



Beraterkreis zur IT-Ausstattung von Schulen

Votum 2018

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

Votum 2018

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 2018

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 2018 ist im Internet unter der Adresse
<https://www.mebis.bayern.de/votum>
abrufbar.

Grußwort

Mit unserem Masterplan BAYERN DIGITAL II und unserer Zukunftsstrategie „Digitale Bildung in Schule, Hochschule und Kultur“ stellen wir die Weichen für Bayerns digitale Zukunft. Die inhaltliche Auseinandersetzung mit dem digitalen Wandel und seinen Auswirkungen ist unverzichtbar für die Entwicklung junger Menschen zu mündigen Bürgern.



Mein Credo lautet: Die Technik dient der Pädagogik – nicht umgekehrt. Darum werden wir die Breitbandanbindung verbessern, die pädagogischen Angebote von „mebis – Landesmedienzentrum Bayern“ ausbauen und unsere schulische Systembetreuung stärken. Außerdem werden wir 50.000 digitale Klassenzimmer ausstatten. Das ist ein Gewinn für unser Bildungsland Bayern.

Ich danke allen Mitgliedern des Beraterkreises zur IT-Ausstattung von Schulen am Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus für ihr Engagement: den Vertretern des Staatsministeriums, den Mitarbeitern der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung in Dillingen sowie des Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung München, den Vertretern der Kommunen und den IT-erfahrenen Lehrkräften aller Schularten. Danke für Ihre geleistete Arbeit und Ihr Engagement. Sie machen unsere Schülerinnen und Schüler fit für das Leben und Arbeiten in unserer digitalen Welt.

Den Leserinnen und Lesern dieses Votums wünsche ich vielfältige Impulse und Orientierungshilfen für die Planung und Implementierung ihrer schulischen IT-Ausstattung.

München, im Juni 2018

A handwritten signature in blue ink that reads "Bernd Sibler". The signature is fluid and cursive, with a long horizontal stroke at the end.

Bernd Sibler
*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	8
2. Hinweise zur Beschaffung von IT-Systemen.....	9
a) Beschaffung von IT-Systemen.....	9
b) Gebrauchtreamer	10
c) Leasing.....	11
3. Betreuung von IT-Systemen an der Schule.....	11
a) Systembetreuung an den Schulen	11
b) Nutzungsordnung	11
4. Das digitale Klassenzimmer.....	12
a) Digitale Großbilddarstellung	13
b) Dokumentenkamera	13
c) Analoge Tafel.....	13
d) Räumliche Anordnung	13
e) Digitale Geräte für die Schüler	14
f) Computer- und andere Fachräume.....	15
g) Sonderpädagogischer Förderbedarf und Inklusion	15
h) Lernplattformen	16
5. Weitere Einsatzbereiche von IT-Systemen	16
a) Unterrichtsbezogene Nutzung von frei zugänglichen Computern	16
b) Lehrerzimmer.....	16
c) Räume für die Seminausbildung.....	16
d) IT-Systeme in der Schulverwaltung.....	16
6. Vernetzung der Rechner, Schulhausvernetzung.....	17
a) Ethernet-Verkabelung (LAN)	17
b) Funknetz (WLAN)	18
c) Funkbrücken	20
d) Powerline	20
e) Logische Trennung des lokalen Netzes in Teilnetze.....	20
7. Verbindung mit dem Internet.....	21
a) Internetzugang.....	21
b) Firewall	22
c) Webfilter	22
8. Software und Betriebssysteme	23
a) Standardsoftware, Branchensoftware, Pädagogische Software	23
b) Arbeitsplatzbetriebssysteme	23
c) Serverbetriebssysteme.....	24
9. Administrative Aufgaben.....	24
a) Installation der Arbeitsplatzcomputer	24
b) Installation von Software	25
c) Schutz der Arbeitsplatzcomputer vor Veränderungen	25
d) Sicherheitsupdates.....	25

e) Virenschutz	25
f) Systeme zur Datensicherung	25
g) Terminalserver-Systeme	26
h) Virtualisierung von Server-Systemen	26
10. Hardware	26
a) Arbeitsplatzcomputer	26
b) Monitore	29
c) Notebooks	30
d) Tablets	32
e) Server	34
f) NAS-Systeme	36
g) Großbilddarstellung	40
h) Beamer	41
i) Großbildmonitore	43
j) Interaktiver Großbildmonitor (Touchdisplay)	44
k) Dokumentenkameras	46
l) Drucker	47
m) Access-Points	49
n) WLAN-Controller	51
o) Ethernet-Switche	52
p) Layer-3-Switche	54
q) Internetzugangsrouten	56
11. Weiterführende Literaturhinweise	58

Eine an pädagogischen Zielsetzungen orientierte IT-Ausstattung der Schulen ist eine wesentliche Voraussetzung zur Stärkung 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/kwmb/jahrgang:2012/heftnummer:22/seite:357> oder <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/service/datenschutz/recht/kmbek-medienbildung>).

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 Vorgaben innerhalb bestehender rechtlicher Rahmenbedingungen konzipiert sein. Es stellt die technische Basis zur Umsetzung eines Mediencurriculums dar. Diese Konzeption ist 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, beziehungsweise BayernWLAN für öffentliche Schulen)
- Zugang zum Internet (z. B. Proxy, Filterlösungen)
- Zugang zu externen Diensten, Nutzung externer Cloud-Dienste

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

Medienkonzept

Aus dem 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 und für 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 Schüler und Lehrer 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, 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 <http://alp.dillingen.de/service/it/lean-lan.pdf>) dargestellt.

Pädagogische Oberflächen

Pädagogische Oberflächen ermöglichen das Austeilen und Einsammeln von Unterrichtsmaterial und sind auch ein Kontrollsystem für den Lehrer über die Unterrichtscomputer (z. B.: Dunkel-schaltung der Monitore, Steuerung des Internetzugriffs, Einsicht in die Schülermonitore). In der Regel setzen pädagogische Oberflächen ein domänenbasiertes Netzwerk mit Windows-Computern voraus.

Digitales Klassenzimmer

Das digitale Klassenzimmer beschreibt, wie im einzelnen Klassenzimmer mit digitalen Medien gearbeitet wird und welche Arbeitsformen damit im Zusammenhang mit der übrigen Klassenzimmergestaltung (z. B.: Tischformen, flexible Pinnwände, Tafelanordnung) unterstützt werden.

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 kann dennoch im Organisationsbereich der Schule liegen (z. B. mebis).

Bei einer zuverlässigen und breitbandigen Anbindung an das Internet können Serverdienste, Dateiablagen oder Lernplattformen 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 mit einheitlichen IT-Systemen und Systemlösungen ausgestattet werden.

c) Planung von IT-Systemen in der Schule

Zur Vorbereitung von Beschaffungsmaßnahmen im IT-Bereich muss an der Schule ein Planungsteam gebildet werden. Dieses Team entwickelt ein umfassendes Einsatz- und Ausstattungskonzept im Rahmen eines 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 muss 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 oder Medienpädagogisch-informationstechnische Berater, IT-Experten des Sachaufwandsträgers, IT-Experten der Ausbildungsbetriebe im beruflichen Bereich, Ingenieurbüros) in die Planung ergänzend eingebunden werden.

Im Sinne von „Green IT“ ist schon bei der Planung auf einen dauerhaft ressourcenschonenden Einsatz der IT-Systeme zu achten.

d) Beratungs- und Fortbildungsangebote

Im *Medienbereich* stehen für didaktische und pädagogische Fragen die Medienpädagogisch-informationstechnischen Berater (MiB) zur Verfügung, die an allen Dienststellen der Ministerialbeauftragten sowie an allen Staatlichen Schulämtern und Regierungen angesiedelt sind (siehe auch <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/mib>).

Im Grund-, Mittel- und Förderschulbereich gibt es zusätzlich 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
(g.schlagbauer@alp.dillingen.de)
- Medieneinsatz: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung
(<http://www.isb.bayern.de>),
Landesbeauftragte für den Computereinsatz im Fachunterricht
(<https://www.mebis.bayern.de/infportal/service/beratung/landesbeauftragte>),
Medienzentren der kreisfreien Städte und Landkreise
(<https://www.mebis.bayern.de/infportal/medienzentren>)
- Schulverwaltung: Multiplikatoren für Schulverwaltungsprogramme
(<http://www.asv.bayern.de/winsv>, <http://www.asv.bayern.de>)

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

2. Hinweise zur Beschaffung von IT-Systemen

Unbenommen der Empfehlungen und Festlegungen 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

Beim IT-Einsatz stehen die didaktischen Aspekte und medienpädagogischen Ziele der jeweiligen Schule im Vordergrund. Diese bedingen die technischen Notwendigkeiten.

Bei Neuanschaffungen soll das IT-System komplett einschließlich einiger Ersatz-Geräte und eines Grundbestandes der erforderlichen Programme beschafft werden. So ist es z. B. sinnvoll, Einheiten (z. B. einen Computerraum) in einem Zug vollständig mit identischer Hardware und Software auszustatten. Bei Software-Beschaffungen zu einem späteren Zeitpunkt muss überprüft werden, ob die neue Software an den vorhandenen Geräten eingesetzt werden kann oder höhere Hardware-Voraussetzungen erfordert. Ebenso muss bei Ersatzbeschaffungen von Hardware überprüft werden, ob die vorhandene Software am neuen System noch lauffähig ist und weiterverwendet werden kann.

Bei einer Beschaffungsmaßnahme darf nicht allein der Gerätepreis ausschlaggebend sein. Dienstleistungen wie Gewährleistung, qualifizierte Betreuung, Installation oder auch entsprechende Administrationshilfen u. ä. sollen in die Kaufentscheidung mit einbezogen werden.

Ein schulgeeignetes IT-System sollte unter Berücksichtigung des jeweiligen Einsatzbereichs folgende *Mindestvoraussetzungen* erfüllen:

Die *Gewährleistung durch den Fachhändler* oder einen Drittanbieter sollte bei sämtlichen Baugruppen für einen Zeitraum von mindestens 36 Monaten gegeben sein (Vor-Ort-Service während der Gewährleistungsfrist, ansonsten Bring-In-Service). In vielen Fällen kann es wirtschaftlich sein, die Gewährleistung auf die gesamte vorgesehene Nutzungsdauer der Geräte auszudehnen. In diesem Votum werden die Empfehlungen für schulgeeignete Computer so getroffen, dass eine Nutzungsdauer von fünf Jahren möglich erscheint.

Beim Austausch defekter Computer sollte darauf geachtet werden, dass ein vorhandenes Systemimage weiterverwendet werden kann (Image-Stabilität).

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

Eine solide Bauweise der einzelnen Komponenten bedingt eine geringe Störanfälligkeit und niedrige Reparaturkosten.

Sehr wichtig ist auch die Einhaltung *ergonomischer Anforderungen*:

- Geräusentwicklung (z. B. leise Lüfter, Grafikkarte ohne Lüfter, leise Festplatten und DVD-Laufwerke) bei Arbeitsplatzrechnern max. 30 dB(A)
- Tastatur (geneigtes und leicht bedienbares Tastaturfeld), optische Maus und ggf. Mauspad
- Bildschirm (TFT-Bildschirm mit matter Oberfläche, zertifiziert nach TCO Certified Displays 7, Augenabstand zum Monitor mind. 45 cm)
- Blickrichtung und Blickhöhe (Vermeidung von Reflexionen und Spiegelungen, Oberkante des Bildschirms unterhalb der Augenhöhe)
- Ergonomische Bildschirme und niedriger Geräuschpegel bei Notebooks (zertifiziert nach TCO Certified Notebooks 5)
- Bildqualität und Energieeffizienz bei Tablets, Anschlussmöglichkeit für externe Tastaturen (zertifiziert nach TCO Certified Tablets 3)
- Geräusentwicklung und Feinstaubemission bei Druckern (Drucker mit hohem Druckaufkommen nicht in unmittelbarer Nähe eines Arbeitsplatzes)

Die Bildschirmarbeitsverordnung als Teil der Arbeitsstättenverordnung

(<http://www.arbeitsrechte.de/bildschirmarbeitsverordnung>) soll beachtet werden. In der Broschüre „Sicher und fit am PC in der Schule“ werden die Mindestanforderungen an EDV-Räume (siehe auch Literaturhinweise, Seite 58) beschrieben.

