

# Stromverbrauch und Stromeffizienz in neuen und sanierten Schulen

Endbericht

Autor:

Dipl.-Ing. Andreas Greml

# Stromverbrauch und Stromeffizienz in neuen und sanierten Schulen

ENERGIE TIROL

DI Andreas Greml – TB Andreas Greml



Mai 2018

# Inhaltsverzeichnis

**Kurzfassung: Stromverbrauch und Stromeffizienz in neuen und sanierten Schulen .....4**  
**Zwölf Grundsätze für stromeffiziente Schulen .....9**

## **Kurzfassung: Stromverbrauch und Stromeffizienz in neuen und sanierten Schulen**

### **Hintergrund:**

Schulen weisen nach der Sanierung oft einen höheren Strombedarf auf, als vor der Sanierung. Auch völlig neu konzipierte Schulen klagen häufig über hohe Stromverbräuche bzw. -kosten. Diese hohen Stromverbräuche bzw. -kosten werden oft einer einzelnen neuen Technologie (z.B. Beamer, Klassenzimmerlüftung, Lift, ...) zugerechnet, auch wenn keine Übersicht über die Aufteilung der Stromverbräuche vorhanden ist. Systematische Optimierungen sind aufgrund der unbekanntenen Aufteilung der Stromverbräuche auf die einzelnen Verbrauchergruppen (Beleuchtung, Heizung, Warmwasser, Lüftung, EDV-Ausstattung etc.) pauschal nicht möglich. Weiters sind die Stromverbräuche durch Fremdnutzungen (z.B. Sportvereine) teilweise verzerrt. Zielwerte für die Planer (z.B. Bauordnung, NEH Standard, PH Standard) wie beim Wärmebereich gibt es für den Stromverbrauch nicht.

### **Ziele des Projektes:**

Durch Analysen des Stromverbrauchs von zumindest 10 neu errichteten bzw. sanierten Schulen und der Ermittlung von Einsparmöglichkeiten sollen die Erkenntnisse durch einen „Leitfaden zur Realisierung stromeffizienter Schulen bei Neubau und Sanierung“ auf andere Schulen übertragbar gemacht werden. Teilaspekte können auch auf bestehende Schulen, die nicht saniert werden, angewendet werden. Der Fokus liegt aber darauf, dass neue bzw. umfassend sanierte Schulen nach der Anwendung des Leitfadens einen sehr geringen Strombedarf aufweisen.

### **Detailziele:**

1. Analyse des Stromverbrauchs von 10 Tiroler Schulen, die in den letzten 5 Jahren saniert oder neu errichtet wurden, nach der elektrischen Anwendung und den Nutzungsbereichen.
2. Ermittlung der technischen Einsparmöglichkeiten in den einzelnen Anwendungen bzw. Bereichen
  - a. Bei Neuinvestition
  - b. Im laufenden Betrieb (mit größeren bzw. geringeren Investitionen)
3. Abschätzung der Einsparpotenziale aufgrund des Nutzerverhaltens
4. Leitfaden für die Optimierung des Strombedarfes für Sanierungen und Neubauten

### **Wesentliche Projektschritte:**

1. Auswahl der geeigneten Schulen
2. Erfassung des Gesamt-Strombedarfes und des Leistungsverlaufes bzw. Ermittlung des Stromverbrauchs der wesentlichen Verbrauchergruppen bzw. -bereiche durch Subzähler.
3. Auswertung des Stromverbrauchs der Schulen bzw. der einzelnen Verbrauchergruppen und Bereiche.
4. Ermittlung der Einsparpotenziale
5. Leitfaden zur Realisierung stromeffizienter Schulen bei Neubau und Sanierung
6. Verbreitung der Ergebnisse

### **Projektpartner:**

- Energie Tirol (Projektleitung)
- TB Andreas Greml



### **Projektfinanzierung: Land Tirol**

## Wesentliche Ergebnisse:

### 1. Stromverbrauch – Benchmark – Benchmarkbaukasten

Der jährliche Stromverbrauch pro SchülerIn bzw.  $m^2_{\text{BGF}}$  schwankt in den Schulen beträchtlich. Die Bandbreite bei den untersuchten 8 Neuen Mittelschulen bzw. 4 Volksschulen lag zwischen folgenden Werten:

VS: 11,3 bis 14,4 kWh/ $m^2_{\text{BGF}}$  bzw. 183 bis 417 kWh/SchülerIn  
NMS: 7,8 bis 32,3 kWh/ $m^2_{\text{BGF}}$  bzw. 224 bis 876 kWh/SchülerIn

Die im Rahmen des e5 Landesprogramms gesammelten Daten liegen, um Ausreißer bereinigt, zwischen 6 bis 32 kWh/ $m^2a$  mit einem Mittelwert von ca. 18 kWh/ $m^2a$  (inkl. Sporthalle).

Aufgrund der unterschiedlichen Ausstattungsmerkmale (insbesondere bei Heizung, Warmwasser, Kühlung und Lüftung) und unterschiedlichen Nutzung (insbesondere Sporthalle) sind die spezifischen Gesamtverbräuche lt. Tarifzähler normalerweise nicht aussagekräftig bzw. nicht direkt vergleichbar. Es benötigt zumindest eine Unterscheidung bzw. Bereinigung je nach Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser, Ausstattung mit einer Klassenzimmerlüftung bzw. besonderen Nutzungszonen. Zudem ist ein Benchmark nur aufgrund des Tarifzählers bei Photovoltaikanlagen mit Eigenstromnutzung nicht möglich. Für vertiefte Benchmarks ist eine minimale Subzählerstruktur notwendig, die bisher normalerweise nicht vorhanden ist.

Die Aufteilung des Stromverbrauchs von 8 bis 18 kWh/ $m^2_{\text{BGF}}a$  in einer sehr guten bis durchschnittlichen Schule setzt sich folgendermaßen zusammen: Werte in Klammer stellen sehr hohe Werte dar.

- Heizung bzw. Wärmeverteilung: 0,4 – 1,4 (3,0) kWh/ $m^2a$
- Zentrale Warmwasserbereitung im Sommer mit Strom: 0,8 – 1,6 (3,1) kWh/ $m^2a$
- Sonstige Haustechnik (Lift, ...) 0,2 – 1,0 (2,0) kWh/ $m^2a$
- Dachrinnenheizung, Begleitheizungen etc. 0,0 – 3,0 (6,0) kWh/ $m^2$
- Beleuchtung: 3 – 10 (16) kWh/ $m^2a$
- Notbeleuchtung: 0,3 – 1,0 (2,5) kWh/ $m^2a$
- EDV, Tafelsysteme, Beamer, Server: 1,7 – 3,3 (6,6) kWh/ $m^2a$
- Kochen, Werken: 0,3 – 0,6 (0,8) kWh/ $m^2a$
- Direktion, Lehrer, Gebäudebetreuung, Reinigung: 0,7 – 1,5 (2,7) kWh/ $m^2a$

Bereiche, die heute noch nicht zur Standardausrüstung gehören:

- Klassenzimmerlüftung: 0,7 – 1,6 (3,8) kWh/ $m^2a$
- Nachtkühlung mit Klassenzimmerlüftung: 0,2 – 0,5 (1,3)
- Kühlung über Grundwasser: 0,3 – 0,6 kWh/ $m^2a$  (1,5)

Um Schulen in Zukunft aussagekräftiger vergleichen zu können, wurde im Rahmen des Projekts ein Benchmarkbaukasten erarbeitet, der es ermöglicht, den an die Ausstattung und Nutzung angepassten Benchmarkwert zu ermitteln. Zudem wurde eine Hilfestellung für die Abschätzung des Stromverbrauchs für einzelne Bereiche erarbeitet. Dieser ermöglicht Energieberatern und Planern auch ohne aufwändige Zählereinbauten bzw. Messungen eine grobe Abschätzung des Stromverbrauchs.

### 2. Lastgangauswertung

Die Auswertung der Lastgänge ergab überraschend hohe Stromverbräuche bzw. elektrische Leistungen in den unterrichtsfreien Zeiten (Samstag, Sonntag, Ferien). Diese lagen teils nur geringfügig unter denen von Unterrichtstagen. Das zeigt sich auch darin, dass die Verbräuche in der unterrichtsfreien Zeit zwischen 48 % und 65 % des gesamten Stromverbrauchs der untersuchten Schulen ausmachen.

### 3. Stromtarif

Von der TIWAG bzw. den regionalen Energieversorgern wird allen Gemeinden ein spezieller Gemeindetarif angeboten. Ein Tarifcheck wurde daher nicht durchgeführt, da Angebote von anderen Anbietern für Gemeinden normalerweise nicht in Frage kommen. Die Gesamtstrompreise inkl. MwSt. der Schulen betragen im Schnitt ca. 15 Cent/kWh.

### 4. Technische Einsparpotenziale

Mit dem Bau bzw. der Sanierung einer Schule werden die wesentlichen Stromverbräuche für die Zeit bis zur nächsten Renovierung festgelegt. Spätere Verbesserungen sind auch aufgrund der Struktur (Schulverbände) meist nur schwer möglich bzw. wirtschaftliche unrentabel. Entscheidend ist es daher, schon bei der Sanierung die technischen Voraussetzungen für einen effizienten Betrieb sicherzustellen. Die technischen Einsparpotenziale sind bei Neuinvestitionen vor allem bei der Haustechnik (Lüftung, Warmwasser, Pumpen für die Heizung), der Beleuchtung und im Beschaffungswesen (Computer, Beamer, Tafeln etc.) der Schulen gegeben.

Beispiel 1: Eine Lüftungsanlage mit CO<sub>2</sub>-Regelung und variablem Druckniveau spart 20 bis 50 % Strom. Werden diese beiden Regelungsmöglichkeiten in der Investitionsphase eingespart, können diese später technisch und wirtschaftlich so gut wie nicht mehr nachgerüstet werden.

Beispiel 2: Bei BUS-Systemen (z.B. KNX/DALI) entstehen Standby-Verbräuche bei der Beleuchtung, weil die elektronischen Vorschaltgeräte (EVG) unter Spannung gehalten werden. Mit einer speziellen Schaltung, bzw. einem zusätzlichen Aktor, der die Spannung wegschaltet, wenn keine Leuchte im Kreis brennt, lässt sich dieser Verlust (ca. 0,5 bis 1,5 W bzw. bei dimmbaren Leuchten bis ca. ca. 3,5 W pro Leuchte) vermeiden.

Beispiel 3: Die untersuchten zentralen Warmwasserbereitungen mit Strom weisen alle einen Nutzungsgrad unter 10 % auf. Durchlauferhitzer für alle Kleinanwendungen und ein WW-Speicher ohne Zirkulation in direkter Nähe der Duschräume von Sporthallen reduziert die Verluste deutlich.

Die umsetzbaren Einsparpotenziale nach Abschluss der Sanierung bzw. des Neubaus liegen vor allem im Bereich der Regeltechnik.

Beispiel 4: Umstellung von Regelstrategien, z.B. Beschränkung der Pumpenlaufzeit für die Heizung.

#### **Wesentliche technische Einsparmöglichkeiten bei Neubau und Sanierung:**

1. Bei einer zentralen WW-Bereitung beträgt der Nutzungsgrad meist unter 10 %.  
Lösung: Ein Speicher ohne Zirkulation direkt bei den Nassräumen der Sportstätten (Einsparung bis 80 %, Speicherverluste bleiben erhalten), alle anderen Zapfstellen mit Durchlauferhitzern (keine Kleinspeicher) Einsparung ca. 70 – 95 %.
2. Klassenzimmerlüftung mit Luftqualitätsfühler und variabler Druckregelung (20 - 50 %)
3. LED-Beleuchtung (insbesondere in Sporthallen) (ca. 50 %)
4. Vermeidung von Standby bei Beleuchtungen in BUS-Systemen (z.B. KNX/DALI)
5. Zentrale bzw. gruppenweise LED-Notbeleuchtung (ca. 50 %)
6. Einfache Umschaltmöglichkeit zwischen Winter- und Sommerbetrieb bzw. Schulbetrieb und Ferienbetrieb, bei dem alle nicht notwendigen Verbraucher stromlos geschaltet werden
7. Begrenzung der Laufzeit von Heizungspumpen in der Nacht bzw. an Wochenenden bei gemäßigten Außentemperaturen (ca. 25 %)
8. Maßnahmen zur gesicherten (völligen) Abschaltung von EDV, Beamer, Tafeln etc.
9. Vermeidung von Dachrinnenheizungen bzw. Gullyheizungen

## 5. Einsparpotenziale aufgrund des Nutzerverhaltens

Die Einsparmöglichkeiten aufgrund des Nutzerverhaltens werden meist überschätzt. Wobei die Möglichkeiten des Hausmeisters den Stromverbrauch zu reduzieren meist größer sind als die der LehrerInnen und SchülerInnen. Bei LehrerInnen und SchülerInnen stellt das zeitgerechte Ein- bzw. Ausschalten von Beleuchtung, Computern, Kopierern und Beamern etc. meist die einzige Möglichkeit dar, zum Stromsparen beizutragen. Je weniger der Schulbetrieb regelungstechnisch automatisiert ist, umso größer sind die Auswirkungen eines aufmerksamen Hausmeisters spürbar.

Beispiel 5: Die Lüftung der Sporthalle läuft nicht abhängig von der Luftqualität, sondern wird manuell aus und eingeschaltet. Eine aufmerksame Hausbetreuung verhindert z.B. ein Durchlaufen über das Wochenende.

## 6. Leitfaden für die Abschätzung und Optimierung des Stromverbrauchs für Sanierung und Neubauten

Der Leitfaden für die Abschätzung und Optimierung unterteilt sich in folgende Bereiche:

- Haustechnik (Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung)
- Beleuchtung
- EDV-Ausstattung inkl. Beamer, Tafeln etc.
- Sonstige Ausstattung (Schulküchen, Werkstätten etc.)

## 7. Resümee

Das Stromsparpotenzial in Schulen ist wie erwartet relativ hoch. Im Schnitt können bei einer stromoptimierten Sanierung bzw. einem stromoptimierten Neubau ca. 50 % der späteren Stromkosten eingespart werden (8 kWh/m<sup>2</sup> BGF statt ca. 16 kWh/m<sup>2</sup> BGF ohne Sporthalle). Die Stromverbräuche werden zum Großteil mit dem Neubau bzw. der Sanierung festgelegt, d.h. danach lassen sie sich meist nur noch geringfügig durch Anpassung von Regelungen und Steuerungen bzw. durch Beeinflussung des Nutzerverhaltens verbessern. Die Verluste einzelner Systeme (z.B. zentrale WW-Bereitung über 90 % Verluste) bzw. die Stromverbräuche einzelner Dienstleistungen am Gesamtverbrauch ergaben teils überraschend hohe Werte (z.B. Notbeleuchtung ca. 1,25 kWh/m<sup>2</sup>, Standby-Verbrauch bei der Beleuchtung mit BUS-Systemen bis ca. 3,5 W/Leuchte). Die Stromverbrauchswerte für die Lüftung (1,6 kWh/m<sup>2</sup>) und die Kühlung über Grundwasser (0,50 kWh/m<sup>2</sup>) zeigen, dass hoher Komfort in Schulen nicht unbedingt mit einem hohen Stromverbrauch einhergehen muss. Denn diese beiden Dienstleistungen haben gemeinsam einen Stromverbrauch der sich schon durch eine moderne LED Beleuchtung gegenüber einer Standardbeleuchtung mit Leuchtstoffröhren einsparen lässt.

## 8. Empfehlungen

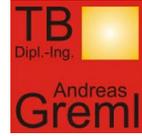
Um Schulen stromeffizient zu gestalten, ist schon beim Neubau bzw. der Sanierung ein spezielles Augenmerk auf den späteren Stromverbrauch zu legen. Die ÖISS Richtlinien enthalten zum Thema Stromeffizienz bisher nur wenig Empfehlungen und sollten entsprechend adaptiert werden.

Der Energieausweis, der bisher vor allem für die Optimierung des Wärmebereiches eingesetzt wurde, sollte auch für die Optimierung des Strombedarfes in der Haustechnik (Hilfsenergien) genutzt werden. Die Vermeidung bzw. Minimierung der Kühlung ist gemeinsam mit dem Wärmebereich zu optimieren. Der Stromverbrauch der technischen Ausstattung (Computer, Beamer etc.) sollte durch eine Ergänzung der Inventarliste um die Bereiche elektrische Leistung und erwarteter Stromverbrauch pro Jahr erweitert werden.

Der Einbau einer minimalen Subzähler-Struktur ermöglicht gezielte Auswertungen und Benchmarks. Bei Neubauten soll die Elektro-Verkabelung auch so vorgenommen werden, dass einzelne Verbrauchergruppen (z.B. Beleuchtung) eigens erfasst bzw. gemessen werden können.

### Projektpartner:

- Energie Tirol (Projektleitung)
- TB Andreas Greml



**Projektfinanzierung:** Land Tirol

## Zwölf Grundsätze für stromeffiziente Schulen

Beim Neubau bzw. der Sanierung einer Schule wird der Stromverbrauch im Wesentlichen für die nächsten 10 bis 20 Jahre festgelegt. Die Einsparmöglichkeiten durch das Nutzerverhalten, die Gebäudebetreuung und durch optimierte Einstellungen der Regelungen sind begrenzt und fallen gegenüber den Grundsatzentscheidungen bei Neubau und Sanierung eine Größenordnung niedriger aus. Eine technisch voll ausgestattete Schule (z.B. inkl. Klassenzimmerlüftung, Grundwasserkühlung) benötigt in optimierter Form nur ca. 8 kWh/m<sup>2</sup>. Dies entspricht der Hälfte des durchschnittlichen Stromverbrauchs heutiger Schulen.

1. Planungsziele für den Stromverbrauch festlegen
2. Systematische Verbrauchserfassung – Energiebuchhaltung
3. Kühlung vermeiden bzw. minimieren
4. Stromsparende Heizung bzw. Wärmeverteilung mit Hocheffizienzpumpen
5. Warmwasser möglichst mit Durchlauferhitzern
6. Effiziente mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung
7. Stromeffiziente „sonstige“ Haustechnik
8. LED-Beleuchtung mit Anwesenheits- bzw. Tageslichtsteuerung
9. LED Notbeleuchtung mit Optimierung der Einsatzzeiten
10. Stromeffiziente EDV-Ausstattung
11. Schulküche, Lehrerküche etc. mit effizienten Geräten
12. Nutzerverhalten beachten bzw. sensibilisieren

### 1. Planungsziele für den Stromverbrauch festlegen

Bisher gibt es beim Neubau bzw. der Sanierung meist nur Planungsziele für den Wärmeverbrauch (HWB, HEB,...), die über den Energieausweis oder über Gebäudestandards (klimaaktiv, Passivhaus,...) abgedeckt werden. Um jedoch auch stromeffiziente Schulen zu bekommen, muss der elektrische Energieverbrauch ebenfalls bereits im Planungsstadium berücksichtigt bzw. seitens der Auftraggeber mit Planungszielen für einzelne Bereiche (Beleuchtung, Lüftung,...) versehen werden. Der im Projekt „Stromeffizienz in Schulen“ geschaffene Benchmarkbalken bzw. die dort vorgenommene Abschätzung des Verbrauches der einzelnen Bereiche kann dabei als Basis verwendet werden.

### 2. Systematische Verbrauchserfassung – Energiebuchhaltung

Subzähler für die folgenden Bereiche sollten ein vertieftes Benchmark bzw. die Kontrolle der Planungsziele ermöglichen und Optimierungen erleichtern:

- Haustechnik (Heizung, Kühlung, WW, Lüftung)
- Schulbereich (Klassen, Direktion, EDV-Räume,..)
- Sporthalle
- Sportplatz (zumindest, wenn mit Flutlicht ausgestattet)
- Sondernutzungsbereiche (z.B. Hausmeisterwohnung, Mittagstisch, Kegelbahnen, Vereinslokale etc.)
- Elektrische Sonderheizungen (z.B. Dachrinnen-, Gullyheizungen etc.)

Subzähler sollten möglichst ohne Wandler eingesetzt werden, um falsche Einstellungen zu vermeiden und zumindest mit einem Impulsausgang für eine Fernauslesung vorbereitet sein. Im Idealfall sind die wesentlichen Verbrauchsbereiche in eine Leittechnik eingebunden (Modbuszähler) bzw. unterliegen einem laufenden Monitoring.

Erweiterung der Inventarliste von elektrischen Geräten (Computer, Drucker, Kopierer, Telefonanlage, Schließsystemen,...) um die Aspekte maximale Leistung, Standby und hochge-

rechnerischer Jahresstromverbrauch ist eine wesentliche Hilfe bei der Investitionsentscheidung bzw. bei der Verbrauchskontrolle.

Bei PV-Anlagen mit Eigenverbrauchsanteil sollte die Aufzeichnung der Erträge im Wechselrichter im 15-Minuten-Intervall erfolgen, um in Kombination mit dem Tarifizähler eine Gesamtleistung für den Verbrauch ermitteln zu können.

### 3. Kühlung vermeiden bzw. minimieren

Temperaturen über 25° C vermindern die Leistungsfähigkeit von LehrerInnen und SchülerInnen. Die bisher oft einseitige Optimierung der Gebäudehülle hinsichtlich des Heizwärmebedarfes muss um die Kühlenergie erweitert werden.

- Eine Kühlung ist durch die Optimierung der Gebäudehülle und der internen Lasten zu vermeiden bzw. zu minimieren.
- Ideale Unterrichtsräume haben die Fensterfronten nach Norden (weniger Probleme mit Überwärmung, geringe bzw. keine Blendwirkung)
- Statische Verschattungen sind mechanischen Verschattungen vorzuziehen.

Zumindest in einzelnen Räumen (z.B. EDV-Räumen) lässt sich auch bei einer optimierten Gebäudehülle eine Überwärmung manchmal nicht vermeiden. Eine umfassende Gebäudekühlung sollte möglichst über Grundwasser oder über den Solekreis einer Wärmepumpenanlage für die Heizung zur Verfügung gestellt werden. Eine passive Nachtkühlung über Fenster/Klappen ist nur bei entsprechender Berücksichtigung in der grundsätzlichen Gebäudeplanung umsetzbar. Eine aktive Nachtkühlung mit der Lüftungsanlage ist deutlich ineffizienter, als eine Kühlung über ein wassergeführtes System. In Kombination mit einer PV-Anlage ist auch eine Kältemaschine bzw. eine reversibel arbeitende Luft-Wärmepumpe eine ökologisch akzeptable Kühlvariante, wenn Grundwasser bzw. Sole nicht zur Verfügung stehen. Bei entsprechend geringer Kühllast (max. 25 W/m<sup>2</sup>) lässt sich die Kühlenergie auch über die Fußbodenheizung einbringen.

Hinweis: Eine gute Grundwasserkühlung benötigt ca. 0,55 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGF.a</sub> (0,3 kWh für Grundwasserpumpe und 0,24 kWh/m<sup>2</sup> für die Kälteverteilung über FBH)

### 4. Stromsparende Heizung bzw. Wärmeverteilung mit Hocheffizienzpumpen

Der Stromverbrauch für die Wärmeverteilung wird meist unterschätzt. Neben der Installation von stromsparenden Wärmeerzeugern, Pumpen und Regelungen spielt für den Stromverbrauch auch die Länge der Heizperiode (abhängig von Gebäudequalität) eine entscheidende Rolle. In gut gedämmten Schulgebäuden ist es, auch bei sehr tiefen Außentemperaturen, meist ohne Probleme möglich die komplette Heizung inkl. aller Pumpen in der Nacht über mehrere Stunden (z.B. 22.00 bis 4:00) still zu legen. Eine einfache Umschaltmöglichkeit zwischen Winter und Sommerbetrieb erleichtert der Gebäudebetreuung die rasche Anpassung an die Witterungsverhältnisse.

### 5. Warmwasserbereitung möglichst mit Durchlauferhitzern

Warmwasser sollte nur in jenen Bereichen zur Verfügung gestellt werden, in denen es unbedingt benötigt wird. In Klassenräumen ist im Normalfall heute kein Warmwasser mehr not-

wendig. Auch in WCs ist meist kein Warmwasser erforderlich. Zentrale Warmwassersysteme mit Zirkulationsleitungen sollten in Schulen auf alle Fälle vermieden werden. Sie weisen meist Nutzungsgrade von nur 3 – 10 % auf. Einzelne Bereiche, bei denen Warmwasser benötigt wird (z.B. Reinigung, Werkstätten, Lehrerküchen, einzelne Waschbecken usw.), werden am besten mit elektrischen Durchlauferhitzern versorgt. Diese haben zwar eine höhere elektrische Anschlussleistung als Kleinspeicher bzw. Untertischboiler, sind in Summe aber, insbesondere bei geringer Nutzung, wesentlich effizienter. Der Warmwasserspeicher des Sportbereiches sollte so in lokaler Nähe der Nassräume angeordnet werden, dass auch hier auf eine Zirkulationsleitung verzichtet werden kann. D.h. bei einer Warmwasserbereitung für den Sportbereich mit der Heizung sollte der WW-Speicher nicht im Heizraum, sondern in der Nähe der Nassräume angebracht werden und möglichst nur einmal am Tag beladen werden. Im Sommer sollte das Warmwasser aus ökologischen Gründen mit Hilfe der Sonne bzw. Strom erwärmt werden (Ziel: keine Heizung läuft im Sommer). Im Idealfall mit einer PV-Anlage und einer WW-Wärmepumpe. Bei einer el. WW-Bereitung (Strom direkt oder WP) lässt sich die Eigenstromnutzung der PV Anlage deutlich erhöhen.

### 6. Effiziente mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Gilt bei der Kühlung der Vermeidungs- bzw. Minimierungsgrundsatz, so ist bei der Lüftung aus vielen Studien klar, dass auf diese in Schulen nicht verzichtet werden kann, ohne den Lernerfolg deutlich einzuschränken und die Gesundheit von LehrerInnen und SchülerInnen zu beeinträchtigen. Durch eine optimierte Lüftungskaskade (Unterrichtsraum – Gang – Aula, bzw. Unterrichtsraum – Gang – Nassräume, WC, Garderoben), eine CO<sub>2</sub>-Regelung und eine variable Druckregelung lassen sich 20 bis 50 % der Stromkosten einer konventionell geplanten zentralen Lüftungsanlage einsparen. Klassenweise Lösungen sind nur in der Sanierung zu empfehlen, wenn auch das Lüftungskonzept mit aktiver Überströmung nicht möglich ist. Eine einfache Stromlosschaltung der Gesamtanlage über die Ferien vermindert die Standby-Verbräuche (Fühler, Volumenstromregler etc.).

Hinweis: Eine gute Klassenzimmerlüftung benötigt nur ca. 1,6 kWh/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub>.a und hat eine Leistungsziffer von über 5 (eingesparte Wärme zu Stromverbrauch im Winter). Weitere Infos unter [www.komfortlüftung.at](http://www.komfortlüftung.at)

### 7. Effiziente „sonstige“ Haustechnik

Die Vermeidung unnötiger Stromverbraucher, die Berücksichtigung des Stromverbrauchs bei der Investitionsentscheidung und deren Einsatzbedingungen sind zu beachten.

- Völlige Vermeidung von Gully- bzw. Dachrinnenheizungen
- Einbeziehung der WCs in die Klassenzimmerlüftung (Kaskade)
- Vermeidung von Hebeanlagen für Abwässer
- Beachtung des Stromverbrauchs (Betrieb und Standby) bei allen Ausstattungen
- Einfache Abschaltmöglichkeiten einzelner Systeme (z.B. EDV-Anlagen, Pultsysteme)
- Tiefgaragen mit natürlicher Belüftung
- Vermeidung von Parkraumbewirtschaftung (z.B. Ticketautomaten,..)

### 8. LED-Beleuchtung mit Anwesenheits- bzw. Tageslichtsteuerung

LED Leuchtmittel stellen die langfristig günstigste Variante der Beleuchtung dar. Mit Bewegungsmeldern und Tageslichtsteuerungen in den Klassen lässt sich der Stromverbrauch

weiter optimieren. Tageslichtabhängige Bewegungsmelder für die Verkehrsbereiche und zeitliche Beschränkungen für Außenbeleuchtungen tragen zu einer Reduktion des Stromverbrauchs in diesen Bereichen bei. Bei Beleuchtungssystemen mit BUS-Technik (z.B. KNX/DALI) ist unbedingt eine Schaltung zur Vermeidung von Standby vorzusehen, da bei konventionellen Systemen die elektronischen Vorschaltgeräte nicht spannungslos sind und 0,15 bis 1,5 W pro Leuchte benötigen. Bei dimmbaren Leuchten sogar bis 3,5 W.

### 9. LED Notbeleuchtung mit Optimierung der Einsatzzeiten

Im Bereich der Notbeleuchtung sind ebenfalls LED Systeme die erste Wahl (ca. 1 – 3 W pro Leuchtpunkt). Es sollten zentrale Lösungen (230 V) bzw. Gruppenlösungen (24 V) mit Speichersystemen, die nicht belüftet werden müssen, zum Einsatz kommen. Einzelleuchten sind sowohl von der Effizienz als auch von den Wartungskosten zu vermeiden. Die normgerechte Möglichkeit der Beschränkung der Einsatzzeiten bei der Sicherheitsbeleuchtung sollte genutzt (einprogrammiert) werden.

### 10. Effiziente EDV-Ausstattung

Auch hier kommt es vor allem auf die Berücksichtigung des Stromverbrauchs im Zuge der Investitionsentscheidung an. Ein Zentralschalter bzw. schaltbare Steckerleisten vermeiden unnötigen Standby-Verbrauch, der bei älteren Geräten ca. 3 – 15 W auch bei ausgeschaltetem Computer beträgt. Bei neuen Geräten mit Leistungen im Standby deutlich unter 1 W ist das Problem des Standby deutlich entschärft. Die neuen Geräte haben aber im Standby sehr hohe Blindstromanteile. Wake-on-LAN (Einschalten über Fernbefehle per LAN) für Updates ist auf Energieeffizienz hin zu konfigurieren (S3 bis S5) bzw. ist in den Energieeinstellungen ein automatisches Herunterfahren nach einer bestimmten Zeit ohne Nutzung zu empfehlen. Bei den Servern ist darauf zu achten, dass sie in Aufstellungsbereichen untergebracht sind, in denen keine aktive Kühlung benötigt wird (z.B. ungedämmte Kellerräume).

### 11. Schulküche, Lehrerküche etc. mit effizienten Geräten

Der Einsatz von Geräten mit der höchsten Energieeffizienz laut ErP-Label sollte an sich selbstverständlich sein. Ein Hauptschalter erleichtert das gesicherte Ausschalten aller Geräte (außer Kühlgeräte). Aufsteller von Getränkeautomaten etc. sollten auch für deren Stromkosten aufkommen.

### 12. Nutzerverhalten beachten bzw. sensibilisieren

Das Nutzerverhalten ist insofern zu sensibilisieren, dass nur Geräte eingeschaltet sind, die auch gerade benötigt werden. Der Standby-Verbrauch kann z.B. durch jährliche spezielle Aktionstage, in denen der Unterschied bei der benötigten Leistung bzw. Energie aufgezeigt wird, immer wieder ins Bewusstsein gerufen werden.

Neben dieser Kurzfassung der 12 Grundsätze für stromeffiziente Schulen gibt es auch eine ausführlichere Fassung als eigenständiges Dokument.

Qualitätskriterien Klassenzimmerlüftung: [www.komfortlüftung.at](http://www.komfortlüftung.at)

**Das Projektteam:**

- Energie Tirol
- DI Andreas Greml –TB Andreas Greml

**Projekthomepage:**

- [www.komfortlueftung.at](http://www.komfortlueftung.at) bzw. [www.komfortlueftung.at](http://www.komfortlueftung.at)

