



## Empfehlungen zur IT-Ausstattung von Schulen

# Votum 2020

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

## **Votum 2020**

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, Juli 2020

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 2020 ist im Internet unter der Adresse  
<https://www.mebis.bayern.de/votum> abrufbar.

## Grußwort



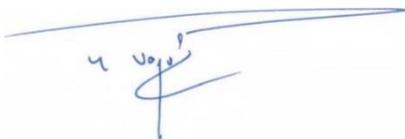
Foto: © Andreas Gebert

Das zweite Schulhalbjahr 2019/20 stand ganz im Zeichen der Corona-Krise. Die Schulfamilie im Freistaat hat die enormen Herausforderungen der Pandemie mit Mut, Engagement und Verantwortungsbereitschaft bewältigt. Mit pädagogischem Geschick haben unsere Lehrkräfte die Schülerinnen und Schüler durch die schwere Zeit der Schulschließungen begleitet. Dafür sage ich allen ein herzliches Dankeschön.

In den vergangenen Monaten hat sich eines klar gezeigt: Digitale Medien und Kommunikationswerkzeuge sind für unsere moderne Bildungslandschaft unverzichtbar. Viele Schulen sind hier schon gut aufgestellt und verbessern die technischen Voraussetzungen für das digitale Lernen dynamisch weiter. Mein Ziel ist es, diesen Digitalisierungsschub zu verstetigen und dauerhaft neue Wege für das Lehren und Lernen mit digitalen Medien zu sichern. Grundlage dafür sind die pädagogischen und didaktischen Ziele und Schwerpunkte der einzelnen Schulen, die in den Medienkonzepten bereits gebündelt wurden. Nur so können wir jeder Schülerin und jedem Schüler in Bayern gerecht werden. Das jährlich aktualisierte VOTUM des Beraterkreises zur IT-Ausstattung von Schulen am Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus gibt der Schulgemeinschaft einen wichtigen Leitfaden für die zeitgemäße Weiterentwicklung der Schul-IT an die Hand.

Ich danke allen Mitgliedern des Beraterkreises, die ihre hohe fachliche Expertise eingebracht haben, um die neuesten technischen und medienpädagogischen Entwicklungen aus dem Blickwinkel der Praxis zu reflektieren. Den Leserinnen und Lesern des VOTUMS 2020 wünsche ich eine gewinnbringende Lektüre sowie zahlreiche Anregungen für die Gestaltung der digitalen Bildung an Bayerns Schulen.

München, im Juli 2020



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

Grußwort.....	3
1. Konzeption und Planung von Schulnetzen .....	6
a) Konzeption von Schulnetzen.....	6
b) Planung von IT-Systemen in der Schule .....	10
2. Hinweise zur Beschaffung von IT-Systemen .....	11
a) Beschaffung von IT-Systemen .....	11
b) Gewährleistung und Garantie .....	12
c) Nutzungsdauer .....	13
d) Gebrauchtrechner .....	13
e) Leasing .....	13
3. Betreuung von IT-Systemen an der Schule .....	14
a) Systembetreuung an den Schulen .....	14
b) Beratungs- und Fortbildungsangebote .....	14
c) Nutzungsordnung.....	15
4. Das digitale Klassenzimmer .....	16
a) Digitale Großbilddarstellung.....	16
b) Dokumentenkamera.....	17
c) Analoge Tafel.....	17
d) Räumliche Anordnung .....	17
e) Digitale Geräte für die Schülerinnen und Schüler.....	18
f) Computer- und andere Fachräume .....	19
g) Sonderpädagogischer Förderbedarf und Inklusion.....	20
h) Lernplattformen.....	20
5. Weitere Einsatzbereiche von IT-Systemen .....	20
a) Unterrichtsbezogene Nutzung frei zugänglicher Computer für Schüler .....	20
b) Lehrerzimmer.....	20
c) Ausstattung für die Seminausbildung.....	21
d) IT-Systeme in der Schulverwaltung.....	21
6. Vernetzung der Rechner, Schulhausvernetzung .....	22
a) Ethernet-Verkabelung (LAN) .....	22
b) Funknetz (WLAN) .....	24
c) Logische Trennung des lokalen Netzes in Teilnetze .....	27
7. Verbindung mit dem Internet .....	28
a) Internetzugang.....	28
b) Internetzugangsroutern mit Firewall .....	28
c) Webfilter .....	29
8. Auswahlkriterien für Computer, Betriebssysteme und Software.....	31
a) Desktop-Computer.....	31
b) Notebooks.....	31
c) Tablets.....	31
d) Weitere Bauformen .....	32
e) Betriebssysteme für Desktop-Computer, Notebooks und Tablets .....	33

f) Server und Serverbetriebssysteme .....	35
g) Terminalserver-Systeme .....	35
h) Großbilddarstellung.....	36
i) Beamer .....	37
j) Interaktive Großbildmonitore .....	38
k) Drahtlose Bildschirmübertragung .....	39
l) Virtual Reality.....	40
m) Standardsoftware, Branchensoftware, Pädagogische Software .....	41
n) Cloudbasierte Software.....	41
o) Videokonferenz-Systeme .....	41
p) mebis-Tafel .....	42
9. Administrative Aufgaben.....	43
a) Installation von Betriebssystemen und Software auf Arbeitsplatzcomputern ....	43
b) Schutz der Arbeitsplatzcomputer vor Veränderungen .....	43
c) Sicherheitsupdates .....	43
d) Virenschutz .....	44
e) Systeme zur Datensicherung .....	44
f) Verwaltung von Tablets.....	44
10. Hardware.....	45
a) Arbeitsplatzcomputer .....	45
b) Monitore.....	48
c) Notebooks.....	50
d) Tablets.....	53
e) Thin Clients.....	58
f) Server .....	59
g) NAS-Systeme .....	63
h) Beamer .....	68
i) Großbildmonitore .....	70
j) Dokumentenkameras .....	74
k) Drucker .....	75
l) 3D-Drucker .....	76
m) Strukturierte Gebäudeverkabelung .....	78
n) Access-Points .....	78
o) WLAN-Controller.....	80
p) Ethernet-Switches.....	82
q) Internetzugangsrouten.....	85
11. Weiterführende Literaturhinweise .....	88

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

## **1. Konzeption und Planung von Schulnetzen**

Die Beschaffung schulgerechter IT-Systeme muss im Gesamtkontext der geplanten Einsatzmöglichkeiten vorbereitet und entschieden werden. Die allgemeinen, schulartübergreifenden Ziele und Inhalte der Medienerziehung und informationstechnischen Bildung sind in der Bekanntmachung des Staatsministeriums für Unterricht und Kultus vom 24. Oktober 2012 Az.: III.4-5 S 1356-3.18 725 „Medienbildung – Medienerziehung und informationstechnische Bildung in der Schule“ festgehalten (siehe <https://www.verkuendung-bayern.de/amtsblatt/dokument/kwmb1-2012-22-357/>).

### **a) Konzeption von Schulnetzen**

Die Konzeption eines Schulnetzes beeinflusst nachhaltig die pädagogische Arbeit der Lehrkräfte und die Art und den Umfang der administrativen Tätigkeiten in der Schule. Das Schulnetz muss deshalb insbesondere nach pädagogischen, didaktischen und auch rechtlichen Überlegungen konzipiert werden. Es stellt die technische Basis zur Umsetzung des Medienkonzepts dar.

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

Die nachfolgend aufgeführten IT-Strukturen sind in Schulen vorhanden. Abwandlungen und Mischformen ergeben sich durch die Anforderungen der jeweiligen Einsatzumgebung. Es wird darauf hingewiesen, dass eine pädagogische oder rechtliche Würdigung mit der folgenden Darstellung nicht einhergeht. Rechtliche Aspekte, die bei der Planung von IT-Systemen an der Schule beachtet werden müssen, insbesondere datenschutzrechtliche, werden unter 1.b) (Datenschutzrechtliche Aspekte bei Planung und Einsatz von IT-Systemen), dargestellt.

### **Netzwerkstruktur**

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

Folgende Entscheidungen beeinflussen die Gestaltung des Schulnetzes:

- Authentifizierung und Netzzugang
- Segmentierung in Teilnetze beziehungsweise VLAN-Struktur (z. B. Schülernetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz, WLAN-Netze für Lehrer, Schüler, Gäste, etc.)

- Definierte Übergänge zwischen den Netzen (Firewall-Struktur)
- WLAN-Infrastruktur (Abdeckung, Bandbreite, Art der Authentifizierung)
- Zugang zu schulinternen Ressourcen (z. B. Dateiablage, Drucker etc.)
- Zugang zum Internet (z. B. Proxy, Filterlösungen)
- Zugang zu externen Diensten, Nutzung externer Cloud-Dienste

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

### **Klassische lokale Strukturen**

Netzwerke in Unternehmen oder Behörden werden klassischerweise zentral administriert und stellen alle erforderlichen Ressourcen innerhalb des Netzwerks bereit. Berechtigungen werden je nach Aufgabenbereich sehr differenziert vergeben, unternehmensfremde Personen oder Geräte sind nicht zugelassen. Diese Netzwerke bieten eine hohe Sicherheit, gleichzeitig erfordern sie einen entsprechend hohen Verwaltungsaufwand.

An Schulen sind Netzwerke, die an diese klassischen Strukturen angelehnt sind, in Form von Windows-Domänen-Netzwerken verbreitet. Es gibt für alle Benutzer personenbezogene, individuelle Accounts, der Zugang zu den lokalen Computern ist über die persönliche Anmeldung möglich. Jeder Benutzer hat ein individuelles Home-Verzeichnis innerhalb der Schule und Zugriff auf die von ihm benötigten Ressourcen.

### **Schlanke und offene Strukturen**

Klassische lokale Strukturen sind nur innerhalb der Schule nutzbar, Lehrkräfte und Schüler arbeiten am Computer aber vielfach zu Hause und wollen sowohl Daten als auch Geräte zwischen Schule und Heimarbeitsplatz transportieren, so dass keine stringenten Sicherheitsanforderungen mehr umsetzbar sind.

In diesem Fall ist der Einsatz lehrer- oder schülereigener mobiler Endgeräte (auch BYOD) im Unterrichtsnetz mit der Öffnung der schulischen IT-Strukturen verbunden. Gleichzeitig kann man die Ressourcen und den Administrationsaufwand in der Schule reduzieren, wenn man davon ausgeht, dass die persönlichen Daten von Lehrern oder Schülern primär zu Hause oder gegebenenfalls auf einer Plattform im Internet liegen. In der konsequentesten Form einer schlanken und offenen schulischen IT-Struktur stellt die Schule nur noch die Netzwerkinfrastruktur mit WLAN und einem Internetzugang zur Verfügung. Wie diese Infrastruktur genutzt wird, entscheidet jede Lehrkraft in dem von der Schule und den rechtlichen Bestimmungen vorgegebenen Rahmen nach pädagogischem Ermessen (z. B. Nutzung einer Lernplattform).

### **Cloudbasierte Strukturen**

Der Cloud-Begriff wird heute sehr allgemein für die Nutzung von Ressourcen im Internet oder in anderen Netzwerken verwendet. Daten, Rechenleistung und Programme befinden sich nicht auf dem Endgerät, sondern in der Regel auf einem Server außerhalb der Schule (z. B. Datenspeicher in einem Rechenzentrum, Lernplattformen, Schul-

Cloud, Webanwendungen). Auch die Nutzung schulexterner Cloudstrukturen kann so ausgestaltet werden, dass die Schule ihrer organisatorischen und rechtlichen Verantwortung gerecht wird (z. B. bei mebis).

Viele Anwendungen sind mittlerweile im Internet verfügbar. Beispiele dafür sind einfache Dateispeicher mit der Möglichkeit, Daten untereinander zu teilen, oder Kalender mit der Möglichkeit, gemeinsame Termine zu vereinbaren. E-Mail, Online-Officeanwendungen, Chat und Videokonferenzsysteme ermöglichen sowohl eine synchrone als auch asynchrone Kommunikation und Zusammenarbeit über das Internet.

Cloud-Lösungen sind flexibel skalierbar: Zusätzliche Rechenleistung, weiterer Speicherplatz oder weitere Anwendungen können zeitlich variabel genutzt werden. Der Aufwand für interne Serverbereitstellung, Backup, Klimatisierung und Stromversorgung sowie die Administration ist aus Sicht der Schule deutlich reduziert. Hersteller von Netzwerkkomponenten (WLAN-Access-Points, Switches) bieten zunehmend cloudbasierte Administrationswerkzeuge. Sind diese mandantenfähig, ermöglichen sie die Betreuung mehrerer Schulstandorte über eine Plattform.

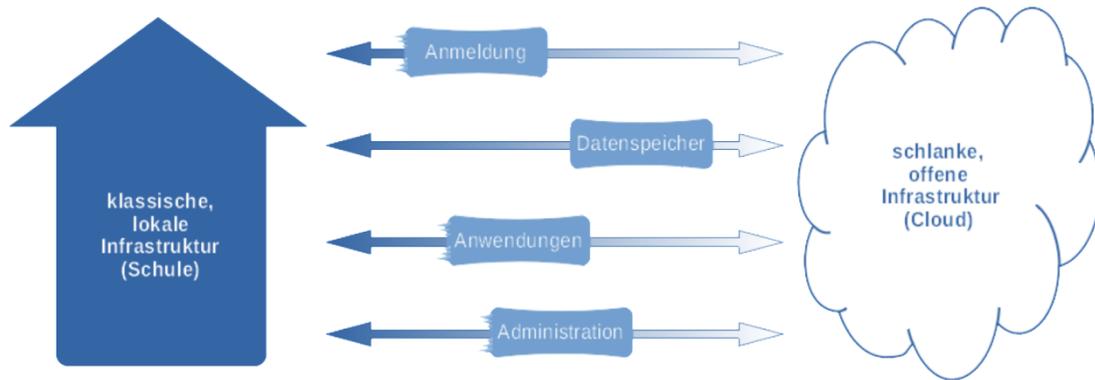
### **Schlanke, offene, cloubasierte Strukturen**

Ziel eines schlanken, offenen und cloubasierten Konzeptes ist es, dass jeder Lehrer oder Schüler prinzipiell an jedem Ort (zu Hause, in der Schule oder von unterwegs) gleich gut arbeiten kann oder zumindest einen gleich guten Zugriff auf abgelegte Daten hat. Innerhalb der Schule ist eine gut ausgebaute Netzwerkinfrastruktur mit WLAN und breitbandiger Internetanbindung notwendig, die von allen Lehrern und Schülern genutzt werden kann.

Für Lehrkräfte und Schüler stehen umfangreiche cloubasierte Ressourcen und Anwendungen (Datenspeicher, Office-Anwendungen, Kollaborationswerkzeuge, etc.) zur Verfügung, die zwar von der Schule verwaltet werden können, aber nicht auf der schulischen Infrastruktur betrieben werden. Schüler und Lehrkräfte nutzen cloubasierte Anwendungen zur Zusammenarbeit/Kollaboration.

### **Hybride Strukturen**

Ein Schulnetz entwickelt sich entsprechend den pädagogischen Vorgaben und technischen wie rechtlichen Möglichkeiten weiter. Aufgrund der unterschiedlichen Ausprägungen sind Mischformen der obigen Strukturen möglich. Zum Beispiel können in diesem dynamischen Prozess einzelne Komponenten des Schulnetzes entweder mehr dem Bereich der lokalen Infrastruktur (links) oder dem Bereich des Cloudcomputings (rechts) zugeordnet werden.



Eine hybride Schulnetzstruktur stellt eine Mischform von klassischen lokalen Strukturen hin zu offenen und cloudbasierten Strukturen dar.

### Beispiel für ein hybrides pädagogisches Schulnetz

Das folgende Konfigurationsbeispiel eines hybriden Netzes ist in seinen Ausprägungen in beide Richtungen, d. h., klassische lokale Struktur bzw. cloudbasierte Struktur, auch nach der Erstinstallation anpassbar:

- Klassische Client/Server-Architektur für alle stationären Geräte in der Schule
- Individuelle Anmeldung nur für Lehrkräfte mit Zugriff auf Home-Laufwerk, Drucker-Anbindung, Verwaltungswerkzeuge
- Zugriff mit mobilen Endgeräten auf ein lokales Tauschlaufwerk und das Internet (BYOD)
- Breitbandiger Internetzugang für alle Lehrkräfte und Schüler
- Lehrkräfte und Schüler nutzen cloudbasierte Kollaborationswerkzeuge und Lernplattformen.

Das Modell des hybriden Schulnetzes kombiniert bewährte Funktionen und Eigenschaften aus beiden Grundstrukturen: Domäne mit lokaler Nutzung und Cloudcomputing. Es kann zudem als eine Übergangslösung von klassischen lokalen Strukturen hin zu cloudbasierten Strukturen verstanden werden.

### IT-Systemlösungen für Schulen

Für Schulen wird eine Fülle von IT-Systemlösungen angeboten. Die Produkte bieten eine Vielzahl an Funktionen an, um unabhängig von der Schulart allen Bedürfnissen und Anforderungen gerecht zu werden. Auch wenn die einzelne Schule unter Umständen nur einen kleinen Teil des Funktionsumfangs nutzt, sind die Systemlösungen häufig sehr komplex, was gegebenenfalls eine langfristige Bindung an das Produkt und den dazugehörigen Support nach sich zieht. Zur Umsetzung eines dynamischen Medienkonzepts ist es für eine Schule jedoch wichtig, flexibel und offen für Entwicklungen, Ergänzungen und Anpassungen zu sein. Der Weg hin zu cloudbasierten Kollaborations- und Verwaltungswerkzeugen, wie diese mit der Bayerncloud-Schule geplant sind, darf dabei nicht behindert werden.