Ebenso sind *Umweltrichtlinien* zu beachten:

- Lebensdauer von IT-Komponenten mindestens fünf Jahre
- Umweltprüfzeichen Energy Star als Zertifikat für energieeffiziente Geräte (z. B. Energy Star 6.0 für Computer und Monitore)
- TCO-Zertifikate (TCO Certified Displays 7 für Monitore, TCO Certified Notebooks 5, TCO Certified Tablets 3)
- „80 Plus“ ist eine Initiative zur Zertifizierung von Netzteilen mit einem möglichst hohen Wirkungsgrad in verschiedenen Lastbereichen.
- 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 umweltfreundlicher Entsorgung durch den Anbieter
- Rücknahme von Altgeräten durch den Lieferanten entsprechend der gesetzlichen Bestimmungen

b) 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. Daher sollte nach Möglichkeit auf Gebrauchtcomputer verzichtet werden.

c) Leasing

Die Finanzierung einer Rechnerausstattung über *Leasing-Verträge* kommt dort in Betracht, wo die Verfügbarkeit der jeweils neuesten Technik unabdingbar ist. Im schulischen Einsatz muss 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

Als Schnittstelle zwischen Schule und Sachaufwandsträger im Bereich der IT-Ausstattung dient der Systembetreuer. Dessen zentrale Aufgaben 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). Er ist an der Planung und Beschaffung der IT-Systeme beteiligt und koordiniert darüber hinaus die Administration sowie die Wartung und Reparatur der IT-Ausstattung. Das Bayerische Kultusministerium hat bereits im Jahr 2000 der hohen Bedeutung der Ausstattung mit Informations- und Kommunikationstechnik in den Schulen und deren Betreuung Rechnung getragen 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 Fernwartung einzelner Server oder die Bereitstellung zentraler Dienste für mehrere Schulen können 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 Systembetreuer angeboten.

Auch weiterführende Lehrgänge für Systembetreuer werden regelmäßig an der Akademie Dillingen angeboten (siehe <http://alp.dillingen.de/schulnetz>).

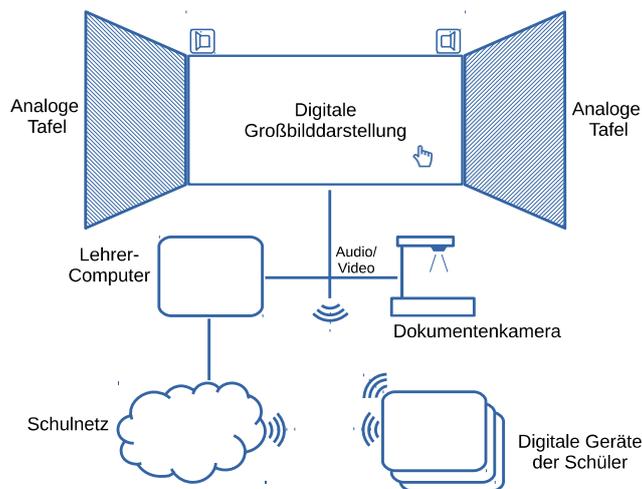
b) Nutzungsordnung

Mit den Schülerinnen und Schülern sowie den Lehrkräften und dem Verwaltungspersonal sollte unbedingt eine Nutzungsordnung zum Umgang mit dem EDV-System vereinbart werden. Zu beachten ist, dass 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. Diese Punkte sollten in einer Nutzungsordnung geregelt werden. Ebenso sollten die technischen und organisatorischen Voraussetzungen zum Einsatz privater Endgeräte im Schulnetz 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 <http://www.km.bayern.de/ministerium/recht.html> oder 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 (Desktop-PC, Notebook oder Tablet für die Lehrkraft, Großbilddarstellung, Dokumentenkamera, Audiosystem) und der *Möglichkeit für Schülerinnen und Schüler*, digitale Geräte (z. B. PCs, Notebooks, Tablets, Smartphones) unter der Verwendung der schulischen Infrastruktur zu nutzen. Gegebenenfalls können die Geräte auf einen zentral bereitgestellten Drucker zugreifen.

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 benutzen. Diese direkte Bedienung (Auge-Hand-Koordination) wird vor allem im Grund- und Förderschulbereich als vorteilhaft erachtet.

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 Bildschirmhalten angeschlossen sein. Damit können die Lehrkräfte und gegebenenfalls auch die Schüler ohne Hürden den Bildschirminhalt des jeweils verwendeten mobilen Gerätes wiedergeben.

Die sinnvolle Nutzung 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 dreidimensionaler Gegenstände. Zum anderen lassen sich damit auch Abläufe aufzeichnen (z. B. physikalische oder chemische Versuche, Demonstration des Umgangs mit analogen Werkzeugen), gegebenenfalls digital bearbeiten und in Teilschritten wiedergeben.

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).

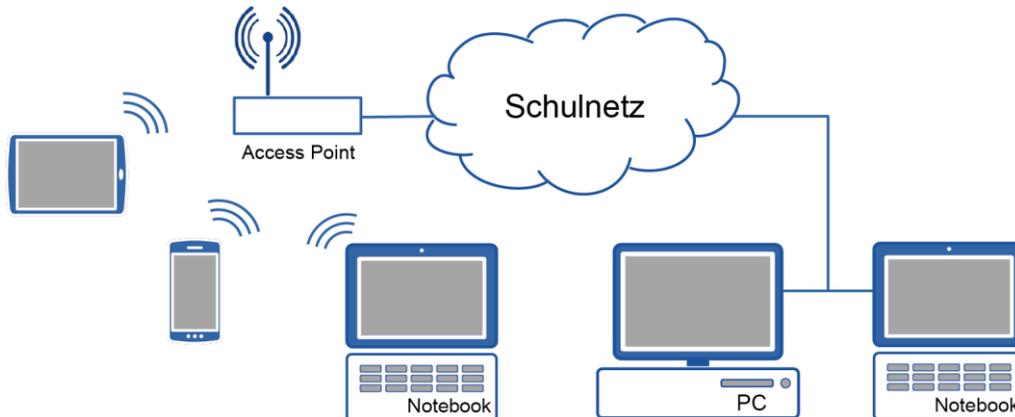
d) Räumliche Anordnung

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 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

Hier nutzen Schülerinnen und Schüler das private Notebook oder ein anderes mobiles Endgerät (Tablet oder Smartphone) als persönliches Lernwerkzeug, 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 dadurch datenschutzrechtliche Belange nicht verletzt werden (z. B. durch Zugriffe der Apps auf persönliche Daten der Schüler).
- 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, z. B.

- Austeilen, Einsammeln und Laden der Geräte
- Möglichkeit zum Zurücksetzen bzw. zum Klonen oder zur Neuinstallation der Geräte; ggf. Kosten und Aufwand für ein Mobile-Device-Management (MDM)
- Da auf einem Tablet nach der Verwendung in der Regel personenbezogene Daten (wie z. B. Bilder, Filme oder erstelltes Material) gespeichert sind, die evtl. von nachfolgenden Benutzern eingesehen werden können, muss den Themen Datenschutz und Datensicherheit ein besonderes Augenmerk gewidmet werden (Information, Verhaltensregeln, Sicherung der Ergebnisse, Löschen der Dateien vor der Rückgabe des Tablets).
- Viele Tablets sind nur in Verbindung mit einem individuellen Online-Account beim Hersteller sinnvoll zu nutzen. Neben praktischen und haftungsrechtlichen Problemen, die eine personenbezogene Registrierung von Schulcomputern mit sich bringt, kann die Nutzung auch eine datenschutzrechtliche Prüfung erfordern.

Informationen zu Fragestellungen rund um die Nutzung von Tablets im Unterricht sind unter <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/konzepte/it-ausstattung/laptop-tablet-smartphone/> veröffentlicht.

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

Arbeitsplatzrechner für 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 (beispielsweise in U-Form), dass 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 Peripherie (z. B. Funkmikrophone, Grafiktablets, Plotter).

g) Sonderpädagogischer Förderbedarf und Inklusion

Zusätzliche spezielle Peripherie kann in entsprechenden Förderbereichen oder im Rahmen der Inklusion von Kindern und Jugendlichen mit sonderpädagogischem Förderbedarf notwendig sein. Dies betrifft besonders Ein- und Ausgabegeräte. Beispiele sind spezielle Braille-Tastaturen und -Drucker bei Blinden, elektronische Kommunikationshilfen im Rahmen der Unterstützten

Kommunikation, programmgesteuerte Sprachkontrolle bzw. Bildtelefonie bei Hörgeschädigten und im Bereich der Sprachförderung oder programmierbare Tastaturen bei Körperbehinderten. 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 Fachberatern 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 Internetzugang und gegebenenfalls mit WLAN-Zugang ergänzt werden. Die Schülerinnen und Schüler nutzen diese außerhalb des regulären Fachunterrichts zu schulischen Zwecken, z. B. zur Informationssuche bzw. -gewinnung, zur Referatsvorbereitung oder zur Arbeit mit Lernplattformen.

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 gegeben sein, diese Computer zur Unterrichtsvorbereitung zu verwenden. Ebenso empfiehlt es sich, dass Lehrkräften Geräte zur Verfügung stehen, mit denen diese auf die Schulverwaltung zugreifen können.

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

c) Räume für die Seminausbildung

Es wird empfohlen, Räume, die üblicherweise für den Lehrbetrieb im Rahmen der Seminausbildung genutzt werden, ebenfalls mit Großbilddarstellung, Audiosystem und Dokumentenkamera auszustatten. Zudem kann eine darüber hinausgehende Ausstattung sinnvoll sein, die es ermöglicht, bestimmte digital gestützte Unterrichtsszenarien vorzustellen und praktisch auszuprobieren.

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/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/infportal/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.
- Ebenso müssen die zentralen Komponenten eines Netzwerks gegen Manipulationen und vor nicht berechtigten Zugriffen geschützt sein. Viele Router aus dem Heimnetzwerkbereich haben z. B. automatische Konfigurationsmöglichkeiten freigeschaltet, um bestimmte Dienste (z. B. Online-Spiele) zu ermöglichen. Dies sollte gesperrt werden. Eine weitere Absicherung erreicht man dadurch, dass der Konfigurationszugang zu 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.

