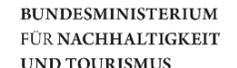




STROMVERBRAUCH IN SCHULEN

Benchmark, Lastgänge, Technische Einsparpotentiale, Nutzerverhalten

klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at



- Teil 1 - Greml: Benchmark – Lastganganalysen
- Teil 2 - Pfluger: Synfonia, 3ENCULT – Schulen

Pause

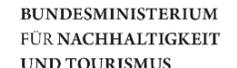
- Teil 3 – Greml: Vertiefende Analysen – Benchmarkbaukasten - Einsparpotentiale



STROMEFFIZIENZ IN SCHULEN

Benchmark – Einsparpotentiale – Leitfaden für Neubau und Sanierung

klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at



- Projekt Stromeffizienz in Schulen - Tirol
- Benchmark Stromverbrauch in Schulen
- Lastgänge in Schulen und deren Besonderheiten
- Vertiefende Messungen
- Benchmarkbaukasten für Schulen + Technische Einsparpotentiale
 - Heizung
 - WW-Bereitung
 - Lüftung
 - Beleuchtung/Notbeleuchtung
 - EDV
- Einsparung aufgrund Nutzerverhalten

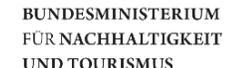
- 10 Schulen (6 NMS, 4 Volksschulen)
- Ziele:
 1. Analyse des Stromverbrauches und Aufteilung auf die Verbrauchergruppen sowie Ermittlung der Einsparmöglichkeiten
 2. Leitfaden für die Optimierung des Stromverbrauchs bei Sanierung und Neubau

Zusätzliches Ergebnis: Benchmarkbaukasten



STROM – BENCHMARK AUF TARIFEBENE

klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at



- Pro SchülerIn oder pro m²?
- Es gibt (noch) kein einheitliches Strom-Benchmarksystem für Schulen in Österreich
- Unterschiedliche Ausstattungen (WW, Lüftung,..) der Schulen machen einen Vergleich schwierig
- **Stromanwendungen für Heizzwecke werden in den folgenden Benchmarks nicht berücksichtigt**
- **Die folgenden Benchmarks beziehen sich auf Volks- bzw. Neue Mittelschulen**
- Bandbreite des Stromverbrauchs ist sehr hoch (meist 5 – 35 kWh/m²_{BGF})
- Unterschied zwischen NMS und VS relativ gering
- Größe der Schulen hat nur geringen Einfluss auf den spez. Verbrauch pro m²_{BGF}

Benchmark für Schulen – Deutschland



komfortlüftung.at
gesund & energieeffizient

Zusammenstellung der statistischen Kenngrößen wie Mittelwert, Standardabweichung und Mittelwert innerhalb der Standardabweichung für den Stromverbrauch der Bildungsgebäudetypen.

Gebäudetyp	Anzahl der Gebäudedaten	Vorgefundener Bereich	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert der Gebäudedaten innerhalb der Standardabweichung	Anzahl der Gebäudedaten innerhalb der Standardabweichung
	-	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a	-
Kindergärten	8	6,0...72,0	26,3	± 20,1	22,0	6
Schulen	185	1,0...123,0	26,0	± 19,6	20,0	155
Schulsport-hallen	4	18,4...110,0	63,5	± 39,9	62,9	2
Fachhoch-schulen	59	8,4...136,8	47,9	± 27,9	44,9	45
Universitäts-gebäude	303	2,2...931,2	125,8	± 145,0	81,8	266

Schulen - Schnitt 20 kWh/m²

(Quelle: Fraunhofer Institut Stuttgart)

Benchmark für Schulen – Deutschland

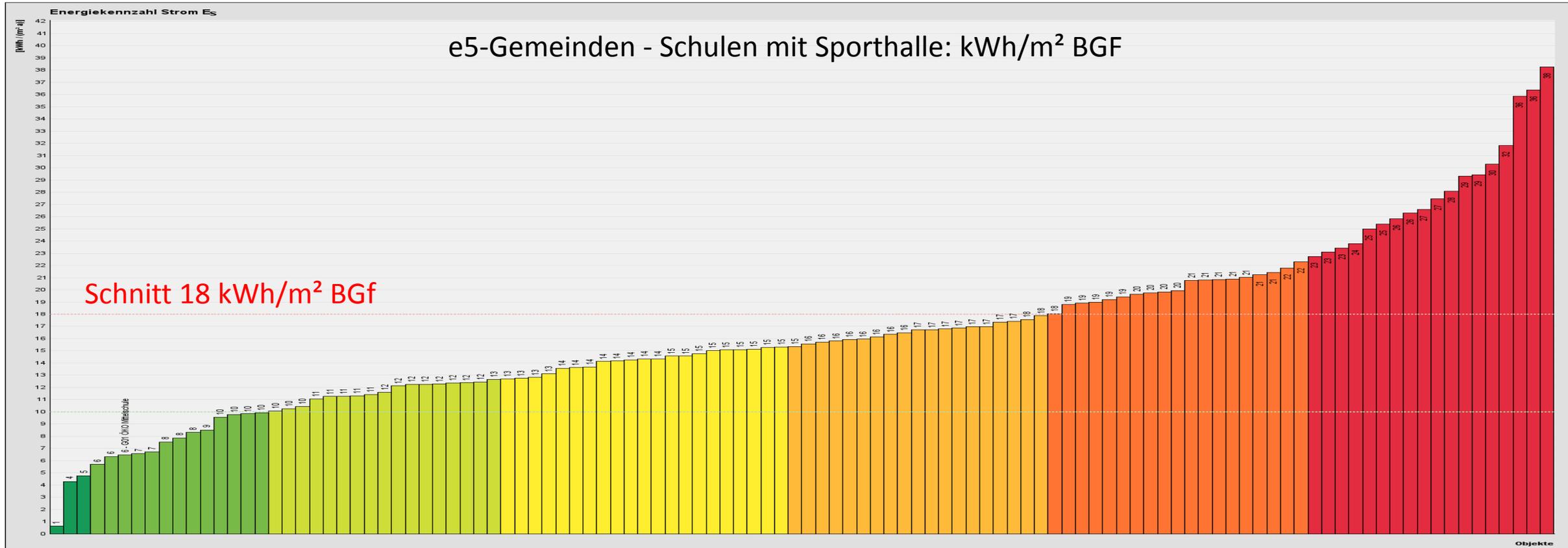


Bauwerkszuordnung	Anzahl Werte	Untergrenzen der Klassen (kWh/m ² a)						
		A	B	C	D	E	F	G
Allgemeinbildende Schulen	6.210	0,0	11,5	13,2	15,0	17,0	19,6	23,8
Hauptschulen	1.067	0,0	11,0	12,2	13,6	15,3	17,4	21,9
Realschulen	480	0,0	11,0	12,5	13,9	15,8	18,2	22,0
Gesamtschulen	182	0,0	12,6	15,7	19,6	22,6	26,4	33,4
Grund- u. Hauptschulen mit Turnhalle	738	0,0	11,9	14,3	16,2	18,1	20,0	23,8
Grund- und Hauptschulen	203	0,0	12,0	13,1	14,4	16,0	17,9	21,2
Grund-, Haupt- und Realschulen	862	0,0	10,9	12,0	13,4	15,1	17,3	21,2
Grundschulen	2.465	0,0	11,4	12,9	14,6	16,6	18,9	22,8
Gymnasien	1.076	0,0	12,4	14,6	16,8	19,1	21,4	26,3
Berufliche Schulen	782	0,0	14,0	16,7	19,6	23,2	27,3	36,1
Berufsfachschulen*	11	0,0	8,4	8,8	13,2	16,3	18,4	28,9

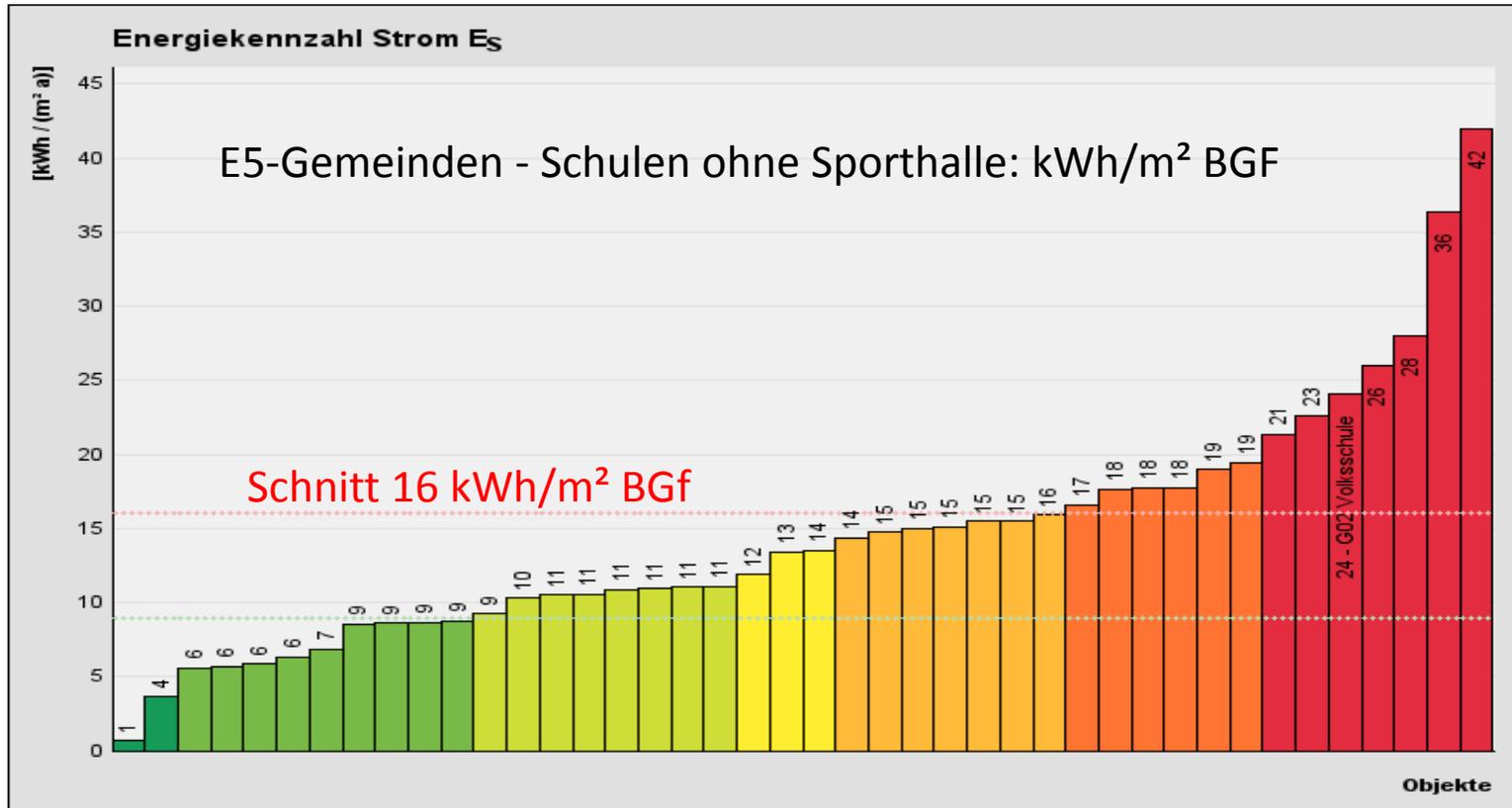
Einordnung so, dass in allen Klassen A bis G gleich viele Gebäude liegen (ca. 15%)
 70% der Schulen liegen zwischen 11 und 20 kWh/m²