## **b) Planung von IT-Systemen in der Schule**

### **Medienkonzept**

Aus dem Medienkonzept (siehe <https://www.mebis.bayern.de/medienkonzepte>) 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 Arbeitsplatzcomputern und Servern, die Nutzung von mobilen Endgeräten, den Anmeldeprozess, den Zugang zu lokalen oder cloudbasierten Daten und Diensten bis hin zur Arbeitsweise im einzelnen Klassenzimmer und hat damit weitreichende Auswirkungen auf die Arbeit von Lehrkräften und Schülern sowie auf den Arbeitsumfang der Systembetreuung. Die technische Umsetzung eines Schulnetzes und die Orientierung an einer bestimmten IT-Struktur (siehe Kapitel 1.a), Konzeption von Schulnetzen) muss sich vor allem auch an pädagogischen Zielen orientieren.

### **Lehr- und lernförderliche Arbeitsumgebungen**

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

Didaktisch angelegte Handlungssituationen und Szenarien erfordern die Be- und Erarbeitung unterrichtlicher Themen in Partner- bzw. Teamarbeit. Die Gestaltung und Ausstattung der Unterrichtsräume sollten teambasierte und kompetenzorientierte Lern- und Arbeitsprozesse unterstützen.

### **Datenschutzrechtliche Aspekte bei Planung und Einsatz von IT-Systemen**

- Bei der Einführung eines neuen IT-Systems bzw. der Änderung eines bestehenden Systems ist stets der Datenschutzbeauftragte der Schule miteinzubeziehen. Insbesondere ist ihm Gelegenheit zur Stellungnahme vor dem erstmaligen Einsatz oder einer wesentlichen Änderung eines automatisierten Verfahrens, mit dem personenbezogene Daten verarbeitet werden, zu geben (Art. 12 Abs. 1 BayDSG).
- Werden Verfahren eingesetzt, bei denen personenbezogene Daten verarbeitet werden, müssen diese in der Regel nach Art. 30 DSGVO bei der Beschreibung von Verarbeitungstätigkeiten im Rahmen des Verarbeitungsverzeichnisses von der Schule berücksichtigt werden. Weiterhin muss die Schule bei der Erhebung personenbezogener Daten grundsätzlich die Informationspflichten nach Art. 13 bzw. Art. 14 DSGVO beachten.
- In der Regel werden von den Cloud-Anbietern AVVe (Auftragsverarbeitungsverträge) zur Verfügung gestellt. Es empfiehlt sich, die Vereinbarung insbesondere darauf zu überprüfen, dass der Dienstleister die bei ihm gespeicherten personenbezogenen Daten nicht für eigene Zwecke, sondern nur im Auftrag und im Rahmen der Weisungen der Schule verarbeitet, diesbezüglich Verschwiegenheit zusagt und nach Ende der Vereinbarung die Daten löscht oder sie an die Schule zurückgibt.
- Daneben ist bei der Planung und dem Einsatz cloudbasierter-Anwendungen auf § 46 Bayerische Schulordnung (BaySchO) mit Anlage 2 zu achten.

- Bei der Nutzung von lehrereigenen Endgeräten ist in datenschutzrechtlicher Hinsicht zu beachten, dass die Schule für schulische Datenverarbeitungen verantwortlich bleibt (Art. 4 Nr. 7 DSGVO). Diese Verantwortung besteht auch dann, wenn Lehrkräfte dienstliche Daten auf ihren Privatgeräten verarbeiten.
- Allgemein ist im Medienkonzept unter dem Aspekt der Datensparsamkeit darauf zu achten, dass die Zahl der eingeschalteten Dienstleister bzw. Anbieter möglichst geringgehalten wird.

### **Planungsteam**

Zur Vorbereitung von Beschaffungsmaßnahmen im IT-Bereich sollte ein Planungsteam eingerichtet werden. Es sollte dazu mindestens aus Vertretern der Schulleitung, des Sachaufwandsträgers und der Systembetreuerin bzw. dem Systembetreuer der Schule bestehen. Das Planungsteam der Schule orientiert sich am bestehenden Ausstattungsplan des Medienkonzepts, prüft Realisierungsmöglichkeiten und verfolgt die konkrete Umsetzung. Insbesondere bei komplexeren Planungen im Bereich vernetzter Systeme (Schulhausvernetzung) sollen auch externe Experten (z. B. Beraterinnen und Berater für digitale Bildung, IT-Experten des Sachaufwandsträgers, externe Dienstleister) in die Planung ergänzend eingebunden werden.

Bei Bedarf wird der Ausstattungsplan im Rahmen der Schulentwicklung angepasst und verändert. Unterstützende Materialien zur Evaluation, Überarbeitung und Weiterentwicklung der Medienkonzepte finden sich auf mebis (<https://www.mebis.bayern.de/medienkonzepte/leitfaden/unterstuetzungsangebote>).

### **Beratung und Unterstützung**

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

Die informationstechnischen Beraterinnen und Berater digitale Bildung können die Schulen bei der Konzeption und Planung der Schulnetze beraten und unterstützen (<https://www.mebis.bayern.de/infoportal/bdb>).

## **2. Hinweise zur Beschaffung von IT-Systemen**

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

### **a) Beschaffung von IT-Systemen**

Bei IT-Beschaffungen für den Unterrichtsbereich stehen die methodisch-didaktischen und medienpädagogischen Ziele der jeweiligen Schule im Vordergrund. Zu beachten sind auch rechtliche Aspekte, z. B. Förder-, Vergabe-, Lizenz-, Vertrags- und Datenschutzrecht. Auf Wirtschaftlichkeit und Wartbarkeit der Systeme sollte im Dialog mit dem

Sachaufwandsträger geachtet werden. Ebenso sollte man die im Kollegium vorhandene Erfahrung berücksichtigen.

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

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

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

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

- Geräusentwicklung (Arbeitsplatzcomputer, Notebooks, Beamer und Drucker)
- Tastatur mit geneigtem und leicht bedienbarem Tastaturfeld mit leisem Anschlag und Tastenhub, geeignet zum Tastschreiben
- Bildschirm mit matter Oberfläche, Höhe und Neigung verstellbar
- Drucker mit geringer Feinstaubemission, insbesondere in Büro- oder Unterrichtsräumen oder bei hohem Druckaufkommen
- Umweltprüfzeichen wie Blauer Engel, EU Ecolabel, TCO Certified (siehe Kapitel 11, Weiterführende Literaturhinweise: „Produktblatt Informationstechnik, Portal für nachhaltige Beschaffung öffentlicher Auftraggeber“)
- Einhaltung von Arbeits- und Sozialstandards (siehe Kapitel 11, Weiterführende Literaturhinweise: „Verpflichtungserklärung zur Einhaltung von Arbeits- und Sozialstandards in der öffentlichen IKT-Beschaffung“)
- Umweltfreundliches Material von Verpackungen mit Rücknahme und fachgerechter Entsorgung durch den Anbieter
- Rücknahme von Altgeräten durch den Lieferanten entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen mit Rücknahme und fachgerechter Entsorgung durch den Anbieter

## **b) Gewährleistung und Garantie**

Beim Erwerb von IT-Ausstattung ist es oftmals zu empfehlen, ergänzend zur gesetzlichen Gewährleistung eine darüberhinausgehende Garantieleistung des Anbieters oder Herstellers in Anspruch zu nehmen, um im Fall eines Defekts eine möglichst rasche Reparatur bzw. einen Ersatz sicherzustellen.

- Eine „Vor-Ort-Garantie“ bedeutet, dass im Schadensfall ein Techniker des Herstellers oder eines von ihm beauftragten Unternehmens an die Schule kommt, um ein defektes Gerät unmittelbar zu reparieren oder zu ersetzen. Der Abschluss einer „Vor-Ort-Garantie“ mit festgelegter Reaktionszeit ist besonders für Geräte zu empfehlen, die nicht problemlos transportiert werden können oder die für die Infrastruktur zwingend erforderlich sind.

- Bei einer „PickUp&Return-“ bzw. „Collect&Return-Garantie“ muss ein defektes Gerät ggf. abgebaut, verpackt und zur Abholung durch einen Paketdienst oder eine Spedition bereitgestellt werden. Der Versand und Rücktransport ist für die Schule in der Regel kostenfrei.
- Ist keine konkrete Regelung festgelegt, muss ein defektes Gerät üblicherweise auf eigene Kosten zum Anbieter bzw. Hersteller gebracht werden (z. B. „Bring-In-Garantie“).

Die Ausprägungen der Garantieleistungen können sich bei verschiedenen Anbietern stark unterscheiden und sollten deshalb vor Vertragsabschluss bzw. Kauf sorgfältig geprüft werden.

### **c) Nutzungsdauer**

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

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

Bei den aktiven Netzwerkkomponenten (z. B. Router, Switches, Access-Points) kann von einer Nutzungsdauer von 10 Jahren ausgegangen werden, wobei Internetzugangsroutern in der Regel bei einer Änderung des Internetzugangs getauscht werden müssen. Auch bei Access-Points ist ein früherer Austausch dann sinnvoll, wenn insgesamt auf eine aktuellere WLAN-Technologie umgestellt werden soll.

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

### **d) Gebrauchtreamer**

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 vor allem durch die sich ergebende heterogene Ausstattung deutlich erhöht. Ebenso werden meist keine Garantie und nur eine kurze Gewährleistung angeboten. Daher sollte nach Möglichkeit auf Gebrauchtreamer verzichtet werden.

### **e) Leasing**

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

### **3. Betreuung von IT-Systemen an der Schule**

#### **a) Systembetreuung an den Schulen**

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

(siehe <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/votum/kmbek-systembetreuung>).

Je nach Komplexität der Aufgaben und Systeme kann es sinnvoll sein, die Aufgaben der Systembetreuung an den Schulen aufzuteilen. Dies fördert ein modernes Wissensmanagement und bietet eine gewisse Redundanz in der Betreuung der schulischen IT-Systeme.

Daneben ist eine technische Unterstützung der Systembetreuung z. B. durch Abschluss von entsprechenden Wartungsverträgen oder durch die technische Betreuung der Schulrechner durch EDV-Techniker bzw. einer zentralen IT-Dienstleistungseinheit der Sachaufwandsträger erforderlich.

#### **b) Beratungs- und Fortbildungsangebote**

An den Dienststellen der Ministerialbeauftragten sowie an den Regierungen und den Staatlichen Schulämtern sind Unterstützungssysteme eingerichtet. Die „Medienpädagogischen Beraterinnen und Berater digitale Bildung“ (mBdB, vormals MiB) fokussieren ihre Aktivitäten auf die medienpädagogische Beratung und medienpädagogische Fortbildung. Die „Informationstechnischen Beraterinnen und Berater digitale Bildung“ (iBdB) legen ihren Tätigkeitsschwerpunkt auf die informationstechnische Beratung und informationstechnische Fortbildung

(siehe <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/empfehlung/beratung-digitale-bildung>).

Die kommunalen Medienzentren der kreisfreien Städte und Landkreise stellen Schulen unterrichtsbezogene Medien zur Verfügung und leisten pädagogische Beratung zum Einsatz von Medien im Unterricht

(siehe <https://www.mebis.bayern.de/infoportal/medienzentren>)

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

Des Weiteren stehen zentrale Beratungsangebote zur Verfügung:

- IT-Ausstattung: Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung  
(<https://alp.dillingen.de/akademie/it-beratung>)
- Medieneinsatz: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung  
(<http://www.isb.bayern.de>)

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

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

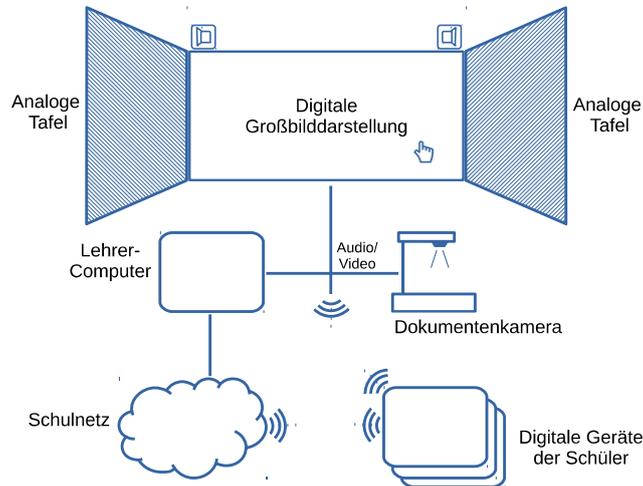
Diese Kurse werden von der Akademie Dillingen in Zusammenarbeit mit der Regionalen Lehrerfortbildung durchgeführt. An der Akademie Dillingen werden regelmäßig weiterführende Lehrgänge für Systembetreuerinnen und Systembetreuer angeboten (siehe <https://schulnetz.alp.dillingen.de>).

### **c) Nutzungsordnung**

Mit den Schülerinnen und Schülern sowie den Lehrkräften und dem Verwaltungspersonal sollte eine Nutzungsordnung zum Umgang mit dem EDV-System vereinbart werden. Zu beachten ist, dass datenschutzrechtlich eine Protokollierung der Tätigkeiten im lokalen Netz, der Arbeit mit sogenannten Lernumgebungen oder der Internet-Nutzung, die zeitlich begrenzte Speicherung der Log-Dateien und das Vornehmen von Stichproben gemäß Telekommunikationsgesetz nur dann zulässig sind, wenn die Nutzer (z. B. Lehrkräfte) eine entsprechende Einverständniserklärung abgegeben haben oder die EDV-Einrichtungen der Schule ausschließlich zu schulischen Zwecken genutzt werden dürfen und ein entsprechender Anlass vorhanden ist. Diese Punkte sollten in einer Nutzungsordnung geregelt werden. Ebenso sollten die technischen und organisatorischen Voraussetzungen zum Einsatz privater Endgeräte im Schulnetz sowie die private Nutzung der schulischen EDV-Infrastruktur in einer Nutzungsvereinbarung geregelt sein. Die dort vereinbarten Regeln sollten prinzipiell unabhängig vom benutzten Endgerät sein. In der Nutzungsordnung sollte auch auf rechtliche Aspekte, z. B. 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“, die 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, das auf die jeweilige Situation in der eigenen Schule angepasst wird.

## 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 Lehrercomputer (Desktop-PC, Notebook oder Tablet), einer Präsentationseinrichtung (digitale Großbilddarstellung, Dokumentenkamera, Audiosystem) und der Möglichkeit für Schülerinnen und Schüler, digitale Geräte (z. B. PCs, Notebooks, Tablets) unter der Verwendung der schulischen Infrastruktur zu nutzen.

### a) Digitale Großbilddarstellung

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

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

An die Großbilddarstellung sollte eine Möglichkeit zur drahtlosen Bildübertragung angeschlossen sein. Damit können die Lehrkräfte und gegebenenfalls auch die Schüler

den Bildschirminhalt des jeweils verwendeten mobilen Gerätes auf der Großbild-darstellung wiedergeben.

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

### **b) Dokumentenkamera**

Eine Dokumentenkamera dient zum einen als Ersatz des Overheadprojektors und ermöglicht die direkte Darstellung von Textvorlagen, Bildern und auch dreidimensionaler Objekte. Zum anderen lassen sich damit auch Abläufe als Video aufzeichnen (z. B. physikalische oder chemische Versuche), gegebenenfalls digital bearbeiten und Erklärungsvideos über die Digitalkamera erstellen.

Die Funktionalität einer Dokumentenkamera kann auch mit einem Tablet mit geeignetem Stativ und dem Einsatz einer App erreicht werden.

### **c) Analoge Tafel**

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

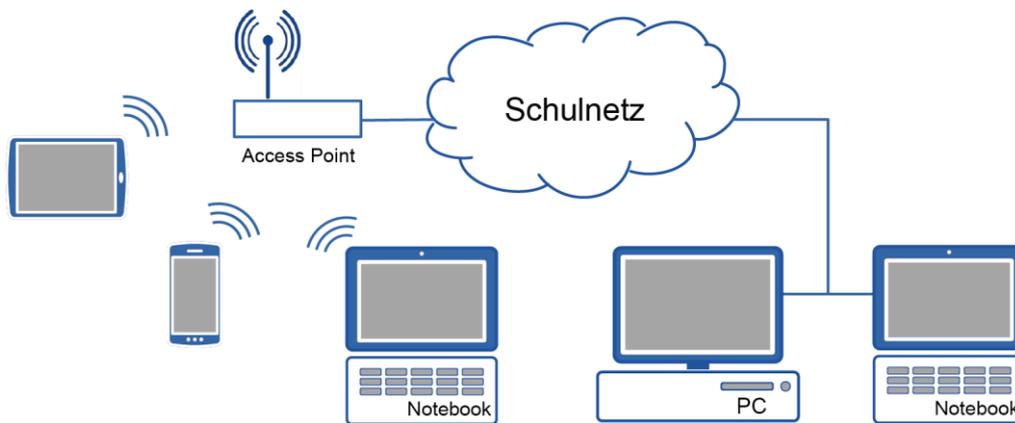
### **d) Räumliche Anordnung**

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

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

Anzustreben ist ferner eine technisch möglichst einheitliche Ausstattung aller Unterrichtsräume.

### e) Digitale Geräte für die Schülerinnen und Schüler



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

Die Infrastruktur des digitalen Klassenzimmers sollte idealerweise die drahtlose Nutzung 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 der Schülerinnen und Schüler mit digitalen Endgeräten (z. B. über schülereigene Geräte oder die staatlich geförderte Beschaffung schulgebundener mobiler Endgeräte) immer häufiger anzutreffen sein. Aus didaktischen Gründen sollte zumindest angestrebt werden, dass sich beim Einsatz digitaler Werkzeuge im Durchschnitt höchstens zwei Schülerinnen und Schüler ein Gerät teilen.

#### Schülereigene mobile Geräte

BYOD (Bring Your Own Device) beschreibt ein Konzept, bei dem Schülerinnen und Schüler ein privates Notebook oder Tablet als persönliches Lernwerkzeug an verschiedenen Lernorten nutzen:

- Die mobilen Endgeräte sind auch zu Hause (z. B. zur Erledigung der Hausaufgaben) einsetzbar.
- Eine technische wie didaktische Herausforderung liegt gegebenenfalls in der Heterogenität schülereigener Geräte.
- Wenn von der Schule Apps bzw. Programme für die schülereigenen Geräte empfohlen werden, ist darauf zu achten, dass eine Installation auf den eigenen Geräten nicht verlangt werden kann und dass keine datenschutzrechtlichen Vorgaben verletzt werden (z. B. durch Zugriffe der Apps auf persönliche Daten der Schüler oder Erfassung der Nutzungsdaten durch Anbieter).

