

Stromeffizienz in Schulen
Leitfaden bzw.
12 Grundsätze für Neubau
und Sanierung

Autor:

Dipl.-Ing. Andreas Greml

Stromeffizienz in Schulen Leitfaden bzw. 12 Grundsätze für Neubau und Sanierung

ENERGIE TIROL
DI Andreas Greml – TB Andreas Greml



Mai 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Leitfaden Stromeffizienz in Schulen für Sanierung und Neubau	4
2	Zwölf Grundsätze für stromeffiziente Schulen - Kurzfassung.....	5
3	Die 12 Grundsätze im Detail.....	9
3.1	Planungsziele für den Stromverbrauch festlegen	9
3.2	Systematische Verbrauchserfassung - Energiebuchhaltung	10
3.2.1	Subzählerstruktur	10
3.2.2	PV-Anlage mit Eigenstromnutzung.....	11
3.2.3	Energiebuchhaltung	11
3.3	Kühlung vermeiden bzw. minimieren.....	12
3.3.1	Grundsätze Kühlung	13
3.4	Stromsparende Heizung und Wärmeverteilung mit Hocheffizienzpumpen	14
3.4.1	Grundsätze Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung.....	14
3.5	Warmwasser möglichst mit Durchlauferhitzern	15
3.5.1	Grundsätze Warmwasserbereitung	15
3.6	Effiziente Lüftung	16
3.6.1	Grundsätze Klassenzimmerlüftung.....	16
3.7	Effiziente sonstige Haustechnik	17
3.7.1	Grundsätze Sonstige Haustechnik	17
3.8	LED-Beleuchtung mit Anwesenheits- bzw. Tageslichtsteuerung	17
3.8.1	Grundsätze Beleuchtung.....	17
3.9	LED Notbeleuchtung mit Optimierung der Einsatzzeiten	18
3.9.1	Grundsätze Notbeleuchtung.....	18
3.10	Stromeffiziente EDV-Ausstattung.....	18
3.10.1	Grundsätze EDV-Ausstattung	18
3.11	Schulküche, Lehrerküche etc. mit effizienten Geräten	18
3.11.1	Grundsätze Schulküche, Lehrerküche,.....	18
3.12	Nutzerverhalten sensibilisieren	19

1 Leitfaden Stromeffizienz in Schulen für Sanierung und Neubau

Zum Thema thermische Ziele und Vorgaben für Neubau und Sanierung von Schulen stehen zahlreiche Unterlagen zur Verfügung. Ausgehend von der Schulbaurichtlinie des Österreichischen Institutes für Schul- und Sportstättenbau (ÖISS) gibt es mit dem klimaaktiv Gebäudestandard für Bildungsgebäude und den Vorgaben des Passivhausinstitutes für Schulen sehr gute Dokumente und Leitfäden mit konkreten Kriterien und Zielvorgaben. Auf der Stromseite findet man derzeit jedoch nichts Gleichwertiges.

Der Leitfaden „Stromeffizienz bei Neubau und Sanierung von Schulen“ soll nun ein erster Schritt sein, diese Lücke zu schließen. Gemeinden und Planern soll damit eine Hilfestellung zum Thema Stromeffizienz in Schulen geben werden. Erstellt wurde dieser Leitfaden im Rahmen des vom Land Tirol geförderten Projektes „Stromverbrauch und Stromeffizienz in 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 etc.) benötigt in optimierter Form ca. 8 - 10 kWh/m²_{BGF}. Dies entspricht ca. der Hälfte des durchschnittlichen Stromverbrauchs heutiger Schulen (ca. 18 kWh/m²_{BGF}) mit teils deutlich geringerer Ausstattung und geringerem Komfort.

2 Zwölf Grundsätze für stromeffiziente Schulen - Kurzfassung

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 Benchmarkbaukasten 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 hochgerechneter 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 Tarifzähler 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/m²) lässt sich die Kühlenergie auch über die Fußbodenheizung einbringen.

Hinweis: Eine gute Grundwasserkühlung benötigt ca. 0,55 kWh/m²_{BGF.a} (0,3 kWh für Grundwasserpumpe und 0,24 kWh/m² 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 notwendig. 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 CO₂-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/m²_{BGF}.a und hat eine Leistungsziffer von über 5 (eingesparte Wärme zu Stromverbrauch im Winter). Weitere Infos unter 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.

