 200 mm ist eine gängige Größe
Bauform	offen/geschlossen	geschlossen
Preis		mit unbeheizter Druckplatte: ab 600 € mit beheizter Druckplatte: ab 1000 €

m) Strukturierte Gebäudeverkabelung

Die nachfolgenden Empfehlungen für aktive Netzwerkkomponenten gehen von einer aktuellen Netzwerk-Infrastruktur aus, der eine strukturierte Gebäudeverkabelung zugrunde liegt (siehe auch Kapitel 6 Vernetzung der Rechner, Schulhausvernetzung). Insbesondere sind dies:

- Zentraler Serverraum im Schulgebäude (Gebäudehauptverteiler) mit breitbandiger Internetanbindung
- Mehrere Bereichsverteiler innerhalb der Schule
- Backbone-Verkabelung (zwischen Gebäudehauptverteiler und Bereichsverteiler) mit 10 GBit/s Glasfaser
- Verbindung zwischen Bereichsverteiler und Anschlussdosen am Arbeitsplatz mit 1 GBit/s Kupfer

n) Access-Points

Ein Access-Point ermöglicht den Zugriff auf das Schulnetz über WLAN. Bei mehreren Access-Points erleichtert ein Controller die Administration des Netzes. Zu unterscheiden sind Standard-Access-Points (Fat-APs), die mit oder ohne Controller betrieben werden können und Access-Points, die ausschließlich im Zusammenspiel mit einem Controller betrieben werden können (Thin-APs). Bei Thin-APs läuft üblicherweise die gesamte WLAN-Kommunikation über den Controller (WLAN-Switch). Deshalb muss bei dieser Betriebsart auch das Netzwerk auf die zusätzliche Belastung ausgelegt sein.

Bei der Beschaffung sollte bereits auf die Möglichkeit der Erweiterung des Netzes geachtet werden (Skalierbarkeit). Der Einsatz professioneller Geräte ermöglicht den stabilen Betrieb auch bei vielen gleichzeitigen Zugriffen.

Datenblatt Access-Point		
Mindestkriterien: Werte für WLAN-Standard, Übertragungsraten, Konfiguration, Authentifizierung, Multi-SSID, LAN-Schnittstelle, Stromversorgung, Client-Isolation		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
WLAN-Standard	Aktueller Standard: 802.11ac (Wave 2) In der Regel bedienen diese Geräte neben 11ac-fähigen Geräten im 5 GHz-Band auch 11n-Clients im 2,4 GHz-Frequenzband.	IEEE 802.11ac 2,4 GHz und 5 GHz

Übertragungsraten	Übertragungsraten (802.11n-Standard im 2,4 GHz-Bereich): bis 150 MBit/s (Mimo 1x1) bis 300 MBit/s (Mimo 2x2) bis 450 MBit/s (Mimo 3x3) Übertragungsraten (802.11ac-Standard im 5 GHz-Bereich): bis 433 MBit/s (Mimo 1x1) bis 867 MBit/s (Mimo 2x2) bis 1300 MBit/s (Mimo 3x3)	2,4 GHz: ab 300 MBit/s 5 GHz: ab 867 MBit/s
Konfiguration	Gegebenenfalls sollte zusätzlich die Konfiguration über ein Webinterface möglich sein.	zentrales Management über einen WLAN-Controller möglich
Sendeleistung	Wenn externe Antennen angebracht werden, muss die Sendeleistung um den Antennengewinn reduziert werden. Um die Reichweite zu beschränken oder um Störungen zu benachbarten Access-Points zu vermeiden, kann es ebenfalls sinnvoll sein, die Sendeleistung zu reduzieren.	Die maximale Sendeleistung sollte reduzierbar sein.
Authentifizierung	Üblich sind heute WPA2-PSK (Pre-shared Key) und WPA2-Enterprise (802.1x in Verbindung mit einem Radius-Server).	WPA2-PSK und WPA2-Enterprise (802.1x)
Multi-SSID	Multi-SSID ermöglicht die Bereitstellung mehrerer Funkzellen (SSIDs) in unterschiedlichen Teilnetzen (VLANs) für unterschiedliche Benutzergruppen (z. B. Lehrer, Schüler, etc.)	Multi-SSID VLAN-Unterstützung nach 802.1q
LAN-Schnittstelle	Ggf. können auch 2 LAN-Schnittstellen sinnvoll sein (z. B. separate Konfigurationsschnittstelle).	1 GBit/s-Ethernet
Stromversorgung	PoE (Power-over-Ethernet) ist Standard. Gegebenenfalls zusätzlich externes Netzteil	PoE 802.3af oder 802.3at
Antennen	Externe Antennen können durch spezielle Richtcharakteristiken das Sende- und Empfangsverhalten positiv beeinflussen; im Klassenzimmer reichen meist die eingebauten Standardantennen (Rundstrahler).	