(Quelle: Deutscher Städtetag)

Benchmark für Schulen e5: – hohe Bandbreite



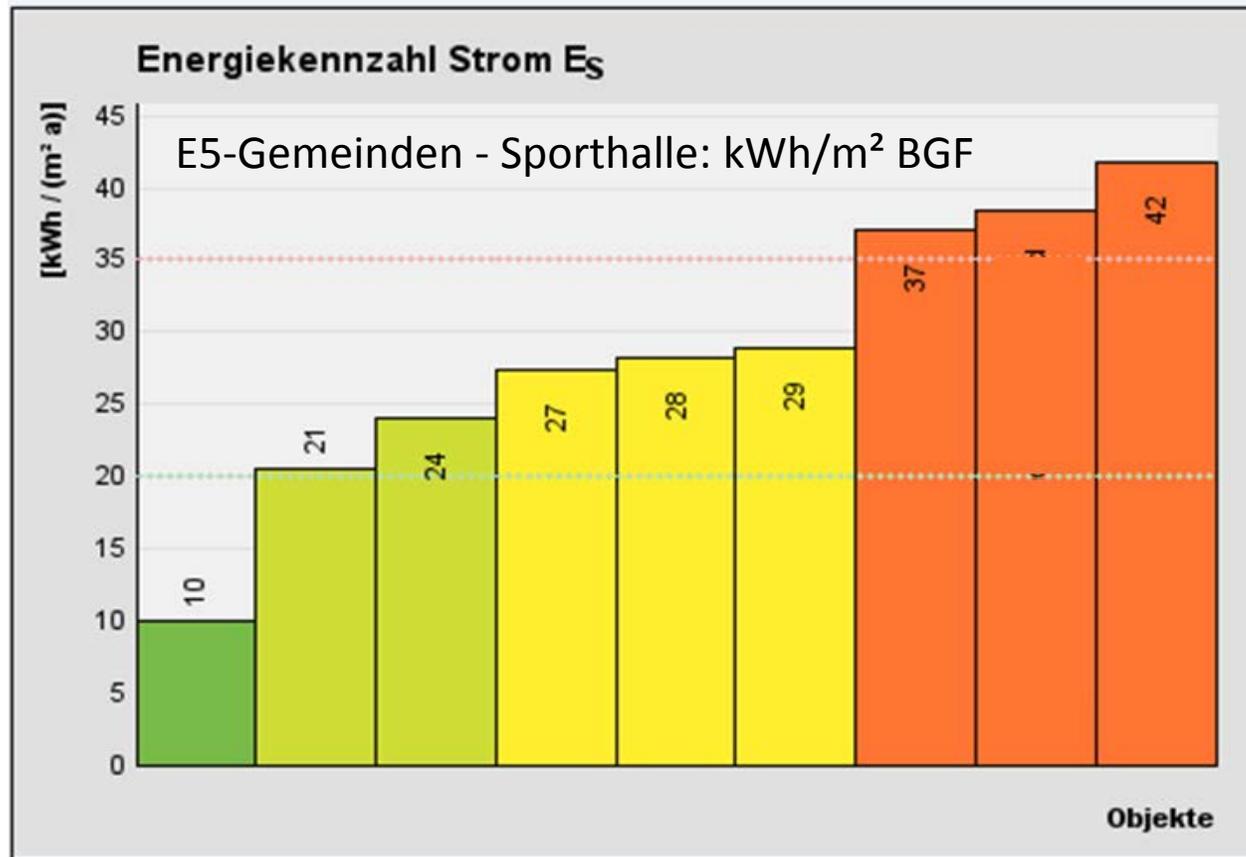
Benchmark für Schulen e5: – hohe Bandbreite



(Quelle: ESV e5)

Bandbreite: 6 bis 26 kWh/m²BGF (ohne die drei niedrigsten und höchsten Werte)

Benchmark für Schulen e5: – hohe Bandbreite



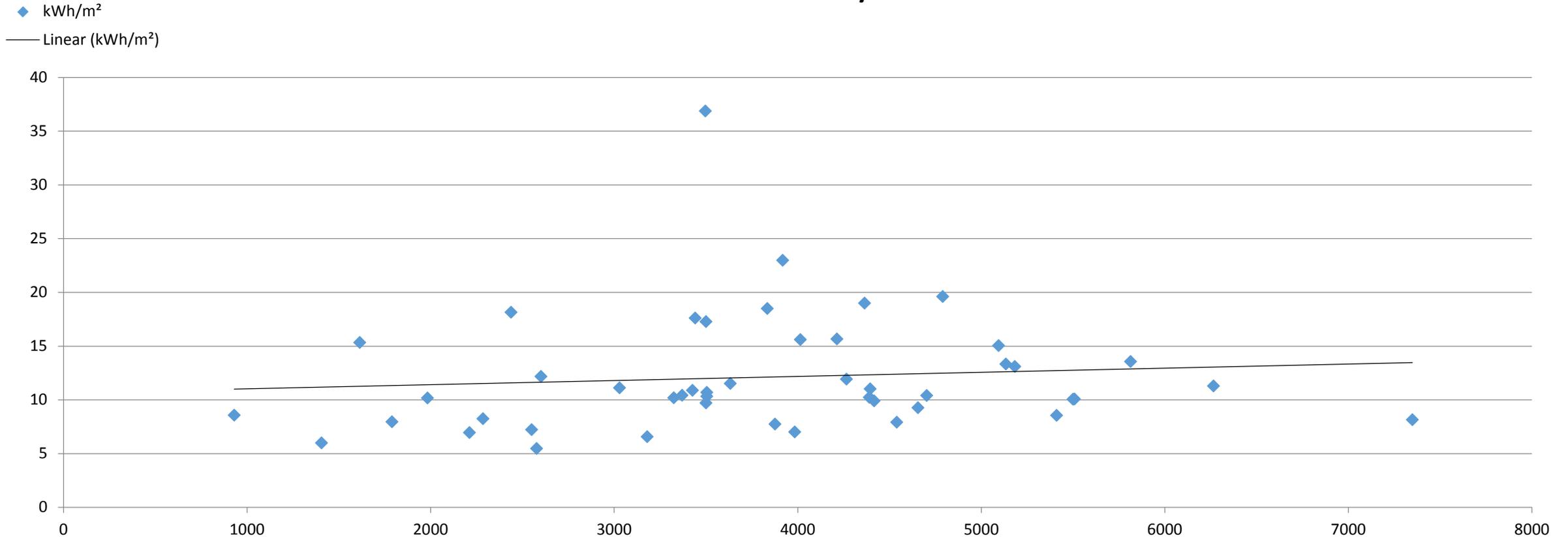
Bandbreite: 10 bis 42 kWh/m²BGF

(Quelle: ESV e5)

Benchmark für Schulen: – Größenabhängigkeit

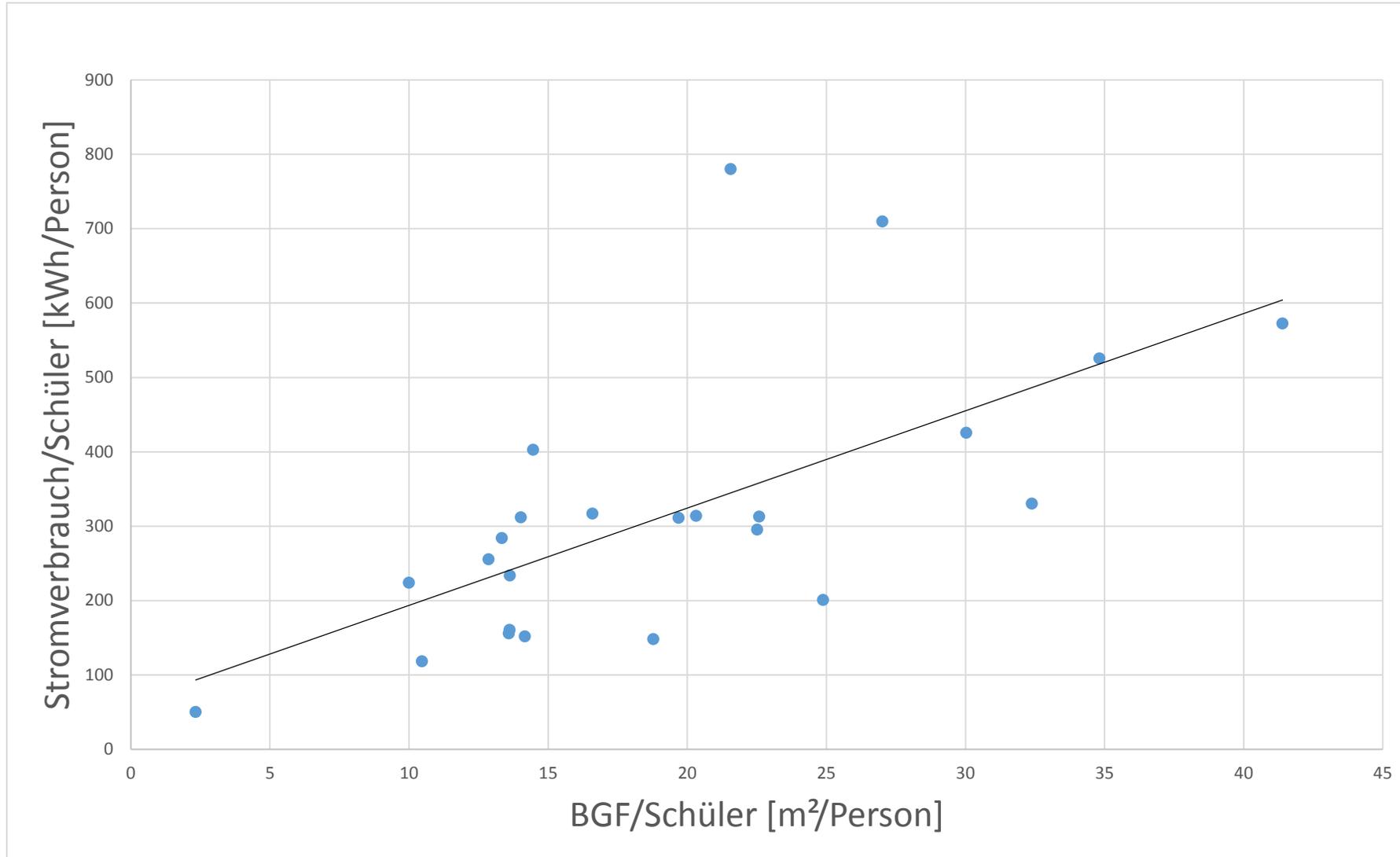


NMS Strom EKZ kWh/m²BGF



(Datenquelle: Amt d. NÖ LRG)