3 Die 12 Grundsätze im Detail

Dieser Leitfaden bzw. die 12 Grundsätze für eine stromeffiziente Schule entstanden im Rahmen des vom Land Tirol geförderten Forschungsprojektes „Stromverbrauch und Stromeffizienz in Schulen“. Die Hintergründe der Zahlenwerte für die Verbrauchsabschätzung einzelner Stromverbraucher finden sie in dessen Endbericht.

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

3.1 Planungsziele für den Stromverbrauch festlegen

Bisher gibt es beim Neubau bzw. der Sanierung meist nur Planungsziele für den Wärmeverbrauch, der über den Energieausweis oder über Gebäudestandards (klimaaktiv, Passivhaus,...) abgedeckt wird. 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 Benchmarkbaukasten bzw. die dort vorgenommene Abschätzung des Verbrauches der einzelnen Bereiche kann dabei als Basis verwendet werden.

Beispiel Beleuchtung:

	sehr gut	mittel	sehr schlecht
Beleuchtung	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Beleuchtung Klassentrakt	1,9	6,3	12
Standby bei Beleuchtung Klassentrakt <small>(nur bei Bussystemen)</small>	0,7	1,6	3,3
Notbeleuchtung	0,3	1	2,5
Außenbeleuchtung	0,03	0,3	0,8
Gesamt (individuell zusammenzählen)	2,93	9,2	15,3

3.2 Systematische Verbrauchserfassung - Energiebuchhaltung

Für eine systematische Analyse des Stromverbrauchs, die effiziente Durchführung von Stromsparprojekten und die Evaluierung von Maßnahmen ist eine minimale Zählerstruktur bzw. Energiebuchhaltung notwendig.

3.2.1 Subzählerstruktur

Bei neuen Gebäuden lässt sich die vorgeschlagene Systematik leicht verwirklichen. Bei Bestandsgebäuden mit ihrer vorgegebenen Verdrahtung muss meist ein individuelles Stromzählerkonzept erstellt werden.

Die Stromzähler sollten entweder Modbuszähler oder zumindest Zähler mit einem Impulsausgang sein, damit man bei Bedarf auch einfach ein Online Monitoring aufbauen kann. Die Subzähler sollten möglichst ohne Wandler eingesetzt werden, um falsche Einstellungen zu vermeiden.

Für neue Gebäude wird vorgeschlagen die Versorgungsstruktur so zu wählen, dass ein Benchmark für folgende Bereiche leicht möglich ist.

- Haustechnik (Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung)
- Schulbereich (Klassen, Direktion, EDV-Räume etc.)
- Sporthalle
- Sportplatz (zumindest, wenn mit Flutlicht ausgestattet bzw. über eigenen Umkleidebereich verfügt)
- Sondernutzungsbereiche (Hausmeisterwohnung, Mittagstisch, Kegelbahnen, Vereinslokale etc.)

Im Bereich Haustechnik sollte es dann zumindest folgende weitere Aufteilungsmöglichkeiten nach der Stromanwendung geben:

- Wärmeerzeugung inkl. Wärmeverteilung (bei Wärmeerzeugung mit einer Wärmepumpe: eigener Subzähler für die WP inkl. Grundwasser- bzw. Solepumpe)
- Kühlung
- Warmwasser (wenn mit Strom)
- Lüftung
- Elektrische Sonderheizungen (z.B. Dachrinnen-, Gullyheizungen etc.)

Im Bereich Schule sollte eine Aufteilung des Stromverbrauchs in folgende Bereiche möglich sein:

- Beleuchtung (inkl. Notbeleuchtung)
- EDV (inkl. ev. vorhandener Kühleinrichtungen für Serverschränke etc.)
- Zusammengefasster Stromverbrauch in Sonderbereichen (Kochen, Werken, Direktion, HausmeisterIn etc.)

Die folgenden Verbraucher sind meist von untergeordneter Bedeutung und rechtfertigen normalerweise keine Subzählung.

- Steckdosen in den Klassen bzw. Räumen
- Lift
- Brandschutzanlage
- Sonstiges (Jalousien, etc.)