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

a) Ethernet-Verkabelung (LAN)

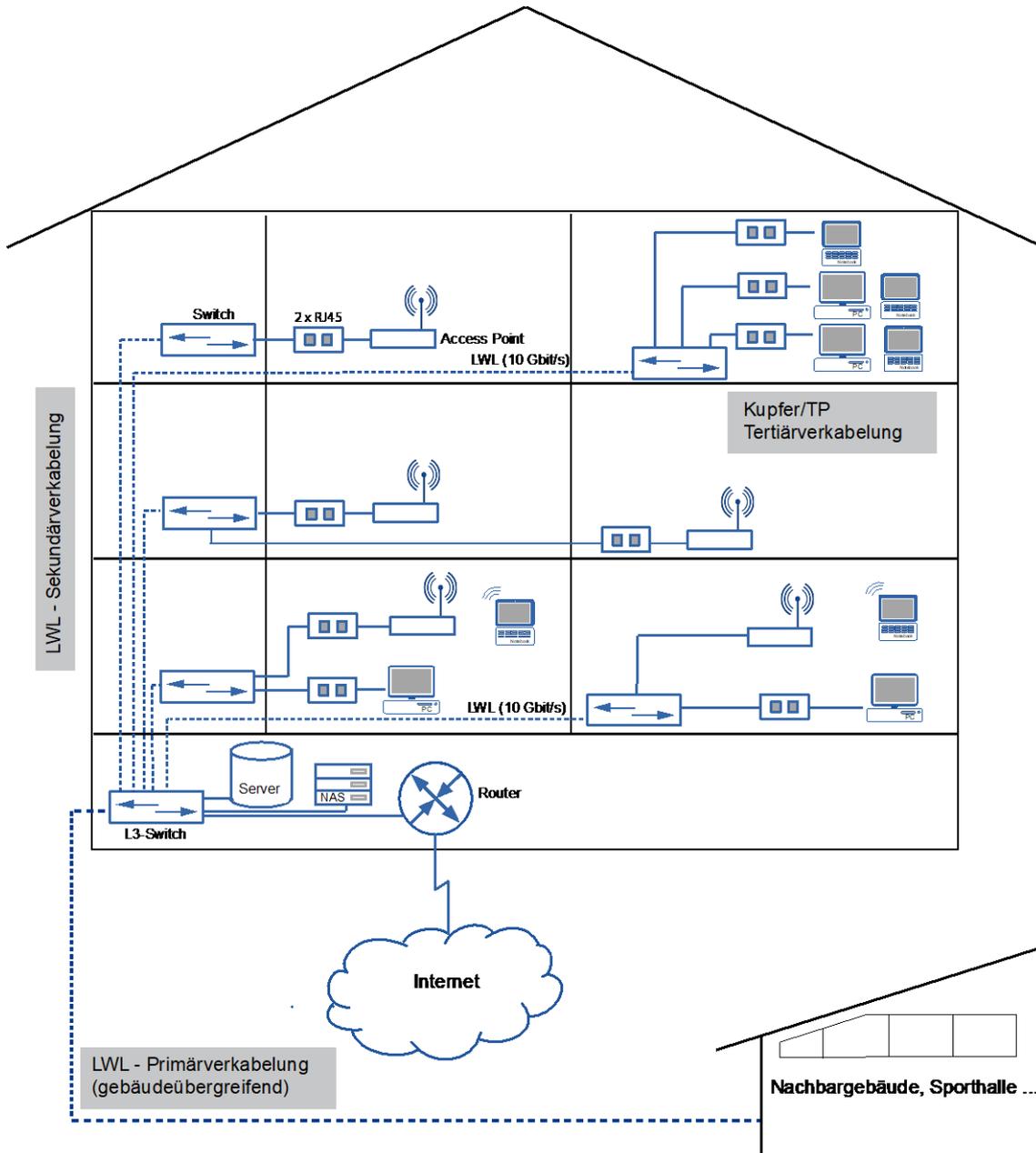
Eine strukturierte, dienstneutrale Gebäudeverkabelung stellt eine Basisinfrastruktur dar. Die Netzwerkinfrastruktur wird dabei nicht mehr nur für die Informationstechnik, sondern auch für die Kommunikationstechnik sowie gegebenenfalls für Bereiche der Gebäude- und Gebäudeleittechnik genutzt und sollte daher großzügig geplant werden. Die Planungsrichtlinien für Kommunikationsnetze sind zu beachten (siehe 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; typisch: LWL mit mind. 1 Gbit/s)
- Tertiärverkabelung (Arbeitsplatzverkabelung; typisch: Twisted-Pair mit 1 Gbit/s)

Die Arbeitsplatzverkabelung (Anbindung der Clients) wird über eine Twisted-Pair-Verkabelung mit Gigabit-Ethernet-Protokoll (1 Gbit/s) durchgeführt. Im Backbone-Bereich wird mindestens Gigabit-Ethernet (1 Gbit/s) auf LWL-Basis empfohlen, je nach geplanter Nutzung kann auch

eine höhere Bandbreite erforderlich sein (z. B. 2 GBit/s über Link-Aggregation (Bündelung) oder 10 GBit/s). Für jeden Arbeitsplatz ist für gegebenenfalls zukünftige Erweiterungen mindestens eine LAN-Doppeldose (2 x RJ45) vorzusehen. Für die Anbringung von Access-Points sowie ggf. für das Management von Beamern sind auch im Deckenbereich Stromsteckdosen und Netzwerkdosen sinnvoll.



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 kabelmäßige Erschließung verfügen um Accesspoints geeignet positionieren zu können. Üblich sind derzeit Übertragungsraten bis zu 300 Mbit/s (brutto, 802.11n-Standard) bzw. 867 Mbit/s (brutto, 802.11ac-Standard). Zu beachten ist, dass die Übertragungsqualität und die Übertragungreichweite oftmals schwer einschätzbaren Umgebungseinflüssen unterliegen. Dabei wird bei schlechter Übertragungsqualität die Übertragungsraten drastisch reduziert. In der Praxis werden selten mehr als ein Drittel der Brutto-Übertragungsraten erreicht, die sich alle an einem Access-Point angebotenen Clients teilen.

Bei Neuinstallationen sollte der neue 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 für zukünftige Anwendungen höhere Übertragungsraten (derzeit bis zu 1 GBit/s). Die Anbindung der Access-Points an das lokale Netz erfolgt dabei über Gigabit-Ethernet.

Falls umfangreichere Bereiche mit einem Funknetz abgedeckt werden sollen, ist eine professionelle Ausleuchtung und Planung der WLAN-Infrastruktur sinnvoll. 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 mehreren dauerhaft installierten Access-Points ist es sinnvoll, diese zentral über einen Controller zu administrieren.

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

- eine verschlüsselte Verbindung (z. B. mit WPA2), 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).

Die Absicherung kann ergänzt werden durch

- einen zeitlich begrenzten Zugang auf das Funknetz nur während der Unterrichtszeit sowie
- eine Anpassung der Sendeleistung der Access-Points mit geeigneten Antennen, die den Zugriff nur innerhalb eines bestimmten Bereichs erlauben.

Ein separates, offenes, aber vom eigentlichen Schulnetz getrenntes WLAN-Netz mit Internetzugang (bspw. BayernWLAN für öffentliche Schulen) ist eine weitere Zugangsmöglichkeit, die z. B. für mobile Geräte der Schüler eingerichtet werden kann. Informationen zu BayernWLAN sind unter <https://www.ldbv.bayern.de/breitband/bayernwlan.html> zu finden.

Bei der Planung einer WLAN-Infrastruktur ist unbedingt darauf zu achten, dass die Schule über eine ausreichend große interne LAN- sowie Internetbandbreite verfügt. Nur so können ein stabiler Netzzugriff und die performante Nutzung externer Ressourcen gewährleistet werden.

Vor einer Entscheidung zum Einsatz von WLAN ist die Diskussion zum Thema „Elektrosmog“ und Strahlenschutz zu beachten. Es wird empfohlen, in dieser Thematik Benehmen mit dem Schulforum herzustellen.

Zur Reduzierung der Strahlenbelastung wird empfohlen, bei Tablets oder Smartphones eine WLAN-Verbindung der Mobilfunkverbindung ins Internet 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>).

Mit einem flächendeckenden Einsatz von WLAN-Access-Points kann die erforderliche Sendeleistung pro Access-Point und damit die punktuelle Strahlenbelastung reduziert und gleichsam die Verfügbarkeit erhöht werden.

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

c) Funkbrücken

Die Verbindung zu einem Gebäudeteil, das mit Kabel nicht oder nur schwer erreichbar ist, ist über eine Funkbrücke möglich. Bei Sichtverbindung können mit geeigneten Antennen bis zu einigen Kilometern überbrückt werden.

d) Powerline

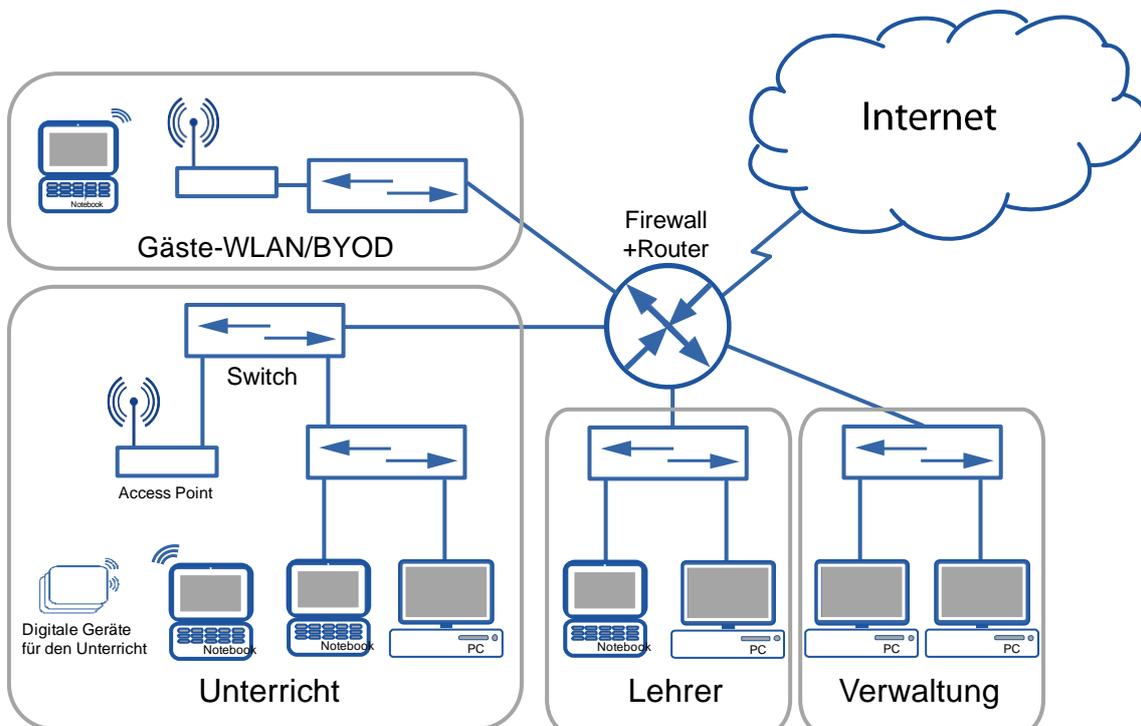
Eine weitere Ergänzung zur strukturierten Verkabelung stellt die Powerline-Technologie dar. Sie eignet sich, wenn die Verbindung zu einem Gebäudeteil über eine strukturierte Verkabelung nicht möglich ist, aber vorhandene Stromnetze, Antennennetze oder Telefonleitungen verwendet werden können. Die Datenübertragungsrate bei Powerline ist mit WLAN vergleichbar.

Zur Anbindung einzelner Räume oder für eine temporäre Vernetzung kann mit preisgünstigen Powerlineadaptern eine Verbindung hergestellt werden. Die aktuelle Gerätegeneration (Home-Plug AV2) bietet dabei Brutto-Übertragungsraten bis zu 1200 Mbit/s. Da der Verlauf der Stromleitungen meist nicht bekannt ist, muss die Verbindung in jedem Einzelfall getestet werden.