Stromverbrauch pro SchülerIn steigt mit der Fläche



Mit der Fläche pro SchülerIn steigt auch der Verbrauch pro SchülerIn

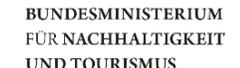
VS haben meist geringere Flächen pro Schüler

VS: 125 – 550 kWh/S
NMS: 125 – 800kWh/S



STROM – LASTGANGANALYSEN AUF TARIFEBENE

klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at



- Ist eine PV-Anlage mit Eigenversorgungsanteil vorhanden ist der Tarifizähler „verzerrt“ und keine wirkliche Aussage möglich.
- Teilweise werden die Lastgänge nicht aufgezeichnet obwohl es der Tarifizähler könnte
- Verwendetes Tool für Auswertung: [Lastgang-Tool des IWU](#) (kostenlos)

Begriffe:

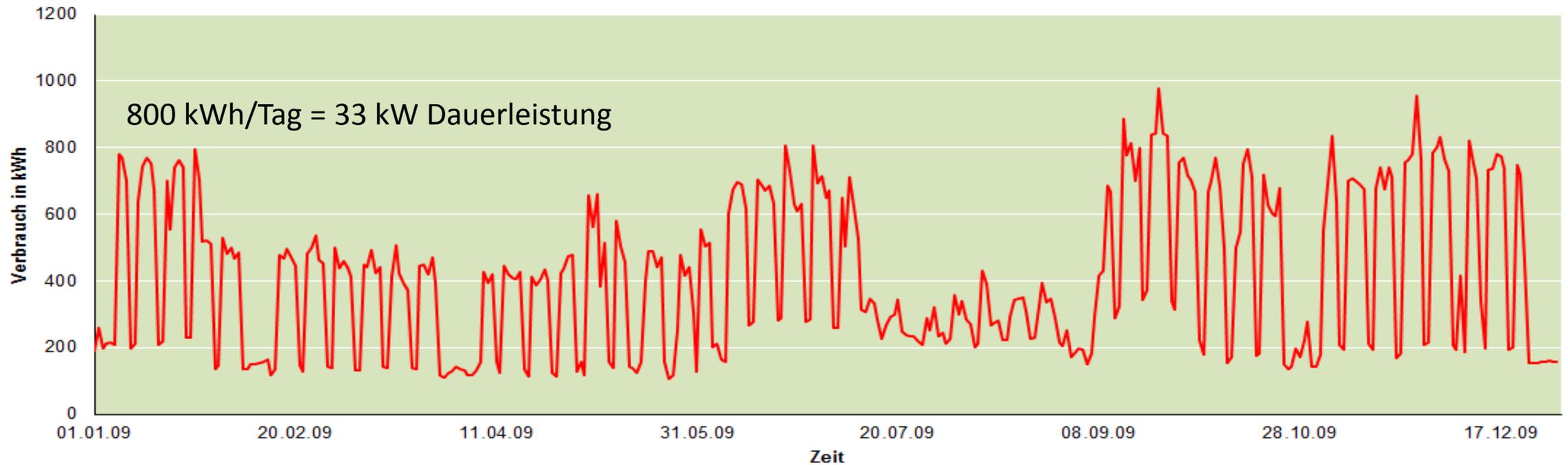
- Vollaststunden: Gesamtverbrauch durch maximale Leistung
- Grundlast: wird im folgenden der Zeitraum bei der geordneten Dauerlastganglinie im Bereich von 7.000 bis 8.000 Stunden bezeichnet, wobei für diesen Zeitraum der Mittelwert genommen wird.

Typische Lastgänge - Jahresverlauf



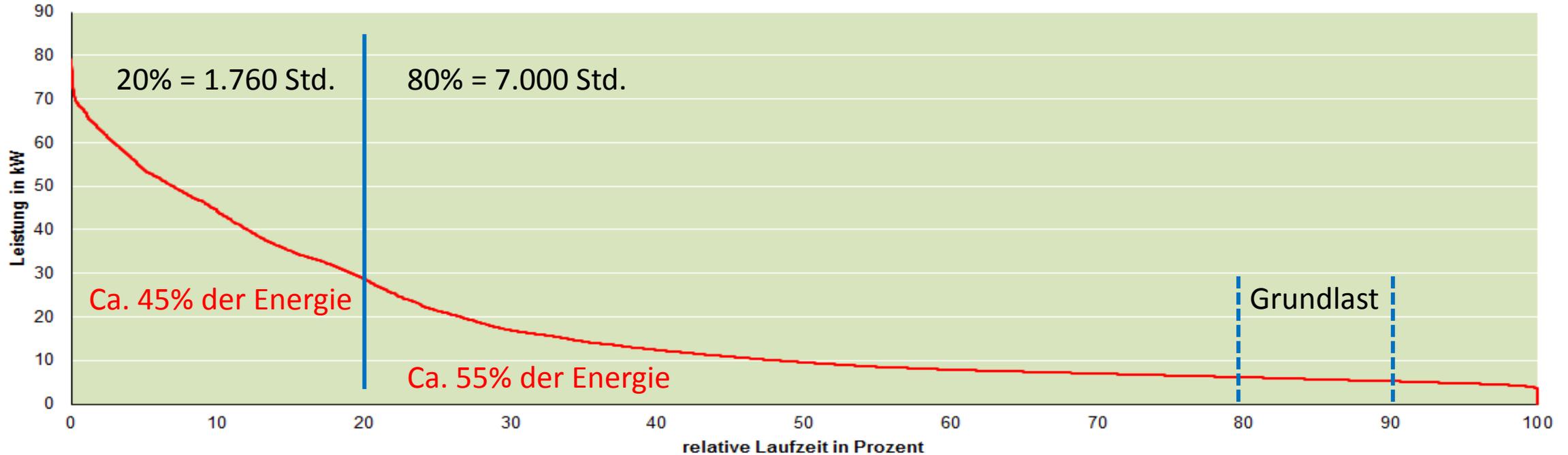
Tagesverbrauch chronologisch

— Hauptzähler ("Endenergie")



Dauerlinie gemittelte Leistung Stundenwerte

— Hauptzähler ("Endenergie")

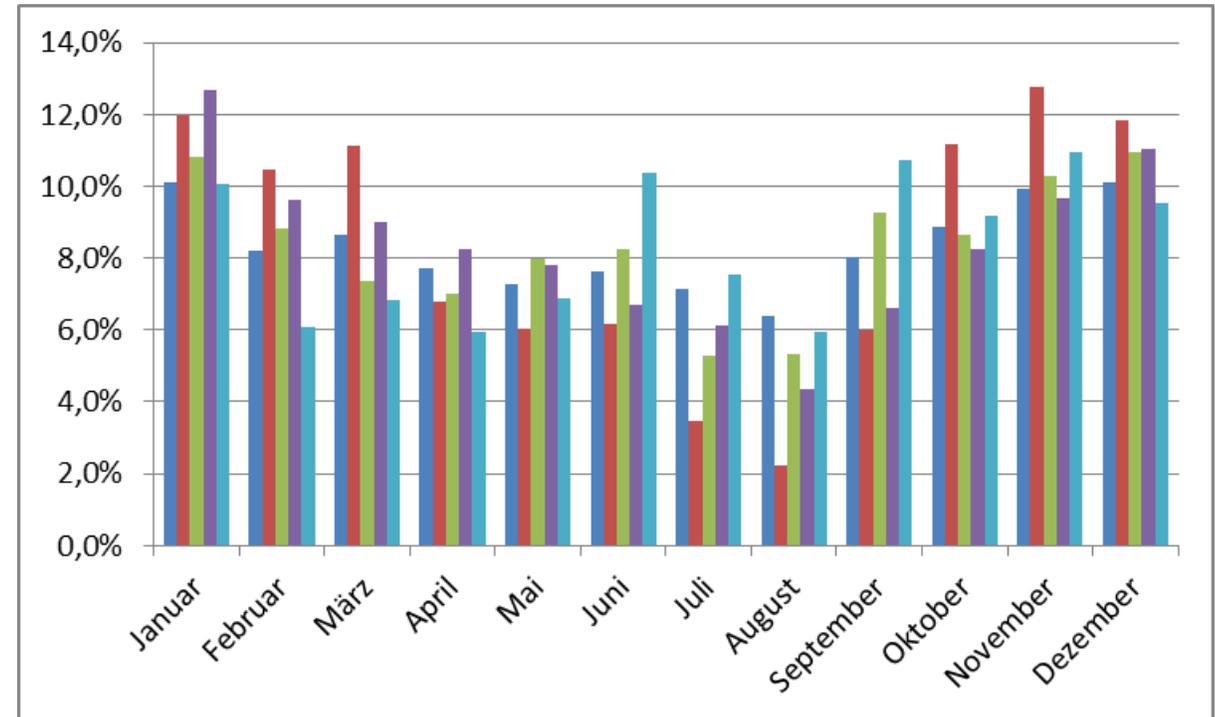


- Die spez. max. Leistung lag zwischen 8 und 12 W/m²_{BGF} bzw. 160 bis 240 W/SchülerIn, wobei nur bei den größeren Schulen (alles NMS) Lastgänge vorhanden waren.
- Der Mittelwert der spez. Dauerleistung lag zwischen 0,9 und 2,7 W/m²_{BGF} bzw. 18 bis 54 W/SchülerIn
- Die Grundlast lag zwischen 0,3 und 1,5 W/m²_{BGF} bzw. 6 bis 30 W/SchülerIn
- Die Volllaststunden betragen zwischen 1.800 und 2.700 Std.
- Der Anteil des Stromverbrauches außerhalb der Kernzeit von Mo. - Fr. von 8:00 bis 16:00 beträgt zwischen 48% und 66% (Kernzeit 44 Wo. mit 40 Std. = 1.760 Std. pro Jahr = 20%)