3.2.2 PV-Anlage mit Eigenstromnutzung

Eine Photovoltaikanlage mit Eigenstromnutzung verhindert, dass der Tarifzähler den korrekten Gesamtverbrauch anzeigt. Zudem ist eine Auswertung des Lastganges des Tarifzählers dann durch die Photovoltaikanlage verzerrt. Um eine einfache Erfassung des Gesamtstromverbrauchs zu ermöglichen, sollte die PV Einspeisung zwischen dem Tarifzähler und einem zusätzlichen Gesamtstromzähler erfolgen. Wenn aus dem Wechselrichter die 15 Minuten Erträge ausgelesen werden können, ist auch eine Korrektur des Tarifzählers möglich und der Lastgang ohne PV Einfluss könnte unverzerrt ausgewertet werden. Alternativ kann ein Subzähler für den Gesamtverbrauch (PV und Energieversorger) eingebaut werden.

3.2.3 Energiebuchhaltung

Die Auswertung und Analyse der Zähler sollte idealerweise monatsweise, zumindest jedoch auf Jahresbasis erfolgen. Wenn eine Gebäudeleittechnik (GLT) vorhanden ist, sollten die Stromzähler in das GLT-System bzw. in die aufgezeichneten bzw. auszuwertenden Parameter integriert werden.

Die Erweiterung der Inventarliste von elektrischen Geräten (Computer, Drucker, Kopierer, Telefonanlage, Schließsystemen usw.) um die Aspekte maximale Leistung, Standby und hochgerechneter Jahresstromverbrauch ist eine wesentliche Hilfe bei der Investitionsentscheidung bzw. bei der Verbrauchskontrolle. Wenn dies zu aufwändig erscheint, sollte zumindest ein System installiert werden, das bei jeder Neuanschaffung den Stromverbrauch der Geräte in den Beschaffungsvorgang einfließen lässt.

3.3 Kühlung vermeiden bzw. minimieren

Die Kühlung von Schulen wird vielfach als „Luxus“ bezeichnet. Temperaturen über 25° C vermindern die Leistungsfähigkeit von LehrerInnen und SchülerInnen jedoch deutlich. Eine stromeffiziente Kühlung ist daher nicht von vornherein abzulehnen, wenn die Gebäudehülle keine weitere Reduktion der Kühllast ermöglicht. Insbesondere, wenn ohnehin ein Grundwasser- oder Solekreis für die Wärmepumpenheizung vorhanden ist und die Kühllast so gering ist, dass sie über die normalen Heizflächen (z.B. Fußbodenheizung) eingebracht werden kann (max. 25 Watt/m²). Zumindest in einzelnen Räumen (EDV-Räumen) lässt sich auch bei einer optimierten Gebäudehülle eine Überwärmung manchmal nicht vermeiden. Hier sind auch Einzellösungen mit Splitgeräten eine akzeptable Lösung, insbesondere in Kombination mit einer PV-Anlage. Die passive Nachtkühlung über Fenster/Klappen ist nur bei entsprechender Berücksichtigung in der grundsätzlichen Gebäudeplanung umsetzbar. Bei einer aktiven Nachtlüftung mit der Klassenzimmerlüftung liegen die Stromverbräuche deutlich über einer Kühllösung mit Grundwasser oder Sole und einer Fußbodenheizung zur Wärmeverteilung. Eine Nachtkühlung mit der Klassenzimmerlüftung sollte daher nur bei sehr geringen Kühllasten eingesetzt werden, da dies die ineffizienteste Kühlmöglichkeit darstellt. Ein Kühlregister in der Lüftungsanlage ist bei einem vorhanden Sole- oder Grundwasserkreis immer vorteilhaft, da hier die Kühlenergie mit der ohnehin hygienisch notwendigen Luftmenge eingebracht werden kann. Eine Kühlung bzw. Entfeuchtung in der Lüftungsanlage erfordert aufgrund des Kondensatausfalls aber eine erhöhte Aufmerksamkeit bezüglich der Hygiene. Die Lüftungsanlage sollte immer nach dem hygienischen Lüftungsbedarf und nicht nach dem Kühlbedarf betrieben werden. 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 einer Kühlung über die Wärmeabgabeflächen (z.B. Fußbodenheizung) ist jedoch zu beachten, dass es zu keiner Kondensation an den Oberflächen bzw. im Bauteilinneren kommt. Zu beachten ist auch, dass durch eine Flächenkühlung die Bildung eines feuchtschwülen Raumklimas gefördert wird. Um dies gesichert zu verhindern, müsste die Frischluft auch entfeuchtet werden, was durch das Kühlregister in der Lüftungsanlage möglich ist. Dies bedeutet letztendlich eine Vollklimatisierung des Schulgebäudes, welche aus Lernaspekten zwar wünschenswert wäre, aber derzeit meist den Rahmen der Investitions- und der Betriebskosten sprengt. Langfristig wird man sich diesem Thema aber nicht ganz verschließen können. Besonders, wenn durch den Klimawandel während der Schulzeit vermehrt längere Hitzeperioden auftreten.