Soll Powerline in einem größeren Umfang eingesetzt werden, ist eine systematische Netzplanung und Messung der vorhandenen Leitungen erforderlich.

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

e) Logische Trennung des lokalen Netzes in Teilnetze



Lokale Netze können in mehrere voneinander geschützte Teilnetze unterteilt werden. Jedes dieser Teilnetze ist ein eigenes 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.

Auch Störungen oder Überlastungen sind üblicherweise auf die jeweiligen Teilnetze beschränkt. Deshalb kann auch innerhalb des Unterrichtsbereiches eine Trennung in Teilnetze sinnvoll sein (z. B. in einzelne Computerräume, Klassenbereich, Fachräume). Insbesondere wenn an der Schule eine WLAN-Infrastruktur aufgebaut werden soll, die auch den Zugriff von schüler- oder lehrereigenen Geräten vorsieht (BYOD), ist es sinnvoll, diese Geräte in einem eigenen Teilnetz zu sammeln.

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

7. Verbindung mit dem Internet

a) Internetzugang

Ein Internetzugang ist für Schulen unverzichtbar. Um auch zentrale Dienste (z. B. mebis-Mediathek) in der Schule sinnvoll nutzen zu können, ist eine möglichst hohe Bandbreite notwendig. Für Schulen bietet beispielsweise die Deutsche Telekom mit der Aktion Telekom@School Schulen kostenlos einen Zugang bis zu 16 MBit/s je nach Verfügbarkeit an. Sofern die technischen Voraussetzungen gegeben sind, ist gegebenenfalls eine Erhöhung der Bandbreite vereinbar. 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. Insbesondere zur effektiven Nutzung von Schülergeräten im Unterricht bzw. für den Einsatz von WLAN sollte die verfügbare Internetbandbreite – abhängig von der Schulgröße – idealerweise nicht weniger als 100 MBit/s betragen.

Inzwischen bilden auch im Falle eines nicht verfügbaren kabelgebundenen Internetzugangs Funkstandards wie LTE eine Alternative, die Schule an das Internet anzubinden. Um die Strahlenbelastung in den Unterrichtsräumen gering zu halten, sollte die Anbindung an das Mobilfunknetz über eine Außenantenne realisiert werden.

In besonderem Maße ist bei der Nutzung externer Lernplattformen oder von „Cloud-Diensten“ der zunehmende Bedarf an Upstream-Geschwindigkeit zu berücksichtigen.

b) Firewall

Der Internetzugangsrouten der Schule ist dabei der zentrale Übergangsknotenpunkt, an dem man sehr effektiv den Datenfluss zwischen dem lokalen Netz und dem Internet steuern kann.

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://alp.dillingen.de/schulnetz/kursangebote_alp.html).

c) Webfilter

Der Schutz der Kinder und Jugendlichen vor unerwünschten Inhalten aus dem Internet ist Anliegen und Auftrag der Schule (vgl. Art. 1 Abs. 1 BayEUG). 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.

Die Förderung der Medienkompetenz von Schülerinnen und Schülern rückt immer stärker in den Vordergrund. Sie werden durch die Lehrkräfte zum verantwortungsbewussten Umgang mit Medien angeleitet und begleitet. Dies ist umso wichtiger, als das Internet außerhalb der schulischen Infrastruktur für Kinder und Jugendliche als selbstverständliche Ressource häufig immer und 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 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 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.

Webfilter können unterschiedlich realisiert werden:

Webfilter über einen Proxyserver erlauben sehr differenzierte Einstellungen anhand von Benutzerkennungen oder Computerkennungen und ermöglichen 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.

Ebenso möglich 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. Software und Betriebssysteme

a) 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 muss bei der Auswahl der Software gegebenenfalls auf die Belange der Ausbildungsbetriebe Rücksicht genommen werden.

Verschiedene Lizenzmodelle für Microsoft-Produkte sind unter http://alp.dillingen.de/schulnetz/materialien/Microsoft_Lizenzmodelle.pdf dargestellt.

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

b) Arbeitsplatzbetriebssysteme

Die klassischen Betriebssysteme für Arbeitsplatzcomputer sind Windows, Linux oder MacOS, wobei Windows an den Schulen am weitesten verbreitet ist. Bei diesen Betriebssystemen stehen alle in der Schule üblichen Standardanwendungen zur Verfügung.

Bei Neuanschaffungen von PCs sollte auch ein aktuelles Betriebssystem zum Einsatz kommen (z. B. aktuelles Linux oder Windows 10), da hier die geringsten Probleme mit Gerätetreibern und Anwendungsprogrammen zu erwarten sind.

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 Seite 25, Schutz der Arbeitsplatzcomputer vor Veränderungen).
- Bereitstellung eines sauberen System-Images und regelmäßiges Klonen der Geräte (siehe unten, 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.

Linux stellt eine Alternative zu Windows dar und bietet für alle Standardanwendungen freie Software an. Auch fächerspezifische Lernprogramme stehen unter Linux in großer Zahl zur Verfügung.

c) 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.

Fortbildungen zur Administration von Windows- oder Linux-Servern werden von der Akademie Dillingen in den Schulnetz-Lehrgängen angeboten (siehe: http://alp.dillingen.de/schulnetz/kursangebote_alp.html).

Als Fileserver (Datenablage oder Dateiaustausch) und ggf. auch für weitere Serverdienste (z. B. Webserver, Medienserver) eignen sich auch NAS-Boxen (Network Attached Storage). Die Administration einer NAS-Box 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 Systembetreuerinnen und Systembetreuer wichtige Kriterien.

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, Free OpenSource Ghost, CloneZilla, PartImage).

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

b) Installation von Software

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 Administrationseingriffe 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 der regelmäßigen 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 Möglich-

keiten dar. Die regelmäßige Datensicherung sollte automatisiert und ohne Benutzereingriffe erfolgen. Nur so ist gewährleistet, dass sie auch durchgeführt wird.

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

g) 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 am 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.

h) 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://alp.dillingen.de/schulnetz/kursangebote_alp.html).

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.

Datenblatt Arbeitsplatzcomputer		
Mindestkriterien: CPU, RAM, Festplatte, Garantie		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
<p>CPU (Prozessor)</p>	<p>Systemleistung: Mindestwerte Benchmark SYSmark 2014 v1.5 (Windows 10, 64bit, Enterprise Edition): 1200 Punkte</p> <p>Um die Prozessorleistung zu überprüfen, eignet sich auch das kostenlose Programm Cinebench R15. Dabei sollen mindestens 150 Punkte bei Cinebench R15 Single-Core erreicht werden.</p> <p>Innerhalb einer Prozessorklasse ist eine höhere Nummer der Bezeichnung gleichbedeutend mit einer höheren Leistung. Da die Preisunterschiede oft nicht sehr groß sind, kann es sinnvoll sein, eine leistungsstärkere CPU zu wählen.</p>	<p>Mindestwerte Benchmark SYSmark 2014 v1.5 (Windows 10, 64bit, Enterprise Edition): 1200 Punkte</p> <p>zum Beispiel:</p> <p>ab Intel Pentium Gold G4560 ab Intel i3-7xxx ab Intel i5-7xxx ab AMD Ryzen 5 1xxx bzw. ab AMD Ryzen 5 2xxxG (oder vergleichbar)</p>
<p>BIOS/UEFI</p>	<p>Manche Deploymentlösungen setzen einen Start im Legacy BIOS Modus voraus.</p>	<p>UEFI Modus und Legacy BIOS Modus</p>
<p>RAM</p>	<p>Für die meisten Anwendungen sind 8 GB Arbeitsspeicher ausreichend. Eine Erweiterung auf 16 GB ohne Verlust der ersten 8 GB sollte möglich sein.</p>	<p>ab 8 GB RAM ab DDR4-2133 MHz</p>
<p>Festplatte</p>	<p>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.</p>	<p>SSD: ab 240 GB</p>

<p>Grafik- / Sound-Anschlüsse</p>	<p>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 (Zusatzkarte mit HDMI oder Display-Port).</p>	<p>frontseitige Audioanschlüsse für Kopfhörer/Mikrofon HDMI-Anschluss ggf. zusätzlich: weiterer HDMI-Anschluss oder Display-Port</p>
<p>USB-Anschlüsse</p>	<p>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)</p>	<p>2 x USB 3.0 2 x USB 2.0 evtl. 1 x USB-C zwei USB-Anschlüsse an der Frontseite</p>
<p>LAN-Anschluss</p>	<p>Üblich ist ein RJ45-LAN-Anschluss für Gigabit-Ethernet mit Autosensing.</p>	<p>RJ45-LAN-Anschluss (Gigabit Ethernet)</p>
<p>Optisches Laufwerk</p>	<p>Gegebenenfalls ist es sinnvoll, einzelne Rechner (z. B. Lehrer-PC) mit einem optischen Laufwerk auszustatten (DVD-Brenner oder Blu-ray-Brenner)</p>	
<p>Geräuschentwicklung</p>	<p>Insbesondere in Computerräumen ist auf möglichst geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter).</p>	<p>bis zu 26 dB bei 50% Last bis zu 20 dB bei Büroanwendungen</p>
<p>Formfaktor, Gehäuse</p>	<p>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.</p>	
<p>Ergonomie, Zertifizierung</p>	<p>„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 (z. B. TCO Certified Desktops 5, energieeffizientes Netzteil nach „80 Plus SILVER“). Diese sind jedoch nicht immer ausgewiesen.</p>	<p>Energy Star 6.1 Netzteil: 80 Plus Silver Zertifizierung ggf: Blauer Engel (RAL-UZ 78a für PCs)</p>

Garantie	Empfohlen wird eine Garantie des Herstellers mit der Zusicherung, dass bei einer Ersatzbeschaffung das gleiche Systemimage weiterverwendet werden kann (Imagestabilität). Der Garantiezeitraum sollte mind. 3 Jahre betragen. Empfohlen wird eine „Vor-Ort-Garantie“.	mindestens: 3 Jahre „Vor-Ort-Garantie“ ggf. 3 Jahre Garantie, wenn der „Vor-Ort-Austausch“ an der Schule von einem externen Dienstleister oder vom Sachaufwandsträger übernommen wird. optional: 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“
Beschaffung	ggf. Aufstellen und Anschließen der PCs, Entsorgung der Verpackungen	
Preis		ca. 700 € (mit Intel i5 CPU) ca. 100 € (5 Jahre Vor-Ort-Garantie)

b) Monitore

Datenblatt Monitor		
Mindestkriterien: Größe, Auflösung, Helligkeit und Kontrast		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
Größe	Bildschirmdiagonalen von 61 cm (24") oder 69 cm (27") sind derzeit Standard. Bei beengten Platzverhältnissen können 22"-Monitore sinnvoll sein.	ab 24"
Auflösung	Full HD (1920 x 1080 Pixel) ist noch Standard. Bei größeren Monitoren wird WQHD (2560 x 1440 Pixel) preislich immer interessanter. 4K Auflösungen sind zu teuer.	24" Bildschirm: 1920 x 1080 Pixel bzw. 1920 x 1200 Pixel bei Bildschirmen > 24": ab 2560 x 1440 Pixel
Helligkeit und Kontrast		Helligkeit: ab 300 cd/m ² Kontrast: ab 1000:1
Reaktionszeit	Eine niedrige Reaktionszeit (grau zu grau) ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig und sollte im Bereich 1-5 ms liegen.	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. ggf. graue oder helle Rahmen	Stabiler Standfuß, höhenverstellbar, neigbar
Ergonomie, Zertifizierung	„Blauer Engel“ ist ein Umweltprüfzeichen mit Kriterien zu Energieverbrauch, Materialanforderungen, Recyclingfähigkeit und Geräuschemission. 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. Zunehmend wird auch bei Monitoren ein EU-Energielabel ausgewiesen (z. B. EU-Energielabel A+)	Blauer Engel (RAL-UZ 78c für Monitore) TCO Certified Displays 7
Zusatzoptionen	integrierte Lautsprecher, Kopfhörer- und Mikrofon-Anschlüsse, USB-Anschlüsse	
Garantie, Beschaffung	Da aktuelle Monitore relativ günstig und haltbar sind, ist eine erweiterte Garantie nicht notwendig.	2 Jahre Garantie
Preis		24": ab 170 € über 24": ab 250 €

c) Notebooks

Notebooks werden mit Bildschirmgrößen zwischen 11,6" (29 cm) und 17,3" (44 cm) und einem Gewicht im Bereich von 1-4 kg angeboten. Die Auswahl richtet sich nach den Mobilitätsanforderungen (Ersatz für einen Desktop-Computer oder mobiles Gerät) und der erforderlichen Ausstattung (z. B. DVD-Laufwerk, Schnittstellen). Standardnotebooks sind für alle gängigen Anwendungen geeignet. Besondere Anforderungen an Rechenleistung oder Speicherbedarf sind bei den Standardanwendungen nicht gegeben.

