Freistaat Thüringen Ministerium für Bildung, Jugend und Sport

Empfehlungen für die Ausstattung der Thüringer Schulen mit Informations- und Medientechnik vom 27. Juni 2019

Einleitung ... 2

1. Voraussetzungen und Grundlagen ... 3

1.1 Allgemein ... 3
1.2 Medienpädagogisches Konzept und Bedarfsanalyse ... 3
1.3 Kinder- und Jugendschutz/ Datenschutz ... 3
1.4 Ergonomie/Gesundheitsschutz ... 4
1.5 Orientierung an Umweltrichtlinien (Nachhaltigkeit) ... 5

2. Anforderungen an die Ausstattung von Schulen ... 5

2.1 Basisinfrastruktur zur Unterstützung von Lern- und Lehrprozessen an vernetzten Schulen ... 5
2.2 Präsentationstechnik ... 5
2.3 Endgeräte ... 5

3. Beschaffungsempfehlungen ... 6

3.1 Empfehlungen für Schul- und Verwaltungsserverkonfigurationen ... 6
3.2 Vernetzung der Schule ... 13
3.3 Akustikanlage ... 20
3.4 Großbildmonitore/Interaktive Tafeln ... 21
3.5 Arbeitsplatz-Computer ... 22
3.6 Visualisierung/Dokumentenkamera ... 23
3.7 Drucker ... 24
3.8 Monitore ... 25
3.9 Tablets und Mini-Notebooks ... 26
3.10 Laptops / Notebooks ... 26
3.11 Tafel/Displaygestaltung ... 27

Einleitung

Die Digitalisierung betrifft alle Lebensbereiche der Informationsgesellschaft des 21. Jahrhunderts. Der kompetente Umgang mit den Technologien, den digitalen Medien und dem Internet ist heute Voraussetzung für die erfolgreiche gesellschaftliche Teilhabe jedes Einzelnen. Daher ist es unverzichtbar, dass Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit geboten wird, die dafür notwendigen Kompetenzen zu entwickeln.

Digitale Technologien werden zunehmend Teil einer zeitgemäßen Bildung und eröffnen neue Möglichkeiten. Die Digitalisierung unterstützt kollaborative Lehr- und Lernformen, individualisierte Lernsettings, öffnet die Schule für ein orts-/zeitunabhängiges Lernen und ermöglicht inklusive Unterrichtsmethoden. Eine moderne Informationstechnik (IT) – Infrastruktur an den Schulen ist Voraussetzung, damit Lernende und Lehrende von den Möglichkeiten der digitalen Technologien profitieren können.

Dennoch: Gemäß der Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ folgt im schulischen Bereich die Technik der Pädagogik. Nur mit guten pädagogischen Konzepten und entsprechend qualifizierten Lehrkräften kann die digitale Technik ihr Potenzial im Unterricht voll entfalten. Daher zählen die inhaltliche Verankerung in den Lehrplänen sowie die konkrete methodisch-didaktische Umsetzung im Unterricht zu den zentralen Herausforderungen. Hier gilt es, die Schulen bei der Entwicklung entsprechender Konzepte zu unterstützen. Deshalb ist es wichtig, die Lehrerinnen und Lehrer im Rahmen der Aus- und Fortbildung angemessen auf diese Aufgabe vorzubereiten.

1. Voraussetzungen und Grundlagen

1.1 Allgemein

Die Digitalisierung im Bereich der Bildung stellt die Schulen, die Schulträger und das Land vor große Herausforderungen. Die Ausstattung der Schulen mit geeigneter IT- und Medientechnik für den Unterricht kann nur im Gesamtkontext des geplanten pädagogischen Einsatzes vorbereitet und entschieden werden. Eine erfolgreiche Planung, Umsetzung und Nutzung von IT- und Medientechnik erfordern die langfristige und vertrauensvolle Kooperation von Schulträgern, Schulämtern, Schulleitungen, Lehrkräften, Eltern, Beratern und Unterstützern. Aufgrund der hohen Dynamik und der rasanten Entwicklung im Bereich der Informationstechnologie ist es notwendig, bestehende Konzepte zur Beschaffung, Wartung und Pflege in regelmäßigen, der Entwicklung angepassten Abständen zu prüfen und ggf. zu aktualisieren. Daneben ist durch den Schulträger bei Beschaffung und Installation der Hard- und Software auf diverse Anforderungen zu achten, die im Nachfolgenden kurz formuliert sind:

1.2 Medienpädagogisches Konzept und Bedarfsanalyse

Schulen müssen selbst Unterrichtsentwicklungsprozesse anstoßen und Schulträger die notwendigen Aufwände für die Ausstattung einplanen. Voraussetzung dafür ist das von der Schule zu erarbeitende Medienkonzept. Lernförderliche und mediengerechte IT-Ausstattung kann nur das Ergebnis eines gemeinsamen Entwicklungs- und Planungsprozesses von Schule und Schulträger sein.

Zur Unterstützung der Schulen bei der Erarbeitung des medienpädagogischen Konzepts stellt das Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (ThILLM) im Thüringer Schulportal einen Leitfaden mit Dokumentenvorlagen zur Verfügung:

https://www.schulportal-thueringen.de/web/guest/media/detail?tspi=9682&tspt=%3A%3B%3AbckUrl%3A%3D%3A%2Fmedia%2Fsearch%3Ftspt%3Dnosearch&vsid=Leitfaden+Medienkonzept&csthl=Leitfaden+Medienkonzept

1.3 Kinder- und Jugendschutz/Datenschutz

Rechtliche Grundlagen des Kinder- und Jugendschutzes, speziell des Jugendmedienschutzes, finden sich insbesondere im Jugendschutzgesetz (JuSchG) und im Jugendmedienschutz-Staatsvertrag (JMStV). Außerdem berühren etliche Verbreitungsverbote des Strafgesetzbuchs (StGB) den Jugendmedienschutz.

Es sind damit Vorkehrungen zu treffen, um die Anforderungen des Kinder- und Jugendschutzes zu gewährleisten. Technisch gesehen lassen sich gegenwärtig noch zentrale Systeme zur Filterung betreiben, um einen Großteil jugendgefährdender Inhalte (z. B. Gewalt, pornographische, rassistische oder extremistische Inhalte) zu blockieren. Mit der Einführung des Verschlüsselungsstandards TLS 1.3 werden diese Möglichkeiten soweit reduziert, dass die Filterung der Inhalte auf das Endgerät verlagert werden muss. Unabhängig von der Art der eingesetzten Systeme ist jedoch ein hundertprozentiger Schutz vor schädlichen Inhalten im Internet durch Filtersoftware nicht möglich.

Rechtliche Grundlagen des Datenschutzes sind dem Thüringer Datenschutzgesetz (ThürDSG) vom 6. Juni 2018 zu entnehmen. Hier ist insbesondere der Schutz der personengebundenen Daten zu beachten.