Hinweis: Eine gute Grundwasserkühlung benötigt ca. 0,55 kWh/m²_{BGF}·a (0,3 kWh für Grundwasserpumpe und 0,24 kWh/m² für die Kälteverteilung über FBH)

3.3.1 Grundsätze Kühlung

1. Die notwendige Kühlung ist durch die Optimierung der Gebäudehülle und eine effiziente Beleuchtung und effiziente elektrische Geräte zu minimieren. Die bisher oft einseitige Optimierung der Gebäudehülle hinsichtlich des Heizwärmebedarfs muss um die Kühlenergie bzw. Sommertauglichkeit erweitert werden.
2. Ideale Unterrichtsräume haben aus Gründen der blendfreien, natürlichen Belichtung und der Überwärmung die Fensterfronten möglichst nach Norden.
3. Bei nach Süden ausgerichteten Fensterfronten sind statische Verschattungen zu bevorzugen. Ost- und westseitige Fensterfronten für Klassen sind aus Überwärmungssicht möglichst zu vermeiden und benötigen immer eine mechanische, automatisch gesteuerte Verschattung.
4. Die mit der Kühlung zu erreichende Temperatur in den Klassenräumen sollte max. 25° C betragen, da darüber mit deutlichen Einbußen bei der Leistungsfähigkeit gerechnet werden muss. Unter 24° C sollte man die Räume aber aus Effizienzgründen nicht abkühlen.
5. Die Kühllast sollte zumindest so weit reduziert werden, dass die Kühlenergie mittels der Fußbodenheizung und der Lüftung (nur hygienischer Luftwechsel) eingebracht werden kann (max. 25 W/m²) und keine eigenen Kühlflächen notwendig sind.
6. Grundwasser stellt die effizienteste Bereitstellung von Kühlenergie dar (falls vorhanden bzw. zugänglich)
7. Elektrische Kältemaschinen (reversible Wärmepumpen) sollten möglichst mit einer PV-Anlage gekoppelt werden.
8. Beim Erreichen der Solltemperatur sollten, wie im Heizbetrieb, möglichst auch die Pumpen der Kälteverteilung abgeschaltet werden.
9. Ein Betrieb in den Ferienzeiten sollte vermieden werden.
10. An Samstagen und Sonntagen ist aufgrund der beschränkten Kühlleistung der Abgabeflächen ein Durchlaufen der Kühlung teils notwendig bzw. sinnvoll, um am Montagmorgen die Solltemperaturen zu erreichen.
11. Eine Optimierung aller Pumpen ist, insbesondere wenn sie sowohl für die Wärmebereitstellung als auch die Kühlung verwendet werden, aufgrund der hohen gemeinsamen Laufzeiten für den Sommer- und Winterbetrieb, besonders wichtig.

3.4 Stromsparende Heizung und Wärmeverteilung mit Hocheffizienzpumpen

Die Wärmeverteilung ist vom Stromverbrauch her in Schulen meistdeutlich höher als die Hilfsenergie der Wärmeerzeugung mit Fernwärme bzw. einem Öl-, Gas- oder Pelletskessel. Die Wärmeverteilung mit alten Pumpen kann deutlich über 3 kWh/m² BGF benötigen.