Datenblatt Notebook		
Mindestkriterien: CPU, RAM, Festplatte, Display, Garantie		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
CPU (Prozessor)	Systemleistung: Mindestwerte Benchmark SYSmark 2014 v1.5 (Windows 10, 64bit, Enterprise Edition): 1200 Punkte	Mindestwerte Benchmark SYSmark 2014 v1.5 (Windows 10, 64bit, Enterprise Edition): 1200 Punkte

	Um die Prozessorleistung zu überprüfen, eignet sich auch das kostenlose Programm Cinebench R15. Dabei sollen mindestens 150 Punkte bei Cinebench R15 Single-Core erreicht werden.	zum Beispiel: ab Intel i5-7xxx ab Intel i5-8xxx (Mobile Prozessor) ab AMD Ryzen 5 2xxxU (Mobile Prozessor) (oder vergleichbar)
BIOS/UEFI	Manche Deploymentlösungen setzen einen Start im Legacy BIOS Modus voraus.	UEFI Modus und Legacy BIOS Modus
RAM	Für die meisten Anwendungen sind 8 GB Arbeitsspeicher ausreichend.	ab 8 GB RAM ab DDR4-2133 SDRAM
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	Als Ersatz für einen Desktoprechner eignen sich Größen ab 15,6". Für ein Notebook als mobiles Gerät werden Größen bis 14 Zoll empfohlen.	ab 1920 x 1080 Pixel Mattes Display (non-glare)
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 bzw. 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	Üblich ist ein RJ45-LAN-Anschluss für GBit-Ethernet mit Autosensing.	RJ45-LAN-Anschluss (Gigabit Ethernet)
WLAN	Der Standard 802.11ac muss unterstützt werden.	802.11ac
weitere optionale Ausstattungen	integriertes Blu-ray oder DVD-Laufwerk / Brenner integrierte Lautsprecher Kartenlesegerät eingebaute Kamera Fingerprint-Sensor Kensington-Schutz Docking-Station oder Docking-Anschluss	

Ergonomie, Zertifizierung	„Energy Star“ beschreibt Mindestanforderungen für die Energieeffizienz. Weitere Zertifizierungen sind bei Notebooks meist nicht ausgewiesen.	Energy Star 6.1
Garantie, Beschaffung	Eine „Vor-Ort-Garantie“ bei Notebooks ist unverhältnismäßig teuer, da diese üblicherweise zum Hersteller eingeschickt werden müssen (z. B. Collect & Return).	3 Jahre Garantie
Preis	Notebook als Ersatz für Desktop: Notebook für den mobilen Einsatz:	ab 900 € ab 950 €

d) Tablets

Tablets sind kein Notebook-Ersatz.

Vorteile von Tablets sind die schnelle Einsatzbereitschaft, lange Akku-Laufzeiten, integrierte Foto- und Video-Funktionen, viele kostengünstige Apps, teilweise spezielle Unterrichtsprogramme, ein stabiles Betriebssystem 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).

Der Aufwand für das Mobile Device Management (MDM) von schuleigenen Tablets ist höher als bei Computern, die im Schulnetz integriert sind. Der Zugriff auf die schulische Infrastruktur (z. B. Drucker, Fileserver) ist nicht immer problemlos.

Häufig setzt ein Mobile Device Management bei Android- und iOS-Tablets den Kauf bei einem autorisierten Händler voraus. Bei Android-Geräten ist ein Mobile Device Management nicht mit allen Geräten möglich.

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

Datenblatt Tablet			
Mindestkriterien: CPU, RAM, interner Speicher, Display			
	Android	iOS	Windows
Drucken	über Apps und Google Cloud Print	über AirPrint	wie am Desktop
Java-Unterstützung	nein	nein	ja
Flash-Unterstützung	bedingt installierbar	nein	installierbar
verfügbare Apps	Über Google Play und alternative Quellen	zertifizierter AppStore	Windows Store und Installation von Desktop-Programmen

Votum 2018

Multi-User-Fähigkeit,	möglich	möglich	möglich
CPU	ab Quadcore Prozessor, mit mind. 60000 Punkte (TotalScore) bei AnTuTu Benchmark v7	ab Apple A10	mind. Intel Core i5 (oder vergleichbar)
RAM	ab 2 GB	ab 2 GB	ab 4 GB
Interner Speicher	ab 32 GB (bzw. ab 16 GB mit der Möglichkeit zur Speichererweiterung)	ab 32 GB	ab 128 GB
Display	ab 10" Bildschirm-diagonale mit einem blickwinkelstabilen Display mit mind. Full HD Auflösung und ausreichender Helligkeit	ab 9,7"	ab 10" Bildschirm-diagonale mit einem blickwinkelstabilen Display mit mind. Full HD Auflösung und ausreichender Helligkeit
Empfehlung Betriebssystem	ab Android 7.x.x Für die Updates des Betriebssystems ist der Hardwareproduzent zuständig. Daher sollten Hersteller gewählt werden, die Systemupdates auch für ältere Geräte liefern	aktuelles iOS	Microsoft Windows 10 (Professional bei Integration ins Schulnetz)
Sonstiges	ggf. Stifteingabe Gyroskop (für AR- und VR-Anwendungen) möglichst lange Akkulaufzeit	Das iPad 9,7" des Modelljahrs 2018 und alle iPad Pro bieten die Möglichkeit der Stifteingabe. alle aktuellen iPads enthalten ein Gyroskop	ggf. Stifteingabe Gyroskop (für AR- und VR-Anwendungen) möglichst lange Akkulaufzeit
Preis	10": ab 250 €	iPad 9,7" (mit A9-Chip): ab 330 € iPad Pro 10,5" (mit A10X-Chip): ab 650 € Apple Pencil (Eingabestift) ab 99 € (abzüglich Bildungsrabatt)	ca. 12 Zoll: ab 850 €

e) Server

Server müssen 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: CPU, RAM, LAN-Anschlüsse und Garantie		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
CPU (Prozessor)	Bei Standardservern sollen mindestens 4-Kern-CPU's Verwendung finden.	zum Beispiel ab Intel Xeon E3-1220 v6 (oder vergleichbar)
RAM	Für die meisten Aufgaben sind 16 GB Arbeitsspeicher ausreichend. Eine Erweiterung sollte möglich sein (freie Speicherplätze)	ab 16 GB RAM ab DDR 4 2133 MT/s
Festplatte (HDD)	Zwei Festplatten	HDD: 2 x 2 TB
USB-Anschlüsse	Sinnvoll sind mehrere USB-Anschlüsse. Je nach vorgesehener Anwendung (z.B. Datensicherung mit mobilen USB-Festplatten), können auch USB-Anschlüsse an der Frontseite oder USB 3.0-Anschlüsse sinnvoll sein.	4 x USB 3.0
LAN-Anschlüsse	Sinnvoll sind 2 RJ45-LAN-Anschlüsse mit GBit-Ethernet.	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, Beschaffung	Sinnvoll ist eine „Vor-Ort-Garantie“ mit festgelegter Reaktionszeit. Beim Austausch defekter Festplatten kann festgelegt werden, dass diese aus Datenschutzgründen beim Kunden verbleiben. ggf. Aufstellen und Anschließen	5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“
Preis	Hinweis: Ohne Hardware-Controller reduziert sich der Preis erheblich.	ab 1.000 €

Datenblatt Server zur Virtualisierung von Serversystemen		
Mindestkriterien: CPU, RAM, LAN-Anschlüsse, Garantie		
Als Virtualisierungssystem wird primär VMware ESXi (kostenlose Version) oder Microsoft Hyper-V eingesetzt. Die Hardware sollte so ausgelegt sein, dass mehrere Serversysteme virtualisiert werden können.		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
CPU (Prozessor)	Bei Servern zur Virtualisierung von Serversystemen sollen aktuelle Serverprozessoren mit mindestens 10 Kernen zum Einsatz kommen.	zum Beispiel ab Intel Xeon E5-2630 v4 ab AMD Epyc 7351 (oder vergleichbar)
RAM	Für die meisten Aufgaben sind 64 GB Arbeitsspeicher ausreichend. Eine Erweiterung sollte möglich sein (freie Steckplätze).	ab 64 GB RAM ab 2400 MT/s 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 und 1 Ersatzplatte	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, Anbindung verschiedener Teilnetze).	4 x RJ45-LAN (Gigabit-Ethernet), ggf. 2 x 10 Gbit/s 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, Beschaffung	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.	5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“ Reaktionszeit: nächster Arbeitstag
Preis		ab 4.000 €

f) NAS-Systeme

NAS-Systeme oder NAS-Boxen (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, 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 für den Unterrichtsbetrieb		
Mindestkriterien: CPU, RAM, LAN-Anschlüsse		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
CPU (Prozessor)	Für viele Serverdienste oder gleichzeitige Zugriffe mehrerer Personen ist ein leistungsfähiger Prozessor erforderlich.	ab Quadcore-Prozessor mit mind. 1,5 GHz Taktfrequenz
RAM	Mindestens 1 GB RAM sind erforderlich, sinnvoll sind 2 GB RAM.	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)
Controller	Hardware-Controller mit der Möglichkeit, unterschiedliche Raid-Level zu realisieren (z. B. RAID1, RAID5, RAID6, ggf. Hotspare) Festplatten sollen im laufenden Betrieb gewechselt werden können.	Hardware-Controller mit RAID5, RAID6

Votum 2018

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) Hot-Swap-Fähigkeit; ggf. Hot-Spare-Festplatte
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, 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 die 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	Je nach vorgesehenem Einsatz können Zusatzfunktionen von Interesse sein, die viele NAS-Systeme anbieten: Webserver z. B. für schulinterne Webseiten, ggf. mit Zusatz-Apps (Moodle, Joomla) Datenbankserver üblicherweise ein MySQL-Server, der aktiviert werden kann iSCSI-Speicher z. B. als externer Speicher für Virtualisierungslösungen Verschlüsselung Virens Scanner mit automatisierten Updates und Suchfunktionen	

	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) Medienserver Radius-Server	
weitere optionale Ausstattungen	Reset-Knopf (Passwort zurücksetzen) Kensington-Schutz HDMI-Anschluss	
Energieverbrauch	Üblich sind bis zu 50 W im Betrieb (mit 4 Festplatten) und bis zu 30 W im Standby (HDD-Ruhezustand). Bei einigen NAS-Systemen lässt sich ein Sleep-Modus einstellen (max 1 W). Wenn die NAS im Sleep-Modus ist, dauert der erste Zugriff länger (Starten des Systems, Hochfahren der Festplatten).	max. 50 W (Betrieb) max. 30 W (Standby) max. 1 W (Sleep-Modus)
Geräuschentwicklung	Falls die 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. 21 dB (im Betriebs-Modus, bei laufenden Festplatten)
Garantie, Beschaffung	Alternativ zu einer „Vor-Ort-Garantie“ ist es auch üblich, dass Vorab ein Ersatzgerät geliefert wird und anschließend das defekte Gerät versandt wird.	3 Jahre Garantie ggf. mit Vorab-Zustellung eines Ersatzgeräts
Preis	NAS mit 4 Festplatten je 2 TB	ab 800 €

Datenblatt einfache NAS (z. B. zur Datensicherung)		
Mindestkriterien: CPU, RAM, LAN-Anschlüsse		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
CPU (Prozessor)	Für kleine Benutzergruppen (höchsten fünf gleichzeitige Zugriffe) oder als Backupssystem ist ein Embedded-Prozessor ausreichend.	ab Quadcore-Embedded-Prozessor mit mindestens 1 GHz
RAM	Mindestens 512 MB RAM sind erforderlich. Sinnvoll sind 1-2 GB	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.	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 die NAS mit gängigen Werkzeugen zugreifen können. Für den Zugriff von mobilen Geräten sollte eine App verfügbar sein.	Zugriffe über SMB, App für mobile Geräte
optionale Zusatzfunktionen	Je nach vorgesehenem Einsatz können Zusatzfunktionen von Interesse sein, die viele NAS-Systeme anbieten: Verschlüsselung Backupfunktion	
Energieverbrauch	Üblich sind bis zu 20 W im Betrieb (mit 2 Festplatten) und bis zu 5W im Standby (HDD-Ruhezustand). Bei einigen NAS-Systemen lässt sich ein Sleep-Modus einstellen (max 1 W). Wenn die 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 die 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, Beschaffung		2 Jahre Garantie
Preis	NAS mit 2 Festplatten je 2 TB	ab 350 €

g) 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 höhenverstellbare Montage mit mechanischer Höhenverstellung empfohlen wird.

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

- Bedienung per Spezialstift, mit einem beliebigen Stift oder mit der Hand
- Bedienung über Icons am Bildschirm, über Knöpfe bzw. über die Stiftablage am Whiteboard
- automatische Umschaltung zwischen der Mausfunktion und Schreibfunktion, z. B. automatische Erkennung der Bedienung mit Finger oder Stift
- Betätigung der rechten Maustaste
- Umschaltung zwischen Stiften (Farben, Strichstärke, LösCHFunktion)
- Gleichzeitiges Arbeiten mit mehreren Stiften

Es ist daher ratsam, dass das Kollegium 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).

Kriterien bei der Auswahl einer Großbilddarstellung

Beamer	Display
<ul style="list-style-type: none"> - Sehr große Projektionsfläche möglich - eventuell störende Lüftergeräusche - ggf. störende Schattenbildung - ggf. körniges Bild - Auf Lichtverhältnisse muss geachtet werden (ggf. Verdunklung des Raums). - In der Regel sind externe Lautsprecher erforderlich. 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Lüftergeräusche - keine Schattenbildung - hohe Auflösung - sehr 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 Kurzdistanz-Beamer mit Whiteboard	Interaktives Displays
<ul style="list-style-type: none"> - Interaktivität wird durch die Projektionsfläche erfasst - Projektionsfläche ist in der Regel nicht beschreibbar - wird zunehmend durch die anderen beiden Systeme abgelöst 	<ul style="list-style-type: none"> - Interaktivität wird durch den Beamer erfasst - 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

h) Beamer

Es ist zu erwarten, dass sich die Betriebszeiten von Beamern (oder anderen Geräten zur Großbilddarstellung) durch den verstärkten Einsatz von Dokumentenkameras erhöhen werden. Deshalb sind die Folgekosten durch den Lampenaustausch schon bei der Kaufentscheidung zu bedenken.

In einem Klassenzimmer sollten bevorzugt Kurzdistanz-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 (z. B. Miracast-Adapter oder Apple AirPlay).

Datenblatt Beamer		
Mindestkriterien: Lichtstärke, Auflösung, Schnittstellen		
<p>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.</p>		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
Lichtstärke	Für wechselnde Lichtverhältnisse und nicht optimal geeignete Präsentationsflächen sollte der Beamer über eine Helligkeit von mind. 3400 ANSI-Lumen verfügen	ab 3400 ANSI-Lumen (im Normal-Modus)

<p>Auflösung</p>	<p>Die Auflösungen mit dem besten Preis/Leistungsverhältnis sind derzeit FullHD (1920 x 1080 Pixel) bzw. WUXGA (1920 x 1200 Pixel).</p> <p>Falls ein Beamer primär für die Video-wiedergabe eingesetzt werden soll, ist eine 16:9-Darstellung (z. B. 1920 x 1080 Pixel, FullHD) besser geeignet.</p>	<p>Standardbeamer ab 1920 x 1080 Pixel bzw. ab 1920 x 1200 Pixel (native Auflösung)</p> <p>Ultra-Kurzstanzbeamer oder interaktiver Ultra- Kurzstanzbeamer ab 1280 x 720 Pixel bzw. ab 1280 x 800 Pixel (native Auflösung)</p>
<p>Lampe</p>	<p>Betriebsdauer</p> <p>Ersatzkosten</p>	<p>4000 Std. (im Normal-Modus bei 3500 ANSI-Lumen)</p> <p>Ersatzlampe: 150 €</p>
<p>Schnittstellen</p>	<p>Aktueller Standard sind zwei HDMI- und ein VGA-Eingang.</p> <p>Soll ein Adapter für die kabellose Bild- und Tonübertragung verwendet werden, wird dafür ein HDMI Anschluss benötigt. Die Stromversorgung dieser Geräte erfolgt meist über USB oder HDMI/MHL.</p> <p>Ein LAN-Anschluss kann sinnvoll sein. (Steuerung des Beamers über das Netzwerk oder mit Zusatzsoftware am PC, direkte Präsentation über das Netzwerk)</p>	<p>2x HDMI, USB</p> <p>VGA (falls benötigt)</p>
<p>Ergonomie</p>	<p>Betriebsgeräusch (abhängig vom Betriebsmodus)</p>	<p>28 dB (Eco-Modus) 36 dB (Normal-Modus)</p>
<p>Garantie, Beschaffung</p>	<p>Für Schulen geben einige Hersteller durch die Registrierung des Geräts eine erweiterte Garantie von drei Jahren. Dies trifft oft auch auf die Lampe zu.</p> <p>Aufstellen bzw. Montage, Entsorgung der Verpackung</p>	<p>3 Jahre Garantie</p>
<p>Preis</p>	<p>Standardbeamer (3400 Ansi Lumen)</p> <p>Ultra-Kurzstanzbeamer (3400 Ansi Lumen, 1280 x 800 Pixel)</p> <p>interaktiver Ultra-Kurzstanzbeamer (WXGA 1280 x 800 Pixel, mit Finger-Touch-Funktion, 3400 Ansi Lumen)</p>	<p>ab 750 €</p> <p>ab 1.500 €</p> <p>ab 2.000 €</p>

i) Großbildmonitore

Großbildmonitore sind eine Alternative zu Beamern. Neben den Großbildmonitoren sind auch Consumer-Geräte (Fernseher) erhältlich, die jedoch hinsichtlich Helligkeit und Kontrast unter den hier angegebenen Werten liegen und eventuell nicht für den Dauerbetrieb geeignet sind. Bis zu einer Größe von ca. 65" erhält man relativ preisgünstige Consumer-Geräte. Bei Großbildmonitoren ab ca. 80" sind interaktive Geräte derzeit preislich eher günstiger.

Datenblatt Großbildmonitor		
Mindestkriterien: Helligkeit, Auflösung		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
Oberfläche und Helligkeit	Für wechselnde Lichtverhältnisse sollte die Präsentationsfläche möglichst wenig spiegeln. Gewölbte Displays sind für den Schuleinsatz in der Regel nicht geeignet (Curved Displays bei Consumer-Geräten).	ab 350 cd/m ²
Auflösung	Das Seitenverhältnis ist standardmäßig 16:9.	ab 3840 x 2160 Pixel Kontrast: ab 1000:1
Lautsprecher	Die meisten Geräte besitzen integrierte Lautsprecher oder eine optional dazu erhältliche Soundbar. Zudem werden Audioausgänge bereitgestellt, um daran eine Soundanlage oder Aktivboxen anzuschließen.	integrierte Lautsprecher oder optionale Soundbar
Reaktionszeiten (Pixel)	Eine niedrige Reaktionszeit des Panels ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	maximal 8 ms
HDMI-Anschlüsse	HDMI-Anschlüsse zur Anbindung von Dokumentenkamera, Notebook oder DVD-Playern.	3 HDMI Anschlüsse (mind. HDMI 2.0, HDCP 2.2-fähig)
weitere Schnittstellen	Gegebenenfalls sind weitere Schnittstellen sinnvoll. <ul style="list-style-type: none"> - VGA (Anschluss älterer Notebooks) - Klinke (separater Soundanschluss) - USB - Netzwerk 	
Betriebssystem	Häufig verfügen Consumer-Geräte (Fernseher) über die Möglichkeit, Videos und Bilder direkt von einem angeschlossenen USB-Stick oder über das Netzwerk darstellen zu können.	

Drahtlosverbindung	Mache Monitore und auch Fernseher verfügen bereits über Möglichkeiten zur drahtlosen Bild- und Tonübertragung von mobilen Endgeräten aus. Dies schließt jedoch zuweilen nur bestimmte Übertragungsstandards mit ein.	
Energieverbrauch	je nach Größe	ca. 250 Watt
Garantie	Eine „Vor-Ort-Garantie“ ist wegen der Größe des Gerätes sinnvoll.	bei Consumer-Geräten (Fernseher): 2 Jahre Garantie ansonsten mindestens 3 Jahre „Vor-Ort-Garantie“
Preis	Consumer-Gerät 65" (Fernseher) Consumer-Gerät 75" (Fernseher) Großbildmonitor 65" Großbildmonitor 75" Großbildmonitor > 80"	ab 800 € ab 2100 € ab 2000 € ab 3500 € ab 6000 € (jeweils zzgl. Halterung)

j) Interaktiver Großbildmonitor (Touchdisplay)

Datenblatt Interaktiver Großbildmonitor (Touchdisplay)		
Mindestkriterien: Oberfläche und Helligkeit, Auflösung, Touchpunkte, Garantie		
<p>Um einen PC an einen interaktiven Großbildmonitor (Touchdisplay) 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>		
Merkmale	Beschreibung	Beispiel
Oberfläche und Helligkeit	<p>Für wechselnde Lichtverhältnisse sollte die Präsentationsfläche entspiegelt sein.</p> <p>Die Oberfläche sollte möglichst kratzunempfindlich sein. Es sollte darauf geachtet werden, dass ein Sicherheitsglas verwendet wird.</p>	<p>ab 350 cd/m², mattes Display Mohs-Härtegrad 7,</p>

Votum 2018

Auflösung	Hier wird empfohlen gleich Geräte mit 4K-Auflösung anzuschaffen. Damit seitlich auch auf die Fläche geschaut werden kann sollte ein größerer Betrachtungswinkel möglich sein. Das Seitenverhältnis ist standardmäßig 16:9.	Ultra HD /4K 3.840 x 2.160 Pixel Kontrast: ab 4000:1 Betrachtungswinkel: ab 178 Grad
Lautsprecher	Die meisten Geräte besitzen integrierte Lautsprecher oder eine optional dazu bestellbare Soundbar. Zudem werden Audioausgänge bereitgestellt, um daran eine Soundanlage oder Aktivboxen anzuschließen.	integrierte Lautsprecher oder optionale Soundbar
Abtastungen	Fast alle Hersteller greifen auf Infrarottechnologie bei der Abtastung der Berührungspunkte zurück.	
Touchpunkte	Für Gestensteuerungen und gleichzeitiges Arbeiten muss das Display über Multitouch verfügen.	Display erfasst mindestens 8 gleichzeitige Berührungspunkte
Reaktionszeiten (Touchfunktion)	Zeit, die bei der Eingabe bis zur Darstellung benötigt wird.	maximal 7 ms
Reaktionszeiten (Pixel)	Eine niedrige Reaktionszeit des Panels ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	maximal 8 ms
Lebensdauer	Betriebsdauer	40.000 Betriebsstunden
Integrierter PC	Einige Hersteller bieten integrierte PCs mit an, die z. B. als Einschubmodul über eine OPS-Schnittstelle (Open Pluggable Specification) angebunden werden. Diese über OPS angebandenen PCs sind vergleichsweise teuer.	
HDMI-Anschlüsse	Um bei Bewegtbildern (> 30 Bilder/s) die volle Auflösung nutzen zu können sind HDMI 2.0-Anschlüsse erforderlich. Ansonsten genügen HDMI 1.4-Anschlüsse. 4k-Inhalte sind oft HDCP 2.2 geschützt. Für die Zuspiegelung durch externe Geräte, z. B. mit BluRay-Playern, muss der HDMI Anschluss HDCP 2.2-fähig sein.	1 HDMI 2.0-Anschluss (HDCP2.2-fähig) 3 weitere HDMI Anschlüsse (mind. HDMI 1.4)

USB-Anschlüsse	Die Touchfunktionalität des Displays sollte ohne zusätzlich zu installierende Treiber an einem via USB angeschlossen Rechner genutzt werden können. ggf. weiterer USB-Anschluss zum Datenaustausch mit dem Betriebssystem	2 USB-Anschlüsse
weitere Schnittstellen	Ggf. sind weitere Schnittstellen sinnvoll. - VGA (Anschluss älterer Notebooks) - Klinke (separater Soundanschluss)	VGA-Anschluss
Betriebssystem und Software on Board	Einige Displays sind bereits mit einem integriertem Betriebssystem ausgestattet um die Schreibfunktion und ggf. andere Anwendungen auch ohne zusätzlich angeschlossenen PC nutzen zu können.	Schreibfunktion ohne zusätzlich angeschlossenen PC nutzbar
Drahtlosverbindung	Mache Displays verfügen bereits über Möglichkeiten zur drahtlosen Bild- und Tonübertragung von mobilen Endgeräten aus. Dies schließt jedoch zuweilen nur bestimmte Übertragungsstandards mit ein.	
Energieverbrauch	je nach Größe	maximal 600 Watt
Garantie, Beschaffung	Die Displays werden üblicherweise mit einer höhenverstellbaren Wandhalterung oder integriert in ein Tafelsystem angeboten. Eine „Vor-Ort-Garantie“ ist wegen der Größe des Gerätes erforderlich.	mindestens 3 Jahre „Vor-Ort-Garantie“
Preis	84" bis 86"	Display ab 4000 € Halterung und Seitentafeln: ab 1500 €

k) Dokumentenkameras

Dokumentenkameras (Visualizer) ermöglichen die Darstellung von Objekten über einen Beamer. 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.

Beim Speichern von Vorlagen oder Arbeitsergebnissen ist das Urheberrecht zu beachten (siehe z. B. <http://dozenten.alp.dillingen.de/mp/recht/medrecht01.html> bzw. <http://schulbuchkopie.de>).

Datenblatt Dokumentenkamera		
Mindestkriterien: Auflösung, Bildfrequenz, Zoom, Eingänge, Ausgänge		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
Auflösung	Die Auflösung der Kamera sollte mindestens Full HD (1920 x 1080 Pixel) betragen.	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 einen digitalen Zoom.	mind. 6-fach optischer Zoom
Eingänge:	Eingänge zum Anschluss eines PC	HDMI, VGA (falls benötigt)
Ausgänge	Ausgänge zum Anschluss an den Beamer bzw. Lautsprecher	HDMI, VGA (falls benötigt), Audio
weitere Anschlüsse	USB, ggf. SD-Karten (Speichern von Bildern)	USB-Anschluss
Lichtquelle		LED-Licht, abschaltbar
Funktionen	Betrieb mit und ohne angeschlossenen PC Umschalter zwischen Dokumentenkamera, HDMI-Eingang, 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 oder Speicherkarte	
Preis		ab 600 €

1) 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, muss gegebenenfalls darauf geachtet werden, dass der Drucker auch die herstellereigenen Protokolle unterstützt (z. B. Apple Air-Print), bzw. cloudfähig ist (z. B. für Google Cloud-Print).

Datenblatt dezentraler Drucker mit geringem Druckvolumen		
Mindestkriterien sind Auflösung und Schnittstellen		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
Typ, Format	Laser-/Tintenstrahldrucker, SW/Farbe, DIN A4 oder DIN A3	
Auflösung	sw: mind. 1200 x 1200 dpi Farbe: 600 x 600 dpi	ab 600 x 600 dpi
Geschwindigkeit	Zeit bis zur ersten Seite max ca. 30s Druckgeschwindigkeit nach ISO/IEC 24734 mind. 10 Seiten/min	Zeit bis zur ersten Seite max. 30s mind. 10 Seiten/min nach ISO/IEC 24734
Papierzufuhr	Für Einzelblätter (z. B. Briefumschläge, Folien) ist eine eigene Mehrzweckzufuhr sinnvoll.	Papierkassette 250 Blatt, Mehrzweckzufuhr
Duplex	Beidseitiger Druck mind. 10 Seiten/min.	Duplexdruck 10 Seiten/min
Schnittstellen	LAN-Anschluss, ggf. zusätzlich ein Wireless-LAN-Anschluss	RJ45 Ethernet (1 Gbit/s) WLAN (falls benötigt)
Cloud-basierte Druckdienste	Cloud-basierte Druckdienste ermöglichen das Ausdrucken von mobilen Geräten aus, auch über das Internet. Der Drucker muss diese Möglichkeiten unterstützen, alternativ können die Dienste auch über einen PC freigegeben werden. Apple AirPrint, Google Cloud Print, herstellereigene Lösungen	
Zubehör	zweites bzw. größeres Papierfach	
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 171 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.	s/w-Laserdrucker: ab 150 € Farbdrucker: ab 200 € (mit erweiterten Funktionen wie Duplexdruck, Mehrzweck-Papierzufuhr und drahtlosem Drucken) Farblaser-Multifunktionsgerät: ab 350 €
-------	---	---

m) Access-Points

Ein Access-Point ermöglicht den Zugriff auf das Schulnetz über WLAN. Bei der Beschaffung sollte bereits auf die Möglichkeit der Erweiterung des Netzes geachtet werden (Skalierbarkeit). Bei mehreren Access-Points erleichtert ein Controller die Administration des Netzes. Der Einsatz professioneller Geräte ermöglicht den stabilen Betrieb auch bei vielen gleichzeitigen Zugriffen. Zu unterscheiden sind Standard-Access-Points (Fat-APs), die als allein lauffähige Geräte oder mit einem 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.

Datenblatt Access-Point		
Mindestkriterien: WLAN-Standard, WLAN-Schnittstelle, LAN-Schnittstelle		
Merkmals	Beschreibung	Beispiel
WLAN-Standard	Aktuelle Technik: 802.11ac (Wave 2)	IEEE 802.11ac
Konfiguration	Die Konfiguration sollte über Konsole, Weboberfläche und SSH oder Telnet möglich sein. Bei mehreren Access-Points ist die Konfiguration über einen WLAN-Controller sinnvoll.	Betrieb als einzelner Access-Point (Fat-AP) Konfiguration über Konsole, HTTP/HTTPS, SSH zentrales Management über WLAN-Controller möglich
Betriebsarten	Die normale Betriebsart ist Access-Point (Anbindung von Clients). Bridge-Modus (Punkt zu Punkt-Verbindung zwischen zwei Access-Points) Client-Modus (Anschluss von Ethernet-Endgeräten)	Access-Point

WLAN-Schnittstelle	Sinnvoll ist eine Unterstützung des 2,4 GHz- und des 5 GHz-Bereichs Übertragungsraten (802.11ac-Standard): bis 433 Mbit/s (Mimo 1x1) bis 867 Mbit/s (Mimo 2x2) bis 1300 Mbit/s (Mimo 3x3) Die maximale Sendeleistung sollte reduzierbar sein.	Übertragungsraten: ab 867 Mbit/s
Authentifizierung	Üblich sind heute WPA2-PSK (Preshared Key) und WPA2-Enterprise (802.1x in Verbindung mit einem Radius-Server).	Authentifizierung über 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 (mind. 4 SSIDs) VLAN-Unterstützung nach 802.1q
LAN-Schnittstelle	ggf. können auch 2 LAN-Schnittstellen sinnvoll sein (z. B. separate Konfigurationsschnittstelle)	1 Gbit Ethernet
Stromversorgung	Externes Netzteil oder PoE (Power-over-Ethernet)	PoE 802.3af oder 802.3at zusätzlich ext. Netzteil
Antennen	Externe Antennen können durch spezielle Richtcharakteristiken das Sende- und Empfangsverhalten positiv beeinflussen; im Klassenzimmer reichen meist die eingebauten Standardantennen (Rundstrahler).	
Inter Cell Repeating	Beim Betrieb des Access-Points als Hotspot ist es sinnvoll, die Kommunikation der WLAN-Clients untereinander zu unterbinden.	Inter Cell Repeating abschaltbar
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
Statusanzeigen	ggf. kann es sinnvoll sein, wenn die Status-LEDs, die den Betriebszustand des Access-Points anzeigen, abschaltbar sind.	Statusanzeigen abschaltbar
Montage	Wandmontage, Deckenmontage, Tischgerät ggf. Diebstahlschutz	Halterungen für Wandmontage

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 (ac-Standard) ggf. weitere Kosten für den Controller	ab 250 €

n) 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. Ab ca. 5-10 Access-Points in einem Netz ist der Einsatz einer Controllerlösung unbedingt zu empfehlen.

Übersicht WLAN-Controller		
Funktionsweise	Management eigenständiger Access-Points (FAT-APs)	Der Controller dient nur zur Konfiguration und zur Überwachung der Access-Points. Die WLAN-Nutzdaten laufen nicht über den Controller
	Zentrale Komponente für den Betrieb von Thin-APs (WLAN-Switch)	Die Access-Points können nicht eigenständig betrieben werden. Alle WLAN-Nutzdaten laufen über den Controller bzw. einen eigenen WLAN-Switch.
Aufbau	Eigenständiger 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. Ggf. muss er eigens lizenziert werden.
	Serverdienst	Die Controllersoftware läuft auf einem Windows- oder Linux-Server.
	Cloud-Service	Die Controllerfunktion wird auf einem Server im Internet angeboten. Zur Konfiguration benötigen die Access-Points eine Internetverbindung.