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

### **Schuleigene mobile Geräte**

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

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

### **Arbeitsplatzrechner für Schülerinnen und Schüler**

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

### **f) Computer- und andere Fachräume**

Der Computerraum als klassischer Fachraum für das Fach Informatik bzw. Informationstechnologie (aber auch für den digital gestützten Unterricht im Klassenverband) stellt eine erweiterte Form des digitalen Klassenzimmers dar, in dem zusätzlich für die Schülerinnen und Schüler eigene Computer-Arbeitsplätze zur Verfügung stehen.

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

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

### **g) Sonderpädagogischer Förderbedarf und Inklusion**

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

### **h) Lernplattformen**

Lernplattformen stellen eine virtuelle Arbeitsumgebung zur Unterstützung und Organisation des Unterrichts dar und ermöglichen die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern über den Präsenzunterricht an der Schule hinaus. Seit dem Schuljahr 2014/2015 steht allen bayerischen Schulen die zentral bereitgestellte mebis-Lernplattform 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 frei zugänglicher Computer für Schüler**

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

### **b) Lehrerzimmer**

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

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

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

### **c) Ausstattung für die Seminausbildung**

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

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

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

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

### **d) IT-Systeme in der Schulverwaltung**

Über den unterrichtlichen Bereich hinaus ist der IT-Einsatz auch zur Unterstützung der Schulverwaltung von erheblicher Bedeutung. Das Amtliche Schulverwaltungsprogramm (ASV) ist als Client/Server-System mit einer Datenbank je Schule bzw. Schulzentrum konzipiert. Bei der Verwendung mehrerer Verwaltungsrechner mit ASV ist eine Vernetzung dieser Rechner notwendig und die Installation der ASV-Serverkomponente (DSS) auf einem Server sinnvoll.

Einen Überblick über die Hilfs- und Beratungsangebote zur ASV sowie die Kontaktdaten der Multiplikatoren findet man unter (<http://www.asv.bayern.de/beratung/multiplikatoren.html>).

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

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

## 6. Vernetzung der Rechner, Schulhausvernetzung

Für die Schulhausvernetzung sind gewisse Mindestanforderungen zu erfüllen:

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

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

### a) Ethernet-Verkabelung (LAN)

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

In großen vernetzten Umgebungen unterscheidet man zwischen

- Primärverkabelung (gebäudeübergreifendes Campusnetzwerk; typisch: Lichtwellenleiter)

- Sekundärverkabelung (Backbone-Verkabelung innerhalb eines Gebäudes; Lichtwellenleiter, derzeit typische Übertragungsrate 10 GBit/s)
- Tertiärverkabelung (Arbeitsplatzverkabelung; Twisted-Pair-Kupfer-Verkabelung, derzeit typische Übertragungsrate 1 GBit/s)

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

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

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

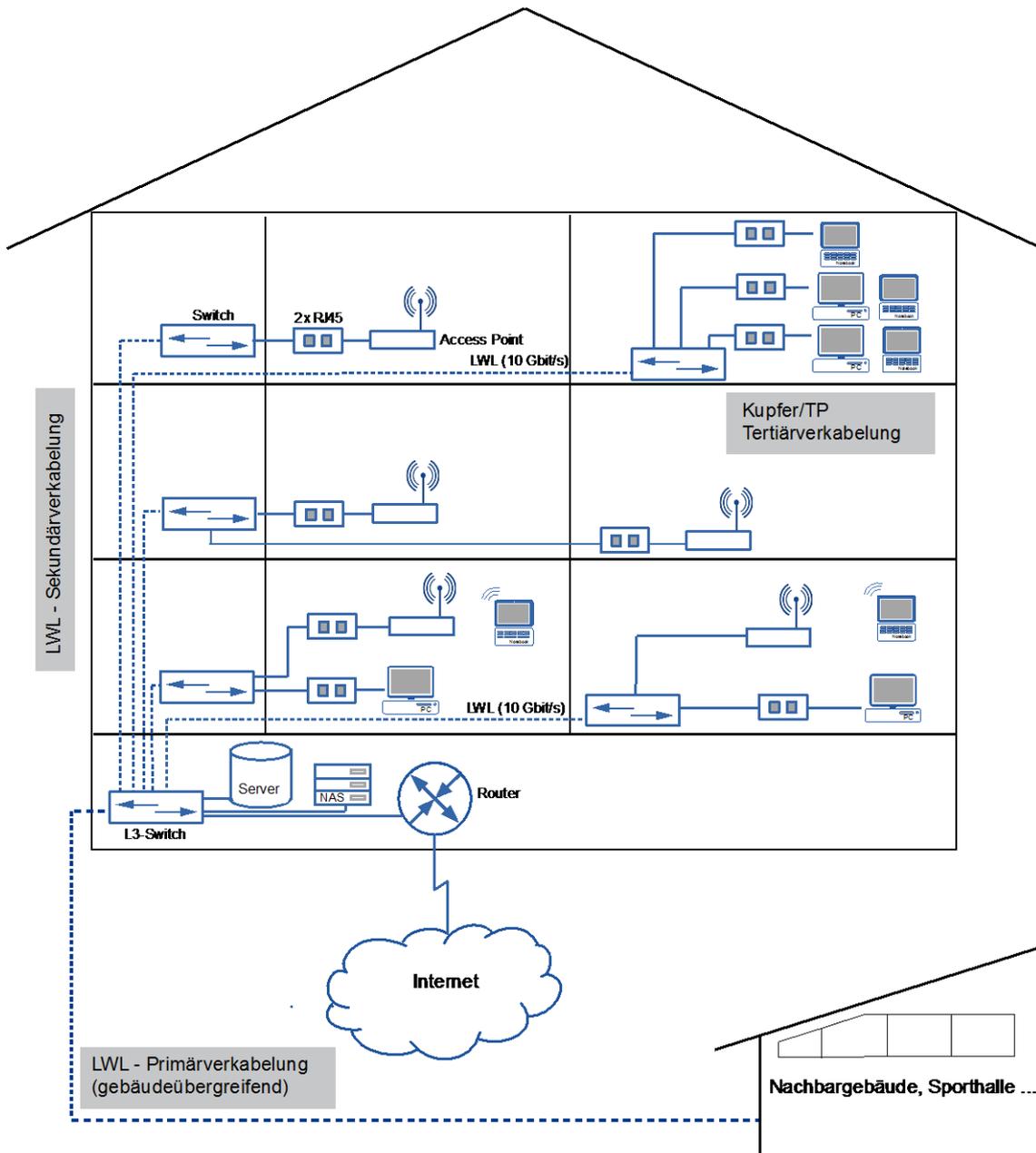
Die zentralen Komponenten des Netzwerks (z. B. Router mit Internetanbindung, Layer 3-Switch, Server, NAS) sollten in einem Serverraum (Gebäudehauptverteiler) untergebracht sein.

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

### **Powerline**

Eine 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. Die Betriebsstabilität und tatsächlich nutzbare Bandbreite muss individuell im Einsatzumfeld ermittelt werden.

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



Strukturierte Gebäudeverkabelung mit Primär- Sekundär- und Tertiärverkabelung.

## b) Funknetz (WLAN)

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

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

Möglich sind derzeit Übertragungsraten bis in den Gigabit-Bereich (Standards nach IEEE 802.11ac / WiFi 5 und IEEE 802.11ax / WiFi 6). Zu beachten ist, dass die Übertragungsqualität und die Übertragungsreichweite oftmals schwer einschätzbaren Umgebungseinflüssen (z. B. Stahlbetonwände) unterliegen. Dabei wird bei schlechter Übertragungsqualität die Übertragungsraten drastisch reduziert. In der Praxis wird selten mehr als ein Drittel der Brutto-Übertragungsraten erreicht, die sich alle an einem Access-Point angebotenen Clients teilen.

Bei Neuinstallationen sollte der Standard IEEE 802.11ac / WiFi 5 bzw. bereits der Nachfolger IEEE 802.11ax / WiFi 6 berücksichtigt werden. Geeignete Access-Points unterstützen die Clients im 2,4 GHz- und im 5 GHz-Bereich und bieten ausreichend hohe Übertragungsraten. Die Anbindung der Access-Points an das lokale Netz erfolgt dabei über Gigabit-Ethernet mit Übertragungsraten von 1 bzw. 2,5 GBit/s.

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

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

### **WLAN-Controller**

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

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

### **Alternative Strukturen**

WLAN-Mesh-Systeme können in einem Gebäude eine großflächige WLAN-Abdeckung ermöglichen, ohne dass alle Access-Points jeweils an ein kabelgebundenes Netzwerk angeschlossen sind. Mesh-Systeme bestehen aus sog. Satelliten und einer Basisstation. Sie bilden die Knoten des Mesh-Netzwerks. Alle Knoten kommunizieren untereinander über das Funknetz. Die zur Steuerung genutzten Signale und Datenübertragungen verringern die Bandbreite des Gesamtsystems. Mesh-Systeme sind nicht herstellerübergreifend kompatibel. Als schulweite funktionsstabile WLAN-Infrastruktur ist dieser Ansatz nicht zu empfehlen, kann aber im Home-Bereich oder für spezielle Anwendungssituationen sinnvoll sein.

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

## **Zugriffsschutz**

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

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

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

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

## **Gesundheitliche Aspekte bei der Verwendung von WLAN**

WLAN nutzt zur Datenübertragung Frequenzen im 2,4 GHz- und 5 GHz-Bereich. Alle in Deutschland zugelassenen technischen Geräte für den Aufbau von Funknetzwerken halten die empfohlenen strahlungsrelevanten Höchstwerte ein. Bei einem flächendeckenden WLAN-Einsatz, z. B. bei Installation eines Access-Point je Klassenzimmer, kann die erforderliche Sendeleistung pro Access-Point reduziert und damit die punktuelle Strahlenbelastung minimiert werden.

WLAN-Systeme emittieren zur drahtlosen Informationsübertragung hochfrequente elektromagnetische Felder. Gesundheitliche Risiken dieser Felder wurden national und international, u. a. auch im Rahmen des Deutschen Mobilfunkforschungsprogramms, untersucht. Unterhalb der empfohlenen Höchstwerte sind vom Bundesamt für Strahlenschutz keine negativen gesundheitlichen Auswirkungen nachgewiesen. Messungen zeigen, dass bei der Anwendung von WLAN und anderen drahtlosen Übertragungstechniken die empfohlenen Höchstwerte bei Weitem nicht erreicht werden (siehe auch [https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/emf/info-bluehooth-und-wlan.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=7](https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/emf/info-bluehooth-und-wlan.pdf?__blob=publicationFile&v=7) sowie gleichlautende LT-Drucksache 16/2362).

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

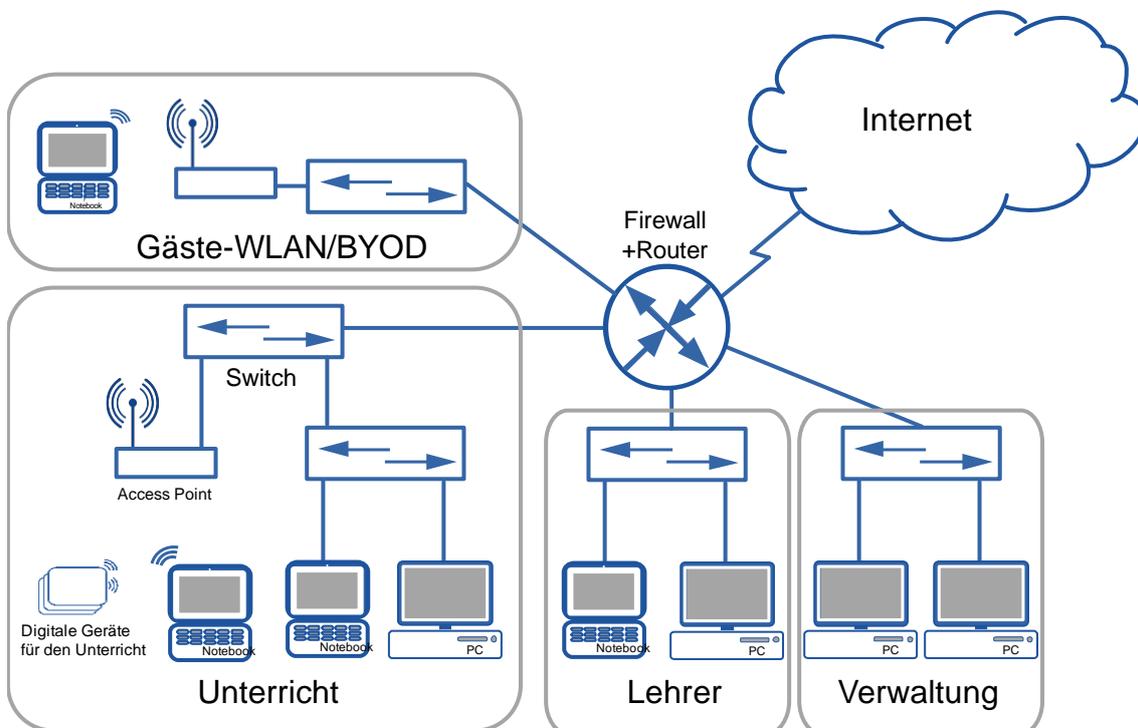
Der Netzzugang mit Notebooks, Tablets oder Smartphones per WLAN ist, aufgrund einer geringeren Strahlung, einer Mobilfunkverbindung vorzuziehen (siehe z. B. BfS: „Smartphones und Tablets – Tipps zur Reduzierung der Strahlenbelastung“, <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/mobilfunk/schutz/smartphone-tablet.html>).

### c) Logische Trennung des lokalen Netzes in Teilnetze

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

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

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



Beispielhafte Darstellung verschiedener Teilnetze in der Schule

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

Über WLAN-Multi-SSID lassen sich auch unterschiedliche WLAN-Netze und Einsatzvarianten definieren (z. B. Lehrer-WLAN, Schüler-WLAN, Gäste-WLAN etc.). So kann für schuleigene oder schulfremde Geräte (BYOD) bestimmt werden, auf welche

Ressourcen, wie Internet oder interne Serverangebote diese zugreifen dürfen. Auch Störungen oder Überlastungen sind so üblicherweise auf die jeweiligen Teilnetze beschränkt.

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

## **7. Verbindung mit dem Internet**

### **a) Internetzugang**

Ein ausreichender leistungsstarker Internetzugang ist für Schulen unverzichtbar. Um in Zeiten einer zunehmenden Verlagerung von Ressourcen und Diensten ins Internet Online-Angebote in der Schule sinnvoll nutzen zu können, ist eine möglichst hohe Bandbreite notwendig. Erklärtes Ziel der Bayerischen Staatsregierung ist die Anbindung der Schulen über einen breitbandigen Glasfaseranschluss.

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

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

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

Schulen, die noch keinen Breitbandzugang zum Internet haben, wird empfohlen, über ihre Kommune eine Aufnahme in den Ausbaubereich im Rahmen der verschiedenen Breitbandförderprogramme des Freistaats Bayern und des Bundes zu erwirken.

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

### **b) Internetzugangsroutern mit Firewall**

Dem Internetzugangsroutern der Schule kommt als zentraler Übergangsknotenpunkt, an dem sehr effektiv der Datenfluss zwischen dem lokalen Netz und dem Internet gesteuert werden kann, eine besondere Bedeutung zu. Der Router sollte den Einsatz unter hohen

Lastbedingungen gewährleisten, unterschiedliche Netze anbinden können, differenzierte Firewall-Einstellungen bieten und gegebenenfalls einen redundanten Internetanschluss ermöglichen. Internetzugangsroutern aus dem Heimbereich bieten diese Eigenschaften nicht.

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

### **Dedizierte Firewall-Systeme und UTM**

Umgebungen mit hohen Sicherheitsanforderungen setzen komplexe und aufwändig zu konfigurierende Firewalls bzw. UTM-Systeme (Unified-Threat-Management) ein. Diese Systeme integrieren neben klassischen Filtern auf IP- und Protokollebene zusätzliche Sicherheits- und Filterfunktionen, wie z. B. Authentifizierung, VPN, Intrusion-Detection, Intrusion-Prevention oder Content-Filter.

UTM-Systeme gehen oft über den Sicherheitsbedarf einer Schule hinaus. Die komplexe Konfiguration und Administration sind neben den meist anfallenden regelmäßigen Lizenzgebühren zu bedenkende Kriterien.

### **c) Webfilter**

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

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

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

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

#### **Betriebsstabilität, Performanz 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. lehrereigenen Geräten sollte der Webfilter funktionieren, ohne dass dort Änderungen an der Konfiguration vorgenommen werden müssen.

### **Inhaltliche Zuverlässigkeit**

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

### **Globale Einstellung durch die Schule**

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

### **Nutzung durch die Lehrkraft**

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

### **Protokollierung der Web-Zugriffe**

Werden von einem Webfilter personenbezogene Daten in Logdateien gespeichert, sind die Anforderungen des Datenschutzes zu beachten.

### **Technische Umsetzung**

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

Eine andere Möglichkeit 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.

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

## **8. Auswahlkriterien für Computer, Betriebssysteme und Software**

### **a) Desktop-Computer**

Desktop-Computer mit separat angeschlossenem Monitor, Tastatur und Maus sind die klassischen Arbeitsplatzcomputer, die in allen Verwaltungs- und Büroumgebungen zum Einsatz kommen. Die ergonomischen Anforderungen an Büroarbeitsplätze lassen sich mit diesen Computern am besten erfüllen. In Schulen kommen Desktop-Computer überall dort zum Einsatz, wo fest installierte Computer sinnvoll sind, z. B. in Computerräumen, in Lehrerzimmern oder in der Schulverwaltung. Desktop-Computer gibt es in allen Leistungsklassen, vom Standard-Büro-Computer bis zu leistungsfähigen Workstations für CAD-Anwendungen, Grafik- oder Videobearbeitung.