3.4.1 Grundsätze Wärmeerzeugung und Wärmeverteilung

1. Stromsparende Heizkessel (z.B. Auswahl über GET Datenbank – www.produktdatenbank-get.at)
2. Auslegung der Heizkreise mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit (ca. 0,3 bis 0,5 m/s)
3. Korrekte Einregulierung der Heizkreise für optimierte Wassermengen bzw. Druckverluste
4. Korrekt eingestellte, stromsparende, selbstadaptierende Pumpen
5. Stromsparende Regelungsstrategien, bei der die Pumpen z.B. nur bei Wärmeanforderung laufen
6. Stromsparende Regelungsgeräte
7. Zeitliche Einschränkung der Wärmeerzeugung und Pumpenlaufzeiten
 - a. In den meisten gut gedämmten Schulgebäuden ist es, auch bei sehr tiefen Außentemperaturen, ohne Probleme möglich die komplette Heizung inkl. aller Pumpen in der Nacht über mehrere Stunden (z.B. 22.00 bis 4:00 Uhr) still zu legen.
 - b. An Wochenenden kann dieser Zeitraum teilweise noch erweitert werden. D.h. bei sehr gut gedämmten Gebäuden sollte ein automatisches Abschalten der Wärmeverteilung von Freitag nach Schulschluss bis Sonntag am Abend, ohne Unterschreitung der Solltemperatur am Montag, möglich sein.
 - c. Ob auch ein Abschalten des Heizkessels möglich ist, hängt von der Art der Warmwasserbereitung ab. Erfolgt die WW-Bereitung mit dem Heizkessel, so kann dieser normalerweise nicht abgeschaltet werden. Sonst kann die Hygienesrichtlinie B 5019 nicht eingehalten werden, da der Speicher bzw. die Zirkulation zu viel Wärme verlieren und die geforderten Systemtemperaturen nicht mehr eingehalten werden. Näheres dazu im Kapitel Warmwasser.
 - d. Ein längeres Stromlosschalten der Heizungspumpen (über die Sommerferien) ist nur bei einer entsprechenden Wasserqualität im Wärmeverteilsystem möglich. Andernfalls kommt es durch Ablagerungen zum Blockieren der Pumpen.

3.5 Warmwasser 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 notwendig. 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. Bei Kleinspeichern sind es meist noch über 70 % Verluste. 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 (Hygienespeicher) 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.

3.5.1 Grundsätze Warmwasserbereitung

1. Kein WW in den Klassen und in den WC's
2. Wasserspararmaturen
3. Alle Kleinverbraucher mit Durchlauferhitzern (Reinigung, Bastelräume, Lehrerküche,...)
4. Großverbraucher (Duschen Sporthalle) mit einem eigenem Hygienespeicher (z.B. Pufferspeicher mit Frischwassermodul oder interner WW-Bereitung) direkt bei den Nassräumen – möglichst ohne Zirkulation
5. WW-Bereitung Sporthalle mit der Heizung: Speicherladung nur nach Bedarf (1-2 x pro Tag)
6. WW-Bereitung Sporthalle mit Strom: möglichst mit Wärmepumpe
7. Energieeffizienzklasse Speicher zumindest Klasse „B“ nach ErP Richtlinie

3.6 Effiziente Lüftung

Eine Klassenzimmerlüftung mit Wärmerückgewinnung stellt zwar einen zusätzlichen Stromverbraucher in einer Schule dar, aus Gesundheits- bzw. Leistungssteigerungsgründen sollte aber bei keinem Neubau bzw. keiner Sanierung auf eine mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung verzichtet werden. Unter Einrechnung der Leistungssteigerung bei LehrerInnen und SchülerInnen zahlt sich diese auch wirtschaftlich aus (siehe www.komfortlüftung.at). Von der Stromseite ist keine Unterscheidung in zentrale und dezentrale Systeme notwendig, da sie in etwa gleiche spezifische Stromverbräuche aufweisen. Dezentrale Systeme haben zwar geringere Druckverluste, jedoch schlechtere Ventilatoren bzw. einen höheren Strombedarf für den elektrischen Frostschutz bzw. die Nacherwärmung. Geräte mit Feuchterückgewinnung (Empfehlung: Rotationswärmetauscher bei zentralen Anlagen und Folien-Plattenwärmetauscher bei dezentralen Geräten) verbessern die Feuchteverhältnisse und reduzieren den Energiebedarf für den Frostschutz. Zudem kann meist der Kondensatanschluss entfallen.