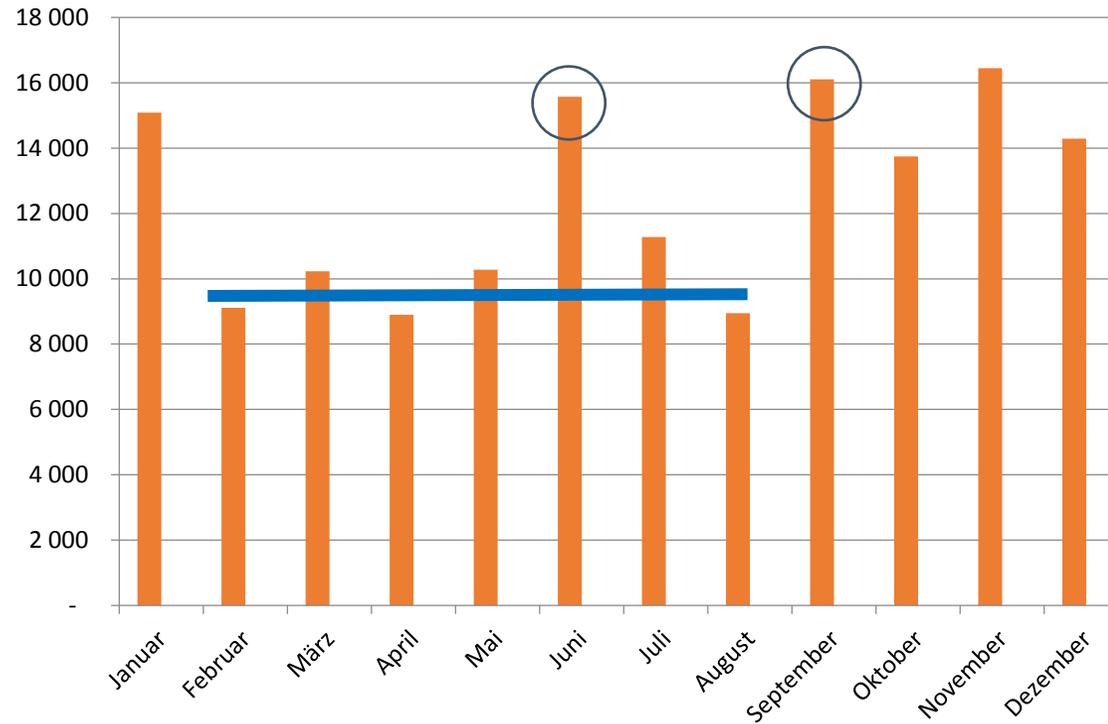
Monatsverläufe NMS



	NMS 1	NMS 2	NMS 3	NMS 4	NMS 5
Januar	10,1%	12,0%	10,8%	12,7%	10,1%
Februar	8,2%	10,5%	8,8%	9,6%	6,1%
März	8,6%	11,1%	7,3%	9,0%	6,8%
April	7,7%	6,8%	7,0%	8,2%	5,9%
Mai	7,3%	6,0%	8,0%	7,8%	6,9%
Juni	7,6%	6,1%	8,3%	6,7%	10,4%
Juli	7,2%	3,5%	5,3%	6,1%	7,5%
August	6,4%	2,2%	5,3%	4,3%	6,0%
September	8,0%	6,0%	9,3%	6,6%	10,7%
Oktober	8,9%	11,2%	8,6%	8,2%	9,2%
November	9,9%	12,8%	10,3%	9,7%	11,0%
Dezember	10,1%	11,8%	11,0%	11,0%	9,5%
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

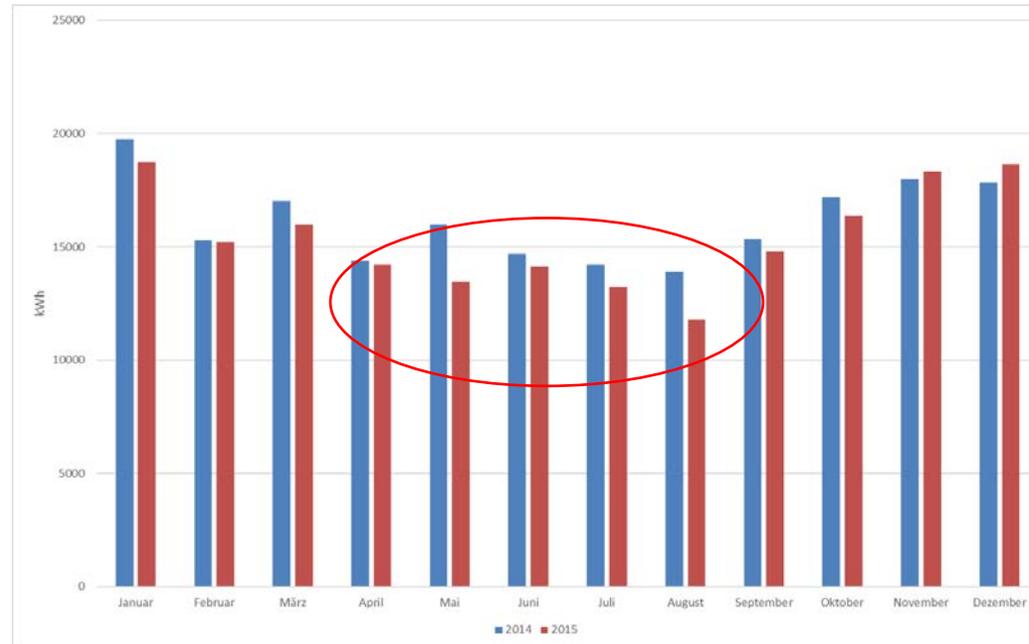


- Verbräuche in den Ferien teils nicht viel niedriger als bei Schulbetrieb



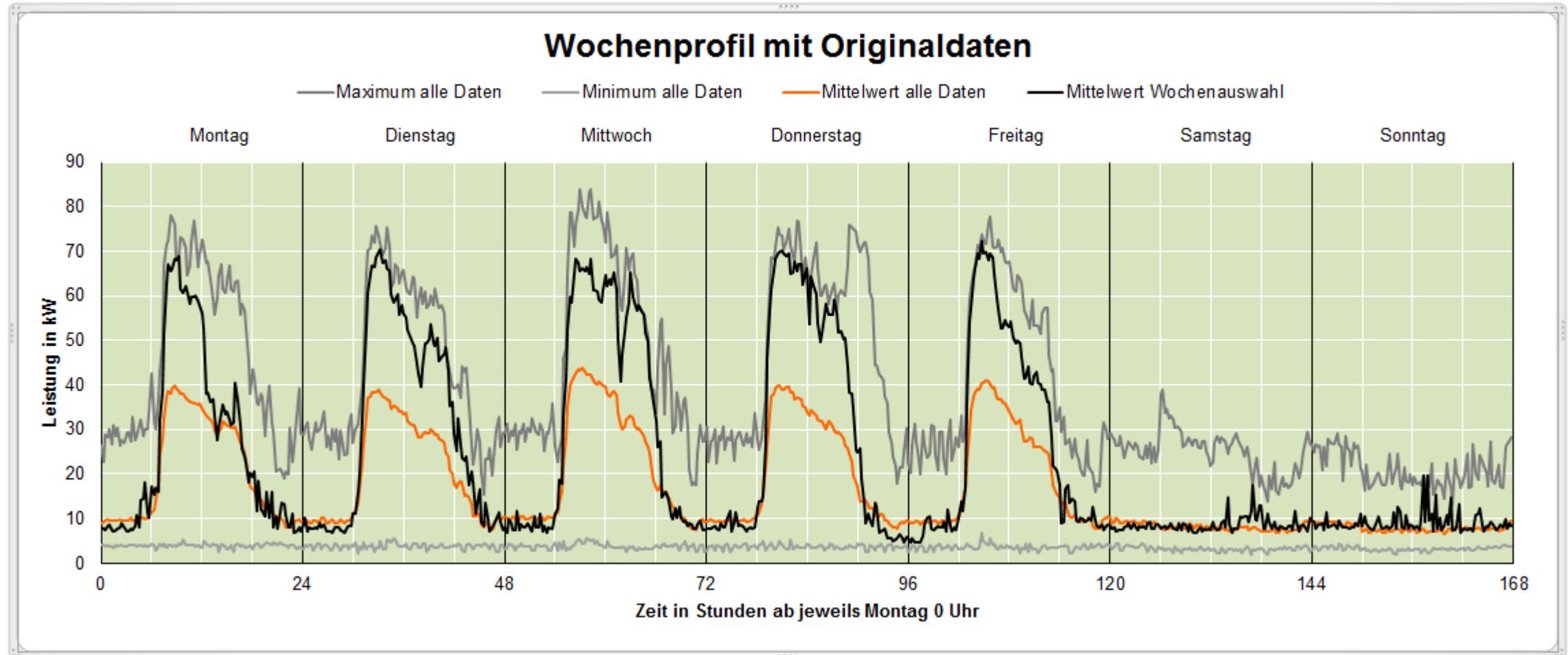
- Juni und September mit sehr hohen Verbräuchen
- Juli und August gleich hoch wie Feb bis Mai

Begründung (Umstellung auf el. WW. Bereitung und Nachtlüftung zur Kühlung)