1.4 Ergonomie/Gesundheitsschutz

Auch wenn es sich bei einem „Schülerarbeitsplatz“ um keine Arbeitsstätte im Sinne des Arbeitsschutzgesetzes handelt, ist die Einhaltung ergonomischer Anforderungen wichtig, wie zum Beispiel:

PC als Gesamtsystem	▪ leise Lüfter oder passive Kühlung für CPU und Grafikkarte ▪ Einsatz von SSD bzw. leisen Festplatten
Bildschirm	▪ klare, deutliche, flimmerfreie Bilddarstellung ▪ Kontrast und Helligkeit regelbar ▪ Position in der Höhe verstellbar, drehbar und neigbar
Tastatur	▪ vom Bildschirm getrennt ▪ Form und der Anschlag müssen entsprechend gestaltet sein, um eine ergonomische Körperhaltung zu ermöglichen ▪ Beschriftung muss sich klar vom Untergrund abheben
Notebook	▪ ergonomische Bildschirme ▪ niedriger Geräuschpegel bei Notebooks (z. B. zertifiziert nach TCO Certified Notebooks)
Tablet	▪ Bildqualität und Energieeffizienz bei Tablets ▪ Anschlussmöglichkeit für externe Tastaturen (z. B. zertifiziert nach TCO Certified Tablets)
Drucker	▪ minimale Geräuschentwicklung ▪ geringe Feinstaub- und Ozonemission

Eine Hilfestellung zu den Mindestanforderungen bei der Einrichtung der EDV-Räume findet man beim Bundesverband der Unfallkassen in der jeweils gültigen Fassung.

1.5 Orientierung an Umweltrichtlinien (Nachhaltigkeit)

Die für den Einsatz in einem digitalen Lernumfeld genutzte Technik sollte über die nachfolgenden Zertifizierungen verfügen (Stand 2018). Bei Ausschreibungen ist stets auf die Gültigkeit der Zertifizierungen zu achten.

Umweltprüfzeichen	▪ Blauer Engel (z. B. RAL-UZ 78a für PCs, RAL-UZ 78c für Monitore, RAL-ZU 205 für Drucker)
TCO-Zertifikate	▪ TCO Certified Displays für Monitore, TCO Certified Notebooks, TCO Certified Tablets
GS-Prüfzeichen	▪ Funkentstörung, EMV-Verträglichkeit
Verpackungsverordnung	▪ umweltfreundliche Materialien für die Verpackungen, Rücknahme sowie Entsorgung durch den Anbieter
Elektro- und Elektronik-gerätegesetz	▪ Rücknahme von Altgeräten durch den Lieferanten, Zuführen zur Verwertung

Die vorangegangene Aufzählung ist nicht als abschließend zu betrachten. Es können weitere Bestimmungen, z. B. aus dem Baurecht, Anwendung finden.

2. Anforderungen an die Ausstattung von Schulen

2.1 Basisinfrastruktur zur Unterstützung von Lern- und Lehrprozessen an vernetzten Schulen

Die Basisinfrastruktur umfasst eine durchgehende LAN- und WLAN-Vernetzung (alle passiven und aktiven Komponenten außer Telefonie) des Schulgebäudes, die stabil und mit ausreichend Bandbreite versehen ist, damit alle Schülerinnen und Schüler sowie jede Lehrkraft ein digitales Endgerät jederzeit entsprechend den pädagogischen Anforderungen nutzen kann. Diese Infrastruktur muss insbesondere auch besondere Lastsituationen z. B. bei Unterrichtsbeginn und Unterrichtsende bewältigen können (hohes Datenaufkommen, Vielzahl gleichzeitiger Login- bzw. Logout-Vorgänge, verstärkte Zugriffe auf Datenspeicherung).

Schulische pädagogische Netze sind vom Verwaltungsnetz der Schule zu trennen. Dabei sind die Einhaltung der gesetzlichen Grundlagen insbesondere in den schulrelevanten Bereichen des Kinder- und Jugendschutzes sowie des Datenschutzes abzusichern.

2.2 Präsentationstechnik

In jedem Unterrichtsraum und den zentralen Schulräumen soll für die Schülerinnen und Schüler sowie die Lehrkräfte die Möglichkeit bestehen, digitale Lehr- und Lerninhalte in geeigneter Art zu präsentieren.

2.3 Endgeräte

Wenn das medienpädagogische Konzept dies vorsieht und eine Elternfinanzierung gesichert ist, sollen Schülerinnen und Schüler über ein mobiles Endgerät entsprechend den

Anforderungen der Schule verfügen. Bei der Festlegung der gerätetechnischen Anforderungen hat die Schule in Abstimmung mit dem Schulträger darauf zu achten, dass eine homogene Gerätestruktur gewährleistet wird. Unabhängig davon sollen Klassensätze von mobilen Endgeräten an jeder Schule wie folgt vorgehalten werden:

Grundschulen	▪ Ein Klassensatz mobile digitale Endgeräte je Zug inklusive Aufbewahrungs- bzw. Ladestationen
Regelschule, TGS, Gymnasium	▪ Ein Klassensatz mobile digitale Endgeräte je Zug inklusive Aufbewahrungs- bzw. Ladestationen. ▪ Entsprechend den jeweiligen fachlich pädagogischen Anforderungen können stationäre PC-Kabinette und weitere digitale Geräte (z. B. Dokumentenkamera, digitale Messtechnik etc.) vorgehalten werden.
Berufsbildungszentrum	▪ Klassensätze mobiler digitaler Endgeräte inklusive Aufbewahrungs- bzw. Ladestationen entsprechend den berufsfeldbezogenen Anforderungen ▪ Entsprechend den jeweiligen fachlich pädagogischen Anforderungen können stationäre PC-Kabinette und weitere digitale Geräte (z. B. Dokumentenkamera, digitale Messtechnik etc.) vorgehalten werden.
Förderschulen	▪ Ein Klassensatz mobile digitale Endgeräte inklusive Aufbewahrungs- bzw. Ladestation

3. Beschaffungsempfehlungen

Die nachfolgenden technischen Beschreibungen und Hardwarekonfigurationen sind sowohl als Empfehlungen zur technischen Konfiguration als auch als Hilfestellung für Ausschreibungsunterlagen zu verstehen.

3.1 Empfehlungen für Schul- und Verwaltungsserverkonfigurationen

3.1.1 Allgemein

Die Netzwerk- und Infrastrukturkonfigurationen sind in den Schulen im Allgemeinen gleich aufgebaut. Jede Schule nutzt in der Regel zwei Netzwerke, ein Verwaltungs- und ein Schülernetzwerk (im Folgenden: Schulnetz).

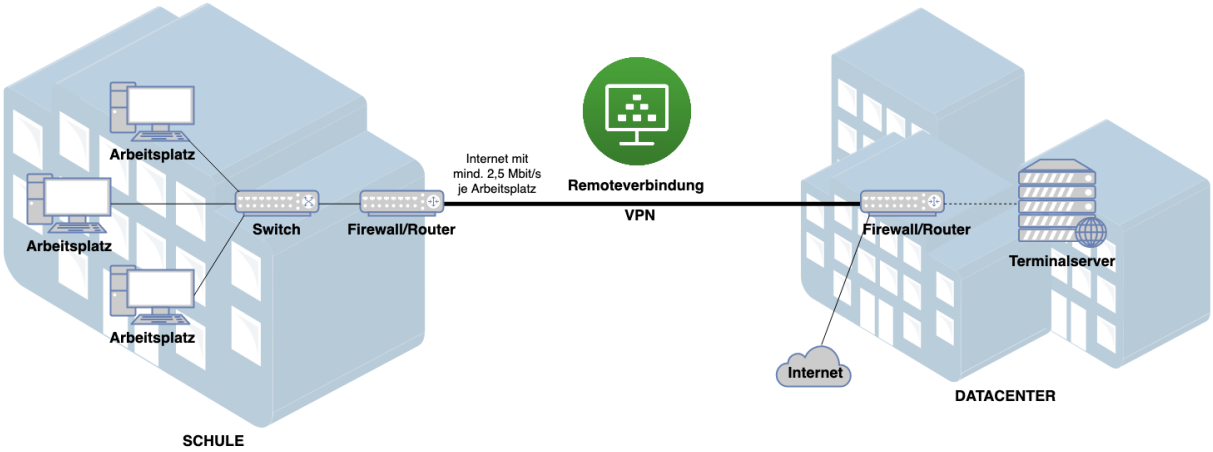
Das Verwaltungsnetz dient dem Transfer sensibler Daten, z. B. Noten. Durch eine komplette netzseitige Trennung ist es besser geschützt. Der Zugang zu diesem Netz erfolgt in der Regel nur über Geräte, die vom Schulträger verwaltet werden.