3.6.1 Grundsätze Klassenzimmerlüftung

1. Auslegung auf max. 1.000 ppm CO₂ (Empfehlung der „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ des Lebensministeriums (Fassung:2017))
2. Möglichst zentrale Systeme (Kosten, Wartung, Filterwechsel etc.)
3. Möglichst Dachzentralen (Entfall der Außenluft und Fortluftleitung, geringere Druckverluste etc.)
4. Optimierte Lüftungskaskade (inkl. Garderoben, WC's u.a.)
5. Lüftungsgeräte mit Feuchtrückgewinnung (Empfehlung: zentrale Geräte: Rotationswärmetauscher, dezentrale Geräte – Folien-Plattenwärmetauscher)
6. Stromeffiziente Auslegung – Ventilator und Gesamtdruckverlust (spez. Leistung max. 0,45 W/(m³/h), Ziel 0,30 W/(m³/h))
7. Klassenweise Luftmengenregelung durch Luftqualitätssensor (CO₂, oder VOC)
8. Zentrale Anlagen: Variable Druckregelung, möglichst kein elektrischer Frostschutz
9. Dezentrale Anlagen: Leistungsgeregelter elektrischer Frostschutz
10. Gesicherter Filterwechsel (stromeffiziente Filter, z.B. A+ nach Eurovent)
11. Gesicherte Abschaltung in den Ferienzeiten
12. Nachtlüftung möglichst vermeiden
13. Beachtung der [61 Qualitätskriterien](#) für Klassenzimmerlüftungen von komfortlüftung.at

3.7 Effiziente sonstige Haustechnik

Unter sonstiger Haustechnik sind Lifte, Brandschutzeinrichtungen, Verschattungsanlagen, Schließsysteme, Hebeeinrichtungen für Abwässer, Dachrinnen- und Gullyheizungen zusammengefasst. Den größten variablen Anteil daran haben natürlich Dachrinnen- und Gullyheizungen. Diese sollten bei neuen bzw. sanierten Gebäuden eigentlich nicht mehr notwendig sein.

3.7.1 Grundsätze Sonstige Haustechnik

1. Völlige Vermeidung von Gully- bzw. Dachrinnenheizungen
2. Falls sich Gully bzw. Dachrinnenheizungen nicht vermeiden lassen, sollten diese nicht nur nach der Temperatur, sondern auch über die Feuchte gesteuert werden.
3. Einbeziehung der WCs in die zentrale Klassenzimmerlüftung (Kaskade) – möglichst keine eigen Lüftung
4. Vermeidung von Hebeanlagen für Abwässer
5. Beachtung des Stromverbrauchs (Betrieb und Standby) bei allen Ausstattungen (Lift, Brandschutz, BUS-Systeme, Schließsysteme etc.)
6. Einfache Abschaltmöglichkeiten einzelner Systeme
7. Tiefgaragen mit natürlicher Belüftung
8. Vermeidung von Parkraumbewirtschaftung (Ticketautomaten usw.)

3.8 LED-Beleuchtung mit Anwesenheits- bzw. Tageslichtsteuerung

Die Beleuchtung ist meist der größte Stromverbraucher in Schulen und primär abhängig von der installierten Leuchtentechnologie sowie dem Nutzerverhalten bzw. der automatischen Bedarfsanpassung (tageslichtabhängig, Bewegungsmelder etc.)

3.8.1 Grundsätze Beleuchtung

1. Optimierte Tageslichtplanung
2. Optimierter Blend- und Sonnenschutz (verhindert heruntergelassene Verschattung und Kunstlicht trotz ausreichendem Tageslicht)
3. Beleuchtungsstärke entsprechend der ÖISS Empfehlung
4. LED Leuchten ohne Reflektor (Direktstrahler)*
5. Klassen: Bewegungsmelder und Tageslichtsteuerung der einzelnen Lichtbänder
6. Verkehrsbereiche: Bewegungsmelder mit Tageslichterkennung
7. Außenbeleuchtung: Bewegungsmelder bzw. Zeitsteuerung jeweils mit Tageslichtsensor
8. 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.

*LED Leuchten ohne Reflektor haben höhere Wirkungsgrade bzw. wesentlich geringere Reinigungskosten (Wartungsfaktoren) als Leuchten mit Reflektor.

Hinweis: Bei Beleuchtungssystemen mit Bustechnik benötigt es bei einem Tausch der Leuchte bzw. des Vorschaltgerätes einen Elektriker und einen Bustechniker.

3.9 LED Notbeleuchtung mit Optimierung der Einsatzzeiten

Unter Notbeleuchtung versteht man einerseits die Sicherheitsbeleuchtung (Fluchtweganzei- gen) und andererseits die Ersatzbeleuchtung im Falle eines Stromausfalles.

3.9.1 Grundsätze Notbeleuchtung

1. Zentrale Systeme bzw. Gruppenlösungen
2. LED-Sicherheitsbeleuchtung mit max. 1,2 W/Leuchtpunkt (inkl. ESV)
3. LED Ersatzbeleuchtung mit max. 3,6 W/Leuchtpunkt (inkl. ESV)
4. Batteriesysteme ohne Zwangsbelüftung
5. Nutzung der Möglichkeit Sicherheitsleuchten nur bei Dämmerung bzw. in den Nutzungszeiten einzuschalten

3.10 Stromeffiziente EDV-Ausstattung

Typischerweise befinden sich in den meisten Schulen neben den EDV Räumen auch in jedem Klassenzimmer ein PC am Lehrerpult für die Multivisionstafeln. Teilweise sind die Klassenräume auch noch mit ein bis vier PCs für SchülerInnen ausgestattet bzw. sind kleine EDV Inseln im Flurbereich vorhanden. In den PC-Räumen sind neben den Computern meist zwei Drucker, ein Scanner und eine Musikanlage vorhanden. Jede Schule verfügt zumindest auch über einen Serverschrank. Weitere Computer finden sich oft in der Bibliothek, den Lehrer- räumen, der Direktion und im Hausmeisterbereich.

3.10.1 Grundsätze EDV-Ausstattung

6. Berücksichtigung des Stromverbrauches bei den Investitionsentscheidungen
7. Zentralschalter bzw. Steckerleisten zur Standby-Vermeidung (vor allem bei älterer EDV Ausstattung)
8. 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.
9. Bei den Servern ist darauf zu achten, dass sie in Aufstellungsbereichen untergebracht sind, in denen keine aktive Kühlung benötigt wird (z.B. ungedämmte Keller- räume).
10. Automatische Abschaltung von Beamer, SmartBoard etc. bei längerer Nichtnutzung

3.11 Schulküche, Lehrerküche etc. mit effizienten Gerä- ten

Die Bereiche Kochen und Werken haben nur einen relativ geringen Anteil am Stromver- brauch. Beim Werken fällt der größte Teil des Strombedarfes auf die Beleuchtung. Der Stro- manteil der eingesetzten Maschinen beim Werken (Bohrmaschine, Kreissäge, Bandsäge, Nähmaschinen etc.) ist aufgrund der äußerst geringen Nutzungszeit meist zu vernachlässi- gen.

3.11.1 Grundsätze Schulküche, Lehrerküche,..

1. Der Einsatz von Geräten mit der höchsten Energieeffizienz laut ErP-Label sollte an sich selbstverständlich sein.

2. Ein Hauptschalter, z.B. im Küchenbereich, erleichtert das gesicherte Ausschalten aller Geräte (außer Kühlgeräte).

3.12 Nutzerverhalten sensibilisieren

In Bezug auf das Nutzerverhalten sind in Schulen vor allem folgende die drei Personengruppen zu unterscheiden:

- SchülerInnen
- LehrerInnen
- HausmeisterIn

Von den Vorgenannten haben die HausmeisterInnen mit dem bedarfsgerechten Betrieb von Heizung, Lüftung und Warmwassersystemen das größte Potenzial zur Beeinflussung.

Typische stromsparende Verhaltensweisen von LehrerInnen und SchülerInnen wie z.B.:

- Einschalten von Geräten und Beleuchtung nur im Bedarfsfall (z.B. Untertischboiler)
- Ausschalten nicht benötigter Systeme (Licht, Smart-Board, Beamer, Computer, Drucker, ..)
- Energiesparende Einstellungen am Computer (Administrator)

Diese sollten durch jährliche Aktionen, welche diesen Aspekt in den Mittelpunkt rücken, immer wieder ins Bewusstsein gerufen werden. In Kombination mit einem Online Messsystem wie es beim Projekt „Stromeffizienz in Schulen“ in Tirol verwendet wurde, könnte man den Erfolg für alle Beteiligten auch optisch gut darstellen.

Das Projektteam:

- Energie Tirol
- DI Andreas Greml – TB Andreas Greml

Anregungen, Rückfragen,... bitte an: andreas.greml@andreasgreml.at

Homepage:

- www.energie-tirol.at
- www.komfortlüftung.at bzw. www.komfortlueftung.at