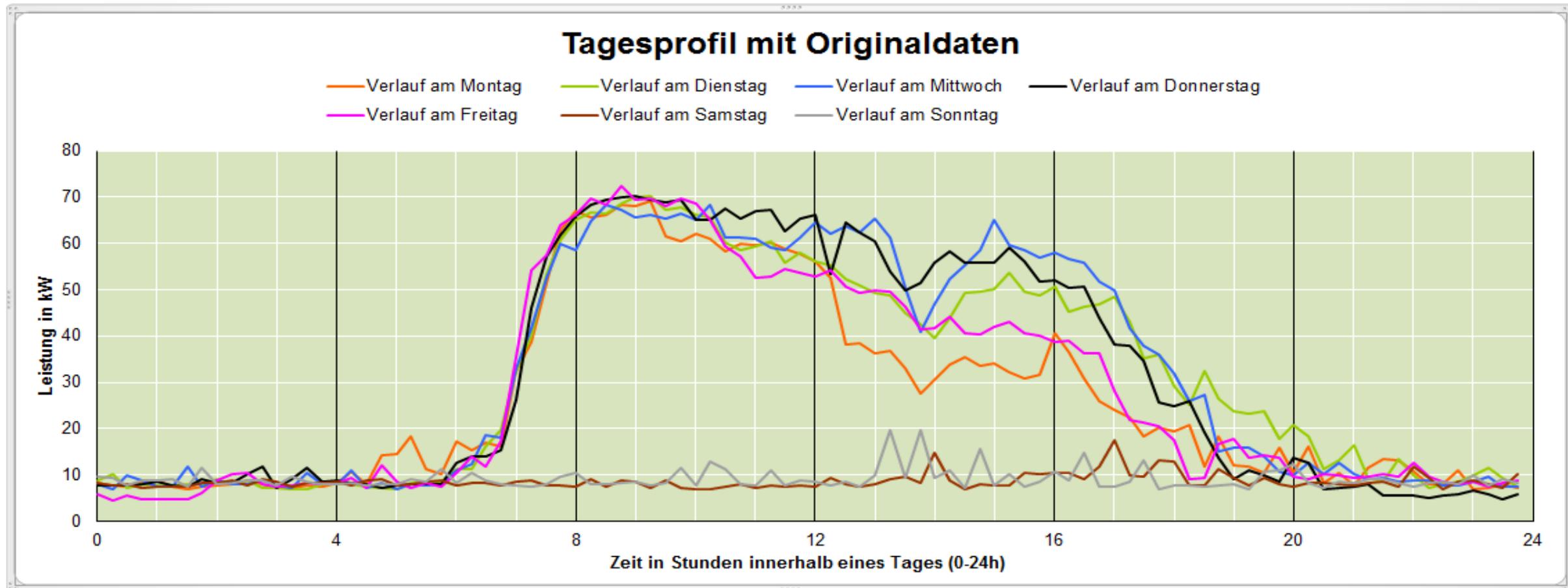
- Ferien kaum erkennbar
- Grundlast im Sommer meist 10 bis 16 kW
- Lüftung Sporthalle + Nachtlüftung läuft in den Ferien durch
- Beleuchtung mit Bussystem (rel. hohe Standby Leistungen)

Typische Lastgänge – Wochenprofil (Woche 3)



- deutliche Unterschiede Wochentag – Wochenende, hohe Grundlast (8 kW),

Typische Lastgänge – Wochenverlauf Winter (3. Woche)



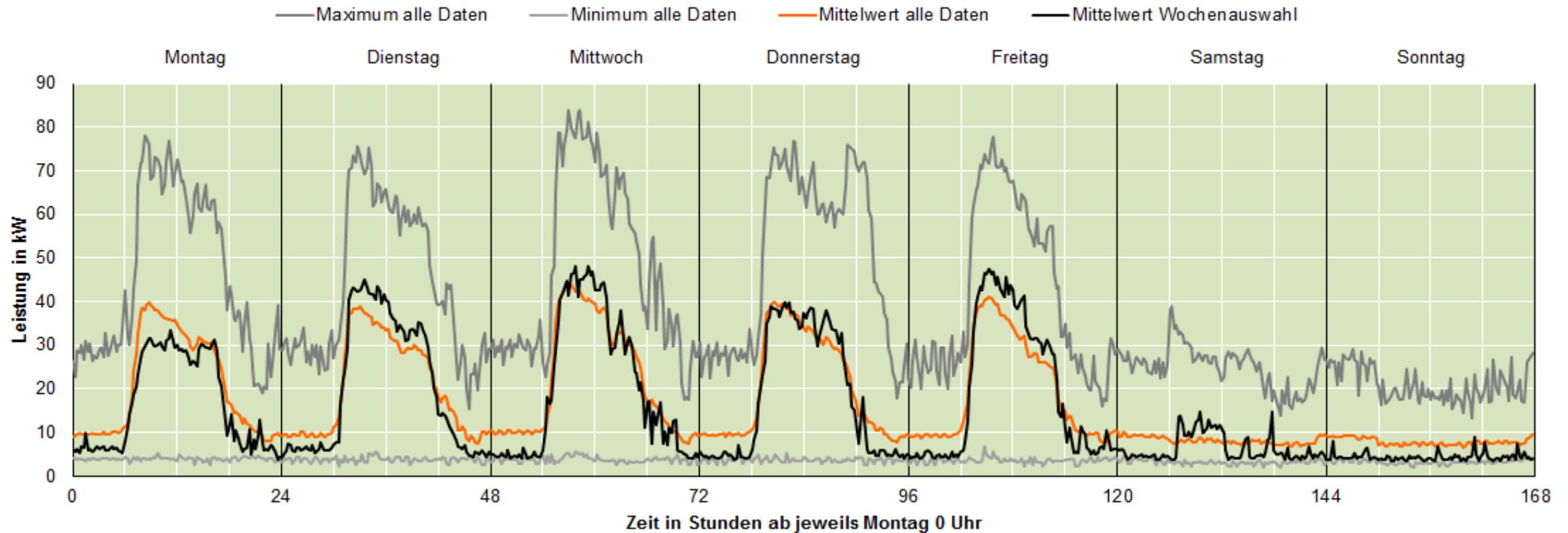
- deutliche Unterschiede Wochentag – Wochenende, hohe Grundlast (8 kW),

Typische Lastgänge - Wochenverlauf Sommer (21. Woche)



komfortlüftung.at
gesund & energieeffizient

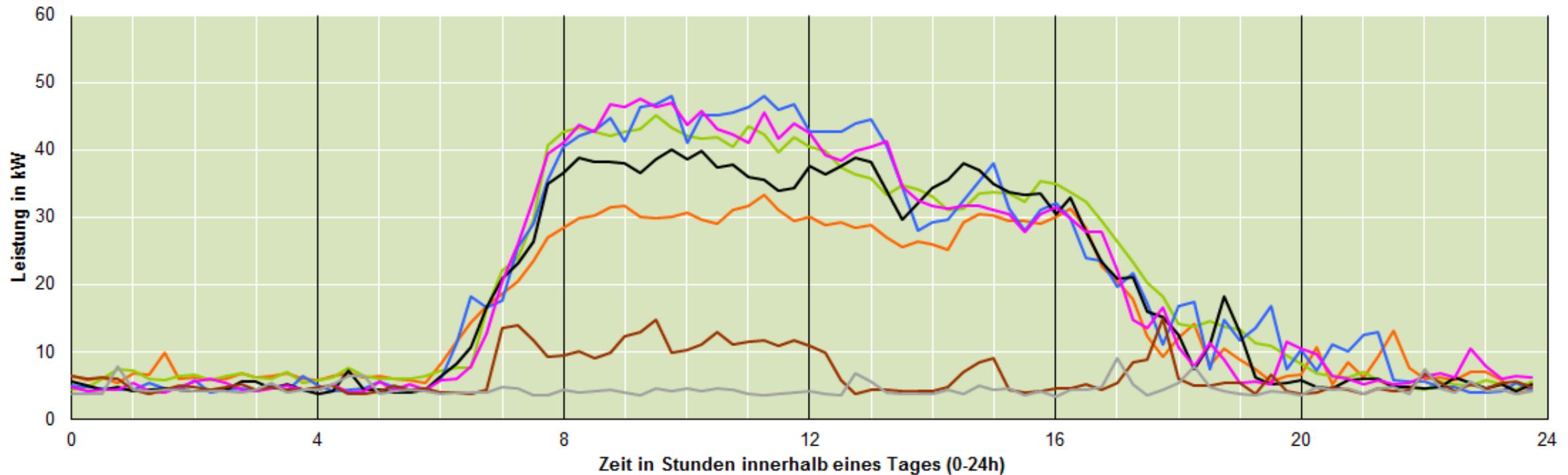
Wochenprofil mit Originaldaten



- deutliche Unterschiede Wochentag – Wochenende
- noch keine el. WW-Bereitung, Grundlast (5 kW),

Tagesprofil mit Originaldaten

Verlauf am Montag Verlauf am Dienstag Verlauf am Mittwoch Verlauf am Donnerstag
Verlauf am Freitag Verlauf am Samstag Verlauf am Sonntag

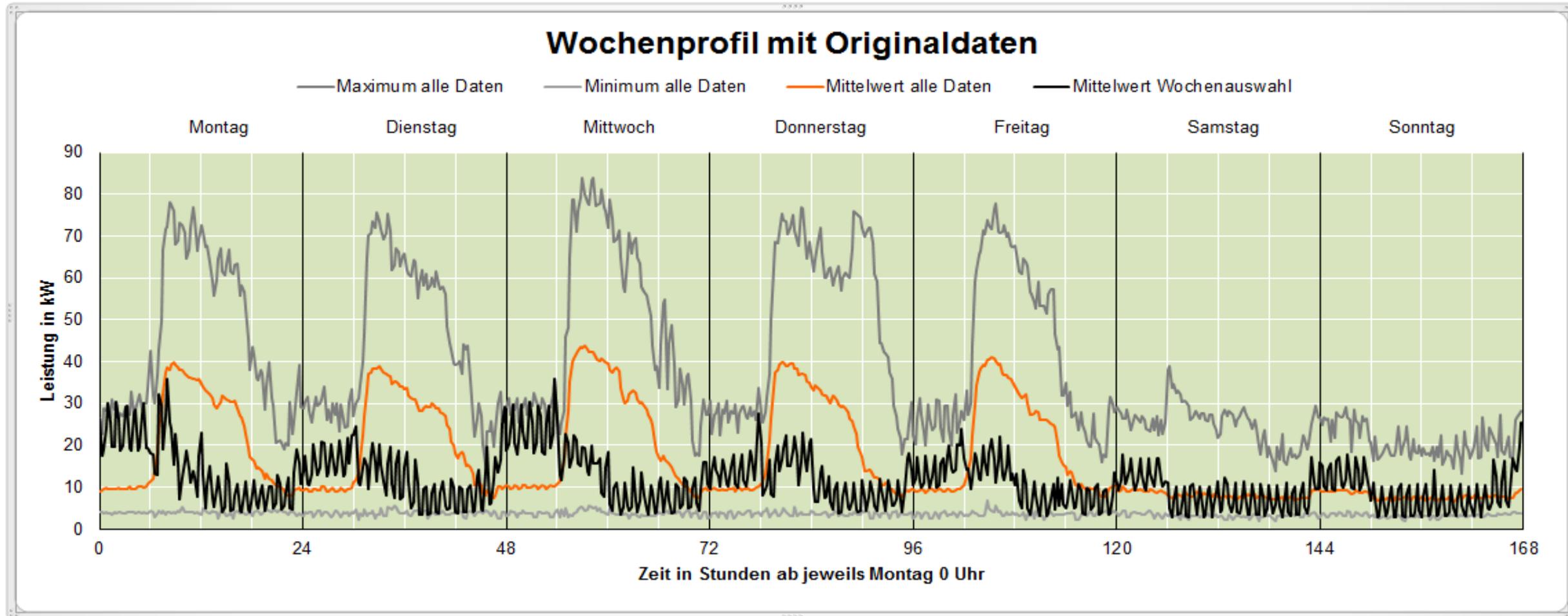


- deutliche Unterschiede Wochentag – Wochenende
- noch keine el. WW-Bereitung, Grundlast (5 kW),