übliche Funktionen	Automatische Erkennung neuer Access-Points Zentrale Konfiguration aller Access-Points Zentrales Monitoring aller Access-Points Automatisches Firmware-Rollout für alle Access-Points Benachrichtigung per E-Mail, wenn Fehler auftreten
Preis	Herstellerabhängig; oft Lizenzierung pro Access-Point

o) Ethernet-Switche

Bei Ethernet-Switchen unterscheidet man zwischen einfachen, nicht managebaren Switchen (z. B. als Arbeitsplatz-Switch, wenn nicht genügend Netzwerkdosen vorhanden sind) und managebaren Layer-2-Switchen (üblicherweise VLAN-fähig), die in den Bereichsverteilern (Etagenverteiler) zum Einsatz kommen. Eine Sonderstellung nehmen Layer-3-Switches ein, die in großen Netzen als zentraler Switch (mit Routing- und Firewallfunktionen) eingesetzt werden.

Datenblatt Switch		
(nicht managebarer Ethernet-Switch als Arbeitsgruppenswitch in einem Netzwerk, wenn die Hausvernetzung nicht ausreichend dimensioniert ist)		
Mindestkriterien: Anschlüsse, Garantie		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
Konfiguration		Nicht konfigurierbar
Anschlüsse	Üblich sind Ethernet-Ports (RJ45) mit 10/100/1000 MBit/s (Autosensing).	je nach Bedarf mit 8, 12 oder 24 1-GBit-Ethernet-Ports
Status-Anzeigen	Verschiedenfarbige LED-Leuchten zeigen den Status jedes Ethernet-Ports an.	LED-Kontrollleuchte für jeden Ethernet-Port mit Anzeige von Status, Aktivität, Geschwindigkeit
Geräuschentwicklung	Bei einem Einsatz in einem Unterrichtsraum sollte der Switch ohne Lüfter sein.	lüfterloses Gerät
Montage	19 Zoll-Gerät (Einbau in einem Rack), Wand- oder Deckenmontage, Tischgerät	Tischgerät
Garantie	Einige Anbieter bieten eine lebenslange Garantie mit Hardwareaustausch.	mind. 5 Jahre Garantie
Preis		8 Ports: ab 90 € 24 Ports: ab 150 €

Datenblatt managebarer Switch (managebarer VLAN-fähiger Layer-2-Switch zum Einsatz in einem Bereichsverteiler)		
Mindestkriterien: Anschlüsse, Garantie		
Merkmale	Beschreibung	Beispiel
Konfiguration	Die Konfiguration sollte über Konsole, Weboberfläche und SSH oder Telnet möglich sein. Die normale Konfiguration erfolgt über die Weboberfläche, der Konsolenanschluss ermöglicht einen Zugang unabhängig von der IP-Konfiguration.	Konfiguration über Konsole, HTTP/HTTPS, SSH
Anschlüsse	Üblich sind Ethernet-Ports (RJ45) mit 10/100/1000 MBit/s (Autosensing) 2-4 Uplink-Ports mit 1 Gbit/s SFP oder 10 Gbit/s SFP.	24 Ethernet-Ports mit 10/100/1000 Mbit/s 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) heute Standard. PoE nach IEEE 802.3af: (max. Leistung pro Port: 15,4 W) PoE+ nach IEEE 802.3at (max. Leistung pro Port: 25,4 W) Die PoE-Gesamtleistung sollte über der benötigten Leistung liegen.	PoE+ nach IEEE 802.3at an allen Ethernet-Ports PoE-Gesamtleistung: (z. B. mind. 128 W bei 5 PoE-Geräten)
Funktionen	VLAN-Unterstützung nach 802.1Q Spanning-Tree (Loop-Protection) ggf. QoS (Quality of Service) bei VoIP ggf. Port-Mirroring und Protokollierung fehlerhafter Datenframes (Fehlersuche) ggf. Link Aggregation (Bündeln von Uplink-Ports für höhere Bandbreiten)	VLAN-Unterstützung nach 802.1Q
Status-Anzeigen	Verschiedenfarbige LED-Leuchten zeigen den Status jedes Ethernet-Ports an.	LED-Kontrollleuchten für jeden Ethernet-Port mit Anzeige von Status, Aktivität, Geschwindigkeit
Montage	Montage im Rack (19 Zoll-Gerät) Wand- oder Deckenmontage Tischgerät	19 Zoll-Gerät

Leistung	<p>Die Switching-Kapazität (Backplane) sollte der Gesamtkapazität aller Ports entsprechen (z. B. 2 x 24 x 1 Gbit/s + 2 x 2 x 10 Gbit/s = 88 Gbit/s.</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).</p> <p>Weitere Leistungsparameter können sein: Latenzzeit, Paketpuffergröße</p> <p>Nicht alle Anbieter geben vergleichbare Werte für die Leistungsfähigkeit an.</p>	<p>Switching-Kapazität: 88 Gbit/s</p> <p>Datendurchsatz: 70 Mpps</p>
Geräusentwicklung	<p>Beim Einsatz in einem Unterrichtsraum sollte der Switch ohne Lüfter sein, bei leistungsstarken Geräten ist dies jedoch schwierig.</p>	<p>leise Lüfter</p>
Garantie, Service	<p>ggf. lebenslange Garantie mit Hardwaretausch; kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates, Serviceadresse</p>	<p>5 Jahre Garantie</p>
Preis		<p>24 Port ab 800 €</p> <p>48 Port ab 1200 €</p>
SFP-Module	<p>Bei den SFP-Modulen (GBICs) muss auf den richtigen LWL-Anschluss (ST, SC, LC) geachtet werden und es müssen auch entsprechende Patchkabel verwendet werden.</p>	<p>SFP+-Modul mit 10 GBit/s: ca. 150 €</p>

p) 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 Internetzugangsrouten übernehmen.

Datenblatt Layer-3-Switch		
Mindestkriterien: Anschlüsse, Garantie, Service		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
Konfiguration	Die Konfiguration sollte über Konsole, Weboberfläche und SSH oder Telnet möglich sein. Die normale Konfiguration erfolgt über einen Konsolenanschluss.	Konfiguration über Konsole, HTTP/HTTPS, SSH
Anschlüsse	Neben einigen Ethernet-Ports mit 10/100/1000 Mbit/s werden SFP+-Ports mit 10 Gbit/s benötigt	ab 24 Ethernet-Ports mit 10/100/1000 Mbit/s 4 SFP+ Ports mit 10 Gbit/s
Funktionen	Statisches Routing Konfigurierbare Firewall auf Layer-4-Ebene (z. B. Paketfilter, konfigurierbar nach Quelle, Ziel und Dienste) VLAN-Unterstützung nach 802.1Q DHCP-Relay (Weiterleitung von DHCP-Anfragen) ggf. QoS (Quality of Service) bei VoIP ggf. Port-Mirroring und Protokollierung fehlerhafter Datenframes (Fehlersuche) ggf. Link Aggregation (Bündeln von Uplink-Ports für höhere Bandbreiten)	statisches Routing Konfigurierbare Firewall auf Layer-4-Ebene VLAN-Unterstützung nach 802.1Q DHCP-Relay Link-Aggregation
Status-Anzeigen	Verschiedenfarbige LED-Leuchten zeigen den Status jedes Ethernet-Ports an.	LED-Kontrollleuchten für jeden Ethernet-Port mit Anzeige von Status, Aktivität, Geschwindigkeit
Montage	Montage im Rack (19 Zoll-Gerät)	19 Zoll-Gerät
Leistung	Die Switching- und Routing-Kapazität (Backplane) sollte der Gesamtkapazität aller Ports entsprechen (z. B. 2 x 24 x 1 Gbit/s + 2 x 4 x 10 Gbit/s = 128 Gbit/s). Nicht alle Anbieter geben vergleichbare Werte für die Leistungsfähigkeit an.	Switching-Kapazität: 128 Gbit/s Datendurchsatz: 95 Mpps
Garantie, Service	ggf. lebenslange Garantie mit Hardwaretausch; kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates, Serviceadresse	5 Jahre Garantie
Preis		24 Ports, davon 4 SFP+-Ports ab 1200 €

SFP-Module	Bei den SFP-Modulen (GBICs) muss auf den richtigen LWL-Anschluss (ST, SC, LC) geachtet werden und es müssen auch entsprechende Patchkabel verwendet werden.	SFP-Modul mit 1 GBit/s: ab 50 € SFP-Modul mit 10 GBit/s: ab 150 €
------------	---	--

q) 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: LAN-Schnittstellen, WAN-Schnittstellen, Routing-Durchsatz		
Merkmal	Beschreibung	Beispiel
Konfiguration	Die Konfiguration sollte über Konsole, Weboberfläche und SSH oder Telnet möglich sein. Die normale Konfiguration erfolgt über die Weboberfläche, der Konsolenanschluss ermöglicht einen Zugang unabhängig von der IP-Konfiguration.	Konfiguration über Konsole, HTTP/HTTPS, SSH
LAN-Schnittstellen	4 x 1 Gigabit-Ethernetports, die als Routerports 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-Ethernetports, als Routerports konfigurierbar

WAN-Schnittstellen	Eine oder mehrere WAN Gigabit Ethernet Schnittstellen, konfigurierbar für externes Modem (z. B. PPPoE, je nach Provider) DSL-Schnittstelle mit integriertem Modem für ADSL/ADSL2+, VDSL, SDSL (Annex B/J)	Schnittstelle, kompatibel zur WAN-Technologie (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 Dienste (IP-Adressen, Schnittstellen, Ports).	Stateful Inspection Firewall, konfigurierbar nach Quelle, Ziel, Dienste
Routing-Durchsatz	Als reiner DSL-Internetzugangsroutern genügen 100-200 Mbit/s. Wenn der Router auch zur Trennung verschiedener Netze (z. B. Unterrichtsnetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz) eingesetzt werden soll, muss der Durchsatz entsprechend höher sein.	Routing-Durchsatz mind. 800 Mbit/s
VPN	VPN-Verbindungen (über IPSEC, SSL, PPTP 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.	

Montage	19"-Zoll-Gerät zum Einbau in einem Rack, bzw Tischgerät	19"-Gerät bzw. 19"-Einbaurahmen
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	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 (<http://alp.dillingen.de/publikationen>) und beim Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (<http://www.isb.bayern.de>) erhältlich bzw. können bei den Beratungsstellen (siehe auch Beratungs- und Fortbildungsangebote, Seite 8) 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/kwmb/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_schulen.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>, <http://alp.dillingen.de/service/it/Planungsrichtlinien.pdf>)

Votum 2018

- Votum 2017 des Beraterkreises für Schulrechner, ALP Dillingen 2017 (<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)
- Das Lean-LAN – zeitgemäße Netzwerke in Schulen, Frankfurt, Dillingen 2006 (<http://alp.dillingen.de/service/it/lean-lan.pdf>)
- GUV-SI 8009 - Sicher und Fit am PC in der Schule - Mindestanforderungen an Bildschirmarbeitsplätze in Fachräumen für Informatik, Bundesverband der Unfallkassen, München 2002 (http://alp.dillingen.de/service/it/guv_si-8009.pdf)
- GUV-I 650 Leitfaden für die Gestaltung – Bildschirm und Büroarbeitsplätze, Bundesverband der Unfallkassen, München 2006 (http://alp.dillingen.de/service/it/I_650.pdf)
- Freie und kostenlose Software zur Grundausstattung für Schulen (http://alp.dillingen.de/schulnetz/materialien/Freie_Software.pdf)

München, Juni 2018

gez.

Georg Schlagbauer
Studiendirektor