Votum 2019

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.	Client-Isolation einstellbar
Ergonomie / EMV	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 darüber 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 200 €

o) WLAN-Controller

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

Übersicht zu WLAN-Controllern	
Funktionsweise eines WLAN-Controllers	
Management eigenständiger Access-Points (Fat-APs)	Der Controller dient nur zur Konfiguration und zur Überwachung der Access-Points. Ansonsten sind die Access-Points eigenständig und funktionieren auch ohne Controller. Die WLAN-Nutzdaten laufen nicht über den Controller.
Zentrale Komponente für den Betrieb von Thin-APs	Die Access-Points können nicht eigenständig betrieben werden. Alle WLAN-Nutzdaten laufen über den Controller bzw. einen eigenen WLAN-Switch.
Implementierung von WLAN-Controllern	
eigenständiger Hardware-Controller (Appliance)	Der Controller ist ein eigenes Gerät. Dies ist üblich, wenn alle WLAN-Nutzdaten über den Controller laufen.
Zusatzfunktion auf einem Router oder Access-Point	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 Windows- oder Linux-Server installiert.
Cloud-Service	Der Controller wird als Cloud-Service angeboten. Diese Variante ist gegebenenfalls auch mandantenfähig und ermöglicht das zentrale Management mehrerer Standorte bzw. Schulen. Zur Konfiguration benötigen die Access-Points eine Internetverbindung. Üblicherweise entstehen hier auch Kosten für den Betrieb des Cloud-Service.

Funktionen eines WLAN-Controllers	
übliche Funktionen	<ul style="list-style-type: none">• automatische Erkennung neuer Access-Points• zentrale Konfiguration aller Access-Points• zentrales Monitoring aller Access-Points• automatisches Firmware-Rollout für alle Access-Points
optionale Funktionen	<ul style="list-style-type: none">• Betrieb einer Captive-Portal-Lösung• Benachrichtigung per E-Mail, wenn Fehler auftreten

p) Ethernet-Switche

Eine Netzwerk-Infrastruktur wird mit managebaren VLAN-fähigen Layer-2-Switchen und gegebenenfalls mit einem zentralen Layer-3-Switch (mit Routing- und Firewall-funktionen) aufgebaut.

Nicht managebare Switche können in kleineren Umgebungen oder zur Versorgung von POE-fähigen Geräten zum Einsatz kommen.

Datenblatt Ethernet-Switch (managebarer VLAN-fähiger Layer-2-Switch zum Einsatz in einem Bereichsverteiler)		
Mindestkriterien: Werte für Anschlüsse, VLANs, Leistung, Garantie		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
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
Anschlüsse	Üblich sind 24 oder 48 Ethernet-Ports (RJ45) mit 10/100/1000 MBit/s (Autosensing) und zusätzlich 2-4 Uplink-Ports mit 1 GBit/s SFP oder 10 GBit/s SFP+.	ab 24 Ethernet-Ports mit 10/100/1000 MBit/s ab 2 SFP+ Ports mit 10 GBit/s
PoE	Zur Stromversorgung angeschlossener Netzwerkgeräte (z. B. WLAN-Access-Points, IP-Telefone, Web-Kameras) ist PoE (Power over Ethernet) Standard. PoE nach IEEE 802.3af: (max. Leistung pro Port: 15,4 W) PoE+ nach IEEE 802.3at (max. Leistung pro Port: 30 W) Die PoE-Gesamtleistung sollte über der benötigten Leistung liegen.	PoE+ nach IEEE 802.3at PoE+-Gesamtleistung: mind. 300W
VLANs		VLAN-Unterstützung nach 802.1Q