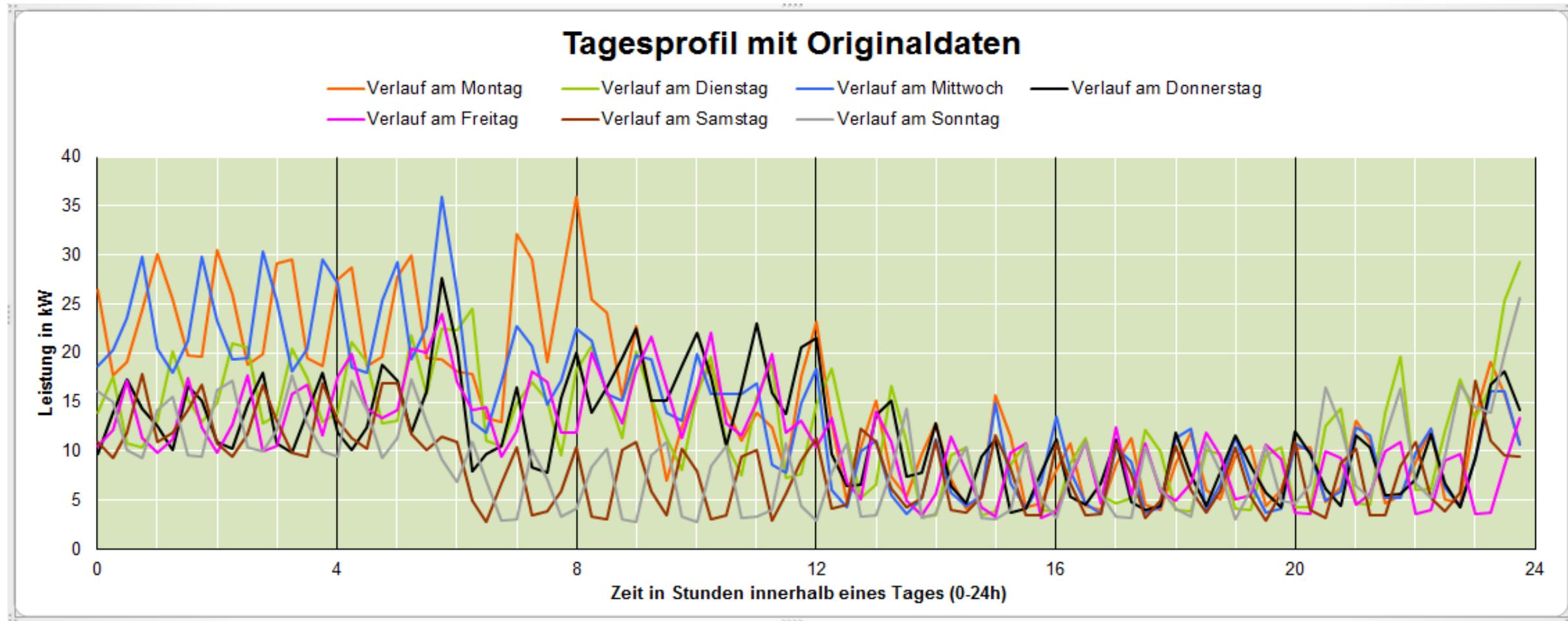
Typische Lastgänge – Wochenverlauf Ferien (32. Woche)



komfortlüftung.at
gesund & energieeffizient



- el. WW-Bereitung läuft, aktive Nachtlüftung läuft Mo und Mi

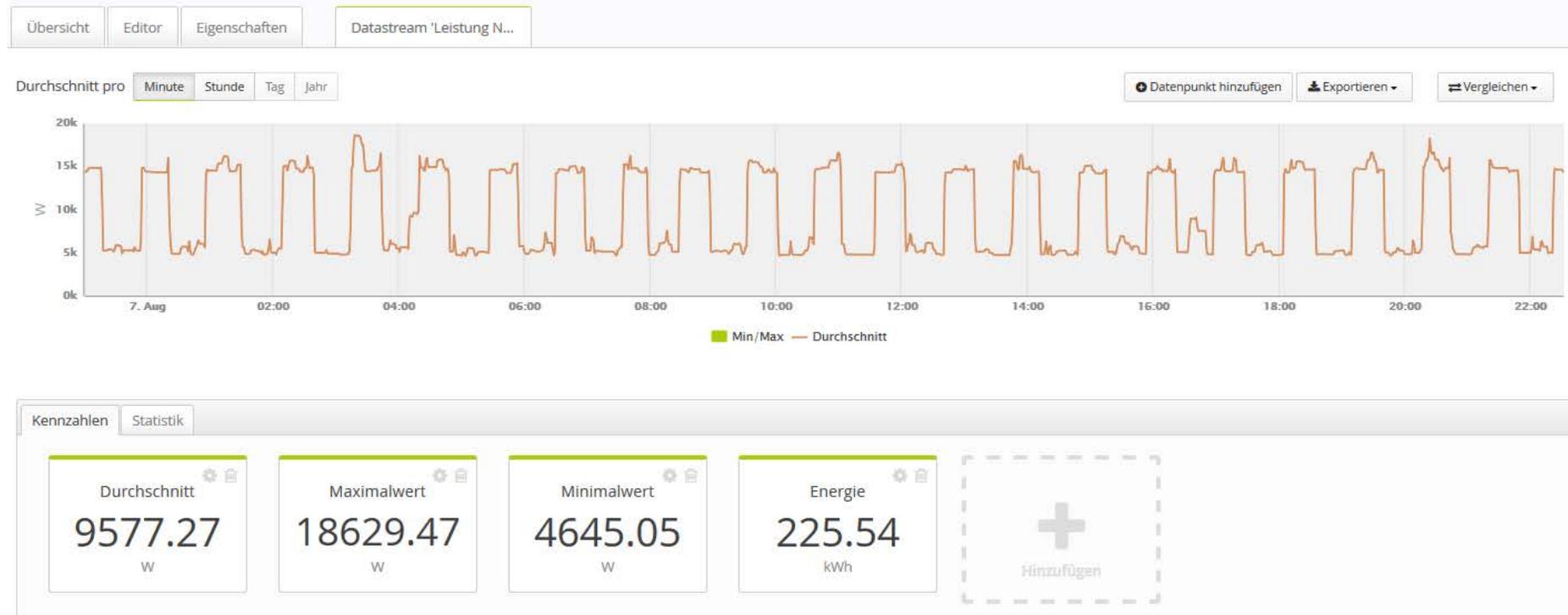


- el. WW-Bereitung läuft, aktive Nachtlüftung läuft Mo und Mi

Tagesverlauf Ferien (Sonntag, 7. Aug.2016)



Datastream 'Leistung NMS Gesamt'



- Elektrische WW-Bereitung mit 10 kW schlägt durch, Sonstige Grundlast ca. 4,7 kW
- Keine Nachtlüftung

Aufteilung Grundlast (Sonntag, 7. Aug. 2016)



Bereich	W
Heizung, WW	387
Lüftung	517
Lift	214
Sporttrakt	791
Aula und HM	607
Klassen Ost/Süd	1617
Klassen West/Nord	620
Gesamt	4.753

Lift oder sonstiger Verbraucher?

Inkl. Notlicht ca. 500 W

Bereich mit EDV-Räumen

Die unbedingt nötige Standby Leistung für Notlicht, Brandschutz, Server, etc. dürfte bei ca. 1,5 bis 2,5 kW liegen



TEIL 1 - DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT

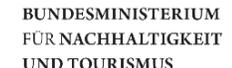
klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at





VERTIEFENDE ANALYSEN DAUER-MESSUNG EINZELNER VERBRAUCHER

klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at



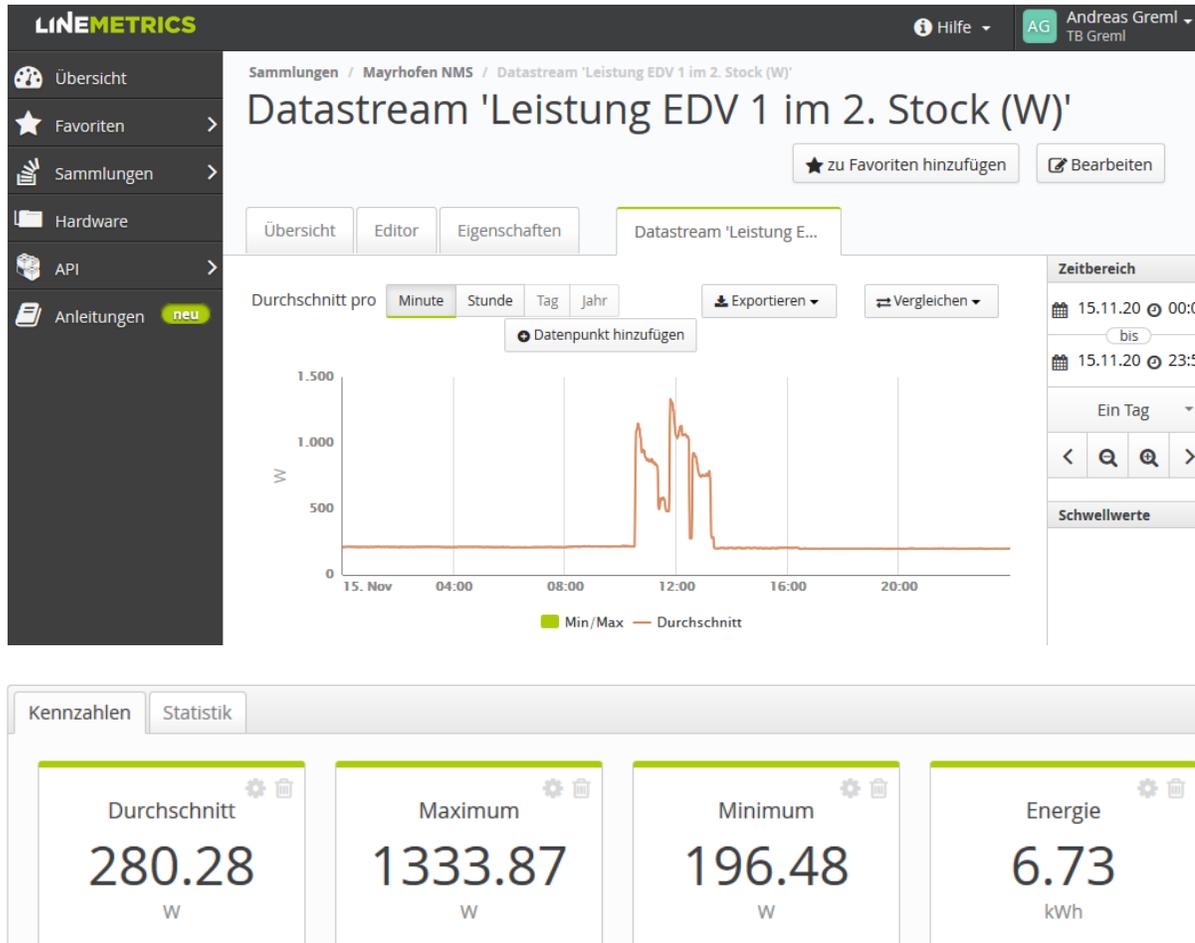
- Projekt Stromeffizienz in Schulen - Tirol
- Benchmark Stromverbrauch in Schulen
- Lastgänge in Schulen und deren Besonderheiten
- Vertiefende Messungen
- **Benchmarkbaukasten für Schulen + Technische Einsparpotentiale**
 - Heizung
 - WW-Bereitung
 - Lüftung
 - Beleuchtung/Notbeleuchtung
 - EDV
- Einsparung aufgrund Nutzerverhalten