Das Schülernetz verfügt in der Regel über einen Schulserver, eine zentrale Datenablage sowie je nach Schultyp über diverse Spezialhardware. In diesem Netz sind alle schuleigenen stationären und mobilen sowie schülereigene Geräte (BYOD – Bring Your Own Device) integriert. Der Schulserver übernimmt dabei neben der Aufgabe der Benutzerverwaltung auch Aufgaben wie die Bereitstellung von Namensauflösung für Netzwerkgeräte,

Druckdienste sowie diverse andere Funktionen. Je nach Art und Geschwindigkeit der Anbindung der Schule an das Internet sind unterschiedliche Realisierungen dieses Szenarios denkbar.

3.1.2 Zentrale Systeme in der Cloud oder beim Träger

Bei einer angemessen performanten Anbindung der Clients des Schülernetzes an das Internet ist die Nutzung eines zentralen externen Cloudservers zu empfehlen. Dieser Server sollte z. B. die Dienste: Groupware (Kommunikation), Online-Dateiablage (Cloud), ggf. LMS (Lern Management System) sowie weitere gewünschte Funktionalitäten in gesicherter Umgebung und Datenschutzkonform bieten. Gleichzeitig sollte gewährleistet sein, dass den Nutzern mittels einmaliger Authentifizierung (Single Sign On) die Dienste webbasierend im Browser zur Verfügung stehen. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine schematische Darstellung der Infrastruktur.



Neben der performanten Anbindung jeder Schule ist es bei dieser Konfiguration notwendig, dass der WAN-Zugang des Trägers ausreichend dimensioniert ist.

Variante 1 Zentrale Systeme in der Cloud

Der zentrale Server befindet sich bei einem externen Cloudprovider. Dieser übernimmt Betrieb, Vernetzung und Wartung/Pflege des Hostservers, so dass der Schulträger von diesen Aufgaben entlastet wird. Aufgabe des Schulträgers ist der Aufbau der virtuellen Infrastruktur für seine Schulen beim Cloudprovider.

Bei dieser Variante ist vorab zwingend zu klären, welche Inhalte auf dem Server des Cloudproviders abgelegt werden (dürfen). Es muss zudem sichergestellt sein, dass die geplante Infrastruktur den geltenden Datenschutzbestimmungen entspricht. Der Cloudprovider muss daher über entsprechende Zertifizierungen des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) verfügen.

Vorteile	Nachteile
▪ Risikoverlagerung bezogen auf Systemaus-fall auf den Cloudprovider ▪ weniger Expertise beim Träger notwendig ▪ Infrastruktur der Cloudprovider ist in der Regel BSI-zertifiziert ▪ kann bei wachsenden Systemanforderungen gut skaliert werden	▪ hohe Kosten für den Cloudprovider ▪ oft kein Rootserverzugang ▪ Kündigung und Datenumzug bei Kündigung muss vorab genau geregelt werden ▪ oft kein persönlicher Support

Variante 2 Serverfarm beim Schulträger

Sind die notwendigen infrastrukturellen Voraussetzungen gegeben, empfiehlt es sich, beim Schulträger eine entsprechend leistungsstarke Serverinfrastruktur zur Verfügung zu stellen. Bei dieser Infrastruktur sollte es sich um eine Hyperkonvergente Infrastruktur (HCI) handeln. Als HCI lässt sich eine IT-Infrastruktur bezeichnen, der eine Software zentrierte Architektur zugrunde liegt, in der Prozessoren, Speicher, Netzwerk und Virtualisierung sowie andere Technologien eng miteinander verzahnt sind.

Diese Hardwarekonfigurationen werden von verschiedenen Anbietern bereitgestellt. Entscheidend ist hierbei, auf welchen Hypervisor man setzt. Externe professionelle Hilfe für Dimensionierung und Konfiguration wird dringend empfohlen.

Um einen Überblick über die Dimensionierung zu geben, finden Sie nachfolgend ein Beispiel einer HCI Konfiguration. Diese Konfiguration ist für 1000 zeitgleich arbeitende Nutzer (Concurrent Users) ausgelegt.

Tabelle 1: Konfiguration der virtuellen Server für ca. 1.000 Nutzer

Servertyp	Anzahl	vCPUs (gesamt)	vRAM (gesamt)	max. benutze Festplatten-platz (gesamt)	Max. Nutzer-anzahl
Domaincontroller (Redundant)	2	8	16 GB	100 GB	2000
E-Mailserver (Redundant)	2	24	64 GB	2.000 GB	1200
Terminalserver	40	480	960 GB	4.000 GB	1400
Datei-/Anwendungs- und Backupserver	40	160	320 GB	80.000 GB	1400

Ausgehend von dieser Mindestkonfiguration für die virtuellen Maschinen ergibt sich die folgende Konfiguration für die zugrundeliegende Hardware:

Tabelle 2: Konfiguration physischen Hostsysteme (hyperconvergent)

Servertyp	Anzahl	CPU-Kerne	RAM	min. Fest-plattenplatz	Max. Nutzeranzahl
Servernodes (Hosts)	5	32	384 GB	6x 3,84 TB	Flash / SSD / EraseCoding1
Backupappliance/-storage	1	-	-	mind. 50 TB	Hybrid / HDD / Dedup

Um den angenommenen Anforderungen von ca. 1000 gleichzeitigen Nutzern gerecht zu werden, müssen neben den technischen Hardwareanforderungen natürlich auch die korrekte Anzahl an Lizenzen angeschafft werden. Die Tabelle enthält die Mindestanzahl an Lizenzen, die für den Betrieb der hyperkonvergenten Infrastruktur benötigt werden.

Tabelle 3: Notwendige Lizenzkonfiguration zum Betrieb der HCI

Lizenz	Anzahl	Art der Lizenzierung
Lizenzen für Hypervisor	10	nach physikalischen Sockeln
Betriebssystemlizenz inkl. Softwarewartung	10	nach physikalischen Sockeln (max. 16 Cores pro Sockel)
Server Access-CALs	1000	pro Benutzer
Remote-Zugriffslizenzen	1000	Terminalserverzugriff je Benutzer
Backupsoftware	10	nach physikalischen Sockeln
Remote Verbindungsbroker Lizenzen	> 300	gleichzeitige Benutzer
E-Mailserver Enterprise Lizenzierung	2	pro Server
E-Mailserver Zugriffslizenzen	1000	Nutzer für zentrales Mailsystem

Aufbau und Betrieb einer solchen schulträgereigenen Provider-Infrastruktur erfordern, wie das Beispiel zeigt, beim Schulträger entsprechende Kompetenzen.

Vorteile	Nachteile
▪ volle Serverkontrolle ▪ volle Datenkontrolle ▪ kann bei wachsenden Systemanforderungen gut skaliert werden ▪ kurze Amortisierungszeiten ▪ sehr gut zentral administrierbar	▪ Risiko des Systemausfalls liegt beim Träger ▪ hohe anfängliche Investitionskosten ▪ nur für Träger mit hoher Expertise empfehlenswert

3.1.3 Alternativ: Dezentrale Systeme vor Ort in der Schule

Die folgenden Empfehlungen gelten unter der Voraussetzung, dass für zentrale Serversysteme keine ausreichende Breitbandanbindung gewährleistet werden kann.

Schulserver

Ein Server ist ein technisches System, bestehend aus Hard- und Software, welches Konnektivität, Dienste und Anwendungen bereitstellt. Entsprechend der Bedarfssituation der Schule wird zu entscheiden sein, ob diese Komponente notwendig ist. Intention ist es, eine möglichst wartungsarme, vergleichsweise kostengünstige und stabile IT-Infrastruktur zu betreiben. Server müssen differenziert nach dem jeweiligen Einsatzbereich ausgewählt werden. Schulen die aufgrund ihres Auftrages und ihrer Größe nur Basisfunktionalitäten benötigen, werden alle Aspekte medialen Unterrichts umsetzen können, ohne dass ein Server erforderlich ist. Wird dagegen eine umfangreiche Funktionalität (z. B.

Benutzerverwaltung mit Single Sign-on (SSO) im gesamten Netz, an allen Arbeitsplätzen und an allen Applikationen, weitere Applikationsserver, Dateiserver, Portalserver, Remoteserver, Terminalserver) benötigt, ist ein Schulserver bzw. eine Server-Farm notwendig.

Tabelle 4: Server in der Schule

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Prozessor (CPU)	▪ aktuelle Server-CPUs nach dem Stand der Technik ▪ mind. 6 Kern-Prozessoren
Arbeitsspeicher (RAM)	▪ mind. 48GB RAM ▪ 2.133 MT/s RDIMMs
Festplatte	▪ Installation des Systems (ESXi oder HyperV) auf einem SSD oder Flashdrive ▪ mind. 128 GB SSD für das System ▪ für die Datenbereiche (Datastores) sind je nach Anwendungsfall auch SSD oder SAS Festplatten zu verwenden ▪ mind. 4x 1200 GB SAS (Raid 10) oder ▪ mind. 2x 1200 GB SSD (Raid 1)
LAN-Schnittstellen	▪ 4 x 1 GBit-Ethernet-Adapter ▪ 1 x 10 GBit-Ethernet-Adapter
Integriertes Remotemanagement	▪ Out-of-Band Management (z. B. ILO Management etc.) sollte im Server integriert sein
Garantie	▪ Garantie mind. 36 Monate, erweiterbar auf 5 Jahre; vor-Ort-Garantie sinnvoll ▪ bei großen Systemen Vorabaustausch vereinbaren ▪ ggf. Reaktionszeit innerhalb von 24h vereinbaren

NAS-Systeme

NAS-Systeme (Network Attached Storage; Speichersystem, welches direkt im Netz verfügbar ist) sind Speichersysteme mit möglichst großem Festplattenspeicherplatz, die direkt aus dem Netzwerk erreichbar sind. Je nach Ausführung können NAS-Systeme mit mehreren Festplatten ausgestattet werden, die zu einem logischen Volumen in einem Redundant Array of Independent Disks (RAID) zusammengefasst werden können, was das Risiko des Datenverlusts reduziert. Inzwischen sind Systeme verfügbar, die eine Vielzahl von Diensten anbieten (z. B. Backup-Server, Medienserver, Web-Server, Cloud-Dienste). Die Lese- und Schreibrechte auf Freigaben können benutzerspezifisch geregelt werden, die Zugriffe sind mit unterschiedlichen Protokollen möglich. Es ist darauf zu achten, dass man bei der Hardwareausstattung des NAS-Systems Geräte auswählt, die über Festplatten verfügen, die für den Dauerbetrieb ausgelegt sind.

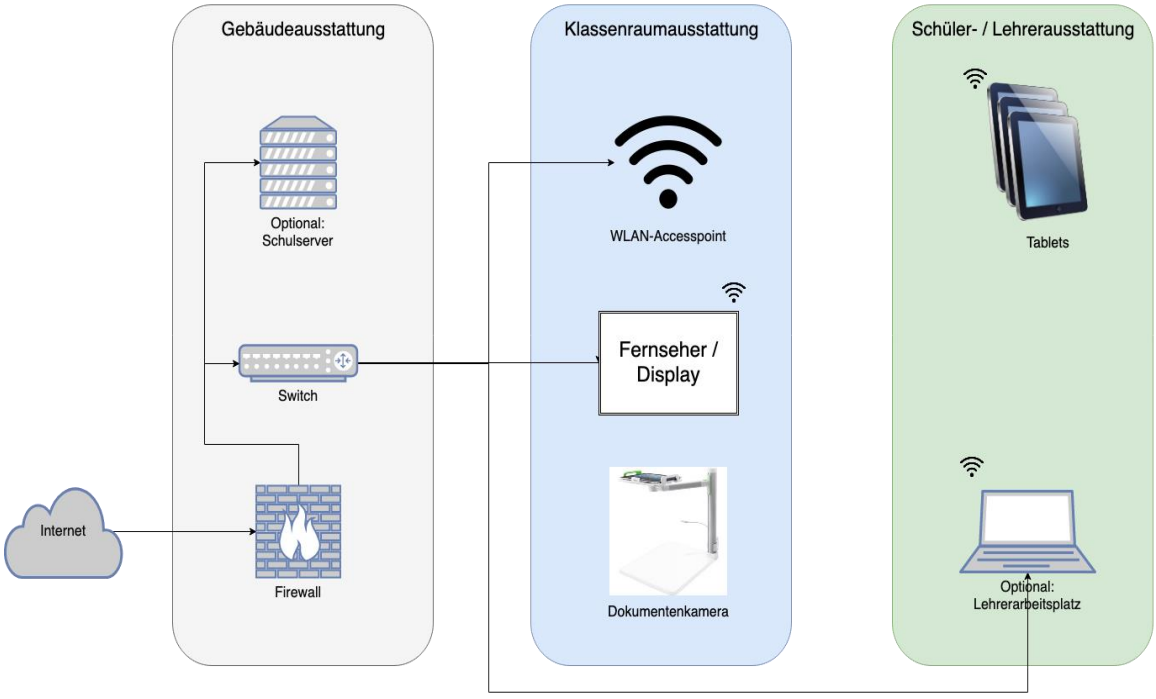
Tabelle 5: NAS-System

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Konfiguration / Management	▪ soll via Konsole, Weboberfläche (HTTPS) oder SSH oder Telnet möglich sein ▪ Zugriff auf Dateisystem auch per SSH-möglich
Prozessor (CPU)	▪ Prozessor mit mind. 1,5 GHz
Arbeitsspeicher (RAM)	▪ mind. 2GB RAM
Festplatten-einschübe	▪ mind. 4 Festplatteneinschübe mit 3,5“
Festplatten	▪ 4 SATA Festplatten mit jeweils mind. 2 TB Speicherplatz ▪ für Dauerbetrieb geeignet (Label „red“ oder „black“)
LAN-Schnittstellen	▪ 4 x 1 GBit-Ethernet-Adapter ▪ 1 x 10 GBit-Ethernet-Adapter
Integriertes Remote-management	▪ Out-of-Band Management (z.B. ILO Management etc.) sollte im Server integriert sein.
Garantie	▪ Garantie mind. 36 Monate, erweiterbar auf 5 Jahre ▪ vor-Ort-Garantie sinnvoll ▪ bei großen Systemen Vorabaustausch vereinbaren ▪ ggf. Reaktionszeit innerhalb von 24h vereinbaren

3.2 Vernetzung der Schule

3.2.1 Grobstruktur der Vernetzung (nur Schülernetz)

Die Vernetzung innerhalb der Schulgebäude muss, um den gestiegenen Anforderungen an den digitalen Unterricht zu genügen, eine Grundstruktur aufweisen. Insbesondere ist darauf zu achten, dass sich am Internetgateway eine Firewall befindet, die eine Basissicherheit für die jeweilige Schule herstellt. Nach dem Gateway sind die Netze in ein Schüler- und ein Verwaltungsnetz aufzutrennen. Die Skizze zeigt die grundsätzliche Vernetzung der Komponenten im Schülernetz. Es ist insbesondere darauf zu achten, dass beim Einsatz mobiler Endgeräte jeder Klassenraum über einen eigenen Accesspoint verfügt.



3.2.2 Sicherheitsgateway/Firewall

Der Router für den Internetzugang der Schule ist in der Regel der zentrale Übergangsknotenpunkt (Gateway), an dem der Datenfluss zwischen dem lokalen Netz und dem Internet gesteuert wird. Dieser Übergang ist eine wichtige Schnittstelle und erfordert eine präzise Konfiguration und eine stabile Funktion. Professionelle Router, 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 (z. B. Datendurchsatz) genügen.

Wenn eine unbeaufsichtigte Nutzung des Internets erfolgt, sind alle Anmeldevorgänge und die Nutzeraktivitäten im Internet zu protokollieren und für einen festgelegten Zeitraum zu speichern. Damit wird sichergestellt, dass die Schule bei strafrechtlichen Verstößen oder zivilrechtlichen Forderungen den Urheber bzw. die Urheberin des Schadens ermitteln kann.

Bei der Beschaffung dieser Systeme ist auf eine zukunftsfähige Ausstattung der Schule mit sogenannten Next-Generation-Firewall-Systemen zu achten. Diese Systeme bieten neben dem Basisschutz Filtermechanismen für den gesamten Netzwerkverkehr und können diesen gezielt über Threat-Prevention-Funktionalitäten lenken und absichern.

Tabelle 6: Internet Gateway/Firewall

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Konfiguration / Management	▪ soll via Konsole, Weboberfläche (HTTPS) oder SSH oder Telnet möglich sein
LAN-Schnittstellen	▪ mind. 4x Gbit Ethernet Ports, mit der Möglichkeit der Netztrennung ▪ ggf. mind. 1x 10 Gbit Ethernet Port
WAN-Schnittstellen	▪ mind. 2x WAN-Port zum Anschluss eines redundanten Internetzugangs ▪ Schnittstellen sollten als internes Modem mit PPPoE konfigurierbar sein ▪ (optional) internes ADSL/ADSL2+ (Annex B/J) / VDSL Modem
VLAN's	▪ müssen sich auf allen Schnittstellen konfigurieren lassen ▪ VLAN nach IEEE 802.1Q, Routing zwischen VLAN's
Firewall	▪ Stateful Packet Inspection Firewall für richtungsunabhängige Paketfilterung inkl. Statusüberwachung der Pakete ▪ integrierter Webfiltermechanismus zur einfachen Gefahrenabwehr ▪ bei großen Netzwerken empfiehlt sich eine Firewall mit Sandboxing ▪ die Firewall muss über eine SSL-Inspection oder Deep-Packet-Inspection verfügen
Routing Durchsatz	▪ mind. 2x so hoch wie die anliegende DSL-Verbindung ▪ wenn Router zur Netztrennung verwendet wird, dann mind. 1 Gbit/s
VPN	▪ VPN Verbindungen via IPSec, und PPTP müssen konfigurierbar sein, mindestens fünf parallele Verbindungen müssen möglich sein ▪ (optional) Unterstützung für SSL-VPN
DNS/DHCP	▪ muss im Gateway für jedes konfigurierte Netz einzeln konfigurierbar sein ▪ weitere Zusatzfunktionen wie DNS-Relay, DNS-Proxy und Dynamisches DNS sind wünschenswert
Montage	▪ 19"-Gerät zum Einbau in einem Rack bzw. Tischgerät

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Filterung	Das Gateway soll folgende Filtermerkmale bieten: Intrusion Prevention System (IPS): Schutz vor Viren, Spyware und Würmern, HTML-, Javascript-, PDF-Virenschutz usw., Überwachung gepackter Dateien URL-Filterung: es soll eine URL-Filterung entsprechend einer dem deutschen Jugendmedienschutz entsprechenden tagesaktuellen Liste erfolgen; die Filterung sollte auf Nutzer, Gruppen oder MAC- bzw. IP-Adressen erfolgen können Daten-Filterung: Überwachung von nicht autorisiertem Datenverkehr (personifizierte Daten, Zahlungsdaten etc.) Application-Management: das System soll in der Lage sein, Applikationen zu erkennen und zu prüfen sowie unverschlüsselten und verschlüsselten Datenverkehr (SSL, SSH) zu überwachen. User-Kontrolle: zur Nutzerverwaltung bietet sich eine Schnittstelle zu einem zentralen Verzeichnisdienst (z. B LDAP/Active Directory) an
Gewährleistung	mind. 36 Monate
Service / Support	Hersteller sollte über deutschsprachigen Service verfügen ein Updateabonnement der Signaturen kann notwendig sein

3.2.3 WLAN-Controller

Mit Hilfe eines WLAN-Controllers werden Accesspoints (AP), die über ein zentrales Management verfügen, konfiguriert und gesteuert. In der Regel verfügen die WLAN-Controller über ein übersichtliches Monitoring der WLAN-Access-Points im Netz. Die Funktionsweise ist herstellerabhängig. Üblicherweise arbeiten WLAN-Controller nur mit APs des gleichen Herstellers stabil zusammen. Bei der Beschaffung sollte darauf geachtet werden, dass keine Lösungen zum Einsatz kommen, wo die gesamte Infrastruktur vom Betrieb des zentralen Controllers abhängig ist. Ab ca. fünf APs in einem Netz sollte über eine Controller-Lösung nachgedacht werden.

Tabelle 7: WLAN-Controller

Merkmal	Erläuterung/Beispiel	
Aufbau	Eigenständiger Controller	▪ Controller ist eigenständiges Gerät oder ein Zusatzdienst auf einem bestehenden Router / Switch
	Serverdienst	▪ Controllersoftware läuft auf einem Windows oder Linux Server
	Cloudservice	▪ Controllersoftware läuft auf einem Server im Internet und wird als Software as a Service eingekauft Achtung: Regelungen der EU-DSGVO beachten!
Funktionsumfang	▪ automatische Erkennung neuer Accesspoints ▪ zentrale Konfiguration aller Accesspoints ▪ zentrales Monitoring zum Datendurchsatz / Auslastung usw. aller Accesspoints ▪ automatisches Rollout aller Firmwareupdates ▪ Benachrichtigungen im Fehlerfall	

3.2.4 Accesspoints

Die WLAN Infrastruktur einer Schule sollte mit professionellen Geräten aus dem Businessumfeld (kein SOHO-Bereich) ausgestattet werden. Insbesondere muss darauf Wert gelegt werden, dass diese Geräte auch bei vielen gleichzeitigen Netzwerkzugriffen einen stabilen Betrieb ermöglichen.

Zu unterscheiden sind Standard-Accesspoints, allein lauffähige Geräte und Accesspoints, die im Zusammenspiel mit einem sogenannten WLAN-Controller betrieben werden können. Bei Letzteren läuft die gesamte Kommunikation über den WLAN-Controller (WLAN-Switch). Andere, sogenannte MESH-Accesspoints, sind ohne WLAN-Controller funktionsfähig. Bei diesen Geräten werden entsprechende Regeln und Richtlinien von AP zu AP synchronisiert. Die Konfiguration erfolgt über eine Bedienoberfläche des internen Betriebssystems.

Tabelle 8: Accesspoints

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Konfiguration / Management	▪ soll via Konsole, Weboberfläche (HTTPS) oder SSH oder Telnet möglich sein ▪ bei mehreren APs sollte die Konfiguration über Managementcontroller möglich sein ▪ die APs müssen auch bei Ausfall des Managementcontrollers voll funktionsfähig sein
WLAN-Standards	Immer auf den Stand der Technik, aktuell: ▪ IEEE 802.11 a / b / g /n / ac ▪ MIMO 2x2:2 oder MIMO 3x3:3
WLAN-Schnittstelle	▪ Dual-Band AP (2,4 und 5 GHz-Frequenzband) ▪ Sendeleistung muss konfigurierbar sein ▪ es sollten minimale RSSI Werte konfigurierbar sein ▪ die Anzahl der Clients je Accesspoint sollte konfigurierbar sein
Muli-SSID	▪ es müssen mind. 4 verschiedene SSIDs von den Accesspoints ausgestrahlt werden können ▪ Unterstützung von VLANs gemäß IEEE 802.1Q
LAN-Schnittstelle	▪ mind. 1x LAN 1Gbit/s
Stromversorgung	▪ PoE nach IEEE 802.3af
Antennen	▪ abhängig vom Installationsort sind interne oder externe Antennen zu nutzen ▪ im Außenbereich können spezielle Antennen das Signal auf kegelförmige Bereich beschränken (Richtcharakteristik der Antenne)
Ergonomie / EMV	▪ auf EMV-Zertifizierung nach EN 60601-1-2 sollte geachtet werden
Montage	▪ Aufputz Wand / Deckenmontage ▪ InWall / Dosenmontage bei historischen Gebäuden möglich
Gewährleistung	▪ mindestens 36 Monate
Service / Support	▪ Hersteller sollte über deutschsprachigen Service verfügen

3.2.5 Ethernet Switch

In Computer-Netzwerken wird als Switch (vom Englischen für „Schalter“, „Umschalter“ oder „Weiche“) – auch Netzwerkweiche oder Verteiler genannt – ein Kopplungselement bezeichnet, das Netzwerksegmente miteinander verbindet. Bei Switches unterscheidet man zwischen einfachen, nicht managebaren Switches und managebaren Layer-2-Switches (üblicherweise VLAN-fähig), die in den Etagenverteilern zum Einsatz kommen. Eine Sonderstellung nehmen Layer-3-Switches ein, welche in großen Netzen als zentraler Switch (inkl. Routing- und Firewall-Funktionen) eingesetzt werden. Einfache nicht gemanagte Switches sollten nur im Ausnahmefall zum Einsatz kommen.

Tabelle 9: Switch-Layer 2, managebar, VLAN-fähig

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Konfiguration	▪ soll via Konsole, Weboberfläche (HTTPS) oder SSH oder Telnet möglich sein
Schnittstellen	▪ 8 - 48 Ethernet-Ports (RJ45) mit 100/1000 MBit/s ▪ mindestens 2 Uplink-Ports mit 1GBit/s SFP oder 10GBit/s SFP+
Statusanzeigen	▪ LED-Kontrollleuchte für jeden Port mit Anzeige von Status / Aktivität / Geschwindigkeit
Power over Ethernet	▪ zur Stromversorgung angeschlossener Geräte wie z.B. APs und Kameras ▪ PoE nach IEEE 802.3 af (max. Leistung pro Port: 15,4 W) ▪ PoE+ nach IEEE 802.3 at (max. Leistung pro Port: 25,4 W) Achtung: Die PoE Leistung des Switches muss größer sein als die Summe der benötigten Leistungen der Endgeräte!
Funktionen	▪ VLAN-Unterstützung nach IEEE 802.1Q ▪ Quality of Service (QoS) für VoIP ▪ für zentrale Geräte: Port Mirroring zur Fehleranalyse ▪ Spanning Tree Protokol (STP) zur Erkennung von Schleifen ▪ Link Aggregation (LACP) zur Bündelung von Uplinks
Leistung	▪ die Switching-Kapazität (Backplane) sollte mindestens der Gesamtkapazität aller Ports entsprechen (z.B. 2 x 26 1 GBit / s = 52 GBit / s bei 26 Ports Full Duplex) ▪ Datendurchsatz >= 40MPpS
Geräusch-entwicklung	▪ beim Einsatz im Klassenraum auf lüfterlose Technologie achten
Montage	▪ 19“-Gerät zum Einbau in einem Rack
Gewährleistung	▪ mind. 5 Jahre Gewährleistung ▪ ggf. lebenslange Gewährleistung mit Hardwaretausch

Tabelle 10: Switch-Layer 3, managebar, VLAN-fähig-1

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Konfiguration	▪ soll via Konsole, Weboberfläche (HTTPS) oder SSH oder Telnet möglich sein
Schnittstellen	▪ 8 - 48 Ethernet-Ports (RJ45) mit 100/1000 MBit/s ▪ mindestens 2 Uplink-Ports mit 1GBit/s SFP oder 10GBit/s SFP+
Statusanzeigen	▪ LED-Kontrollleuchte für jeden Port mit Anzeige von Status / Aktivität / Geschwindigkeit
Power over Ethernet	▪ Zur Stromversorgung angeschlossener Geräte wie z.B. APs und Kameras ▪ PoE nach IEEE 802.3 af (max. Leistung pro Port: 15,4 W) ▪ PoE+ nach IEEE 802.3 at (max. Leistung pro Port: 25,4 W) Achtung: Die PoE Leistung des Switches muss größer sein als die Summe der benötigten Leistungen der Endgeräte!
Funktionen	▪ VLAN-Unterstützung nach IEEE 802.1Q ▪ DHCP-Relay (Weiterleitung von DHCP Anfragen) ▪ Quality of Service (QoS) für VoIP ▪ für zentrale Geräte: Port Mirroring zur Fehleranalyse ▪ Spanning Tree-Protokol (STP) zur Erkennung von Schleifen ▪ Link Aggregation (LACP) zur Bündelung von Uplinks ▪ ggf. konfigurierbare Firewall auf Layer 4
Leistung	▪ die Switching-Kapazität (Backplane) sollte mindestens der Gesamtkapazität aller Ports entsprechen (z.B. 2 x 26 1 GBit / s = 52 GBit / s bei 26 Ports Full Duplex) ▪ Datendurchsatz >= 40MPpS
Geräusch-entwicklung	▪ beim Einsatz im Klassenraum auf lüfterlose Technologie achten
Montage	▪ 19“-Gerät zum Einbau in einem Rack
Gewährleistung	▪ mind. 5 Jahre Gewährleistung ▪ ggf. lebenslange Gewährleistung mit Hardwaretausch

3.3 Akustikanlage

Eine Akustikanlage sollte einen angemessenen Lautstärkepegel und vollen Klang im Klassenzimmer garantieren. Zudem sollte es möglich sein, sowohl reine Audiodateien (Sprachunterricht) als auch Audio-Videodaten wiederzugeben.

Tabelle 11: Akustikanlage

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Bauart	▪ mind. 2-Wege-Lautsprecher-Bassrefelex oder 2.1 Systeme (2 Hochtöner, 1 Subwoofer) ▪ komplexere Anlagen bei größeren Räumlichkeiten
Effektivwert	▪ mind. 2x 20 W (40W)
Regelung	▪ Lautstärke, Bass, Höhen
Bandbreite	▪ 50 - 20.000 Hz
Eingänge	▪ neben Klinke / Chinch auch USB möglich (mit zusätzlichem Netzteil)
Konstruktion	▪ Wandinstallation sollte möglich sein

3.4 Großbildmonitore/Interaktive Tafeln

Großbildmonitore lösen zunehmend die klassische Schultafel ab und werden damit zum zentralen Informationselement für eine moderne Klassenraumumgebung. Spezielle Halterungen können durch das durchaus beachtliche Gewicht dieser Monitore notwendig werden. Die baulichen Gegebenheiten vor Ort sind zu beachten.

Tabelle 12: Großbildmonitore

Merkmal	Erläuterung/Beispiel	
Display	**Größe**	▪ mind. 65 Zoll ▪ Gegebenheiten des Raumes beachten
	Display	▪ entspiegelt ▪ mind. Full HD ▪ Betrachtungswinkel mind. 178° ▪ kein Curved Design ▪ hohe Leuchtdichte min. 200 cd/m²
	Schnittstellen	▪ mind. 2 HDMI ▪ Soundschnittstellen ▪ USB ▪ evtl. DVI
	Gewährleistung	▪ Lebensdauer der Displays sind kritisch zu hinterfragen
	Technik	▪ LCD oder OLED

3.5 Arbeitsplatz-Computer

Sofern kein mobiler Einsatz notwendig und ein fester Standort gewünscht ist, kommen sogenannte Desktop-PCs zum Einsatz. Übliche Einsatzszenarien hierfür sind Computerräume, das Lehrerzimmer sowie der Verwaltungsbereich der Schule. Zum Beispiel in Computer-Kabinetten soll idealerweise für jeden Schüler ein Arbeitsplatz zur Verfügung stehen. Peripheriegeräte kommen je nach Bedarf zum Einsatz (u.a. Drucker, Scanner). Bei speziellen Anwendungen (z. B. Videoschnittsoftware, CNC, 3D-CAD) können höhere Anforderungen notwendig sein, die in der Regel vom Hersteller der Software spezifiziert werden.

Tabelle 13: Arbeitsplatz-Computer

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Prozessor (CPU)	▪ mind. aktuelle Quadcore-Prozessor-Generation
Arbeitsspeicher (RAM)	▪ mind. 8GB DDR3-DIMM
Festplatten	▪ SSD Festplatte mit mind. 256 GB
Grafik / Sound	▪ frontseitige Audioanschlüsse für Kopfhörer / Mikrofon, ▪ HDMI-Anschluss ▪ ggf. zusätzlich: HDMI-Anschluss oder Display-Port
LAN-Schnittstellen	▪ 1 x 1GBit-Ethernet-Anschluss
USB-Anschlüsse	▪ mind. 4x USB-Anschluss ▪ USB 3.1 Anschluss sollte vorgesehen werden
Geräusch-entwicklung	▪ bis zu 26 dB bei 50% Last ▪ bis zu 20 dB bei Büroanwendungen
Garantie	▪ Garantie mind. 36 Monate, erweiterbar auf 5 Jahre ▪ Vor-Ort-Garantie sinnvoll

3.6 Visualisierung/Dokumentenkamera

Visualisierer/ Dokumentenkameras ermöglichen die Darstellung von Objekten über einen Beamer, aber auch über Großbildmonitore. Sie ersetzen zunehmend die Tageslichtprojektoren und bieten darüber hinaus weitere Funktionen wie die Darstellung von Printmedien oder auch räumlicher Objekte. Sie werden über einen Display-Anschluss (VGA, HDMI) direkt mit dem Beamer oder Monitor verbunden und können ohne Computer betrieben werden. Eine Möglichkeit zum Speichern von Arbeitsergebnissen (z. B. auf USB-Stick, Speicherkarte oder über den angeschlossenen PC) soll vorgesehen sein, hierbei ist das Urheberrecht zu beachten.

Tabelle 14: Visualisierung/Dokumentenkamera

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Auflösung	▪ mind. Full HD
Bildfrequenz	▪ mind. 30 Bilder /Sek.
Zoom	▪ mind. 6fach optischer Zoom
Erfassungsbereich	▪ Aufnahmefläche mind. 320 * 280 mm
Eingänge	▪ HDMI ▪ VGA
Ausgänge	▪ HDMI ▪ VGA ▪ Audio
weitere Anschlüsse	▪ USB ▪ SD Kartenslot
Lichtquelle	▪ LED Licht, zuschaltbar
Funktionen	▪ Betrieb mit und ohne PC ▪ Umschalter zwischen Videoeingängen ▪ Speichern von Bildern und Szenen auf USB Stick oder SD Karte ▪ Kompatibilität mit angeschlossenen Geräten
Ergonomie, Zertifizierungen	▪ CE-Zertifikat ▪ evtl. Energy Star
Gewährleistung	▪ mind. 24 Mon Gewährleistung
Service	▪ Deutsches Handbuch ▪ Deutsche Installationsanweisung ▪ kostenfreie Versorgung mit Firmware Updates

3.7 Drucker

Als zentraler Drucker ist ein schneller netzwerkfähiger Monochrom-Seitendrucker (z. B. Laserdrucker) und als Ergänzung gegebenenfalls ein netzwerkfähiger Farblaserdrucker empfehlenswert. Bei der Beschaffung sind die Verbrauchskosten (Gesamtkosten pro Seite bzw. monatliche Gesamtkosten) zu beachten.

Im Bereich der Schulverwaltung oder für Lehrkräfte bietet es sich an, zum Drucken, Kopieren und Scannen zentrale Multifunktionsgeräte einzusetzen. Falls mobile Geräte einen Druckerzugriff haben sollen, sollte darauf geachtet werden, dass der Drucker auch die herstellerspezifischen Protokolle unterstützt.

Tabelle 15: Drucker

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Typ, Format	▪ SW-Laserdrucker A4
Auflösung	▪ mind. 600 x 600 dpi
Geschwindigkeit	▪ 30 Seiten / Min.
Papierzufuhr	▪ Papierkassette 250 Blatt ▪ Mehrzweckzufuhr
Anschlüsse, Verbindungen	▪ USB 2.0 ▪ RJ45 Ethernet (mind. 100 Mbit/s)
Cloud-basierte Druckdienste	▪ wireless print

3.8 Monitore

Moderne Monitore sollen mit dem Gütesiegel TCO06 versehen sein. Das garantiert die Zertifizierung nach folgenden Kriterien: Anwenderfreundlichkeit und Ergonomie (insbesondere Bildqualität, Hintergrundhelligkeit, Kontrast, Bildstabilität und Gleichmäßigkeit, Strahlungsarmut, Bildaufbauzeit, Farbdarstellung, Oberflächenreflexion, Höhen- und Neigungsverstellbarkeit, Blickwinkel, elektrische Sicherheit, niedriger Lärmpegel), die Umweltverträglichkeit (Energieeffizienz, minimale Verwendung gefährliche Substanzen, entwickelt für Recycling, recycelbare Verpackung, verlängertes Produktleben, Rückgabe, Umweltmanagementsystem) und die gesellschaftlichen Aspekte (aktive soziale Verantwortung im Fertigungsprozess).

Tabelle 16: Monitore

Merkmal	Erläuterung/Beispiel
Größe	▪ mind. 22"
Auflösung	▪ mind. Full HD
Helligkeit und Kontrast	▪ mind. 250 cd/m² ▪ Kontrast min. 1000:1
Reaktionszeit	▪ max. 5 ms
Anschlüsse	▪ VGA ▪ HDMI, DVI oder DisplayPort
Ergonomie	▪ neigbar ▪ höhenverstellbar ▪ stabiler Standfuß
Ergonomie, Zertifizierung	▪ EnergyStar ▪ TCO06 ▪ oder höher
Optionen	▪ integrierte Lautsprecher ▪ Kopfhörer Anschluss ▪ USB HUB
Gewährleistung, Beschaffung	▪ relative günstige Anschaffung, keine erweitere Garantie nötig

3.9 Tablets und Mini-Notebooks

Für den schulischen Einsatz werden Tablets oder Mini-Notebooks mit einer Bildschirmdiagonale ab 9,5" empfohlen. Geht der Einsatz *über wenige Einzelgeräte hinaus, ist ein effizientes Mobile-Device-Management (MDM)* notwendig (z.B. Zurücksetzen, Klonen, Lizenzverwaltung, Installation von Apps, Erzwingen eines Prüfungsmodus). Einsatzszenarien können interaktive und damit kostenintensive Präsentationsmedien – einschließlich der Dokumentenkamera – ersetzen, in dem Projektoren oder Displays ohne Interaktion zum Einsatz kommen.

3.10 Laptops / Notebooks

Bei der Beschaffung von schuleigenen Laptops/Notebooks soll auf eine robuste Verarbeitung und ausreichende Akkukapazität geachtet werden. Bereits bei der Planung der Beschaffung sind Lösungen für die Aufbewahrung und den Transport mobiler Endgeräte zu bedenken.

Tabelle 17: Laptops / Notebooks

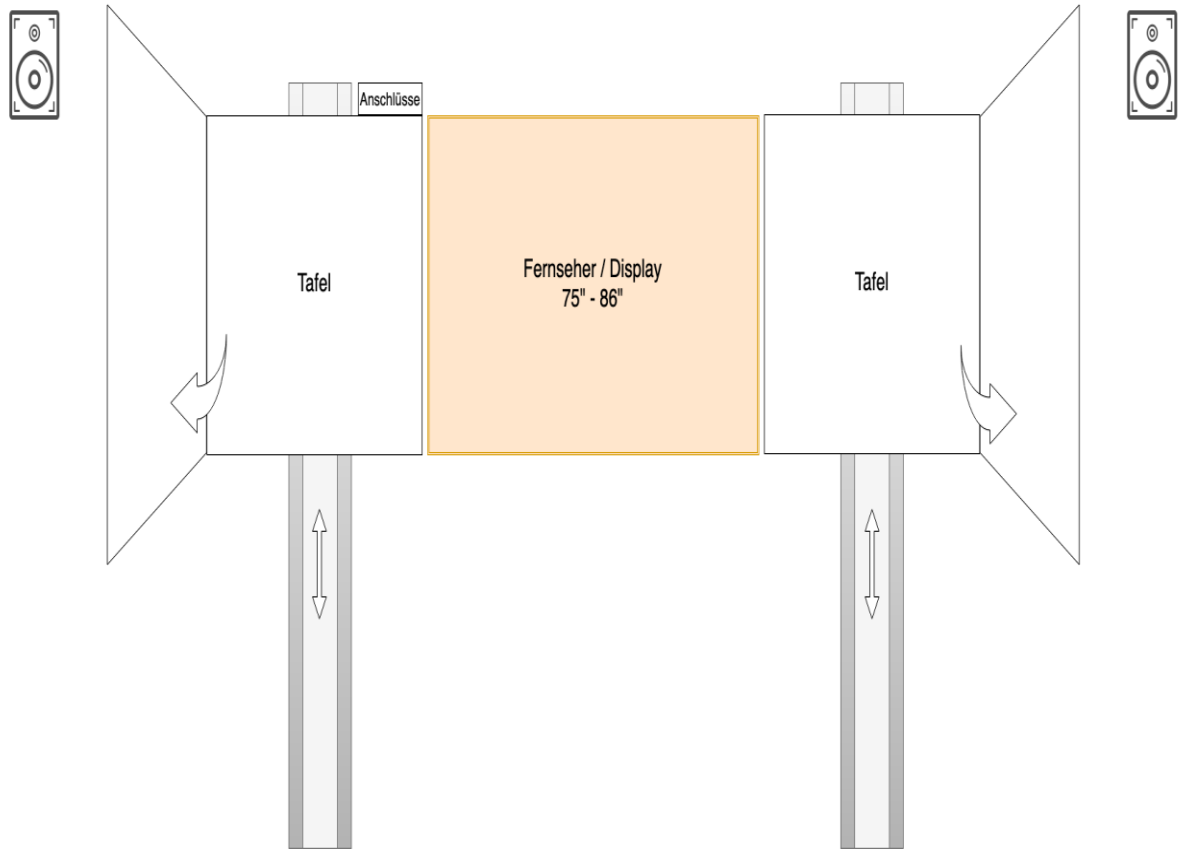
Merkmal	Erläuterung/Beispiel
CPU (Prozessor)	▪ mind. aktuelle Quadcore-Prozessor-Generation
RAM (Arbeitsspeicher)	▪ mind. 8 GB
Festplatte (SSD / HDD)	▪ SSD mit min 256 GB
Display	▪ mind. 15 Zoll ▪ mattes Display ▪ HD Ready
Schnittstellen	▪ WLAN 2,4 GHz / 5 GHz ▪ VGA ▪ HDMI oder DisplayPort ▪ mind. 2x USB 3.0 ▪ mind. 2x USB 2.0 ▪ RJ45-LAN Gigabit LAN
Erweiterungen	▪ DVD Laufwerk / Brenner ▪ integrierter Lautsprecher ▪ Kartenlesegerät ▪ integrierte Kamera ▪ Kensington Schutz
Gewährleistung	▪ Empfehlung: 36 Monate Vor-Ort-Garantie

3.11 Tafel/Displaygestaltung

Die digitale Bildung betrifft nicht nur die Ergänzung des Klassenzimmers mit technischen Geräten. 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.

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.

Aus praktischen Überlegungen heraus ist die in der Abbildung skizzierte Variante, bestehend aus zwei separat zu bewegenden Pylonentafeln sowie einem Großbilddisplay sehr praktisch, da Sie bei dem skizzierten Aufbau ca. 6m Präsentationsfläche bietet.



In kleinen Klassenräumen lassen sich die Pylonentafeln auch so anordnen, dass die Tafelflügel die Präsentationsfläche verdecken und das System somit auf nur 4m Breite eingebaut werden kann.

Grundsätzlich sollte bei Tafel-/Displayinstallationen nach praktischen Überlegungen und Berücksichtigung der Rahmenbedingungen geprüft werden, in wieweit diese eine räumliche Einheit bilden können, um einen Bruch im Tafelbild zu vermeiden.

Anzustreben ist eine technisch einheitliche Ausstattung aller Unterrichtsräume.