zusätzliche Funktionen	<p>Rapid Spanning-Tree (Loop-Protection)</p> <p>ggf. QoS (Quality of Service) bei VoIP</p> <p>ggf. Port-Mirroring und Protokollierung fehlerhafter Datenframes (Fehlersuche)</p> <p>ggf. Link Aggregation (Bündeln von Uplink-Ports für höhere Bandbreiten)</p>	
Status-Anzeigen		Verschiedenfarbige LED-Leuchten für Status-, Aktivitäts- und Geschwindigkeitsanzeige des jeweiligen Ethernet-Ports.
Montage	Montage im Rack	19 Zoll-Gerät
Leistung	<p>Die interne Switching-Kapazität (Bandbreite der Backplane) sollte der (doppelten) Gesamtkapazität aller Ports entsprechen.</p> <p>Der Datendurchsatz in Mpps (Million Packets per Second) gibt an, wie viele Pakete der Switch 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 2000 Bit kalkuliert.</p> <p>Weitere Leistungsparameter können sein: Latenzzeit, Paketpuffergröße</p> <p>Nicht alle Anbieter geben vergleichbare Werte für die Leistungsfähigkeit an.</p>	<p>Switch mit 24 Ethernet- und 2 SFP+-Ports: Switching-Kapazität: 88 GBit/s Datendurchsatz: mind. 44 Mpps</p> <p>Switch mit 48 Ethernet- und 4 SFP+-Ports: Switching-Kapazität: 176 GBit/s Datendurchsatz: mind. 88 Mpps</p>
Garantie		5 Jahre Garantie
Service	kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates, Serviceadresse	
Preis	<p>PoE-Switch mit 24 Ethernet- und 4 SFP+-Ports</p> <p>PoE-Switch mit 48 Ethernet- und 4 SFP+-Ports</p>	<p>ab 1.000 €</p> <p>ab 1.200 €</p>
SFP-Module	<p>SFP+-Modul mit 10 GBit/s:</p> <p>Bei SFP-Modulen (GBICs) muss auf den richtigen LWL-Anschluss (ST, SC, LC) geachtet werden.</p>	ab 150 €

q) Layer-3-Switche

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

Bei einer weniger differenzierten Aufteilung des lokalen Netzes (z. B. Unterrichtsnetz, Lehrernetz) kann diese Aufgabe auch der Internetzugangsroutenrouter mit übernehmen.

Datenblatt Layer-3-Switch		
Mindestkriterien: Werte wie beim Layer-2-Switch		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Layer-2 Merkmale	Alle Merkmale für Layer-2-Switche gelten auch für Layer-3-Switche.	
Leistung	Layer-3-Switche 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
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 Layer-3-Switch mit 24 Ethernet- und 16 SFP+-Ports	ab 1.000 € ab 5.000 €
SFP-Module	SFP+-Modul mit 10 GBit/s:	ab 150 €

r) Internetzugangsrouten

Ein Internetzugangsrouten (Access-Routen) verbindet das Schulnetz mit dem Internet. Der Routen bietet dazu Übergänge vom lokalen Netz (auf Ethernet-Basis) auf ein Weitverkehrsnetz (DSL, Kabelnetz). Dieser Übergang ist eine wichtige Schnittstelle und erfordert eine präzise Konfiguration und eine stabile Funktion.

Professionelle Routen, wie sie überwiegend im kommerziellen Umfeld eingesetzt werden, bieten differenzierte Firewall-Funktionen. Speziell für Schulen werden auch vorkonfigurierte Kommunikationsserver angeboten (Computer auf Linux-Basis). Bei diesen ist zu prüfen, ob sie den Erfordernissen der Schule bzw. den nachfolgenden Empfehlungen im Datenblatt (z. B. Routing-Durchsatz) genügen.

Einfache DSL-Routen, wie sie im privaten Bereich eingesetzt werden, sind für die meisten 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.

Nachfolgend ist ein schulgeeigneter Hardware-Routen beschrieben.

Datenblatt Internetzugangsrouten		
Mindestkriterien: Werte für LAN-Schnittstellen, WAN-Schnittstellen, Routing-Durchsatz		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Konfiguration	Die übliche Konfiguration erfolgt über ein Webinterface des Routens. 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
LAN-Schnittstellen	4 x 1 Gigabit-Ethernet-Ports, die als Router-Ports in unterschiedliche Netze getrennt werden können (z. B. Unterrichtsnetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz). Einzelne LAN-Ports können in Verbindung mit einem externen Modem auch als zusätzliche WAN-Schnittstellen geschaltet werden (z. B. für load-balancing).	4 x 1 GBit/s-Ethernet-Ports, als Router-Ports konfigurierbar

WAN-Schnittstellen	Eine oder mehrere WAN Gigabit-Ethernet-Schnittstellen, konfigurierbar für externes Modem (z. B. PPPoE, je nach Provider) z. B. DSL-Schnittstelle mit integriertem Modem für ADSL/ADSL2+, VDSL, SDSL (Annex B/J), LWL	1 zur WAN-Technologie kompatible Schnittstelle (z. B. DSL, Kabel, Ethernet)
VLANs	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
Routing-Durchsatz	Wenn der Router auch zur Trennung verschiedener Netze (z. B. Unterrichtsnetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz) eingesetzt werden soll, sollte der Durchsatz entsprechend höher sein.	Routing-Durchsatz mind. 800 MBit/s
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 5 gleichzeitigen VPN-Verbindungen über IPSEC
DNS, DHCP, etc.	Weitere Zusatzfunktionen (DNS Relay bzw. DNS Proxy, DHCP, Dynamisches DNS) sind üblicherweise an allen Routern integriert.	DHCP-Server für alle Teilnetze, DNS-Relay
Jugendschutzfilter	Viele Internetzugangsroutern bieten eine Unterstützung für die Nutzung eines Jugendschutzfilters (Webfilter auf DNS-Basis). Dieser muss üblicherweise eigens lizenziert werden.	
Hotspot-Gateway	Einige Router bieten ein Hotspot-Gateway an (z. B. für ein Schüler- oder Gäste-WLAN). Die Authentifizierung erfolgt über einen Radius-Server, der ggf. lizenziert werden muss.	

Votum 2019

Montage	19"-Zoll-Gerät zum Einbau in einem Rack, bzw. Tischgerät	19"-Gerät bzw. 19"-Einbaurahmen
Garantie		mindestens 3 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 200 €

11. Weiterführende Literaturhinweise

Die zentrale Informationsquelle für die Schulen ist das Landesmedienzentrum mebis (<https://www.mebis.bayern.de>). Weitere einschlägige Informationen sind bei der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung Dillingen (<https://alp.dillingen.de/akademie/akademieberichte>) und beim Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (<https://www.isb.bayern.de>) erhältlich bzw. können bei den Beratungsstellen (siehe auch 1.d) Beratungs- und Fortbildungsangebote) erfragt werden. 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.

- Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus vom 24. Oktober 2012 Az.: III.4-5 S 1356-3.18 725 „Medienbildung – Medienerziehung und informationstechnische Bildung in der Schule“ (siehe <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/service/datenschutz/recht/kmbek-medienbildung>, <https://www.verkuendung-bayern.de/kwmbbl/jahrgang:2012/heftnummer:22/seite:357>)
- Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus vom 11. Januar 2013 Az.: I.5-5 L 0572.2-1a.54 865 „Erläuternde Hinweise für die Schulen zum Vollzug des Bayerischen Datenschutzgesetzes“ (siehe <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/service/datenschutz/recht/kmbek-hinweise-zum-datenschutz>, <http://www.km.bayern.de/ministerium/recht/datenschutz.html>).
- Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus vom 12. September 2012 Az.: II.7-5 O 4000-6b.122 162 „Rechtliche Hinweise zur Nutzung des Internets an öffentlichen Schulen“ (siehe http://www.km.bayern.de/download/500_hinweise_internetnutzung_an_oeff_schule_n.pdf, <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/service/datenschutz/recht/kmbek-edv-und-internet>)
- Planungsrichtlinien für Kommunikationsnetze, Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, München 2010 (<https://www.lrz.de/services/netz/verkabelung/richtlinien.pdf>, <https://alp.dillingen.de/akademie/it-beratung>)
- Votum 2018 des Beraterkreises für Schulrechner, ALP Dillingen 2018 (<http://www.mebis.bayern.de/votum>)
- Digitale Bildung in Schule, Hochschule und Kultur, Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, München 2016 (https://www.km.bayern.de/download/13284_stmbw_digitalebildung_2016.pdf)
- Erstellung von Medienkonzepten an bayerischen Schulen (<https://www.mebis.bayern.de/medienkonzepte>)
- Sichere Internetanbindung von Schulen, ALP Dillingen 2010 (http://alp.dillingen.de/schulnetz/materialien/Sichere_Internetanbindung_I.pdf)

Votum 2019

- Das Lean-LAN – zeitgemäße Netzwerke in Schulen, Frankfurt, Dillingen 2006
(<https://www.mebis.bayern.de/wp-content/uploads/sites/2/2015/06/LEAN-LAN.pdf>)
- DGUV Information 215-410 Bildschirm- und Büroarbeitsplätze - Leitfaden für die Gestaltung, Berlin September 2015
(<https://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/215-410.pdf>)
- Digitales Klassenzimmer - Verlieren unsere Kinder sonst den Anschluss?
(<https://www.die-debatte.org/digitalisierte-kindheit-schule>)

München, Juli 2019

gez.

Georg Schlagbauer

Studiendirektor