Online Messungen (1 min-Intervall)

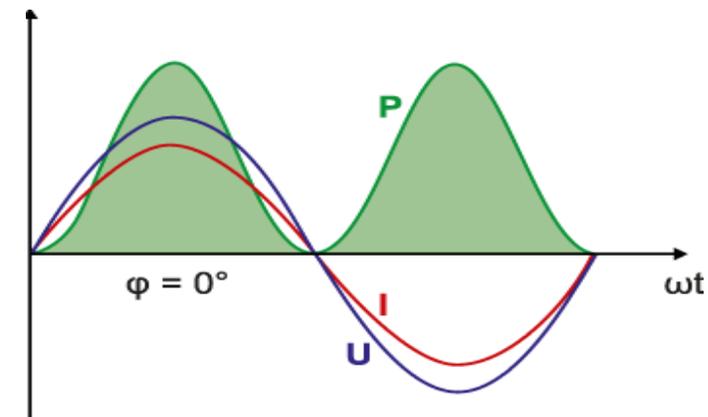
- Mit LineMetrics mit Klappwandlern (1 min)



Online Messungen (1 min-Intervall)



- Achtung: Es wird bei Klappwandlern auch der Blindstrom mitgemessen – z.B. bei EDV starke Verzerrung. CosPhi im Standby 0,03 bis 0,25.



Quelle: <https://www.janitza.de/grundlagen-zur-blindleistungskompensation.html>

- $P = U \times I$ (gilt nur ohne Phasenverschiebung)

- Fixe Dauermessung mit Leistungsanzeige (Online über Impulsausgang)



(Quelle: Eltako)

- Steckermessgerät



(Quelle: Conrad Electronic)



BENCHMARKBAUKASTEN

klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at



- Benchmark $\text{kWh/m}^2_{\text{BGF}}$ ohne Berücksichtigung der Ausstattung nur bedingt aussagekräftig

Schule 1: Keine mech. Lüftung, WW und Heizung über Fernwärme, vereinzelt Beamer,..

Schule 2: Komfortlüftung, Kühlung, eigene Pelletheizung, WW im Sommer mit Strom, Beamer in allen Klassen,...

- Welche Schule ist besser?

Schule 1: $12 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGF}}$

Schule 2: $18 \text{ kWh/m}^2_{\text{BGF}}$

Problem: Es ist so gut wie keine Schule direkt mit einer anderen vergleichbar!

Lösungsversuch: Benchmarkbaukasten zum zusammenstellen für individuellen Durchschnittsverbrauch

- **Zumindest:**
 - Eigenstrom PV-Anlage
 - Art der WW-Bereitung
 - Sporthalle und deren Nutzung
 - Lüftung für Klassen bzw. Sporthalle ja/nein

1. Schule:

Name der Schule: Anzahl Klassen:

Art der Schule: Volksschule Neue Mittelschule Sonderschule

Baujahr der Schule: Letzte große Sanierung der Schule:

Anzahl SchülerInnen: Anzahl LehrerInnen:

Beheizte Bruttogrundfläche: oder: Beheizte Nutzfläche

2. Stromverbrauch

Werte für das Jahr:

Stromverbrauch Gesamt: kWh (ohne Strom für WP und Elektordirektheizung)

3. Ausstattung

Wärmeerzeugung: Fern-/Nahwärme Biomassekessel Wärmepumpe
 Gaskessel Ölkessel Strom direkt

Warmwasserbereitung: Zentral Dezentral Gemischt

Warmwasserbereitung im Winter: Mit der Heizung Eigene Wärmepumpe Strom direkt

Warmwasserbereitung Sommer: Mit der Heizung Eigene Wärmepumpe Strom direkt

Thermische Solaranlage: Ja Nein

Lüftungsanlage in den Klassen: Ja Nein

Beleuchtung: LED % Leuchtstoffröhren/Energiesparlampe %

Tafelsystem: Kreide/Whiteboard Beamer/Multifunktionstafel

Gibt es Klimageräte? Ja Stk. Nein für:

Stromverbrauch Sporthalle inkludiert? Ja Nein Lüftungsanlage vorhanden

Sporthalle extern genutzt? Nie selten (1-3 x/Woche) oft (fast täglich)

Photovoltaikanlage: Nein Ja - Eigenstromanlage (Nur Überschuss ins Netz)
 Ja - Art unbekannt Ja - Fremdstromanlage (alles ins Netz)

Durchschnitt für Schule mit meiner Ausstattung?



Schulen für
Benchmarkbaukasten in 7
Verbrauchsbereiche unterteilt:

Klassentrakt inkl. Haustechnik (ohne Strom für WP, Kühlung bzw. Elek			
1	Haustechnik Heizung - Warmwasser - Lüftung	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	4,59	23,0%
2	Sonstige Haustechnik	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	0,4	2,0%
3	Beleuchtung	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	9,6	48,1%
4	EDV, Multimedia, Kopierer	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	3,3	16,5%
5	Werken, Kochen,... (ohne Beleuchtung)	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	0,55	2,8%
6	Sonstiges Schulbetrieb	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	1,5	7,5%
7	Sonstiges Zusatzbetrieb	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Mittagstisch	0	sehr Individuell
8	Gesamt Klassentrakt	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Gesamter Klassentrakt	19,9	jeweils inkl. Klassenzimmerlüftung
	Individuelle Zusammenstellung	15,7	inkl. Klassenzimmerlüftung

Durchschnitt für Schule mit meiner Ausstattung?



Haustechnik:

- Heizung
- WW
- Lüftung

1	Haustechnik Heizung - Warmwasser - Lüftung	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Wärmeerzeugung mit Fernwärme	0	
	Wärmeerzeugung mit Gaskessel (nicht modulierend)	0,05	
	Wärmeerzeugung mit Gaskessel (modulierend)	0,09	
	Wärmeerzeugung mit Öl	0,05	
	Wärmeerzeugung mit Biomasse (Pellet, Hackschnitzel)	0,15	
	Wärmeverteilung Heizung	0,8	
	Warmwasser - Zentral, ganzjährig mit Strom direkt	3	Stark abhängig von Nutzung, Bei WW-WP JAZ 2,5
	Warmwasser - Zentral, nur Sommer mit Strom direkt	1,6	Stark abhängig von Nutzung, Bei WW-WP JaZ 2,5
	Warmwasser - Zentral ganzes Jahr mit der Heizung	0,015	vereinfacht gleich für alle Wärmeerzeuger, FW = "0"
	Warmwasser - Zentral nur in der HP mit der Heizung	0,007	vereinfacht gleich für alle Wärmeerzeuger, FW = "0"
	Warmwasser - Dezentral (Kleinspeicher, Untertischboiler)	0,5	Stark abhängig von Nutzung, Bei WW-WP JaZ 2,5
	Warmwasser - Dezentral (El. Durchlauferhitzer)	0,15	Stark abhängig von Nutzung
	Klassenzimmerlüftung	1,6	Abhängig von Auslegung und Regelung
	Nachtlüftung mit Klassenzimmerlüftung	0,5	Abhängig von Regelung
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	4,59	23,0%

Durchschnitt für Schule mit meiner Ausstattung?



Sonstige Haustechnik:

2 Sonstige Haustechnik	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
Dachrinnenheizung, Gullyheizung	0,75	Sollten neue bzw. sanierte Gebäude nicht benötigen
Lifte	0,2	
Hebeeinrichtungen	0	Für einzelne WC's in Keller vernachlässigbar
Brandschutz, Verschattung, Schliesssystem, Bus,...	0,2	
Sonstiges (Parkplatzschranken, Parkautomat,...)	0,2	
Gesamt (individuell zusammenzählen)	0,4	2,0%

Beleuchtung:

3 Beleuchtung	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
Beleuchtung Klassentrakt	6,3	
Standby bei Beleuchtung Klassentrakt (nur bei Bussystemen)	2	normal Gegenläufig zur Beleuchtung bzw. 0
Notbeleuchtung	1	
Außenbeleuchtung	0,3	
Gesamt (individuell zusammenzählen)	9,6	48,1%

Durchschnitt für Schule mit meiner Ausstattung?



EDV - Multimedia:

4 EDV, Multimedia, Kopierer	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
Tafelsysteme bzw. Beamer	1	Abhängi von Ausstattung (0%, 50%, 100%)
Computer für Schüler, Lehrer, Direktion, HM	1,7	
Server	0,5	
Kühlung Server	0,2	
Kopierer, Fax, EDV-Netzwerk, Sat, Antennenverstärker	0,1	
Gesamt (individuell zusammenzählen)	3,3	16,5%

Werken, Kochen:

5 Werken, Kochen,... (ohne Beleuchtung)	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
Schulküche für Schüler	0,4	inkl. Dunstabzug bzw. Lüftung
Werkräume (Holz, Metall, Textiles Werken,..)	0,05	meist zu vernachlässigen
Brennofen Keramik	0,1	sehr individuell von Nutzung
Gesamt (individuell zusammenzählen)	0,55	2,8%

Durchschnitt für Schule mit meiner Ausstattung?



Sonstiger Schulbetrieb:

6	Sonstiges Schulbetrieb	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Teeküche für Direktion, Lehrer und Verwaltung	0,5	ohne Beleuchtung, ohne Computer, ohne Kopierer, ..
	Hausmeisterbereich (inkl. Jausenverkauf, Getränkeautomaten)	0,5	
	Reinigung (ohne benötigtes WW)	0,5	
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	1,5	7,5%

Sonstiger Zusatzbetrieb:

7	Sonstiges Zusatzbetrieb	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Mittagstisch	0	sehr Individuell

Beispiel Benchmark Gesamt:

8	Gesamt Klassentrakt	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Gesamter Klassentrakt	19,9	jeweils inkl. Klassenzimmerlüftung
	Individuelle Abschätzung	15,7	inkl. Klassenzimmerlüftung

Stromeffizienz in Schulen - Benchmarkbaukasten - Maxi (kWh/m²a)

Fläche Klassentrakt:		m ² BGF		
Fläche Sporthalle:		m ² BGF	Schule:	
Gesamt:		m ² BGF		kWh/a Strom (ohne WP, E-heizung bzw. Kühlung)
Benchmark Strom (ohne Strom für Wärmepumpe, Kühlung bzw. Elektrodirektheizung):			kWh/m²BGF	für das Jahr:

Klassentrakt inkl. Haustechnik (ohne Strom für WP, Kühlung bzw. Elektrodirektheizung)

1	Haustechnik Heizung - Warmwasser - Lüftung	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Wärmeerzeugung mit Fernwärme	0	0	0	
	Wärmeerzeugung mit Gaskessel (nicht modulierend)	0,02	0,05	0,1	
	Wärmeerzeugung mit Gaskessel (modulierend)	0,02	0,09	0,3	
	Wärmeerzeugung mit Öl	0,02	0,05	0,1	
	Wärmeerzeugung mit Biomasse (Pellet, Hackschnitzel)	0,02	0,15	0,4	
	Wärmeverteilung Heizung	0,2	0,8	2,4	
	Warmwasser - Zentral, ganzjährig mit Strom direkt	1,5	3	6	Stark abhängig von Nutzung, Bei WW-WP JAZ 2,5
	Warmwasser - Zentral, nur Sommer mit Strom direkt	0,8	1,6	3,1	Stark abhängig von Nutzung, Bei WW-WP JaZ 2,5
	Warmwasser - Zentral ganzes Jahr mit der Heizung	0,002	0,015	0,06	vereinfacht gleich für alle Wärmeerzeuger, FW = "0"
	Warmwasser - Zentral nur in der HP mit der Heizung	0,001	0,007	0,03	vereinfacht gleich für alle Wärmeerzeuger, FW = "0"
	Warmwasser - Dezentral (Kleinspeicher, Untertischboiler)	0,3	0,5	0,7	Stark abhängig von Nutzung, Bei WW-WP JaZ 2,5
	Warmwasser - Dezentral (El. Durchlauferhitzer)	0,1	0,15	0,25	Stark abhängig von Nutzung
	Klassenzimmerlüftung	0,7	1,6	3,8	Abhängig von Auslegung und Regelung
	Nachtlüftung mit Klassenzimmerlüftung	0,2	0,5	1,3	Abhängig von Regelung
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	1,92	4,59	10,9	23,0%

2	Sonstige Haustechnik	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Dachrinnenheizung, Gullyheizung	0	0,75	1,5	Sollten neue bzw. sanierte Gebäude nicht benötigen
	Lifte	0,1	0,2	0,4	
	Hebeeinrichtungen	0	0	0	Für einzelne WC's in Keller vernachlässigbar
	Brandschutz, Verschattung, Schliesssystem, Bus,...	0,1	0,2	0,3	
	Sonstiges (Parkplatzschranken, Parkautomat,...)	0,1	0,2	0,3	
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	0,2	0,4	0,7	2,0%
3	Beleuchtung	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Beleuchtung Klassentrakt	1,9	6,3	12	
	Standby bei Beleuchtung Klassentrakt (nur bei Bussystemen)	0,7	2	4	normal Gegenläufig zur Beleuchtung bzw. 0
	Notbeleuchtung	0,3	1	2,5	
	Außenbeleuchtung	0,03	0,3	0,8	
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	2,93	9,6	15,3	48,1%
4	EDV, Multimedia, Kopierer	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
	Tafelsysteme bzw. Beamer	0,4	1	2	Abhängig von Ausstattung (0%, 50%, 100%)
	Computer für Schüler, Lehrer, Direktion, HM	0,3	1,7	4,8	
	Server	0,35	0,5	0,7	
	Kühlung Server	0	0,2	0,35	
	Kopierer, Fax, EDV-Netzwerk, Sat, Antennenverstärker	0,05	0,1	0,15	
	Gesamt (individuell zusammenzählen)	1,1	3,3	7,65	16,5%

5 Werken, Kochen,... (ohne Beleuchtung)	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
Schulküche für Schüler	0,2	0,4	0,6	inkl. Dunstabzug bzw. Lüftung
Werkräume (Holz, Metall, Textiles Werken,..)	0,01	0,05	0,1	meist zu vernachlässigen
Brennofen Keramik	0,05	0,1	0,15	sehr individuell von Nutzung
Gesamt (individuell zusammenzählen)	0,26	0,55	0,85	2,8%
6 Sonstiges Schulbetrieb	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
Teeküche für Direktion, Lehrer und Verwaltung	0,3	0,5	0,7	ohne Beleuchtung, ohne Computer, ohne Kopierer, ..
Hausmeisterbereich (inkl. Jausenverkauf, Getränkeautomaten)	0,15	0,5	1	
Reinigung (ohne benötigtes WW)	0,3	0,5	1	
Gesamt (individuell zusammenzählen)	0,75	1,5	2,7	7,5%
7 Sonstiges Zusatzbetrieb	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
Mittagstisch	0	0	0	sehr Individuell
8 Gesamt Klassentrakt	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	Anmerkungen:
Gesamter Klassentrakt	7,2	19,9	38,1	jeweils inkl. Klassenzimmerlüftung
Individuelle Zusammenstellung		15,7		inkl. Klassenzimmerlüftung

Entwickelt von:

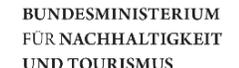


gefördert von: Land Tirol



EINZELNE VERBRAUCHERGRUPPEN

klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at



Benchmark: Heizung



- Hochrechnung über spezifische Werte pro m² BGF

Heizung	W/m ² BGF	W/m ² BGF	W/m ² BGF
Wärmeverteilung	0,2	0,4	0,6

Laufzeit Pumpen (Volllaststunden)	1000	2000	4000
-----------------------------------	------	------	------

Heizung	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Wärmeverteilung	0,2	0,8	2,4

- Heizkessel und Pumpengruppen, Regelungen



- Könnte man die Heizung inkl. Pumpen, etc. von 22:00 bis 4:00 „ausschalten“?

Neubau/Sanierung:

- Geringe Durchflussgeschwindigkeiten in den Rohrleitungen (Empfehlung: max. 0,3 – 0,5 m/s)
- Konkrete Einregulierung der Heizkörper bzw. Heizkreise
- Selbstadaptierende Hocheffizienzpumpen
- Stromverbrauch von Regeleinheiten und Temperaturfühlern beachten

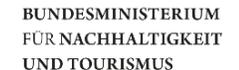
Betriebsweise:

- Könnte man die Heizung inkl. Pumpen, etc. täglich von 22:00 bis 4:00 „ausschalten“? Bzw. zeitlich in Abhängigkeit der Außentemperatur?
- Eingeschränkte Laufzeiten über das Wochenende (Samstag, teils auch Sonntag?)



WARMWASSER

klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at



- WW - Zentral inkl. Sporthalle

Warmwasser – ganze Jahr mit Strom	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Nutzenergie inkl. Sporthalle	0,4	0,6	0,8
Speicher	0,2	0,6	1,5
Zirkulationsverluste	1	2	4
Gesamt	1,6	3,2	6,3

- WW – Dezentral nur für Schultrakt

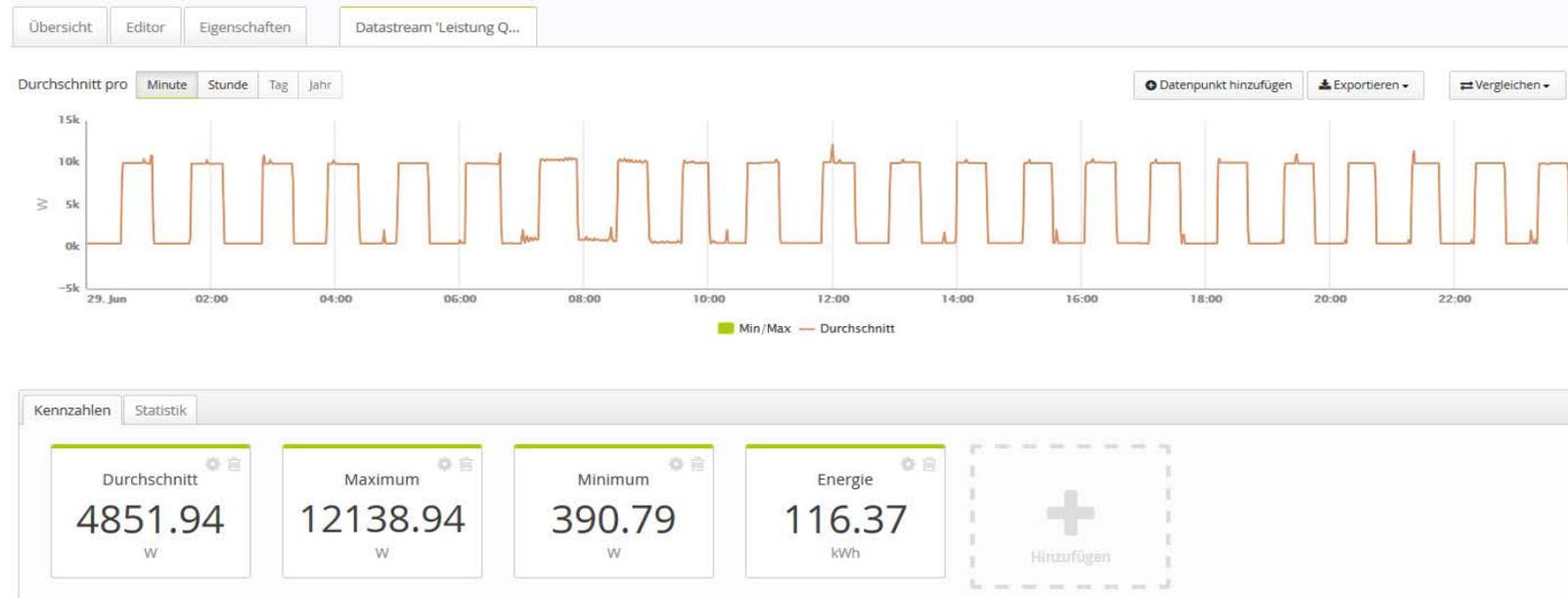
Warmwasser	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
El. Kleinspeicher nur für Schultrakt	0,4	0,6	0,8
El. Durchlauferhitzer nur für Schultrakt	0,1	0,15	0,25

Beispiel Zentrale WW-Bereitung inkl. Sporthalle



- Typischer Schultag im Sommer (Dienstag, 29.6.2016)

Datastream 'Leistung Q6 - Heizung Gesamt'



- