



## Nachhaltigkeit und Effizienz in der schulischen IT

In diesem Dokument sollen Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie man die Nachhaltigkeit und Effizienz der schulischen IT-Infrastruktur erhöhen kann.

Herausgeber: Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung  
Kardinal-von-Waldburg-Str. 6-7  
89407 Dillingen

Autor: Markus Rawitzer, Akademie Dillingen

URL: <https://schulnetz.alp.dillingen.de>

Mail: [m.rawitzer@alp.dillingen.de](mailto:m.rawitzer@alp.dillingen.de)

Stand: Juni 2023



## Inhalt

1. Ziele .....	2
2. Abgrenzung des Handlungsfeldes.....	3
3. Ablauf einer Planung und Durchführung der Steigerung der Effizienz und Nachhaltigkeit der schulischen IT.....	3
a. Bestandsaufnahme .....	4
b. Ziele definieren .....	5
c. Planung der Maßnahmen.....	5
d. Umsetzung.....	6
e. Monitoring .....	6
4. Beispiele für Maßnahmen für eine Steigerung der Effizienz und Nachhaltigkeit der schulischen IT ..	8
a. Maßnahmen in der smarten Gebäudetechnik.....	8
b. Maßnahmen in der Beschaffung und Entsorgung von IT-Technik .....	9
c. Maßnahmen durch die Konzeption eines Schulnetzwerkes .....	11
d. Maßnahmen im Netzwerk.....	13
e. Maßnahmen an Endgeräten .....	15
f. Maßnahmen im Unterricht bzw. durch Fortbildungen.....	15

## 1. Ziele

Die Ziele der Steigerung der Effizienz und Nachhaltigkeit der schulischen IT-Infrastruktur sind folgende:

- Kosteneinsparungen: Eine effiziente Nutzung der IT-Ressourcen kann Schulen erhebliche Einsparungen bringen.
- Reduzierung der CO2-Emissionen: Durch den Einsatz energieeffizienter Geräte können Schulen CO-Emissionen reduzieren und zum Klimaschutz beitragen.
- Beitrag zur Umweltbildung: Durch die Sichtbarmachung des Energie- und Ressourcenverbrauchs der schulischen IT können Lernende besser die Prinzipien von Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung verstehen.
- Stärkung von Nachhaltigkeit in der Beschaffung und Entsorgung: Schulen können hier als Vorbild wirken. Dies kann sich wiederum auf Lieferanten und externe Partner auswirken.
- Modernere und zeitgemäße Lernumgebung schaffen: Durch effiziente IT-Infrastruktur und ein smartes Gebäudemanagement kann eine attraktive Lernumgebung geschaffen werden.



## 2. Abgrenzung des Handlungsfeldes

Die Möglichkeiten der Steigerung von Effizienz und Nachhaltigkeit in der Schule sind sehr umfassend. Daher beschränkt sich diese Handreichung auf folgende Bereiche:

- Beschaffung von schulischer IT
- Betrieb von schulischer IT
- Konzeption von schulischer IT
- Schulische Netzwerke
- Digitale Endgeräte
- Smarte Gebäudetechnik
- Fortbildungen

Diese Handreichung beschreibt das Themengebiet schulische Netzwerke incl. smarter Gebäudetechnik. Weitere Handlungsfelder sind in dieser Handreichung nicht dargestellt, da sie inhaltlich nicht zu den Themengebieten von SCHULNETZ passen. Folgende Themen sind daher in dieser Handreichung nicht enthalten:

- Gebäudedämmung und -isolierung
- Gebäudeheizung und -lüftung
- weitere Themen, die nichts mit schulischer IT zu tun haben.

## 3. Ablauf einer Planung und Durchführung der Steigerung der Effizienz und Nachhaltigkeit der schulischen IT

Der Ablauf einer Planung und Durchführung der Steigerung der Effizienz und Nachhaltigkeit der schulischen IT könnte in etwa wie folgt aussehen:

- Bestandsaufnahme: Eine Bestandsaufnahme aller vorhandenen IT-Ressourcen und Gebäudetechnik. Die Beschaffung und Entsorgung sollten ebenfalls berücksichtigt werden.
- Ziele definieren: Basierend auf der Bestandsaufnahme können Ziele definiert werden, um die Effizienz und Nachhaltigkeit der IT-Infrastruktur zu verbessern.
- Maßnahmenplanung: Nach der Definition der Ziele sollte ein Plan erstellt werden, um die Ziele zu erreichen. Vorhandenen und erforderliche Ressourcen sollten dabei berücksichtigt werden.
- Umsetzung: Nach der Planung werden die Maßnahmen umgesetzt. Dabei sollte die Umsetzung überwacht werden.
- Monitoring: Mit der Implementierung wird das Monitoring umgesetzt. Die Maßnahmen werden fortlaufend überwacht und ggfs. angepasst.



## a. Bestandsaufnahme

Eine Bestandsaufnahme aller vorhandenen IT-Ressourcen ist der erste Schritt, um die Effizienz und Nachhaltigkeit der schulischen IT-Infrastruktur zu verbessern.

Hierfür gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Hardware- und Softwareinventarisierung: Eine Bestandsaufnahme aller vorhandenen Hardware- und Software-Ressourcen ermöglicht Schulen einen Überblick über die IT-Ressourcen. Das Inventar sollte dabei nach Möglichkeit dynamisch aktualisiert werden. Dazu zählen z.B. Programme, die Hardware und deren Nutzung automatisiert erfassen. Software lässt sich beispielsweise mit einem MDM inventarisieren. Die Nutzungszeit der Hard- und Software sollte ebenfalls erfasst werden, um nicht mehr benötigtes Inventar zu erkennen.
- Energieverbrauch ermitteln: Der Energieverbrauch der IT-Infrastruktur kann mit verschiedenen Möglichkeiten bestimmt werden: PoE-Switches, netzwerkfähige Strommesser und stationäre Strommesser.
- Nutzung und Auslastung der Hardware ermitteln: Zur Bestandsaufnahme gehört die Erfassung der Nutzung und Auslastung der vorhandenen Hardware. Über die Erfassung der Nutzungszeit können wenig bzw. kaum verwendete Geräte erkannt werden. Ebenfalls kann über die Erfassung der Auslastung (z.B. CPU-Auslastung) Hardware erkannt werden, deren Ausstattung nicht zum Einsatzzweck passt.
- Bestandsaufnahme smarte Gebäudetechnik: In der Gebäudetechnik setzt sich mehr und mehr das TCP/IP-Protokoll durch. Es soll eine Bestandsaufnahme der smarten bzw. noch nicht smarten Gebäudetechnik gemacht werden. Hierbei werden die Sensoren und deren Vernetzung dokumentiert.
- Bestandsaufnahme Beschaffung und Entsorgung von IT-Infrastruktur: Bei der Bestandsaufnahme der Beschaffung und Entsorgung von IT-Infrastruktur könnten folgende Punkte dokumentiert werden:
  - Lieferanten mit ökologischer und sozialer Verantwortung
  - Lieferanten mit kurzen Wegen und umweltfreundlichen Verpackungen
  - Umweltgerechte Entsorgung von Altgeräten incl. Trade-in-Programmen oder verlängerten Produktlebenszyklen
- Benchmarking: Das Vergleichen der eigenen IT-Infrastruktur mit anderen Schulen oder Branchenstandards kann Schulen helfen, Schwachstellen in ihrer IT-Infrastruktur zu identifizieren und zu verbessern. Durch das Vergleichen mit anderen Schulen oder Standards können Schulen ihre eigenen Maßnahmen zur Verbesserung ihrer IT-Infrastruktur anpassen und optimieren.



## b. Ziele definieren

Basierend auf der Bestandsaufnahme können Ziele incl. zeitlicher Rahmen definiert werden, um die Effizienz und Nachhaltigkeit der IT-Infrastruktur zu verbessern. Der Zeitplan sollte dabei nicht zu optimistisch gewählt werden. Beispiele für Ziele könnten sein:

- Einführung von Energiemanagement-Systemen innerhalb von 24 Monaten
- Reduzierung des Energieverbrauchs bei stationären Geräten um 10 Prozent innerhalb von 12 Monaten
- Reduzierung des Energieverbrauchs bei mobilen Geräten um 5 Prozent innerhalb von 12 Monaten
- Reduzierung des Energieverbrauchs im kabelgebundenen Netzwerk um 5 % innerhalb von 12 Monaten
- Reduzierung des Energieverbrauchs im drahtlosen Netzwerk um 25 % innerhalb von 12 Monaten
- Reduzierung der Anzahl ineffizienter Geräte um 20 Prozent innerhalb von 24 Monaten
- Umstellung der Beschaffung auf mehr lokale Lieferanten mit ausschließlich umweltschonenden Verpackungen und sozialen Standards innerhalb von 24 Monaten.
- Umstellung der Entsorgung: Erhöhung der Recyclingquote und Nutzung von Trade-in-Programmen
- Etablierung schulinterne Lehrerfortbildungen zum Thema Energieeffizienz und Ressourcenschonung

## c. Planung der Maßnahmen

Nach der Bestandsaufnahme und den definierten Zielen werden die Maßnahmen geplant. Dabei wird zwischen Maßnahmenplanung und Ressourcenplanung unterschieden.

- Maßnahmenplanung: Nach der Definition der Ziele sollte ein Maßnahmenplan erstellt werden, um die Ziele zu erreichen. Hierbei werden die einzelnen Maßnahmen zeitlich und abhängig von Schulbetrieb geplant:
  - Dabei kann es sinnvoll sein, Maßnahmen mit einer großen Auswirkung z.B. auf Energieeinsparungen gegenüber Maßnahmen mit einer geringen Auswirkung auf Energieeinsparungen vorzuziehen.
  - Darüber hinaus sollte der schulische Betrieb durch die Umsetzung von Maßnahmen nicht gestört werden.
- Ressourcenplanung: Für die Umsetzung der Maßnahmen sind Ressourcen notwendig:
  - finanzielle Ressourcen, z.B. für die Erneuerung von Geräten
  - personelle Ressourcen, z.B. des Systembetreuers, eines kommunalen Systembetreuers oder beauftragten Systemhauses



- zeitliche Ressourcen für die Konzeption und Durchführung schulinterner Lehrerfortbildungen

#### d. Umsetzung

Nach der Planung der Maßnahmen werden diese umgesetzt. Dabei ist es wichtig, die Umsetzung zu überwachen und gegebenenfalls anzupassen, um sicherzustellen, dass die Ziele erreicht werden. Ein Monitoring kann dabei helfen, die Umsetzung zu überwachen. Weitere Informationen zum Thema Monitoring finden sie im nächsten Punkt.

#### e. Monitoring

Ein Monitoring kann die Steigerung der Effizienz und Nachhaltigkeit der schulischen IT folgendermaßen unterstützen:

- Sollte ein Monitoring bereits vorhanden sein, kann dieses für die Bestandsaufnahme, z.B. das Messen des Energieverbrauchs der Geräte und des Netzwerkes verwendet werden.
- Bei der Umsetzung der Maßnahmen ist ein Monitoring ebenfalls erforderlich, um die durchgeführten Maßnahmen zu evaluieren und ggfs. anzupassen.

Ein Monitoring ist damit für die Erfassung und Kontrolle von Maßnahmen im Bereich der Steigerung der Effizienz und Nachhaltigkeit in der schulischen IT erforderlich.

Im Folgenden wird zwischen einem Energie- und Nutzungsmonitoring und einem Umweltmonitoring unterschieden:

#### Energie- und Nutzungsmonitoring

Das Energie- und Nutzungsmonitoring ist ein zentrales Monitoring der Geräte mit dem Zweck, herauszufinden, welche Geräte wann wieviel Strom verbrauchen und wie die Geräte über die Zeit ausgelastet sind.

Im Folgenden soll beispielhaft eine Durchführung eines Energie- und Nutzungsmonitoring beschrieben werden:

- Stromverbrauch ermitteln: Der Energieverbrauch der IT-Infrastruktur kann mit verschiedenen Möglichkeiten bestimmt werden:
  - PoE-Switches: Einige PoE-Switches können den Stromverbrauch der angeschlossenen Geräte messen und monitoren. Dadurch kann man den Stromverbrauch über einen Zeitraum messen und Rückschlüsse für evtl. Einsparungen ziehen.
  - Netzwerkfähige mobile Strommesser: Mobile Strommesser sind Zwischenstecker, die über das Netzwerk oder das WLAN erreichbar sind. Sie sollen den Stromverbrauch der



Geräte über einen gewissen Zeitraum erfassen und Messwerte automatisch speichern können.

- Stationäre Stromzähler: Stationäre Stromzähler sind z.B. in Sicherungskästen eingebaut und können den Stromverbrauch messen. Evtl. sind diese mit einer Ein- und Ausschaltfunktion kombinierbar, um zu vorher festgelegten Zeiten, Geräte abschalten zu können.
- Nutzung und Auslastung von Endgeräten ermitteln: Neben dem Stromverbrauch ist das Monitoring der Auslastung der Geräte für eine Optimierung der Effizienz der schulischen IT sinnvoll. Mit diesen Daten kann eine bedarfsorientierte Ausstattung mit schulischer IT erreicht werden:
  - Monitoring der Auslastung (z.B. CPU-Auslastung) von Endgeräten
  - Monitoring der Nutzungszeit von Endgeräten

Hinweise zur Konfiguration eines Monitorings der Nutzungszeit von Endgeräten am Beispiel von Windows-Betriebssystemen sind hier zu finden:

*Microsoft. (2022, 4. Oktober). Monitor clients - Configuration Manager. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/en-us/mem/configmgr/core/clients/manage/monitor-clients>*

Hinweise zur Konfiguration eines Monitorings des Energie Managements von Endgeräten am Beispiel von Windows-Betriebssystemen sind hier zu finden:

*Microsoft. (2022, Oktober 4). Monitor and plan for power management - Configuration Manager. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/en-us/mem/configmgr/core/clients/manage/power/monitor-and-plan-for-power-management>*

- Auswertung der Daten: Die erfassten Daten können ausgewertet werden hinsichtlich folgender Kriterien:
  - Überblick über den Energieverbrauch der IT-Infrastruktur
  - Erkennung von energieintensiven Geräten
  - Zeiten mit hohem Energieverbrauch
  - Ermittlung des Energieverbrauchs außerhalb von Schulzeiten, z.B. nachts oder am Wochenende
  - Identifizierung von Geräten, die nicht mehr benötigt werden
  - Identifizierung von Geräten mit einer sehr geringen Nutzungszeit
  - Identifizierung der Auslastung von Geräten hinsichtlich von Anforderungen an künftige Geräte

## Umweltmonitoring

Das Umweltmonitoring in der Schule beinhaltet die Überwachung und Kontrolle u.a. folgender Bereiche:

- Monitoring der Raumluft mit Umweltsensoren, z.B. für Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftqualität, Rauchmelder
- Monitoring von Räumen mit weiteren Sensoren, z.B. Türsensoren, Fenstersensoren, Bewegungsmelder



- Monitoring des Energieverbrauchs und evtl. verbundener CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Monitoring des Wasserverbrauchs
- Monitoring von nachhaltiger Beschaffung
- Monitoring von Recyclingvorgängen und Recyclingquoten
- Monitoring von Entsorgungsvorgängen

Das Umweltmonitoring umfasst noch weitere Bereiche. Diese Handreichung beschränkt sich auf die o.g. Punkte.

Das Umweltmonitoring liefert Informationen zu Einsparpotentialen im Energieverbrauch und zur Steigerung der Nachhaltigkeit. Konkrete Beispiele sind im nächsten Kapitel genannt.

## 4. Beispiele für Maßnahmen für eine Steigerung der Effizienz und Nachhaltigkeit der schulischen IT

In diesem Kapitel sollen konkrete Beispiele für Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz und Nachhaltigkeit in der schulischen IT beschrieben werden.

### a. Maßnahmen in der smarten Gebäudetechnik

Smarte Gebäudetechnik kann Schulen dabei helfen, Energie zu sparen, indem sie verschiedene Funktionen automatisiert und optimiert. Die Gebäudetechnik wird smart, indem Sensoren und eine automatisierte Steuerung verwendet wird. So ist ein manuelles Eingreifen des Menschen so gut wie unnötig. Die Steuerung im Gebäude funktioniert ohne manuellen Eingriff automatisiert und optimiert.

Hier sind einige Beispiele für smarte Gebäudetechnik:

- Bewegungssensoren: Bewegungssensoren sind ein wichtiger Bestandteil zum Energiesparen in der Schule. Mit der Erkennung von Personen können Elemente wie Beleuchtung, Heizung, Lüftung, Displays und weitere Geräte an- bzw. ausgeschaltet werden.
- Smart gesteuerte Geräte im Klassenzimmer: Geräte, wie z.B. Displays, PCs oder weitere Geräte könnten durch Bewegungssensoren ein- bzw. ausgeschaltet werden. Dies spart Strom, weil keine Geräte angeschaltet sind, wenn niemand im Raum ist.
- Smarte Beleuchtung: Smarte Beleuchtungssysteme können die Beleuchtung in Klassenzimmern und anderen Räumen automatisch an- und ausschalten und die Helligkeit an die Umgebung anpassen. Bewegungssensoren können erkennen, ob sich Personen in einem Raum befinden und das Licht automatisch ausschalten, wenn der Raum leer ist.
- Smarte Heizung: Smarte Thermostate können die Raumtemperatur automatisch anpassen, basierend auf der Anwesenheit von Personen im Raum und den Außentemperaturen. Dadurch kann unnötiges Heizen vermieden werden.



- Automatisierte Lüftung: Smarte Lüftungssysteme können die Luftqualität in Räumen überwachen und bei Bedarf automatisch lüften, um eine gute Raumluftqualität sicherzustellen. Dies kann dazu beitragen, dass die Schülerinnen und Schüler gesund bleiben und gleichzeitig Energie sparen, indem die Lüftung nur dann aktiviert wird, wenn sie wirklich benötigt wird.
- Energiemonitoring: Smarte Energiemonitoring-Systeme können den Energieverbrauch in der Schule monitoren, visualisieren und anzeigen, wo Energie verschwendet wird. Dadurch können Einsparpotentiale identifiziert und Maßnahmen zur Reduzierung des Energieverbrauchs ergriffen werden. Damit können Geräte oder Räume identifiziert werden, die einen höheren Energieverbrauch aufweisen als benachbarte Räume.

## **b. Maßnahmen in der Beschaffung und Entsorgung von IT-Technik**

Schulen können in der Beschaffung Ziele wie Nachhaltigkeit und Effizienz erreichen, indem sie sich auf die folgenden Aspekte konzentrieren:

- Beschaffungsstrategie: Eine umfassende Beschaffungsstrategie sollte definiert werden, die Nachhaltigkeit und Effizienz in den Vordergrund stellt. Hierbei können beispielsweise ökologische Kriterien und soziale Aspekte in die Entscheidungsfindung einbezogen werden.
- Lieferantenmanagement: Eine intensive Zusammenarbeit mit Lieferanten ist wichtig, um sicherzustellen, dass auch diese Nachhaltigkeit und Effizienz in ihren Prozessen berücksichtigen. Hierbei können beispielsweise spezifische Vorgaben für die Lieferanten formuliert werden, die eine ökologische und soziale Verantwortung berücksichtigen.
- Beschaffungsprozess: Der Beschaffungsprozess selbst sollte auf Effizienz und Nachhaltigkeit ausgerichtet sein. Beispiele hierfür wären:
  - Forderung nach dem Einsatz von umweltfreundlichen Verpackungsmaterialien
  - lokale Lieferanten zu bevorzugen, um Transportwege zu reduzieren
  - Nutzung von sog. Trade-In-Programmen, bei denen alte Hardware beim Kauf neuer Hardware zum Recycling angegeben werden kann und zusätzlich beim Kauf von Neugeräten des gleichen Herstellers Rabatte gewährt werden.
- Produktlebenszyklus: Schulen sollten den gesamten Produktlebenszyklus in Betracht ziehen, um Nachhaltigkeit und Effizienz sicherzustellen. Beispiele hierfür wären:
  - Es sollten langlebige Produkte bevorzugt werden. Wenn IT-Hardware z.B. durch die Verfügbarkeit von Firmwareupdates etwas über die Nutzungsdauer hinaus genutzt werden kann, erhöht dies die Nachhaltigkeit.
  - Ebenfalls sollten recycelbare Produkte bevorzugt werden, um Abfall zu reduzieren.
  - Es ist zudem sinnvoll, Produkte mit niedrigem Energieverbrauch zu wählen.



Ein besonderer Punkt, der hier etwas ausführlicher dargestellt werden soll, ist die Verwendung von wiederaufbereiteter IT-Hardware. Diese hat sowohl Vor- als auch Nachteile:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Kosten</u>: Wiederaufbereitete IT-Hardware ist in der Regel deutlich günstiger als neue Geräte.</li> <li>• <u>Nachhaltigkeit</u>: Durch die Wiederverwendung von IT-Hardware kann Abfall reduziert werden, der normalerweise bei der Entsorgung entsteht.</li> <li>• <u>Technologie-Zugang</u>: Durch den Einsatz von wiederaufbereiteter IT-Hardware können Eltern, die sich keine neuen Geräte leisten können, wiederaufbereitete Hardware nutzen.</li> <li>• <u>Reduzierung von CO2-Emissionen</u>: Jede nicht neu hergestellte Hardware vermeidet CO2-Emissionen. In der Regel sind die CO2-Emissionen während der Produktion von IT-Hardware höher als während seiner Nutzung.</li> <li>• <u>Umweltbewusstsein fördern</u>: Schulen können Umweltbewusstsein bei ihren Schülern und Lehrern fördern, indem sie wiederaufbereitete IT-Hardware verwenden und damit die Bedeutung von Umweltschutz und Nachhaltigkeit vermitteln.</li> <li>• <u>Vorbildwirkung</u>: Durch die Nutzung wiederaufbereiteter IT-Hardware kann eine Schule ihren CO2-Fußabdruck reduzieren und gleichzeitig ein Vorbild für ihre Schüler und die Gemeinde sein.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Qualität</u>: Die Qualität und Zuverlässigkeit wiederaufbereiteter IT-Hardware können schwanken. Dadurch besteht ein höheres Risiko, dass gebrauchte Geräte schneller ausfallen oder repariert werden müssen als neue Geräte.</li> <li>• <u>Aktualität</u>: Wiederaufbereitete IT-Hardware hat möglicherweise nicht die neuesten Funktionen und Software-Updates. Updates auf neuere Betriebssystem-Versionen können ggfs. nicht möglich sein.</li> <li>• <u>Support</u>: Der Support und die Garantien für wiederaufbereitete IT-Hardware sind oft begrenzt und können nicht mit denen für neue Geräte verglichen werden.</li> <li>• <u>Verringerte Nutzungszeit</u>: Die voraussichtliche Nutzungszeit von IT-Hardware hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie zum Beispiel der Qualität des Geräts oder der Art der Nutzung. Die durchschnittliche Lebensdauer z.B. eines Tablets wird auf etwa 3-5 Jahre geschätzt. Werden z.B. wiederaufbereitete Tablets in der Schule eingesetzt, kann das Ende der Nutzungsdauer früher erreicht sein als das Ende der Nutzung.</li> <li>• <u>Evtl. zusätzliche Kosten</u>: Wiederaufbereitete IT-Hardware kann zusätzliche Kosten verursachen, wie z.B. für Lizenzen oder für Software.</li> <li>• <u>Evtl. zusätzliche Arbeit</u>: Wiederaufbereitete IT-Hardware kann zusätzliche Arbeit verursachen, wie z.B. bei der Aufnahme in ein MDM-System oder ein anderes Management-System.</li> </ul>

Letztendlich hängt die Entscheidung, ob wiederaufbereitete oder neue IT-Hardware angeschafft werden sollen, von vielen Faktoren ab, einschließlich des verfügbaren Budgets, der technischen Anforderungen der Bildungseinrichtung und der Prioritäten der Bildungseinrichtung in Bezug auf Nachhaltigkeit und Technologiezugang.



### c. Maßnahmen durch die Konzeption eines Schulnetzwerkes

Die meisten Schulnetzwerke sind „gewachsene“ Strukturen. Doch liegt in der richtigen Konzeption eines Schulnetzwerkes ein großes Potential für mehr Nachhaltigkeit und Effizienz. Beispiele hierfür wären:

- Energieeffiziente Netzwerkgeräte: Das Netzwerk sollte so konzipiert werden, dass es möglichst wenig Energie verbraucht. Dies kann u.a. mit folgenden Maßnahmen erreicht werden:
  - Verwendung energiesparender Geräte, wie Switches oder Router
  - Verwendung einer sternförmigen Netzwerkarchitektur. Übertragungswege sollten minimiert werden
  - Nutzung von Energiespartechiken auf Netzwerkgeräten. Weiter Informationen zu Energiesparen im Netzwerk finden sie im nächsten Kapitel.
- Virtualisierung beim Sachaufwandsträger oder in der Cloud: Statt virtuelle Server in jeder einzelnen Schule zu nutzen, können virtuelle Server z.B. beim Sachaufwandsträger für mehrere Schulen eingesetzt werden, die in der Summe weniger Energie und Ressourcen verbrauchen. Eine Virtualisierung bei einem Provider ist meist ressourcenschonender sein als ein Betrieb von virtuellen Servern beim Sachaufwandsträger. Rechenzentren bei einem Provider bieten meist eine höhere Redundanz und Ausfallsicherheit bei erhöhter Erreichbarkeit. Das Unterhalten lokaler kleinerer Rechenzentren bei Sachaufwandsträgern ist nicht immer die wirtschaftlichste und effektivste Lösung. Je mehr Schulen gemeinsame virtuelle Server nutzen, desto effizienter und damit ressourcen- und energiesparender kann die Nutzung sein.
- Cloud-Computing: Cloud-Computing ermöglicht es, Daten zentral zu speichern und zu verarbeiten. Der Unterschied zur Virtualisierung ist der Grad der Virtualisierung. Beim Cloud Computing kauft man meist den fertigen Dienst ein, ohne sich um die Server und um die Software selbst zu kümmern. Cloud Computing bietet den Vorteil der schnellen Verfügbarkeit und der beliebigen Skalierung. Zur Nutzung wird meist nur ein Browser oder eine App und ein Internetzugang benötigt.  
Die Dienste der BayernCloud Schule (ByCS) zählen zum Cloud Computing. Zu den Vorteilen der Nutzung der Dienste der ByCS ist unten ein gesonderter Absatz.
- Cloud-Management: Switches, Router und Access-Points können über die Cloud gemanaged werden. Dies erspart Konfigurationsarbeiten vor Ort. Beim Kauf neuer Hardware sollte neben Cloud-management auf zero-touch-deployment geachtet werden. Die Geräte müssen nur noch angeschlossen werden und können anschließen über die Cloud gemanaged werden. Sachaufwandsträger profitieren von Cloud-gemanagter Hardware. Sie können über die Cloud die Hardware mehrerer Schulen gleichzeitig managen, Probleme besser erkennen und schneller und gezielter Support leisten.
- Digitalisierung von Medien: Medien sollten in der Schule digitalisiert und zentral gespeichert werden. Kopiergeräte sollten nur noch für schriftliche Arbeiten verwendet werden. Das Digitalisieren von Medien reduziert den Papierverbrauch und hilft, Ressourcen effizienter zu nutzen.
- Nutzung smarter Gebäudetechnik über ein vorhandenes Netzwerk: Durch die Nutzung smarter Gebäudetechnik kann erheblich Energie eingespart werden. Dabei sollte darauf geachtet werden, die smarte Gebäudetechnik selbst so effizient wie möglich zu betreiben. Oft



bietet es sich an, Sensoren zu verwenden, die über ein Netzwerk mit TCP/IP-Standard kommunizieren. Das reduziert den Aufwand, Sensoren zu betreiben. Eine extra Verkabelung für Sensoren entfällt. Nutzen Sensoren den kabellosen ZigBee-Standard, bietet es sich an, Access-Points zu verwenden, die dieses Protokoll ebenfalls unterstützen. Das Ziel sollte sein, mit einem Verkabelungsstandard ein Haus so effizient wie möglich zu betreiben.

- Monitoring: Das Monitoring des Netzwerks gewinnt eine immer größere Bedeutung. Funktionen des Monitorings sind u.a.:
  - Konfigurieren und Überwachen von Netzwerkkomponenten und Diensten
  - Energiemonitoring: Der Stromverbrauch der Netzwerkgeräte wird überwacht. Es werden Zeiten mit hohem und niedrigem Stromverbrauch identifiziert. Mit diesen Informationen können Energiesparmaßnahmen im Netzwerk umgesetzt werden.
  - Nutzungsmonitoring: Geräte mit einer sehr niedrigen Auslastung oder Nutzung können identifiziert und Maßnahmen zum Energiesparen getroffen werden.

Die Dienste der ByCS gehören zum Cloud-Computing. Die Nutzung der Dienste der ByCS sind nicht nur aus Nachhaltigkeitsgründen sinnvoll, auch aus konzeptionellen Gründen ist die Nutzung der zentralen Dienste der ByCS sinnvoll. Daher sollen hier einige Vorzüge der zentralen Dienste der ByCS in einer Übersicht dargestellt werden.

#### **Die Nutzung der Dienste der ByCS sind aus folgenden Gründen sinnvoll:**

- Standort in der Cloud: Die Dienste der ByCS sind in einem externen Rechenzentrum gehostet. Dadurch sind die Dienste über das Internet problemlos erreichbar.
- Erweiterungsmöglichkeit für weitere zentrale Dienste: Das Angebot an zentralen Diensten der ByCS erweitert sich ständig. Daher ist es sinnvoll, weitere Dienste dort anzusiedeln und lokale Ressourcen in die ByCS umzuziehen.
- Kosteneinsparung durch zentrale Ausschreibung: Der Betrieb einer gemeinsamen Plattform für tausende Schulen ist kostengünstiger als ein Betrieb vieler einzelner Plattformen. Durch die zentrale Infrastruktur können Kosten eingespart werden.
- Geringerer Stromverbrauch durch zentrale Plattform: Der Betrieb einer zentralen Plattform benötigt weniger Strom als der Betrieb vieler einzelner Plattformen.
- CO2-Einsparung: Durch den geringeren Stromverbrauch wird CO2 eingespart.
- Professioneller Support: Durch den Betrieb einer großen leistungsfähigen Plattform ist es möglich, professionellen Support für diese Plattform zu realisieren. Dies ist bei kleineren Plattformen nicht immer möglich.
- Zusammenlegung von Speicher: Der Betrieb großer virtueller Speicher in der Cloud ist für tausende Schulen gemeinsam kostengünstiger und leichter zu realisieren als individuell für eine Vielzahl einzelner Schulen.
- Höherer Grad der Virtualisierung: Die Dienste der ByCS sind stark virtualisiert. Die Administration erfolgt über einen Browser. Systembetreuende oder Sachaufwandsträger müssen sich weder um Hardware, Updates, Plugins oder Sonstiges kümmern.
- Datenschutz: Bei der Ausschreibung von zentralen Plattformen werden Vorgaben des Datenschutzes konsequent beachtet.



- Ausfallsicherheit: Der Betrieb zentraler Plattformen erfolgt meist in Rechenzentren mit einer erhöhten Redundanz, zum Beispiel bei der Internetanbindung, der Stromversorgung oder weiteren Diensten.
- SSO: Ein Vorteil der Zusammenlegung mehrerer Dienste in einer Plattform ist das Single Sign on (SSO). Dieses ermöglicht mit einem Login mehrere Dienste verwenden zu können.
- Zentralisierung von Diensten: Die Zentralisierung von Diensten bietet den Vorteil einer Standardisierung, besseren Dokumentation und damit verbunden besseren Support.
- Kritische Infrastruktur: Der Betrieb großer Plattformen für mehrere 100.000 Schüler und Lehrer kann dazu führen, dass die Nutzerzahl der Plattform so groß ist, dass besondere Sicherheitsvorschriften gelten.
- Entlastung von Systembetreuenden: Die Systembetreuenden werden durch die ByCS massiv entlastet. Sie müssen sich nicht mehr um den Betrieb einer Plattform kümmern, sondern können sich auf die pädagogische Systembetreuung konzentrieren.
- Entlastung von Sachaufwandsträgern: Die Sachaufwandsträger werden durch die zentralen Dienste der ByCS massiv entlastet, da sie nicht mehr Dienste wie E-Mail, Cloudspeicher, Messenger, Online Office oder ähnliches den Schulen bereitstellen müssen, sondern kostenlos die Dienste der ByCS nutzen können.
- Entlastung von Lehrenden: Im Falle eines Dienststellenwechsels können die Daten der Lehrkraft zusammen mit dem Account nahtlos zur neuen Dienststelle übertragen werden. Der Systembetreuende hat nichts zu tun.
- Sicherheit durch Mehrfaktor-Authentifizierung: Ab 2024 wird eine 2-Faktor-Authentifizierung zur Verfügung stehen.

#### d. Maßnahmen im Netzwerk

Im Netzwerk kann man in folgenden Bereichen Steigerungen in der Effizienz und Nachhaltigkeit erreichen:

##### Vernetzung

- Optimierung der Netzwerktopologie: Durch die Optimierung der Netzwerktopologie kann der Strombedarf reduziert werden, indem Übertragungswege verkürzt oder Netzwerkkomponenten besser ausgelastet werden.
- Verwendung von DAC: Bei kurzen Distanzen von wenigen Metern, etwa einer Verbindung zu einem Switch mit SFP+-Port im gleichen Rack, ist ein Direct-Attach-Cable (DAC) mit nur 0,1 Watt viel sparsamer als Optik oder NBase-T.

##### Verwendung von managebaren PoE-Switches

- Vermeidung von PoE-Injektoren: Durch die Verwendung eines PoE-Switches anstelle von PoE-Injektoren können Stromverluste reduziert werden. PoE-Injektoren erfordern in der Regel separate Stromversorgungsgeräte und Kabel, um das PoE-Signal zu senden, was zu Energieverlusten führen kann.



- Energieverwaltung über PoE-Switches: Ein weiterer Vorteil von PoE-Switches besteht darin, dass sie die Stromversorgung der PoE-fähigen Geräte zentralisieren. Dies erleichtert die Verwaltung des Netzwerks und ermöglicht eine genauere Überwachung des Stromverbrauchs. Außerdem bieten PoE-Switches oft Funktionen wie Energieverwaltung und Energiesparmodi, die dazu beitragen können, den Energieverbrauch zu optimieren.
- PoE-Port-Planung: Die PoE-Port-Planung ermöglicht es, Zeitpläne zu konfigurieren, um einzelne Ports oder die PoE-Stromversorgung bestimmter Switch-Ports zu aktivieren oder zu deaktivieren, indem sie eine Tageszeit oder ein periodisches Ereignis auswählen. Damit können sehr einfach Access-Points periodisch an- und wieder ausgeschaltet werden.

#### Verwendung von Switches mit EEE Standard

- IEEE 802.3az Energy Efficient Ethernet (EEE): Das Energy Efficient Ethernet (EEE) ist ein Protokoll, das entwickelt wurde, um den Stromverbrauch von Ethernet-Netzwerken zu reduzieren, indem es die Leistung von Ethernet-Geräten im Leerlauf reduziert. Es funktioniert, indem es die Geschwindigkeit der physischen Schicht von Ethernet-Geräten automatisch reduziert, wenn sie keine Daten übertragen oder empfangen. Das bedeutet, dass das Gerät immer noch verbunden und betriebsbereit bleibt, aber weniger Strom verbraucht, wenn es nicht benötigt wird. Sobald das Gerät wieder Daten senden oder empfangen muss, erhöht das EEE-Protokoll die Geschwindigkeit der physischen Schicht, um sicherzustellen, dass es schnell auf die Anforderungen reagieren kann. Dieses Protokoll ist in der IEEE 802.3az-Spezifikation definiert. Manche Hersteller verwenden den Begriff „green ethernet“ für ähnliche Techniken.

#### Maßnahmen im WLAN

- Verwendung eines WLAN-Controllers: Verwenden Sie Wireless-Controller, um die Leistung der Access Points automatisch an die Netzwerklast anzupassen.
- Frequenzoptimierung: Durch die Optimierung der Frequenzen, auf denen das WLAN-Netzwerk arbeitet, kann ebenfalls Energie gespart werden. Hierbei kann das WLAN auf Frequenzen umgestellt werden, die weniger störanfällig sind oder weniger Energie benötigen.
- WiFi 6e mit TWT verwenden:
  - Höhere Akku-Laufzeiten dank Target Wake Time (TWT): Bis WiFi 5 mussten Smartphones, Tablets oder Notebooks ständig empfangsbereit sein. Wer nicht bereit war, verpasste seine ankommenden Datenpakete, was zulasten der Akku-Ladung ging. WiFi 6 und WiFi 6E reduzieren mit TWT den Stromverbrauch auf der Endgeräteseite. TWT ermöglicht es WLAN-Geräten, ihre Aktivitäts- und Ruhezeiten mit dem Access Point zu koordinieren.
  - Höhere Übertragungsrate durch TWT: Zusätzlich kann TWT dazu beitragen, die Netzwerklast und die Wartezeit auf Verbindungen zu reduzieren, indem es die Kommunikation zwischen dem WLAN-Gerät und dem Access Point optimiert. Durch die Planung der Aktivitäten der WLAN-Geräte können sie effizienter genutzt werden, womit eine höhere Übertragungsrate realisiert werden kann. TWT ist in der IEEE 802.11ax-Spezifikation definiert.



## e. Maßnahmen an Endgeräten

Es gibt mehrere Möglichkeiten, an Endgeräten Strom zu sparen:

- Energiesparende Einstellungen: Überprüfen Sie die Energiesparmodi auf Ihrem Computer, um den Stromverbrauch zu reduzieren. Der Computer wird dann automatisch in einen Ruhezustand versetzt, wenn er nicht verwendet wird. Passen Sie die Einstellungen so an, dass der Monitor, die Festplatten und andere Komponenten nach einer bestimmten Zeit ohne Benutzung automatisch ausgeschaltet werden.
- Hardware-Optimierung: Ältere Hardware ist oft nicht so energieeffizient wie neuere Hardware. Neuere Hardware wie energieeffiziente Prozessoren, Solid State Drives und effizientere Grafikkarten können dazu beitragen, den Stromverbrauch zu senken.
- Flugzeugmodus zeitweise aktivieren: Wenn Sie während der Arbeit weder eine Netzwerkverbindung noch Bluetooth-Verbindungen benötigen, können Sie den Flugzeugmodus aktivieren. Die deaktivierten Netzwerkschnittstellen sparen Strom.
- Ausschalten: Schalten Sie den Computer aus, wenn er nicht verwendet wird. Ein Standby-Modus verbraucht immer noch Energie, auch wenn der Computer nicht verwendet wird.
- Netzteil: Verwenden Sie ein energiesparendes Netzteil. Ein hochwertiges und effizientes Netzteil kann den Stromverbrauch des Computers reduzieren. Ein effizientes Netzteil hat 80 PLUS Platinum oder Titanium Standard bzw. eine Cybenetics Effizienz > 90 %.
- Monitor: Verwenden Sie einen energieeffizienten Monitor mit einer dynamischen Helligkeit. Dieser passt die Helligkeit automatisch an die Helligkeit der Umgebung an.
- Displayhelligkeit: Bei mobilen Geräten kann die Akkulaufzeit durch die Reduktion der Displayhelligkeit vergrößert werden.
- Beenden von nicht benötigten Apps und Programmen: Reduzieren Sie die Anzahl der ständig im Hintergrund laufenden Apps auf das Notwendige.

## f. Maßnahmen im Unterricht bzw. durch Fortbildungen

Um Kolleginnen und Kollegen dazu zu bringen, Energie zu sparen, können Sie Fortbildungen anbieten. Hier sind einige Möglichkeiten, wie Sie vorgehen können:

- Informieren Sie über den Nutzen von Energiesparmaßnahmen: Informieren Sie die Teilnehmenden über die Vorteile von Energiesparmaßnahmen und wie es helfen kann, die Umwelt zu schützen.
- praktische Tipps: Geben Sie praktische Tipps, wie man Energie sparen kann. Insgesamt geht es darum, den Teilnehmern zu zeigen, dass Stromsparen einfach und lohnenswert sein kann.

Im Unterricht könnte man Maßnahmen zum Energiesparen folgendermaßen umsetzen:

- Nutzen Sie eine CO2-Rechner-App: Es gibt verschiedene CO2-Rechner-Apps, mit denen Sie den CO2-Fußabdruck einer Unterrichtsstunde berechnen können.



- Machen Sie den Energieverbrauch sichtbar: Installieren Sie ein Display im Klassenzimmer, welches z.B. den Stromverbrauch darstellt. Notieren Sie für verschiedene Unterrichtsszenarien den Stromverbrauch und vergleichen Sie sie miteinander.
- Analysieren Sie den Energieverbrauch: Der Energieverbrauch von Computern, Projektoren und anderen elektronischen Geräten kann einen erheblichen Einfluss auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck einer Unterrichtsstunde haben. Sie können den Energieverbrauch dieser Geräte mit einem Energie-Monitoring-System oder einem Energiekostenmessgerät messen.
- Analysieren Sie den Anreiseweg der Schüler: Machen Sie den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Schulweges sichtbar. Berücksichtigen Sie daher den Anteil der Schülerinnen und Schüler, die mit dem Auto, dem Bus, dem Fahrrad oder zu Fuß zur Schule kommen.