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

### **b) Notebooks**

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

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

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

### **c) Tablets**

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

Neben der Touch-Funktionalität mit Fingern bieten viele Tablets auch die Möglichkeit einer Stifteingabe, wobei hier spezielle (meist induktive) Stifte mit mehreren Druckstufen zum Einsatz kommen. Gleichzeitig ist bei dieser Art der Stiftbedienung die Touch-

Funktion deaktiviert, so dass der Handballen wie beim Schreiben auf Papier auf dem Tablet aufliegen kann.

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

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

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

### **Tablets in der Grundschule**

Der Erwerb von Medienkompetenz spielt bereits in der Grundschule eine große Rolle (siehe Kapitel 11, Weiterführende Literaturhinweise: „Digitales Klassenzimmer - Verlieren unsere Kinder den Anschluss?“). Für die Lernumgebung der Grundschule erweisen sich dabei Tablets oft sinnvoller als Desktop-PCs oder Notebooks.

Der hohe Aufforderungscharakter, die intuitive Bedienbarkeit und bestehende Vorerfahrungen der Kinder aus dem häuslichen Umfeld ermöglichen einen unkomplizierten Einstieg in die Arbeit mit digitalen Medien. Auch neue, digitale Präsentationsformen sind dadurch umsetzbar. Multifunktionalität sowie die hohe räumliche, zeitliche und methodische Flexibilität erlauben, nicht zuletzt wegen der kompakten Größe und des geringen Gewichts, eine optimale Umsetzung der geforderten Lehrplaninhalte und Methodenvielfalt.

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

### **d) Weitere Bauformen**

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

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

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

### **e) Betriebssysteme für Desktop-Computer, Notebooks und Tablets**

Microsoft Windows ist das verbreitetste Betriebssystem für Arbeitsplatzcomputer in Verwaltungen und Büroumgebungen. Auch an Schulen ist es bei Desktop-Computern und Notebooks das am häufigsten genutzte Betriebssystem.

Auch Tablets sind mit vorinstalliertem Windows-Betriebssystem erhältlich. Vorteilhaft dabei ist, dass neben den Apps aus dem Microsoft-Store viele andere Windows-Programme von Drittanbietern zum Einsatz kommen können und in einer gewohnten PC-Umgebung gearbeitet wird. In Verbindung mit einer Tastatur wird dadurch ein „Systembruch“ zu Windows-Arbeitsplatzcomputern vermieden.

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

Das FWU hat mit Microsoft Vereinbarungen zum Bezug von Windows-Betriebssystemen und Anwendersoftware abgeschlossen, die derzeit noch von Schulen genutzt werden können (siehe:

<http://www.fwu.de/1702/rahmenvertrag-zwischen-dem-fwu-und-microsoft>).

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

Ältere Windows-Betriebssysteme wie Windows 7 oder Windows XP sind an Schulen immer noch verbreitet, obwohl die Produktunterstützung durch Microsoft abgelaufen ist. Systeme, für die keine neuen Sicherheitsupdates angeboten werden, sollten baldmöglichst aktualisiert werden. Solange sie noch im Einsatz sind, 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 oder Chromium-Browser)

- Betrieb der Geräte mit einer Protektor-Lösung, die nach jedem Neustart alle Veränderungen verwirft (siehe Kapitel 9.b), Schutz der Arbeitsplatzcomputer vor Veränderungen).
- Bereitstellung eines „sauberen“ System-Images und regelmäßiges Klonen der Geräte (siehe Kapitel 9.a), Installation von Betriebssystemen und Software auf Arbeitsplatzcomputern).

Bei Notebooks, die in unterschiedlichen Systemumgebungen genutzt werden, oder bei Verwaltungscomputern, die personenbezogene Daten verarbeiten, wird empfohlen, veraltete Versionen von Windows und Office nicht zu verwenden.

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

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

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

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

Android ist eine von Google entwickelte, freie Software. Apps können über verschiedene App-Stores installiert werden. Darunter gibt es auch solche, die nur freie Software vertreiben, ohne dass ein Benutzeraccount nötig ist. Ein einfacher Betrieb ist über die vorinstallierte Google-Umgebung und den dazugehörigen App-Store möglich. Dazu ist eine Anmeldung mit einem Google-Benutzer-Account nötig.

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

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

## **f) Server und Serverbetriebssysteme**

Zentrale Dienste können als Cloud-Dienste, auf angemieteten Servern im Internet oder auf lokalen Servern in der Schule bereitgestellt werden. Für die datenschutzrechtlichen Hinweise zu Cloud-Lösungen siehe Kapitel 1.b) (Datenschutzrechtliche Aspekte bei Planung und Einsatz von IT-Systemen).

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

Für umfangreichere Serverdienste (z. B. Domänencontroller, serverbasierte Programme, Webserver, Datenbanken) kommen primär Windows- oder Linux-Server in Betracht. Bei diesen Serverbetriebssystemen sind zur Administration fundierte Kenntnisse ihrer Struktur sowie im Aufbau des Rechtesystems nötig.

Sind an einer Schule mehrere Server im Einsatz, werden diese am sinnvollsten als virtuelle Maschinen auf einem leistungsfähigen physikalischen Server (z. B. mit VMware-ESXi oder Microsoft-HyperV) betrieben. Dies spart erhebliche Ressourcen und erleichtert die Administration der Serversysteme. Vor allem Backups, Wiederherstellung und Migration auf neue Hardware sind mit virtuellen Maschinen deutlich einfacher als mit nativ installierten Systemen. In einer VLAN-Infrastruktur lassen sich die einzelnen virtuellen Server unterschiedlichen VLANs zuordnen (z. B. Unterrichtsnetz, Verwaltungsnetz). Die Administration von ESXi- oder HyperV-Hosts erfordert zusätzliche Kenntnisse.

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

## **g) Terminalserver-Systeme**

Bei der klassischen Client/Server-Infrastruktur werden die Anwendungen auf dem Client installiert und ausgeführt, die Daten sind auf einem Server gespeichert. Bei einem Terminalserver-System dienen die Clients nur als Zugangscomputer, die für die Eingaben von Tastatur und Maus und für die Bildschirmdarstellung zuständig sind, die Anwendungen sind auf dem Server installiert und werden dort ausgeführt. Dort ist auch die Rechenleistung erforderlich.

Die Dimensionierung eines Terminalservers hängt entscheidend davon ab, welche Anwendungen ausgeführt werden und wie viele Benutzer gleichzeitig darauf zugreifen. Nicht alle Programme sind für den Einsatz auf einem Terminalserver geeignet, problemlos sind vor allem Standardanwendungen (Office, Internet, Mail). Ebenso kann es sinnvoll sein, einzelne Verwaltungsprogramme (z. B. ASV, Notenmanager) auf einem Terminalserver bereitzustellen, damit diese nicht auf allen Clients einzeln installiert werden müssen. Ein weiterer Einsatzbereich ist die Bereitstellung von Heimarbeitsplätzen, z. B. im Verwaltungsbereich. Dafür gibt es sehr sichere Lösungen über VPN-Verbindungen.

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

Der Zugriff auf einen Terminalserver erfolgt über ein Client-Programm. Die Betriebssysteme von Client und Terminalserver müssen dabei nicht identisch sein. Auf einen Windows-Terminalserver kann man z. B. mit Clients von Windows-, Linux- oder MacOS-Systemen zugreifen.

Thin Clients sind rein für den Terminalserver-Zugriff konzipierte Endgeräte, bei denen Hardware und Software auf die notwendigen Funktionen reduziert sind. Die Vorteile dieser Geräte gegenüber Arbeitsplatz-Computern sind der geringere Preis und vor allem die geringe Leistungsaufnahme, die einen lüfterlosen Betrieb ermöglicht.

Der Zugriff von einem Tablet oder Smartphone auf einen Terminalserver ist prinzipiell möglich, die üblichen Programme auf Terminalservern sind jedoch in ihrem Bedienkonzept in der Regel nicht für die Tablet- oder Smartphonennutzung ausgelegt und führen zu einer ungünstigen grafischen Darstellung.

Im pädagogischen Netz der Schule stehen Terminalserver-Lösungen sowohl der Tendenz zu mobilen Einsatzszenarien bzw. Lernsettings als auch der zunehmenden Nutzung von Clouddiensten entgegen. Außerdem setzt der gleichzeitige Zugriff vieler Benutzer auf einen Terminalserver sehr performante und damit teure Lösungen voraus.

## **h) 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 eine mechanische Höhenverstellung empfohlen wird.

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

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

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

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

### Auswahl einer Großbilddarstellung

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

### Zusätzliche Kriterien bei der Auswahl einer interaktiven Großbilddarstellung

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

#### i) Beamer

In einem Klassenzimmer sollten bevorzugt Ultrakurzdistanz-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 Lehrarbeitsplatzes vorgesehen werden.

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

## **j) Interaktive Großbildmonitore**

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

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

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

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

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

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

### k) Drahtlose Bildschirmübertragung

Mit Screen Mirroring bzw. Casting ist es möglich, Bildschirminhalte (Mirroring) oder nur einzelne Medieninhalte (Casting / Streaming) von mobilen Endgeräten wie z. B. Tablets oder Smartphones drahtlos auf eine Großbilddarstellung zu übertragen.

Zur drahtlosen Bildschirmübertragung sind grundsätzlich folgende Lösungen möglich:

- Hardware in Form eines HDMI-Dongles
- werksseitig eingebaute Lösungen in Beamer, interaktiver Tafel, Dokumentenkamera oder TV-Gerät
- Multifunktionsgeräte oder -adapter mit mehreren Übertragungstechnologien
- Software-Lösung auf PC oder Mac

#### Übertragungstechnologien

Miracast	Chromecast	Airplay
<ul style="list-style-type: none"> <li>• bevorzugte Lösung für Windows-Geräte (Notebooks, Tablets) und für die meisten Android-Geräte</li> <li>• mit den meisten Android- und Windows-Geräten ohne zusätzliche Apps ansteuerbar</li> <li>• funktioniert mit und ohne WLAN-Infrastruktur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bevorzugte Lösung für ChromeBooks und viele Android-Geräte</li> <li>• mit einem Chrome-Browser auch für Windows-, Linux- und MacOS-Geräte nutzbar</li> <li>• Verschiedene Apps können direkt an den Chromecast-Adapter streamen.</li> <li>• Eine Netzwerk-Infrastruktur ist erforderlich, Adapter und mobile Geräte müssen im gleichen Netzwerk sein.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bevorzugte Lösung für Apple-Geräte</li> <li>• mit Apple-Geräten ohne Zusatzsoftware nutzbar</li> <li>• Airplay-Adapter (Apple-TV) und iPads bzw. Mac-Books befinden sich üblicherweise im gleichen Netzwerk.</li> </ul>

Adapter gibt es in verschiedenen Bauformen. Sie werden meist an den HDMI-Eingang eines Displays oder Beamers und an eine Stromquelle angeschlossen und unterstützen jeweils eine oder mehrere Übertragungstechnologien. Für eine flexible Nutzung mit vielfältigen Endgeräten ist es sinnvoll, wenn die Geräte alle drei Technologien unterstützen.

Eine weitere Möglichkeit der drahtlosen Bildübertragung bieten Softwarelösungen, die auf einem PC installiert werden, der mit einem Beamer oder einem Display verbunden

ist. Eine App auf dem mobilen Gerät verbindet sich dabei mit dem PC und überträgt den Bildschirminhalt.

### **Auswahlkriterien für eine drahtlose Bildschirmübertragung**

- Welche Übertragungsstandards sollen unterstützt werden?
- Sollen gegebenenfalls mehrere mobile Geräte gleichzeitig dargestellt werden?
- Gibt es eine App oder Software für Konfiguration, Verwaltung der Quellen, Zugriffskontrolle oder Sicherheitseinstellungen?
- Muss auf den mobilen Geräten eine App zur drahtlosen Bildschirmübertragung installiert werden?
- Ist die Lösung mit der vorhandenen Netzwerk-Infrastruktur einsetzbar?
- Welche Möglichkeiten der Steuerung stehen zur Verfügung (App / Webbrowser / Maus / Tastatur / Tastenfeld / Fernbedienung)?
- Ist die Versorgung mit Updates gesichert bzw. sind Updates stets kostenlos möglich?
- Ist das Gerät für einen Dauerbetrieb vorgesehen?
- Verfügt das Gerät über eine Touch-Back-Funktionalität (Steuerung des Tablets oder Notebooks über eine interaktive Projektionsfläche)?

Vor der Anschaffung einer bestimmten Lösung sollte diese mit der eigenen Infrastruktur getestet werden. Weiterführende Informationen zur drahtlosen Bildschirmübertragung sind unter <https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/Bildschirmuebertragung.pdf> zusammengestellt.

## **I) Virtual Reality**

Virtual Reality (VR) bezeichnet die Darstellung und Wahrnehmung einer computer-generierten virtuellen Umwelt. Eine Überblendung der echten Umgebung mit virtuellen Elementen nennt man auch Mixed Reality (MR) oder Augmented Reality (AR).

Bereits ohne großen technischen Aufwand lassen sich mit entsprechenden Apps auf einem Smartphone oder Tablet Ergänzungen zu der über die Kamera aufgenommene Umgebung einblenden. Damit lassen sich z. B. Zusatzinformationen, räumliche Bilder oder Bewegungsabläufe innerhalb der realen Umgebung darstellen.

Die Wahrnehmung einer virtuellen Umwelt gelingt mit VR-Brillen. Kameras und Sensoren, die sich in der Brille befinden oder fest im Raum montiert sind, erfassen die Position des Akteurs und auch Körper- und Augenbewegungen. Mit der Unterstützung durch weitere Geräte (3D-Sound-Boxen, Haptik-Westen, -Handschuhe) gelingt die Einbettung (Immersion) des Nutzers in die virtuelle Welt immer realistischer.

Die Echtzeitdarstellung der virtuellen Umwelt erfordert eine hohe Rechenleistung. Eine Latenz der visuellen Darstellung gegenüber dem Bewegungs- und Gleichgewichtsempfinden des Akteurs, kann zu Unwohlsein führen (Motion Sickness).

Die Entwicklung von Virtual Reality wurde vor allem im Unterhaltungsbereich vorangetrieben, etabliert sich aber zunehmend ganz allgemein zur besseren Visualisierung beliebiger Objekte oder Vorgänge. Im schulischen Bereich sind z. B. virtuelle Begehungen an einem entfernten Ort oder die räumliche Darstellung von Objekten

möglich. Im beruflichen Bereich kann z. B. der Umgang mit Maschinen gefahrlos und dennoch realitätsnah vermittelt werden.

### **m) Standardsoftware, Branchensoftware, Pädagogische Software**

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

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

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

### **n) Cloubasierte Software**

Ergänzend oder alternativ zu lokal installierter Software werden auch immer mehr cloubasierte Anwendungen über das Internet bereitgestellt. Diese laufen auf Servern bei den entsprechenden Diensteanbietern. Die Interaktion erfolgt über ein Clientprogramm oder browserbasiert.

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

Cloubasierte Produkte sind datenschutzrechtlich anspruchsvoll. Die im Kapitel 1.b) unter „Datenschutzrechtliche Aspekte bei Planung und Einsatz von IT-Systemen“ genannten Voraussetzungen einer cloubasierten Lösung sind vor der Entscheidung für ein Produkt stets zu prüfen, insbesondere sind die Vorgaben des Art. 28 DSGVO und der Anlage 2 zu § 46 BaySchO zu berücksichtigen. Für das landesweite Angebot mebis ist der rechtskonforme Einsatz sichergestellt.

### **o) Videokonferenz-Systeme**

Videokonferenz-Systeme sind eine typische cloubasierte Anwendung, die eine synchrone Kommunikation mit Bild und Sprache ermöglichen. Funktionen der Zusammenarbeit wie Steuerung durch einen Moderator oder Bildschirmfreigabe sind integriert.

Meist genügt als Software für Teilnehmer ein aktueller Browser. Um den vollen Funktionsumfang wahrnehmen zu können, ist manchmal die Verwendung proprietärer Client-Software des Herstellers erforderlich. Üblicherweise werden alle aktuellen Betriebssysteme unterstützt, so dass Videokonferenzen mit allen Endgeräten wie Arbeitsplatzcomputern, Notebooks, Tablets oder Smartphones ermöglicht werden.

Die Qualität integrierter Kameras ist in der Regel ausreichend. An Geräte, welche keine Kamera integriert haben, kann eine externe Webcam angeschlossen werden.

Zur Anzeige von Präsentationen oder anderen Dokumenten ist eine große Darstellung vorteilhaft, so dass ein Smartphone für diese Anwendungen ungeeignet erscheint.

Wichtig ist eine gute Audioqualität. Diese wird am einfachsten mit einem Headset erreicht, das mit dem PC, Notebook, Tablet oder Smartphone verbunden ist.

Technisch und organisatorisch reibungslos lassen sich Videokonferenzen mit kleineren Gruppen bis zu 30 Teilnehmern durchführen, die einzeln über eigene Geräte eingebunden sind. Aufwändiger sind Videokonferenzen, bei denen sich in einer Präsenzveranstaltung einzelne Personen oder Gruppen dazuschalten und die Audioübertragung des gesamten Raumes ermöglicht werden soll. Ein „Kompendium Videokonferenzsysteme“ ist auf den Seiten des BSI (siehe Kapitel 11, Weiterführende Literaturhinweise) erhältlich.

Bei der Auswahl und dem Einsatz von Videokonferenztools sind die datenschutzrechtlichen Voraussetzungen zu berücksichtigen. Insbesondere dem pädagogischen Einsatz von Videokonferenztools sind Grenzen gesetzt.

In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass sich der Bayerische Landesbeauftragte für den Datenschutz nicht abschließend über die Zulässigkeit des dauerhaften Einsatzes von Videokonferenztools an Schulen geäußert hat.

#### **p) mebis-Tafel**

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

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

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

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

## 9. Administrative Aufgaben

### a) Installation von Betriebssystemen und Software auf Arbeitsplatzcomputern

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

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.

### b) Schutz der Arbeitsplatzcomputer vor Veränderungen

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

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

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

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

### c) Sicherheitsupdates

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

Dringend geboten ist ein ständig aktueller Sicherheitsstand bei Servern und allen Computern, die aus dem Internet erreichbar sind. Die regelmäßige Installation von Sicherheitsupdates ist darüber hinaus bei allen mobilen Geräten notwendig, bei Computern, die sensible Daten speichern oder darauf Zugriff haben, und bei allen

Computern, die nicht durch andere Maßnahmen (z. B. mit einer Protektorssoftware oder durch regelmäßiges Klonen) geschützt sind.

#### **d) 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.

#### **e) Systeme zur Datensicherung**

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

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

#### **f) Verwaltung von Tablets**

Die Betriebssysteme von Tablets unterscheiden sich zum Teil erheblich von denen auf Arbeitsplatzcomputern und auch zur Sicherstellung der Einsatzfähigkeit werden andere Verfahren verwendet. Bei schuleigenen Tablets ist es sinnvoll, die Geräte in ein Mobile-Device-Management-System (MDM-System) einzubinden. Ein MDM-System sollte die vorhandenen mobilen Betriebssysteme verwalten können und folgende Funktionen bereitstellen:

- Automatische Einschreibung und Inventarisierung von mobilen Geräten
- zentrale Konfiguration aller notwendigen Einstellungen (Desktop, WLAN etc.)
- Bereitstellung von Apps
- Sicherung bzw. Bereinigung

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

## 10. Hardware

Die nachfolgenden Spezifikationen der beschriebenen Hardware-Komponenten geben Hilfestellung bei der Beschaffung. Sie ersetzen im Einzelfall jedoch keine Ausschreibung, da dabei auch die vergaberechtlichen Vorschriften einzuhalten sind. Die angegebenen Preise (Bruttopreise) sind Orientierungswerte, die bei größeren Stückzahlen gegebenenfalls deutlich unterschritten werden können.

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

### a) Arbeitsplatzcomputer

Nachfolgend beschriebener Standard-PC für die Betriebssysteme Windows, Linux oder MacOS 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.

<b>Datenblatt Arbeitsplatzcomputer</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, Festplatte, Garantie</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Systemleistung/ CPU	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das Programm SYSmark 2014 oder das kostenlose Programm Cinebench R20.  Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: ab Intel Pentium Gold ab Intel i3-6xxx ab Intel i5-6xxx ab Intel i7-6xxx alle AMD Ryzen	Mindestwerte Benchmark: SYSmark 2014 v1.5 (Windows 10, 64bit): 1200 Punkte oder  Cinebench R20: 300/750 Punkte (Single/Multi-Core)
Grafikeinheit	Prozessoren verfügen oft über eine integrierte Grafikeinheit, welche für die meisten schulischen Anwendungen ausreichend ist. Eine aktuelle Prozessorgeneration bietet meist auch eine bessere Grafikleistung.	

BIOS/UEFI	Manche Deploymentlösungen setzen einen Start im Legacy BIOS Modus voraus.	UEFI Modus und Legacy BIOS Modus
RAM	Um flüssiges Arbeiten zu ermöglichen, ist ausreichend Arbeitsspeicher erforderlich. Eine Erweiterung des Arbeitsspeichers (ohne Ausbau der vorhandenen Module) sollte möglich sein.	ab 8 GB RAM
Festplatte	Insbesondere beim Boot-Vorgang ist der schnelle Zugriff auf Daten gefordert. Daher empfiehlt sich der Einsatz einer Solid-State-Disk (SSD). Die typischen Transferraten liegen bei einer Anbindung über SATA III bei ca. 550 MB/s. Bei einem Anschluss über PCIe 3.0 x4 (M.2) sind höhere Transferraten möglich.	SSD: ab 240 GB
Grafik- / Sound-Anschlüsse	Grafik- und Soundanschlüsse sind meist auf dem Motherboard integriert, nur bei höheren Grafikanforderungen ist eine eigene Grafikkarte notwendig. Üblich sind mindestens ein digitaler Videoanschluss (HDMI) und Audio-Anschlüsse (Line in/out). Soll der PC zusätzlich an einen Beamer angeschlossen werden, ist ein weiterer kombinierter Audio-/Video-Ausgang sinnvoll (z. B. Zusatzkarte mit HDMI oder Display-Port).	frontseitige Audioanschlüsse für Kopfhörer/Mikrofon HDMI-Anschluss ggf. zusätzlich: weiterer HDMI-Anschluss oder Display-Port
USB-Anschlüsse	Sinnvoll sind mind. 4 USB-Anschlüsse, davon zwei leicht zugänglich an der Frontseite. USB 2.0 (bis 60 MByte/s) USB 3.0 (bis 500 MByte/s) USB 3.1 (bis 1200 MByte/s)	2 x USB 3.0 2 x USB 2.0 evtl. 1 x USB-C zwei USB-Anschlüsse an der Frontseite
LAN-Anschluss		1 GBit/s-Ethernet
Optisches Laufwerk	Gegebenenfalls ist es sinnvoll, einzelne Rechner (z. B. Lehrer-PC) mit einem optischen Laufwerk auszustatten (DVD-Brenner oder Blu-ray-Brenner).	

Geräuschentwicklung	Insbesondere in Computerräumen ist auf möglichst geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter).	bis zu 26 dB bei 50% Last bis zu 20 dB bei Büroanwendungen
Formfaktor, Gehäuse	Die unterschiedlichen Gehäusegrößen und -formen sind nicht exakt definiert. Verwendet werden die Begriffe Micro-PC, Mini-PC, Small-Form-Factor, All-in-One-PC. Je nach Einsatzort kann die maximale Größe festgelegt werden.	
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie	„Energy Star“ beschreibt Mindestanforderungen für die Energieeffizienz. „Blauer Engel“ ist ein Umweltprüfzeichen mit Kriterien zu Energieverbrauch, Materialanforderungen, Recyclingfähigkeit und Geräuschemission. Es gibt weitere Zertifizierungen, die gegebenenfalls gefordert werden können, aber nicht immer ausgewiesen sind, z. B. TCO Certified Desktops 5 oder energieeffizientes Netzteil nach „80 Plus Silver“.	Energy Star 6.1 ggf: Blauer Engel (RAL-UZ 78a für PCs)
Garantie	optional: 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“ Gegebenenfalls kann bei einer Ersatzbeschaffung gefordert werden, dass ein an der Schule vorhandenes Systemimage auch auf den Ersatzgeräten läuft (Imagestabilität).	mindestens 3 Jahre „Vor-Ort-Garantie“ Eine über die gesetzliche Gewährleistung hinausgehende Garantie kann entfallen, wenn entsprechende Leistungen nach Umfang, Reaktions- und Wiederherstellungszeit (z. B. Reparaturleistungen, Ersatzbeschaffung) vergleichbar vom Sachaufwandsträger übernommen werden und dies schriftlich bestätigt wird.
Beschaffung	ggf. Aufstellen und Anschließen der PCs, Entsorgung der Verpackungen	
Preis	mit Intel i5-9xxx mit AMD Ryzen 5 32xxG jeweils incl. 3 Jahre Vor-Ort-Garantie 5 Jahre Vor-Ort-Garantie	ca. 500 € ca. 500 € ca. 100 €

**b) Monitore**

<b>Datenblatt Monitor</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Größe, Auflösung, Helligkeit</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Größe	Bildschirmdiagonalen von 24" sind Standard. Für Bildbearbeitung sind größere Monitore mit einer entsprechend höheren Auflösung empfehlenswert.	ab 23,5"
Panel	IPS-Panels bieten eine hohe Farbtreue, eine schnelle Reaktionszeit und einen großen Blickwinkel. VA-Panels bieten bessere Schwarzwerte bzw. einen höheren Kontrast.	IPS-Panel
Auflösung		bis 24" Bildschirm: ab 1920 x 1080 Pixel bzw. ab 1920 x 1200 Pixel bei Bildschirmen > 24": ab 2560 x 1440 Pixel
Helligkeit	In Klassenzimmern und Computerräumen mit nicht optimalen Lichtverhältnissen sollte der Monitor eine Helligkeit von mindestens 300 cd/m <sup>2</sup> und ein gutes Kontrastverhältnis haben, um satte Farben und einen gut lesbaren Text darzustellen.	ab 250 cd/m <sup>2</sup>
Reaktionszeit	Eine niedrige Reaktionszeit (grau zu grau) ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	max. 5 ms
Anschlüsse	Neben digitalen Eingängen ist zum Anschluss älterer Rechner auch ein VGA-Anschluss erforderlich.	HDMI oder DisplayPort, USB-C
Ergonomie	Der Monitor sollte in der Höhe und Neigung verstellbar sein.	Stabiler Standfuß, höhenverstellbar, neigbar

Votum 2020

Zertifizierung	<p>„Blauer Engel“ ist ein Umweltprüfzeichen mit Kriterien zu Energieverbrauch, Materialanforderungen, Recyclingfähigkeit und Geräuschemission.</p> <p>TCO Certified Displays ist ein Gütesiegel für Bildschirme, das u. a. ergonomische Kriterien (Helligkeit, Kontrast, Sehwinkel, reflexionsfreie Oberfläche) und auch die Anforderungen des „Energy Star“ beinhaltet.</p> <p>Zunehmend wird auch bei Monitoren ein EU-Energielabel ausgewiesen (z. B. EU-Energielabel A+).</p>	<p>Blauer Engel (RAL-UZ 78c für Monitore)</p> <p>TCO Certified Displays 7</p>
Zusatzoptionen	integrierte Lautsprecher, Kopfhörer- und Mikrofon-Anschlüsse, USB-Anschlüsse	
Garantie	Da aktuelle Monitore relativ günstig und haltbar sind, ist eine erweiterte Garantie nicht notwendig.	gesetzliche Gewährleistung
Preis	<p>24"-Monitor:</p> <p>27"-Monitor:</p>	<p>ab ca. 170 €</p> <p>ab ca. 250 €</p>

**c) Notebooks**

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

<b>Datenblatt Notebook</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, Festplatte, Display, Garantie</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Systemleistung/ CPU	<p>Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das Programm SYSmark 2014 oder das kostenlose Programm Cinebench R20.</p> <p>Typischerweise werden die Benchmarkwerte nur erreicht, wenn das Notebook an eine externe Stromquelle angeschlossen ist und nicht übermäßig erhitzt ist.</p> <p>Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung bei folgenden Prozessoren erfüllt ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ab Intel i3-8xxxx</li> <li>ab Intel i5-63xxU</li> <li>ab Intel i5-73xxU</li> <li>ab Intel i7-66xxU</li> <li>ab AMD Ryzen 3 23xxU/H</li> </ul>	<p>Mindestwerte Benchmark: SYSmark 2014 v1.5 (Windows 10, 64bit): 1200 Punkte oder</p> <p>Cinebench R20: 300/750 Punkte (Single/Multi-Core)</p>
Grafikeinheit	Aktuelle Mobilprozessoren verfügen üblicherweise über eine integrierte Grafikeinheit. Eine aktuellere Prozessorgeneration bietet meist auch eine bessere Grafikleistung.	
BIOS/UEFI	Manche Deploymentlösungen setzen einen Start im Legacy BIOS Modus voraus.	UEFI Modus und Legacy BIOS Modus
RAM	Um flüssiges Arbeiten zu ermöglichen, ist ausreichend Arbeitsspeicher erforderlich.	ab 8 GB RAM

Festplatte	<p>Insbesondere beim Boot-Vorgang ist der schnelle Zugriff auf Daten gefordert. Daher empfiehlt sich der Einsatz einer Solid-State-Disk (SSD).</p> <p>Chrome OS nutzt vorwiegend Cloudspeicher. Daher ist ggf. ein geringerer integrierter Speicher ausreichend.</p>	<p>Windows/Linux/macOS SSD: ab 240 GB</p> <p>Chrome OS ab 64 GB Flash-Speicher</p>
Display	<p>Empfohlen wird ein mattes Display (non-glare), da dieses Reflexionen vermeidet und somit ein angenehmeres Arbeiten ermöglicht. Bei Notebooks, die über einen Touchscreen verfügen (z. B. Convertibles), sind matte Displays dagegen kaum verfügbar.</p>	<p>Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel</p> <p>Helligkeit ab 250 cd/m<sup>2</sup></p>
Kamera	<p>Für Videokonferenzen ist eine integrierte Kamera vorteilhaft. Eine HD-Auflösung (720p) setzt mindestens 0,9 Megapixel bei einem Seitenverhältnis von 16:9 voraus. Für FullHD sind mindestens 2 Megapixel erforderlich.</p>	<p>ab 0,9 Megapixel</p>
Grafik- / Sound-Anschlüsse	<p>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.</p>	<p>Display-Port, Mini-Display-Port oder HDMI</p> <p>Kopfhörer/Mikrofon-Anschluss</p>
USB-Anschlüsse	<p>Sinnvoll sind mind. 2 USB-Anschlüsse.</p> <p>USB 2.0 (bis 60 MByte/s)</p> <p>USB 3.0 (bis 500 MByte/s)</p> <p>USB 3.1 (bis 1200 MByte/s)</p>	<p>2 x USB 3.0</p> <p>evtl. 1 x USB-C</p>
LAN-Anschluss	<p>Bei kleineren Notebooks ist der LAN-Anschluss nur über einen Adapter (z. B. USB-C auf RJ45-Adapter) möglich.</p>	<p>1 GBit/s-Ethernet</p>
WLAN	<p>Der WLAN-Standard 802.11ac (WiFi 5) ist noch üblich. Zunehmend werden Geräte mit dem neuen Standard 802.11ax (WiFi 6) angeboten.</p>	<p>802.11ac oder 802.11ax</p>

Votum 2020

weitere optionale Ausstattungen	integriertes Blu-ray- oder DVD-Laufwerk / Brenner integrierte Lautsprecher Kartenlesegerät Fingerprint-Sensor Kensington-Schutz Docking-Anschluss	
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie	Das Zertifikat „Energy Star“ beschreibt Mindestanforderungen für die Energieeffizienz. Weitere Zertifizierungen sind bei Notebooks meist nicht ausgewiesen. Da Notebooks ggf. mechanisch stark beansprucht werden, sollte man auf robuste Geräte achten. Dies gilt z. B. für Geräte, die nach dem MIL-STD-810G zertifiziert sind.	Energy Star 6.1
Garantie	Üblicherweise werden Notebooks im Garantiefall zum Hersteller eingeschickt (z. B. Collect & Return). Gegebenenfalls ist auch eine „Vor-Ort-Garantie“ möglich.	mindestens 3 Jahre Garantie Eine über die gesetzliche Gewährleistung hinausgehende Garantie kann entfallen, wenn entsprechende Leistungen nach Umfang, Reaktions- und Wiederherstellungszeit (z. B. Reparaturleistungen, Ersatzbeschaffung) vergleichbar vom Sachaufwandsträger übernommen werden und dies schriftlich bestätigt wird.
Preis	mit Intel i5-10xxxx mit AMD Ryzen 5	ab 700 € ab 850 €

### d) Tablets

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

Bei schuleigenen Tablets wird zur einfacheren Administration für Android-Tablets und iPads ein Mobile Device Management-System (MDM-System) empfohlen. Der Funktionsumfang bei der Nutzung eines MDM-Systems ist auch vom Betriebssystem der Geräte abhängig und ist somit bei der Auswahl der Geräte zu berücksichtigen.

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

#### Windows-Tablets

Datenblatt Windows-Tablet		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, interner Speicher, Display		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Systemleistung/ CPU	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das kostenlose Programm Cinebench R20.  Typischerweise werden die Benchmarkwerte nur erreicht, wenn das Tablet an eine externe Stromquelle angeschlossen ist und nicht übermäßig erhitzt ist.  Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: ab Intel Core m3 7. Generation ab Intel i3-6xxxU ab Intel i5-6xxxU ab Intel i7-6xxxx	Mindestwerte Benchmark Cinebench R20: 200/400 Punkte (Single/Multi-Core)
RAM		ab 8 GB
interner Speicher		SSD ab 128 GB

Votum 2020

Display	Gefordert wird ein helles und blickwinkelstabiles Display mit einem Touchscreen und einem Digitizer oder einer vergleichbaren Technik zur Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung.	Bildschirmdiagonale ab 10" Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel Helligkeit ab 350 cd/m <sup>2</sup> Digitizer (Stifteingabe mit mehreren Druckstufen)
Kamera		Front- und Rückkamera Rückkamera ab 8 MegaPixel
WLAN	Der WLAN-Standard 802.11 ac ist noch üblich. Zunehmend werden Geräte mit dem neuen Standard 802.11ax (WiFi 6) angeboten.	802.11ac oder 802.11ax
Betriebssystem/ Software	Windows 10 S: Installation von Programmen aus dem Windows-Store Windows 10: Windows-Store oder normale Installation von Desktop-Programmen Drucken ist wie bei Desktop-Computern möglich.	Windows 10
Gewicht	ohne Tastatur und Schutzcover	unter 12": max 600 g ab 12": max 900 g
Sonstiges	Ein Gyroskop ist für AR- und VR-Anwendungen notwendig. Auf eine möglichst lange Akkulaufzeit sollte geachtet werden. Ein Hardcover zum Schutz der Geräte vor leichten Stößen ist empfehlenswert.	
Preis	Windows-Tablet Original-Tastatur Original-Stift Schutzcover	ab 700 € ab 130 € ab 75 € ab 30 €

**Android-Tablets / ChromeOS-Tablets**

<b>Datenblatt Android-Tablet / ChromeOS-Tablet (Chromebook mit abnehmbarer Tastatur)</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, interner Speicher, Display</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Systemleistung/ CPU	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignen sich das kostenlose Programm AnTuTu. Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung bei folgenden Prozessoren erfüllt ist: Qualcomm ab Snapdragon 660 MediaTek P Serie ab P60 MediaTek G Serie Exynos Serie 8 ab 8890 Exynos Serie 9, d.h. Exynos 9xx(x)	Mindestwerte Benchmark: AnTuTu v7 oder v8: 130.000 Punkte (Total Score)
RAM		ab 3 GB
interner Speicher	Eine Möglichkeit zur Erweiterung des internen Speichers mit einer Speicherkarte ist manchmal gegeben.	ab 64 GB
Display	Gefordert wird ein helles und blickwinkelstabiles Display mit einem Touchscreen und einem Digitizer oder einer vergleichbaren Technik zur Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung.	Bildschirmdiagonale ab 10" Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel Helligkeit ab 350 cd/m <sup>2</sup> Digitizer (Stifteingabe mit mehreren Druckstufen)
Kamera		Front- und Rückkamera Rückkamera ab 8 MegaPixel
WLAN	Der WLAN-Standard 802.11 ac ist noch üblich. Zunehmend werden Geräte mit dem neuen Standard 802.11ax (WiFi 6) angeboten.	802.11ac oder 802.11ax

## Votum 2020

Betriebssystem/ Software	Für die Updates des Betriebssystems ist der Gerätehersteller zuständig. Daher sollten Hersteller gewählt werden, die System-Updates auch für ältere Geräte liefern.  Die Installation von Apps ist über den Google Playstore oder über alternative Quellen möglich.  Drucken funktioniert über Apps oder Google Cloud-Print.	ab Android 9 bzw. aktuelles Chrome OS
Gewicht	ohne Tastatur und Schutzcover	unter 12": max 600 g ab 12": max 900 g
Sonstiges	Ein Gyroskop ist für AR- und VR-Anwendungen notwendig. Auf eine möglichst lange Akkulaufzeit sollte geachtet werden. Ein Hardcover zum Schutz der Geräte vor leichten Stößen ist empfehlenswert.	
Preis	Android oder Chrome OS-Tablet Original-Tastatur Schutzcover	ab 350 € incl. orig. Stift ab 100 € ab 30 €

### IPad-OS-Tablets

Datenblatt iPad (iPadOS-Tablet)		
Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, interner Speicher, Display		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Systemleistung/ CPU	Um die Systemleistung zu überprüfen, eignet sich das Programm AnTuTu.  Aktuelle iPads (ab Apple A10-Prozessor) erfüllen die geforderte Systemleistung.	Mindestwerte Benchmark: AnTuTu v7 oder v8: 200.000 Punkte (Total Score)
RAM		ab 3 GB

Votum 2020

interner Speicher	Für eine umfassende Nutzung (z. B. mehrere Benutzer im shared-iPad-Modus, Erstellen von Erklärvideos, lokal gespeicherte digitale Schulbücher) sind mindestens 64 GB interner Speicher notwendig. Weniger Speicher schränkt insbesondere den Multi-User-Betrieb und multimediale Anwendungen stark ein.	ab 64 GB
Display	Alle aktuellen iPads bieten ein helles und blickwinkelstabiles Display mit der Möglichkeit der Stifteingabe mit mehreren Druckstufen und einer zuverlässigen Handballenerkennung.	Bildschirmdiagonale ab 10" Auflösung ab 1920 x 1080 Pixel Helligkeit ab 350 cd/m <sup>2</sup> Digitizer (Stifteingabe mit mehreren Druckstufen)
Kamera		Front- und Rückkamera Rückkamera ab 8 MegaPixel
WLAN		802.11ac
Betriebssystem/ Software	Die Installation von Apps erfolgt über den Apple App-Store. Drucken ist über Air-Print möglich.	aktuelles iPadOS
Gewicht	ohne Tastatur und Schutzcover	unter 12": max 600 g ab 12": max 900 g
Sonstiges	Alle aktuellen iPads enthalten ein Gyroskop (für AR- und VR-Anwendungen) und verfügen über eine lange Akkulaufzeit. Ein Hardcover zum Schutz der Geräte vor leichten Stößen ist empfehlenswert.	
Preis	iPad mit 128 GB Original-Tastatur Original-Stift Schutzcover	ab 450 € ab 170 € ab 90 € ab 30 €

### e) Thin Clients

Thin Clients sind rein für den Terminalserver-Zugriff konzipierte Endgeräte, bei denen Hardware und Software auf die dafür notwendigsten Funktionen reduziert sind.

<b>Datenblatt Thin Client</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Grafikeinheit, Anschlüsse, Ergonomie, Garantie</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
unterstützte Protokolle	Der Thin Client muss die zum Terminal-Server passenden Übertragungsprotokolle unterstützen.	RDP, Citrix ICA/HDX
Grafikeinheit		unterstützte Auflösung mind. 1920 x 1080 Pixel
Anschlüsse	üblich sind 2 digitale Monitor-Anschlüsse ggf. zusätzlich 1 x USB-C als Universalanschluss	mind. 1 digitaler Monitor-Anschluss (Display-Port, Mini-Display-Port, HDMI) mindestens 2 x USB 2.0 und 1 x USB 3.0 1 GBit/s-Ethernet
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie		lüfterloses Design Leistungsaufnahme: max. 10W im Leerlauf (Idle-Mode)
Garantie	Üblicherweise werden Thin Clients im Garantiefall zum Hersteller eingeschickt (z. B. PickUp & Return).	mindestens 3 Jahre Garantie Eine über die gesetzliche Gewährleistung hinausgehende Garantie kann entfallen, wenn entsprechende Leistungen (z. B. Reparaturleistungen, Ersatzbeschaffung) vom Sachaufwandsträger übernommen werden und dies schriftlich bestätigt wird.
RAM		mind. 2 GB
Interner Speicher		mind. 8 GB
Preis		ab 250 €

**f) Server**

Server sollten nach dem jeweiligen Einsatzbereich ausgewählt werden. Nachfolgend sind je ein Standardserver (als nativer Server bzw. als Host mit einer virtuellen Serverinstanz) und ein Server zur Virtualisierung von Serversystemen spezifiziert.

**Standardserver**

<b>Datenblatt Standardserver</b>		
<p>Der Standardserver eignet sich z. B. zur Virtualisierung eines Servers für die Schulverwaltung (etwa 10 Arbeitsplätze), der die Rolle als Anmeldeserver und Fileserver übernimmt und auch kleinere servergestützte Programme (z. B. ASV) hostet.</p>		
<p><b>Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse, Garantie</b></p>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Systemleistung/ CPU	<p>Um die Prozessorleistung zu überprüfen, eignet sich der Benchmark SPEC CPU 2017 Integer Rates Base Results.</p> <p>Wegen des hohen Aufwandes für eigene Messungen, wird empfohlen, sich an der ausführlichen Datenbank von SPEC zu orientieren.</p> <p><a href="https://www.spec.org/cpu2017/results/rint2017.html">https://www.spec.org/cpu2017/results/rint2017.html</a></p> <p>Die angegebenen Benchmarkwerte beziehen sich zum Teil auf Systeme mit zwei CPUs. In diesem Fall muss der Wert halbiert werden. Für den Einsatz in der Schule ist eine CPU ausreichend.</p> <p>Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung bei folgenden Prozessoren erfüllt ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ab Intel Xeon E-22xxx</li> <li>ab Intel Xeon D-xxxxx</li> <li>ab Intel Xeon Bronze</li> <li>alle AMD EPYC</li> </ul>	<p>ab 4-Kern-CPU</p> <p>Benchmark SPEC-CPU 2017 SPECrate2017_int_base: ab 10 (bei 1 CPU)</p>

Votum 2020

RAM	Bei der Belegung der Steckplätze mit RAM-Modulen sollten die Herstellervorgaben bezüglich der Aufteilung auf die Speicherkanäle beachtet werden, um Leistungseinbußen zu vermeiden. Für eine spätere Erweiterungsmöglichkeit sollten noch Steckplätze zur Verfügung stehen. ECC-Arbeitsspeicher beinhalten eine Fehlerkorrektur, die für Server im Dauerbetrieb sinnvoll ist.	ab 32 GB RAM ab DDR 4 ECC 2133 MT/s
Festplatte (HDD)	Wichtig ist, dass Server-Festplatten für den Dauer-Einsatz verwendet werden. Ggf. können auch zwei Festplatten (für System und Daten) sinnvoll sein.	HDD: 1 x 2 TB
USB-Anschlüsse	Je nach vorgesehener Anwendung (z. B. Datensicherung mit mobilen USB-Festplatten), können USB-Anschlüsse an der Frontseite sinnvoll sein.	ab 4 x USB 3.0
LAN-Anschlüsse	Je nach vorgesehenem Einsatz sind mehrere LAN-Anschlüsse sinnvoll (z. B. Link Aggregation, Anbindung eines externen Storage).	2 x 1 GBit/s-Ethernet
Geräuschentwicklung	Falls der Server in einem Raum steht, in dem sich gelegentlich Personen aufhalten, ist auf geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter).	
Formfaktor, Gehäuse	Üblich sind Tower oder 19"-Gehäuse zum Einbau in ein Rack.	Tower
Garantie	Sinnvoll ist eine „Vor-Ort-Garantie“ mit festgelegter Reaktionszeit. Beim Austausch defekter Festplatten kann festgelegt werden, dass diese aus Datenschutzgründen beim Kunden verbleiben.	mindestens 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“
Preis	Mit Intel Xeon E22xx, incl. 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“	ab 1.500 €

**Virtualisierungsserver**

<b>Datenblatt Server (zur Virtualisierung von Serversystemen)</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse, Garantie</b>		
Als Virtualisierungssystem wird primär VMware ESXi (kostenlose Version oder Essentials-Version) oder Microsoft Hyper-V eingesetzt. Die Hardware sollte so ausgelegt sein, dass mehrere Serversysteme virtualisiert werden können.		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Systemleistung/ CPU	<p>Um die Prozessorleistung zu überprüfen, eignet sich der Benchmark SPEC CPU 2017 Integer Rates Base Results.</p> <p>Wegen des hohen Aufwandes für eigene Messungen, wird empfohlen, sich an der ausführlichen Datenbank von SPEC zu orientieren.</p> <p><a href="https://www.spec.org/cpu2017/results/rint2017.html">https://www.spec.org/cpu2017/results/rint2017.html</a></p> <p>Die angegebenen Benchmarkwerte beziehen sich zum Teil auf Systeme mit zwei CPUs. In diesem Fall muss der Wert halbiert werden. Für den Einsatz in der Schule ist eine CPU ausreichend.</p> <p>Bei aktuellen Komponenten kann davon ausgegangen werden, dass die geforderte Systemleistung bei folgenden Prozessoren erfüllt ist:</p> <p>ab Intel Xeon Silver 4110 alle AMD EPYC</p>	<p>ab 8-Kern-CPU Benchmark SPEC-CPU 2017 SPECrate2017_int_base: ab 35 (bei 1 CPU)</p>
RAM	<p>Bei der Belegung der Steckplätze mit RAM-Modulen sollten die Herstellervorgaben bezüglich der Aufteilung auf die Speicherkanäle beachtet werden, um Leistungseinbußen zu vermeiden.</p> <p>Für eine spätere Erweiterungsmöglichkeit sollten noch Steckplätze zur Verfügung stehen.</p> <p>ECC-Arbeitsspeicher beinhalten eine Fehlerkorrektur, die für Server im Dauerbetrieb sinnvoll ist.</p>	<p>ab 64 GB RAM ab 2400 MT/s ECC RDIMMs</p>
Speichersystem	4 SSDs im RAID-5-Verbund mit Hardware-Controller.	SSD: 4 x 1 TB

Votum 2020

	Bei mehr Speicherbedarf können auch zusätzlich HDDs eingebaut oder ein externes Speichersystem über ein 10 GBit/s-Netzwerk angebunden werden.	
USB-Anschlüsse		2 x USB 3.0
LAN-Anschlüsse	Je nach vorgesehenem Einsatz sind mehrere LAN-Anschlüsse sinnvoll (z. B. Link Aggregation, Anbindung eines externen Storage). Sinnvoll sind 10 GBit/s-Ethernet-Anschlüsse. Falls die Infrastruktur nicht darauf ausgelegt ist, kann über eine Link-Aggregation von 1 GBit/s-Anschlüssen ein höherer Datendurchsatz erreicht werden.	2 x 10 GBit/s-Ethernet
Verwaltung	Zur Fernwartung des Servers über das Netzwerk kann eine Managementcard (Out of Band Management) sinnvoll sein.	Out of Band Management
Gehäuse		19"-Gehäuse
Stromversorgung		Redundantes Netzteil
Garantie	Sinnvoll ist eine „Vor-Ort-Garantie“ mit festgelegter Reaktionszeit Beim Austausch defekter Festplatten kann festgelegt werden, dass diese aus Datenschutzgründen beim Kunden verbleiben.	mindestens 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“ maximale Reaktionszeit: nächster Arbeitstag
Preis		ab 5.000 €

### g) NAS-Systeme

NAS-Systeme (Network Attached Storage) sind ursprünglich als Datenablagen konzipierte Speichersysteme mit großem Festplattenspeicherplatz, die direkt aus dem Netzwerk erreichbar sind. Mittlerweile bieten NAS-Systeme eine Vielzahl weiterer Zusatzdienste an (z. B. Backup-Server, einfacher Virtualisierungs-Server, Medienserver, Web-Server, SQL-Server, VPN-Server, Speicher für Videoüberwachung, Cloud-Dienste). Die Lese- und Schreibrechte auf Daten können benutzerspezifisch geregelt werden, die Zugriffe sind mit unterschiedlichen Protokollen möglich, z. B. über smb, AppleTalk, ftp, http oder bei mobilen Geräten über Apps. Für differenzierte Zugriffsrechte bieten NAS-Systeme auch Schnittstellen zu gängigen Verzeichnisdiensten (z. B. Active Directory oder LDAP) an.

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

#### NAS-Systeme für den Unterrichtsbetrieb

<b>Datenblatt NAS-System für den Unterrichtsbetrieb</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Systemleistung/ CPU	Für viele Serverdienste oder gleichzeitige Zugriffe mehrerer Personen und eine kurze Reaktionszeit ist ein leistungsfähiger Prozessor erforderlich.	ab Quadcore-Prozessor (x86-Architektur) mit mind. 1,5 GHz Taktfrequenz
RAM	Für viele Serverdienste, gleichzeitige Zugriffe mehrerer Personen und eine hohe Schreib- und Lesegeschwindigkeit ist ausreichend Arbeitsspeicher erforderlich.	ab 4 GB
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.	4 Festplatteneinschübe mit 3,5"

Votum 2020

Festplatten (HDD)	Es sollten SATA-Festplatten verwendet werden, die für den Dauerbetrieb (Servereinsatz oder NAS-Einsatz, 24/7) geeignet sind. Ggf. kann es sinnvoll sein, eine weitere Festplatte (als Vorrat) zu beschaffen, damit im Falle eines Festplattendefekts entsprechend schnell reagiert werden kann.	4 SATA-Platten je 4 TB, geeignet für den Dauerbetrieb (NAS-Festplatten) Hot-Swap-Fähigkeit; ggf. Hot-Spare-Festplatte
Controller	Hardware-Controller mit der Möglichkeit, unterschiedliche Raid-Level zu realisieren (z. B. RAID 1, RAID 5, RAID 6, ggf. Hotspare) Festplatten sollen im laufenden Betrieb gewechselt werden können.	Hardware-Controller mit RAID 5, RAID 6
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	2 x 1 GBit/s-Ethernet
Leistung (Datendurchsatz, Verbindungen)	Bei 2 Netzwerkanschlüssen sollte der Datendurchsatz 200 MByte/s betragen (bei RAID 5, Windows Upload/Download), bei 4 Netzwerkkarten 400 MByte/s. Die Zahl der maximal gleichzeitig möglichen Verbindungen sollte ausreichend hoch sein.	200 MByte/s (Windows Upload/Download bei RAID 5) 500 gleichzeitige Verbindungen
USB-Anschlüsse	Sinnvoll sind mind. 2 USB-Anschlüsse mit USB 3.0 zum Anschluss eines Backup-Mediums.	2 x USB 3.0
Benutzerverwaltung	Möglichkeit der lokalen Benutzerverwaltung, Gruppenverwaltung und ggf. Active-Directory- oder LDAP-Authentifizierung (Benutzerverwaltung über einen Windows-Server) ggf. Quota-Regelung für Benutzer	2000 Benutzerkonten Quota-Regelung für die Benutzer
Zugriffsmöglichkeiten	Die Benutzer sollten auf das NAS mit gängigen Werkzeugen zugreifen können (Windows-Zugriffe bzw. SMB, AppleTalk, nfs, ftp, http). Für den Zugriff mit mobilen Geräten sollte eine App verfügbar sein.	Zugriffe über SMB v2, AppleTalk, nfs, ftp, http, https App für mobile Geräte

Votum 2020

optionale Zusatzfunktionen	<p>Je nach vorgesehenem Einsatz können Zusatzfunktionen von Interesse sein, die viele NAS-Systeme anbieten:</p> <p>Cloudspeicher (z. B. Nextcloud)</p> <p>SQL-Server</p> <p>iSCSI-Speicher: z. B. als externer Speicher für Virtualisierungslösungen</p> <p>Verschlüsselung</p> <p>Virenschanner</p> <p>Automatisierte Backupfunktion</p> <p>Medienserver</p> <p>RADIUS-Server</p>	
weitere optionale Ausstattungen	<p>Reset-Knopf (Passwort zurücksetzen)</p> <p>Kensington-Schutz</p> <p>HDMI-Anschluss</p>	
Energieverbrauch	<p>Üblich sind bis zu 50 W im Betrieb (mit 4 Festplatten) und bis zu 30 W im Standby (HDD-Ruhezustand). Bei einigen NAS-Systemen lässt sich ein Sleep-Modus einstellen (max 1 W). Wenn das NAS im Sleep-Modus ist, dauert der erste Zugriff länger (Starten des Systems, Hochfahren der Festplatten).</p>	<p>max. 50 W (Betrieb)</p> <p>max. 30 W (Standby)</p> <p>max. 1 W (Sleep-Modus)</p>
Geräuschentwicklung	<p>Falls das NAS in einem Raum steht, in dem sich gelegentlich Personen aufhalten, ist auf geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter). Leistungsstarke NAS-Systeme sind üblicherweise lauter.</p>	<p>max. 23 dB (im Betriebs-Modus, bei laufenden Festplatten)</p>
Garantie	<p>ggf. mit Vorab-Zustellung eines Ersatzgeräts</p>	<p>3 Jahre Garantie</p>
Preis	<p>NAS mit 4 Festplatten je 4 TB</p>	<p>ab 1.100 €</p>

**Einfache NAS-Systeme zur Datensicherung**

<b>Datenblatt Einfaches NAS (z. B. zur Datensicherung)</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Systemleistung/CPU, RAM, LAN-Anschlüsse</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Systemleistung/ CPU	Für kleine Benutzergruppen (höchstens fünf gleichzeitige Zugriffe) oder als Backupsystem ist ein Embedded-Prozessor ausreichend.	ab Quadcore-Embedded-Prozessor mit mind. 1 GHz Taktfrequenz
RAM		ab 2 GB
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	2 Festplatteneinschübe mit 3,5"
Festplatten (HDD)	Es sollten SATA-Festplatten verwendet werden, die für den Dauerbetrieb (Servereinsatz oder NAS-Einsatz, 24/7) geeignet sind. Ggf. ist es sinnvoll, eine weitere Festplatte (als Vorrat) zu beschaffen, damit im Falle eines Festplattendefekts entsprechend schnell reagiert werden kann.	2 SATA-Platten je 4 TB geeignet für den Dauerbetrieb (NAS-Festplatten)
RAID-Level	JBOD, RAID 0/1	RAID 1
LAN-Anschlüsse	Standard ist derzeit ein RJ45-LAN-Anschluss mit Gigabit-Ethernet.	1 GBit/s-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

Votum 2020

Zugriffsmöglichkeiten	Die Benutzer sollten auf das NAS mit gängigen Werkzeugen zugreifen können. Für den Zugriff von mobilen Geräten sollte eine App verfügbar sein.	Zugriffe über SMB, App für mobile Geräte
optionale Zusatzfunktionen	Je nach vorgesehenem Einsatz können Zusatzfunktionen von Interesse sein, die viele NAS-Systeme anbieten: Verschlüsselung Backupfunktion	
Energieverbrauch	Üblich sind bis zu 20 W im Betrieb (mit 2 Festplatten) und bis zu 8 W im Standby (HDD-Ruhezustand). Bei einigen NAS-Systemen lässt sich ein Sleep-Modus einstellen (max 1 W). Wenn das NAS im Sleep-Modus ist, dauert der erste Zugriff länger (Starten des Systems, Hochfahren der Festplatten).	max. 20 W (Betrieb) max. 8 W (Standby) max. 1 W (Sleep-Modus)
Geräuschentwicklung	Falls das NAS in einem Raum steht, in dem sich gelegentlich Personen aufhalten, ist auf geräuscharme Systeme zu achten (Netzteil, Lüfter). Leistungsstarke NAS-Systeme sind üblicherweise lauter.	max. 19 dB (im Betriebs-Modus, bei laufenden Festplatten)
Garantie		2 Jahre Garantie
Preis	NAS mit 2 Festplatten je 4 TB	ab 450 €

## h) Beamer

Für die Lichterzeugung von Beamern gibt es unterschiedliche Technologien:

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

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

Für die Bilderzeugung gibt es im Wesentlichen die DLP- und die LCD-Technologie. Beide Techniken haben durch die Art der Bilderzeugung bedingte Vor- und Nachteile.

Die benötigte Lichtstärke ist neben den räumlichen Gegebenheiten auch abhängig von der angestrebten Bildgröße.

<b>Datenblatt Beamer</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Lichtstärke, Auflösung, Anschlüsse</b>		
Aktuelle Beamer bieten verschiedene Helligkeitsstufen an (z. B. Normal-Modus und Eco-Modus). Bei der angegebenen Lichtstärke, bei der Lampenlebensdauer und beim Betriebsgeräusch muss die jeweilige Helligkeitsstufe betrachtet werden. Häufig wird in Datenblättern nur der jeweils günstigste Wert genannt.		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Lichtstärke	Auch für wechselnde Lichtverhältnisse und nicht optimal geeignete Präsentationsflächen sollte der Beamer über eine ausreichende Helligkeit verfügen.	ab 3400 Lumen im Normal-Modus (ANSI-Lumen bzw. nach ISO/IEC 21118)
Auflösung	Idealerweise sollte die native Auflösung des Beamers der des Monitors entsprechen. Für LED-Beamer, Laser-Beamer bzw. LED/Laser-Beamer und auch für Ultrakurzstanz-Beamer sind derzeit aus Preisgründen bei der Auflösung noch Abstriche zu machen.	Standard-Beamer ab 1920 x 1080 Pixel bzw. ab 1920 x 1200 Pixel LED- / Laser-Beamer ab 1280 x 720 Pixel bzw. ab 1280 x 800 Pixel Ultrakurzstanz-Beamer ab 1280 x 720 Pixel bzw. ab 1280 x 800 Pixel

Lampen-lebensdauer	Entladungslampe:  LED / Laser-Lichtquelle: LED / Laser-Lichtquellen können nicht gewechselt werden.	4000 Std. (Normal-Modus, Original-Ersatzlampe: 150 €) 20.000 Std.
Anschlüsse	Aktueller Standard sind zwei HDMI- und ein VGA-Eingang.	2 digitale Eingänge (HDMI oder DisplayPort)
optionale Anschlüsse / Schnittstellen	Ein Netzwerkanschluss (LAN/WLAN) kann zur Steuerung des Beamer und zur Einbindung in die Infrastruktur sinnvoll sein.  Sowohl ein analog als auch ein digital eingespeistes Audio-Signal wird über den analogen Audio-Ausgang ausgegeben (zum Anschluss externer Lautsprecher).  Soll ein Adapter für die kabellose Bild- und Tonübertragung verwendet werden, wird dafür ein HDMI-Anschluss benötigt. Die Stromversorgung dieser Geräte kann über HDMI/MHL oder über USB erfolgen. In diesem Fall wird am USB-Port eine ausreichende Stromstärke benötigt.	USB VGA, LAN, WLAN, analoger Audio-Ausgang
Geräuschentwicklung	Die in den Datenblättern angegebenen Werte für das Betriebsgeräusch sind nicht bei allen Anbietern exakt vergleichbar.	28 dB (Eco-Modus) 37 dB (Normal-Modus)
Garantie	Für Schulen geben einige Hersteller durch die Registrierung des Geräts eine erweiterte Garantie von drei Jahren. Dies trifft oft auch auf die Lampe zu, wobei die Garantiezeit normalerweise durch eine Betriebsstundenanzahl begrenzt wird.	3 Jahre Garantie
Preis	Beamer mit Entladungslampe (1920 x 1200 Pixel)  Laser-Beamer (1280 x 800 Pixel)  Ultrakurzdistanz-Beamer (1280 x 800 Pixel)  interaktiver Ultrakurzdistanz-Beamer (1280 x 800 Pixel mit Finger-Touch-Funktion)	ab 500 €  ab 1.000 €  ab 1.000 €  ab 1.300 €

## i) Großbildmonitore

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

### Nicht-interaktive Großbildmonitore

<b>Datenblatt Großbildmonitor</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Oberfläche und Helligkeit, Auflösung, Garantie</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Oberfläche und Helligkeit	Für wechselnde Lichtverhältnisse sollte die Präsentationsfläche möglichst wenig spiegeln. Je nach Montageort im Raum sollte die Oberfläche möglichst kratzunempfindlich sein (z. B. Mohs-Härtegrad 7).	ab 350 cd/m <sup>2</sup> mattes Display
Auflösung	Das Seitenverhältnis ist standardmäßig 16:9.	ab 3840 x 2160 Pixel
Lautsprecher	integrierte Lautsprecher	ab 2 x 10 W
Reaktionszeiten (Pixel)	Eine niedrige Reaktionszeit des Panels ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	maximal 8 ms
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. Gegebenenfalls sind weitere Schnittstellen sinnvoll: <ul style="list-style-type: none"> <li>• VGA (für ältere Notebooks)</li> <li>• Audio-Eingang</li> <li>• Audio-Ausgang</li> <li>• USB</li> <li>• Netzwerk</li> </ul>	1 HDMI-2.0-Anschluss 1 weitere digitale Schnittstelle (HDMI oder DisplayPort)

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

### **Interaktive Großbildmonitore (Touchscreens)**

Für die interaktive Funktionalität kommen Infrarot-Technologie und kapazitive Displays zum Einsatz. Beide Systeme weisen bauartbedingte Vor- und Nachteile auf. Interaktive Großbildmonitore sollten deshalb von der Schule zusammen mit der voraussichtlich zum Einsatz kommenden Tafelsoftware getestet werden. Neben dem Handling der Stifte und dem subjektiven Schreibgefühl sollte vor allem auf die Verzögerung beim Schreiben und auf die Parallaxe beim Aufsetzen des Stifts geachtet werden.

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

<b>Datenblatt Interaktiver Großbildmonitor (Touchscreen)</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Oberfläche und Helligkeit, Auflösung, Garantie</b>		
<p>Um einen PC an einen interaktiven Großbildmonitor anzuschließen, ist die Übertragung von Bild, Ton und Mausfunktionalität erforderlich. Dies kann über folgende Anschlüsse erfolgen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HDMI (Bild und Ton), USB (Mausfunktion),</li> <li>• OPS (Open Plugable Specification, Bild-, Ton-, Mausfunktion)</li> <li>• VGA (Bild, eingeschränkte Auflösung), Klinke (Ton), USB (Mausfunktion)</li> </ul> <p>Der Anschluss mobiler Geräte (Tablets, Smartphones) erfolgt über integrierte Systeme zur drahtlosen Übertragung (Bild- und Tonübertragung).</p>		
Merkmale	Erläuterung / Hinweise	Werte
Oberfläche und Helligkeit	Für wechselnde Lichtverhältnisse sollte die Präsentationsfläche möglichst wenig spiegeln. Die Oberfläche sollte möglichst kratzunempfindlich sein (z. B. Mohs-Härtegrad 7). Es sollte darauf geachtet werden, dass ein Sicherheitsglas verwendet wird.	ab 350 cd/m <sup>2</sup> mattes Display gehärtetes Glas
Auflösung	Das Seitenverhältnis ist standardmäßig 16:9.	ab 3840 x 2160 Pixel
Lautsprecher	integrierte Lautsprecher	ab 2 x 10 W
Reaktionszeiten (Pixel)	Eine niedrige Reaktionszeit des Panels ist für die flüssige Darstellung von bewegten Inhalten notwendig.	maximal 8 ms
Touchpunkte	Für Gestensteuerungen und gleichzeitiges Arbeiten muss das Display über Multitouch verfügen.	Display erfasst mindestens 8 gleichzeitige Berührungspunkte
Integrierter PC	Einige Hersteller bieten integrierte PCs mit an, die z. B. als Einschubmodul über eine OPS-Schnittstelle (Open Pluggable Specification) angebunden werden.	Automatische Versorgung mit Updates durch den Hersteller
Onboard-Funktionen	Auch ohne angeschlossenen PC sollte der Großbildmonitor nutzbar sein.	Schreibfunktion (Tafel) Internet-Browser Mediaplayer

Votum 2020

Anschlüsse	<p>Um bei Bewegtbildern (&gt; 30 Bilder/s) die volle Auflösung nutzen zu können sind HDMI 2.0-Anschlüsse erforderlich. Ansonsten genügen HDMI 1.4-Anschlüsse. 4K-Inhalte sind oft HDCP-2.2-geschützt. Für die Zuspiegelung durch externe Geräte, z. B. mit BluRay-Playern, muss der HDMI-Anschluss HDCP-2.2-fähig sein. Gegebenenfalls sind weitere Schnittstellen sinnvoll:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• VGA (für ältere Notebooks)</li> <li>• Audio-Eingang</li> <li>• Audio-Ausgang</li> <li>• USB</li> <li>• Netzwerk</li> </ul>	<p>1 HDMI-2.0-Anschluss 1 weitere digitale Schnittstelle (HDMI oder DisplayPort)</p>
Energieverbrauch	<p>Displays mit Infrarot-Technologie haben typischerweise einen höheren Energieverbrauch als kapazitive / induktive Technologien.</p>	<p>Infrarot-Technologie: typisch bis 500 W kapazitiv/induktiv: typisch bis 200 W</p>
Drahtlosverbindung	<p>Manche Monitore verfügen bereits über integrierte Möglichkeiten zur drahtlosen Bild- und Tonübertragung von mobilen Endgeräten aus.</p>	
Garantie		<p>mindestens 5 Jahre „Vor-Ort-Garantie“</p>
Preis	<p>84" bis 86": Halterung und Seitentafeln:</p>	<p>ab 4000 € ab 1500 €</p>

**j) Dokumentenkameras**

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

<b>Datenblatt Dokumentenkamera</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Auflösung, Bildfrequenz, Zoom, Anschlüsse</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Auflösung	Die Ausgangsauflösung der Kamera sollte mindestens Full HD (1920 x 1080 Pixel) betragen. Dies entspricht ca. 2 Megapixel.	Ausgangsauflösung mind. 1920 x 1080 Pixel
Bildfrequenz	Für die Darstellung von Bewegtbildern sind mind. 30 Bilder/s nötig.	mind. 30 Bilder/s
Zoom	Digitalkameras bieten üblicherweise einen optischen und zusätzlich einen digitalen Zoom.	mind. 6-fach optischer Zoom
Anschlüsse	HDMI-Eingang zum Anschluss eines PC HDMI-Ausgang zum Beamer	HDMI-Eingang HDMI-Ausgang
optionale Anschlüsse		VGA USB Cardreader
Lichtquelle		LED-Licht, abschaltbar
Funktionen	Umschalter zwischen Dokumentenkamera, HDMI-Eingang bzw. VGA-Eingang (zur Darstellung eines angeschlossenen PC am Beamer, ggf. auch, wenn die Dokumentenkamera ausgeschaltet ist) Erstellen und Speichern von Bildern und Videos auf USB-Stick, Speicherkarte oder direkt auf den PC deutschsprachige Menüführung	
Preis		ab 600 €

**k) Drucker**

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

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

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

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

Zubehör	zweites bzw. größeres Papierfach	
Umweltfreundlichkeit / Ergonomie	Das Zertifikat „Energy Star“ beschreibt Mindestanforderungen für die Energieeffizienz. Das Zertifikat „Blauer Engel“ ist ein Umweltprüfzeichen mit Kriterien zu Energieverbrauch, Materialanforderungen, Recyclingfähigkeit und Geräuschemission.	Energy Star Blauer Engel (RAL-UZ 205 für Drucker)
Druckkosten	Druckkosten können bei den einzelnen Geräten stark schwanken.	s/w-Seite: < 2 Cent Farbseite: < 10 Cent
Preis	Bei sehr preisgünstigen Geräten sind die Druckkosten oft sehr hoch. Daher sollten bei der Anschaffung auch die Kosten der Ersatzkartuschen und ihr Druckvolumen berücksichtigt werden.	s/w-Laserdrucker: ab 150 € Farbdrucker: ab 200 € (mit erweiterten Funktionen wie Duplexdruck, Mehrzweck-Papierzufuhr und drahtlosem Drucken) Farblaser-Multifunktionsgerät: ab 270 €

### I) 3D-Drucker

3D-Drucker eignen sich in der Schule zur Veranschaulichung räumlicher Strukturen (z. B. Prototypen bei CAD, räumliche Modelle in der Mathematik oder in den Naturwissenschaften, Gebäude- und Architekturmodelle in der Kunsterziehung). Aufgrund der leichteren Handhabung eignen sich für die Schule vorzugsweise Filamentdrucker, die nach dem Schmelzschichtungsverfahren mit Kunststoffen (FDM, Fused Deposition Modelling) arbeiten. Bei der Anschaffung und beim Betrieb derartiger Geräte in der Schule sind die geltenden Sicherheitsbestimmungen einzuhalten (siehe Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RISU),

<https://www.km.bayern.de/lehrer/unterricht-und-schulleben/sicherheit.html>).

Eine kurze Einführung und weiterführende Informationen sind unter

<https://schulnetz.alp.dillingen.de/materialien/3D-Druck.pdf> abrufbar.

<b>Datenblatt 3D-Drucker</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Schichtdicke, Druckplatte</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Technologie	Schmelzschichtungs-Verfahren (FDM)	
Druckmaterial	Filamentdraht, Ø 1,75 mm oder Ø 2,85 mm, je nach Drucker. Die höhere Verbreitung hat Ø 1,75 mm. Kunststoffe: PLA, ABS, HIPS, PETG, Nylon, Tough PLA, Flex PLA, CPE, PVA u. a.	PLA oder ABS
Extruder	1-2 Extruder, wählbare Temperatur bis zu 260 °C Düsendurchmesser: 0,25 / 0,40 / 0,60 / 0,80 mm	Düsendurchmesser: 0,4 mm
Schichtdicke	ab 0,02 mm, u.a. abhängig von der gewählten Düse	bis 0,1 mm
Druckplatte	Auf der Druckplatte entsteht das Objekt. Für die Verarbeitung vieler Kunststoffe ist eine beheizbare Druckplatte notwendig.	beheizbar
Objektgröße	abhängig von der Größe des Druckers und der Druckplatte: von 100 mm x 100 mm x 100 mm bis 500 mm x 500 mm x 500 mm und darüber hinaus	ca. 200 mm x 200 mm x 200 mm ist eine gängige Größe
Bauform	offen/geschlossen, ggf. abschließbar	geschlossen
Preis	Aus didaktischen Gründen kann ggf. auch der Erwerb eines Bausatzes sinnvoll sein, der üblicherweise günstiger erhältlich ist.	ab 1.000 €

### m) Strukturierte Gebäudeverkabelung

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

- Zentraler Serverraum im Schulgebäude (Gebäudehauptverteiler) mit breitbandiger Internetanbindung, Router, NAS, Server, L3-Switch
- Mehrere Bereichsverteiler innerhalb der Schule (L2-Switches)
- Backbone-Verkabelung (zwischen Gebäudehauptverteiler und Bereichsverteiler) mit 10 GBit/s Glasfaser (Sekundärverkabelung)
- Verbindung zwischen Bereichsverteiler und Anschlussdosen am Arbeitsplatz mit 1 GBit/s Kupfer (Tertiärverkabelung)

### n) Access-Points

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

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

Datenblatt Access-Point		
Mindestkriterien: Werte für WLAN-Standard, Übertragungsraten, Konfiguration, Authentifizierung, Multi-SSID, LAN-Schnittstelle, Stromversorgung, Client-Isolation		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
WLAN-Standard	Aktuelle Standards: 802.11ac (Wave 2) / WiFi 5 802.11ax / WiFi 6 (in der Einführung)  In der Regel bedienen diese Geräte neben 11ac/ax-fähigen Geräten im 5 GHz-Band auch 11n-Clients im 2,4 GHz-Frequenzband.	IEEE 802.11ac 2,4 GHz und 5 GHz

Übertragungsraten	<p>Übertragungsraten brutto, im 2,4 GHz-Bereich):  bis 150 MBit/s (Mimo 1x1)  bis 300 MBit/s (Mimo 2x2)  bis 450 MBit/s (Mimo 3x3)  Übertragungsraten (brutto, 802.11ac-Standard im 5 GHz-Bereich):  bis 433 MBit/s (Mimo 1x1)  bis 867 MBit/s (Mimo 2x2)  bis 1300 MBit/s (Mimo 3x3)  bis 1733 MBit/s (Mimo 4x4)  Übertragungsraten (brutto, 802.11ax-Standard im 5 GHz-Bereich):  bis 600 MBit/s (Mimo 1x1)  bis 1,2 GBit/s (Mimo 2x2)  bis 1,8 GBit/s (Mimo 3x3)  bis 2,4 GBit/s (Mimo 4x4)  bis 4,8 GBit/s (Mimo 4x4)</p>	<p>2,4 GHz: ab 300 MBit/s  5 GHz: ab 867 MBit/s</p>
Konfiguration	Gegebenenfalls sollte zusätzlich die Konfiguration über ein Webinterface möglich sein.	zentrales Management über einen WLAN-Controller möglich
Sendeleistung	<p>Wenn externe Antennen angebracht werden, muss die Sendeleistung um den Antennengewinn reduziert werden.</p> <p>Um die Reichweite zu beschränken oder um Störungen zu benachbarten Access-Points zu vermeiden, bzw. die Strahlenbelastung zu minimieren, kann es ebenfalls sinnvoll sein, die Sendeleistung zu reduzieren.</p>	Die maximale Sendeleistung sollte reduzierbar sein.
Authentifizierung	Üblich sind heute noch WPA2-PSK (Preshared Key) und WPA2-Enterprise (802.1x in Verbindung mit einem Radius-Server). WPA3 befindet sich in der Markteinführung.	WPA2-PSK und WPA2-Enterprise (802.1x)
Multi-SSID	Multi-SSID ermöglicht die Bereitstellung mehrerer Funkzellen (SSIDs) in unterschiedlichen Teilnetzen (VLANs) für unterschiedliche Benutzergruppen (z. B. Lehrer, Schüler etc.)	Multi-SSID VLAN-Unterstützung nach 802.1q

LAN-Schnittstelle	Ggf. können auch 2 LAN-Schnittstellen sinnvoll sein (z. B. separate Konfigurationsschnittstelle).	1 GBit/s-Ethernet
Stromversorgung	PoE (Power-over-Ethernet) ist Standard. Gegebenenfalls zusätzlich externes Netzteil	PoE, IEEE 802.3af oder 802.3at
Antennen	Externe Antennen können durch spezielle Richtcharakteristiken das Sende- und Empfangsverhalten positiv beeinflussen; im Klassenzimmer reichen meist die eingebauten Standardantennen (Rundstrahler).	
Client-Isolation	Beim Betrieb des Access-Points als Hotspot ist es sinnvoll, die Kommunikation der WLAN-Clients untereinander zu unterbinden. Oft führt dies jedoch zu Schwierigkeiten bei der drahtlosen Bildschirmübertragung oder beim drahtlosen Drucken.	Client-Isolation einstellbar
Elektromagnetische Verträglichkeit	Durch die EMV-Zertifizierung (Elektromagnetische Verträglichkeit) nach EN 60601-1-2 ist ein Access-Point auch für den Einsatz in medizinischen Umgebungen zugelassen.	EMV-Zertifizierung nach EN 60601-1-2
Garantie		mind. 3 Jahre Garantie
Service	Der Hersteller sollte über eine gut gepflegte (eventuell deutschsprachige) Internetpräsenz verfügen und darüber kostenlos Firmware-Updates, Datenblätter und Zusatzinfos (z. B. Konfigurationsbeispiele) anbieten.	Kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates
Preis	Access-Point ggf. weitere Kosten für den Controller	ab 200 €

### o) WLAN-Controller

Ein WLAN-Controller ermöglicht die zentrale Konfiguration, das zentrale Management und ein übersichtliches Monitoring der WLAN-Access-Points in einem Netz. Die Funktionsweise des WLAN-Controllers ist herstellerabhängig. Auch arbeiten WLAN-

Controller üblicherweise nur mit Access-Points des gleichen Herstellers zusammen. Service und Support sollten langfristig sichergestellt sein.

<b>Übersicht zu WLAN-Controllern</b>	
<b>Funktionsweise eines WLAN-Controllers</b>	
Management eigenständiger Access-Points (Fat-APs)	Der Controller dient nur zur Konfiguration und zur Überwachung der Access-Points. Ansonsten sind die Access-Points eigenständig und funktionieren auch ohne Controller. Die WLAN-Nutzdaten laufen nicht über den Controller.
Zentrale Komponente für den Betrieb von Thin-APs	Die Access-Points können nicht eigenständig betrieben werden. Alle WLAN-Nutzdaten laufen über den Controller.
<b>Implementierung von WLAN-Controllern</b>	
eigenständiger Hardware-Controller (Appliance)	Der Controller ist ein eigenes Gerät. Dies ist üblich, wenn alle WLAN-Nutzdaten über den Controller laufen.
Zusatzfunktion auf einem Access-Point oder Router	Der Controller ist ein Zusatzdienst auf einem Access-Point oder Router. Gegebenenfalls muss dieser Dienst eigens lizenziert werden.
Serverdienst	Der Controller wird als Software auf einem schuleigenen Windows- oder Linux-Server installiert.
Cloud-Service	Der Controller wird als Cloud-Service angeboten. Diese Variante ist gegebenenfalls auch mandantenfähig und ermöglicht das zentrale Management mehrerer Standorte bzw. Schulen. Zur Konfiguration benötigen die Access-Points eine Internetverbindung. Üblicherweise entstehen hier auch Kosten für den Betrieb des Cloud-Service.
<b>Funktionen eines WLAN-Controllers</b>	
übliche Funktionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• automatische Erkennung neuer Access-Points</li> <li>• zentrale Konfiguration aller Access-Points</li> <li>• zentrales Monitoring aller Access-Points</li> <li>• automatisches Firmware-Rollout für alle Access-Points</li> </ul>
optionale Funktionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betrieb einer Captive-Portal-Lösung</li> <li>• Benachrichtigung per E-Mail, wenn Fehler auftreten</li> </ul>

## p) Ethernet-Switches

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

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

### Layer-2-Switches

<b>Datenblatt Ethernet-Switch</b> (managebarer VLAN-fähiger Layer-2-Switch zum Einsatz in einem Bereichsverteiler)		
<b>Mindestkriterien: Werte für Schnittstellen, VLANs, Leistung, Garantie</b>		
Merkmal	Erläuterung / Hinweise	Werte
Konfiguration	Die übliche Konfiguration erfolgt über ein Webinterface des Routers. Ein Konsolenanschluss ermöglicht einen Zugang unabhängig von der IP-Konfiguration. Neue Technologien setzen auf die Möglichkeit einer cloudbasierten Konfiguration der Geräte.	Konfiguration über ein Webinterface
Schnittstellen	Üblich sind 24 oder 48 Ethernet-Ports (RJ45) mit 10/100/1000 MBit/s (Autosensing) und zusätzlich 2-4 Uplink-Ports mit 1 GBit/s SFP oder 10 GBit/s SFP+.	ab 24 Ethernet-Ports mit 10/100/1000 MBit/s ab 2 SFP+ Ports mit 10 GBit/s
PoE	Zur Stromversorgung angeschlossener Netzwerkgeräte (z. B. WLAN-Access-Points, IP-Telefone, Web-Kameras) ist PoE (Power over Ethernet) Standard. PoE nach IEEE 802.3af: (max. Leistung pro Port: 15,4 W) PoE+ nach IEEE 802.3at (max. Leistung pro Port: 30 W) Die PoE-Gesamtleistung sollte über der benötigten Leistung liegen.	PoE+ nach IEEE 802.3at PoE+-Gesamtleistung: mind. 300W
VLANs		VLAN-Unterstützung nach 802.1Q
Status-Anzeigen		Verschiedenfarbige LED-Leuchten für Status, Aktivität, Geschwindigkeit der Ethernet-Ports.

zusätzliche Funktionen	Rapid Spanning-Tree (Loop-Protection) QoS (Quality of Service) bei VoIP ggf. Port-Mirroring und Protokollierung fehlerhafter Datenframes (Fehlersuche) ggf. Link Aggregation (Bündeln von Uplink-Ports für höhere Bandbreiten)	
Montage	Montage im Rack	19 Zoll-Gerät
Leistung	Die interne Switching-Kapazität (Bandbreite der Backplane) sollte der (doppelten) Gesamtkapazität aller Ports entsprechen. Der Datendurchsatz in Mpps (Million Packets per Second) gibt an, wie viele Pakete der Switch verarbeiten kann (üblicherweise mit 64 Byte-Paketen gemessen). Eine sinnvolle Größenordnung für den erforderlichen Datendurchsatz kann man aus der Switching-Kapazität ermitteln, wenn man mit einer durchschnittlichen Paketgröße von 2000 Bit kalkuliert. Weitere Leistungsparameter können sein: Latenzzeit, Paketpuffergröße Nicht alle Anbieter geben vergleichbare Werte für die Leistungsfähigkeit an.	Switch mit 24 Ethernet- und 2 SFP+-Ports: Switching-Kapazität: 88 GBit/s Datendurchsatz: mind. 44 Mpps  Switch mit 48 Ethernet- und 4 SFP+-Ports: Switching-Kapazität: 176 GBit/s Datendurchsatz: mind. 88 Mpps
Garantie		5 Jahre Garantie
Service	kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates, Serviceadresse	
Preis	PoE-Switch mit 24 Ethernet- und 4 SFP+-Ports  PoE-Switch mit 48 Ethernet- und 4 SFP+-Ports	ab 1.000 €  ab 1.200 €
SFP-Module	SFP+-Modul mit 10 GBit/s: Bei SFP-Modulen (GBICs) muss auf den richtigen LWL-Anschluss (ST, SC, LC) geachtet werden.	ab 150 €

### Layer-3-Switches

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

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

<b>Datenblatt Layer-3-Switch</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für Schnittstellen, VLANs, Leistung, Garantie</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Layer-2 Merkmale	Alle Merkmale für Layer-2-Switches gelten auch für Layer-3-Switches.	
Leistung	Layer-3-Switches unterscheiden beim Datendurchsatz nicht zwischen Routing und Switching. Die interne Switching-/Routing-Kapazität (Backplane) sollte der (doppelten) Gesamtkapazität aller Ports entsprechen.	
Routing		statisches Routing
Firewall		ACL-Filterung basierend auf Ziel/Quell-IP auf VLAN-Basis
mögliche zusätzliche Funktionen	DHCP-Server DHCP-Relay (Weiterleitung von DHCP-Anfragen) QoS (Quality of Service) bei VoIP Bandbreitenbeschränkung per Port	
Preis	Layer-3-Switch mit 24 Ethernet- und 4 SFP+-Ports Layer-3-Switch mit 24 Ethernet- und 16 SFP+-Ports	ab 1.000 € ab 5.000 €
SFP-Module	SFP+-Modul mit 10 GBit/s:	ab 150 €

### 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.

<b>Datenblatt Internetzugangsrouten</b>		
<b>Mindestkriterien: Werte für LAN-Schnittstellen, WAN-Schnittstellen, Routing-Durchsatz</b>		
<b>Merkmal</b>	<b>Erläuterung / Hinweise</b>	<b>Werte</b>
Konfiguration	Die übliche Konfiguration erfolgt über ein Webinterface des Routens. Ein Konsolenanschluss ermöglicht einen Zugang unabhängig von der IP-Konfiguration. Neue Technologien setzen auf die Möglichkeit einer cloudbasierten Konfiguration der Geräte.	Konfiguration über ein Webinterface
LAN-Schnittstellen	4 x 1 Gigabit-Ethernet-Ports, die als Router-Ports in unterschiedliche Netze getrennt werden können (z. B. Unterrichtsnetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz). Einzelne LAN-Ports können in Verbindung mit einem externen Modem auch als zusätzliche WAN-Schnittstellen geschaltet werden (z. B. für Load-Balancing).	4 x 1 GBit/s-Ethernet-Ports, als Router-Ports konfigurierbar

WAN-Schnittstellen	Eine oder mehrere WAN Gigabit-Ethernet-Schnittstellen, konfigurierbar für externes Modem (z. B. PPPoE, je nach Provider) z. B. DSL-Schnittstelle mit integriertem Modem für ADSL/ADSL2+, VDSL, SDSL (Annex B/J), LWL	1 zur WAN-Technologie kompatible Schnittstelle (z. B. DSL, Kabel, Ethernet)
VLANs	Zusätzlich zu den physikalischen Schnittstellen lassen sich Subinterfaces bzw. VLANs konfigurieren, über die weitere Teilnetze angesprochen werden können.	Unterstützung von VLANs nach 802.1q, Routing zwischen VLANs
Firewall	Eine Stateful-Inspection-Firewall ermöglicht die richtungsabhängige Paketfilterung und Überwachung des Status der einzelnen Verbindung. Die Firewall muss konfigurierbar sein nach Quelle, Ziel und Dienst (IP-Adressen, Schnittstellen, Ports).	Stateful Inspection Firewall, konfigurierbar nach Quelle, Ziel, Dienst
Routing-Durchsatz	Wenn der Router auch zur Trennung verschiedener Netze (z. B. Unterrichtsnetz, Lehrernetz, Verwaltungsnetz) eingesetzt werden soll, sollte der Durchsatz entsprechend höher sein.	Routing-Durchsatz mind. 800 MBit/s
VPN	VPN-Verbindungen (über IPSEC, SSL oder L2TP) ermöglichen einen sicheren Remote-Zugriff über das Internet (z. B. zur Fernwartung, Anschluss einer Zweigstelle, Remote-Zugriff einzelner Lehrkräfte). Gegebenenfalls ist eine eigene VPN-Client-Software erforderlich. Wenn viele gleichzeitige VPN-Verbindungen nötig sind, erfordert dies einen leistungsstärkeren (und teureren) Router.	Unterstützung von 5 gleichzeitigen VPN-Verbindungen über IPSEC
Zusatzfunktionen	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.	

Votum 2020

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		mindestens 3 Jahre Garantie
Service	Der Hersteller sollte über eine gut gepflegte (eventuell deutschsprachige) Internetpräsenz verfügen und darüber kostenlos Firmware-Updates, Datenblätter und Zusatzinfos (z. B. Konfigurationsbeispiele) anbieten.	Kostenfreie Versorgung mit Firmware-Updates
Preis	VPN-Router (z. B. 100 gleichzeitige VPN-Verbindungen) oder Router mit höheren Routing-Bandbreiten können erheblich teurer sein.	ab 200 €

## 11. Weiterführende Literaturhinweise

Die zentrale Informationsquelle für die Schulen ist das Landesmedienzentrum mebis (<https://www.mebis.bayern.de>). Beratungs- und Fortbildungsangebote sind im Kapitel 3.b) dargestellt. Die nachfolgend genannten Veröffentlichungen sollen die Empfehlungen dieses Votums ergänzen und es im Blick auf eine Gesamtausstattung der Schule mit Einrichtungen, Geräten und Programmen abrunden.

- Votum 2019 des Beraterkreises für Schulrechner, ALP Dillingen 2019 (<http://www.mebis.bayern.de/votum>)
- 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“  
<https://www.mebis.bayern.de/infoportal/service/datenschutz/recht/kmbek-medienbildung>  
<https://www.verkuendung-bayern.de/amsblatt/dokument/kwmbli-2012-22-357>
- Informationen zum Datenschutz an Schulen  
<https://www.km.bayern.de/ministerium/recht/datenschutz.html>
- 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“  
<https://www.verkuendung-bayern.de/amsblatt/dokument/kwmbli-2012-21-317>  
<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>
- Kompendium Videokonferenzsysteme, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Bonn 2020  
[https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Cyber-Sicherheit/Empfehlungen/Videokonferenzsysteme/videokonferenzsysteme\\_node.html](https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Cyber-Sicherheit/Empfehlungen/Videokonferenzsysteme/videokonferenzsysteme_node.html)
- 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](https://www.km.bayern.de/download/13284_stmbw_digitalebildung_2016.pdf))
- Medienkonzepte an bayerischen Schulen  
<https://www.mebis.bayern.de/medienkonzepte>
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung: DGUV Information 215-410: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze - Leitfaden für die Gestaltung, Berlin, Juli 2019

<https://publikationen.dguv.de>

<https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/409>

- Digitales Klassenzimmer - Verlieren unsere Kinder sonst den Anschluss?  
(<https://www.die-debatte.org/digitalisierte-kindheit-schule>)
- Verpflichtungserklärung zur Einhaltung von Arbeits- und Sozialstandards in der öffentlichen ITK-Beschaffung  
<https://www.itk-beschaffung.de/Verpflichtungserklaerung-2019>
- Produktblatt Informationstechnik, Portal für nachhaltige Beschaffung öffentlicher Auftraggeber, <http://www.nachhaltige-beschaffung.info>

München, Juli 2020

gez.

Georg Schlagbauer

Studiendirektor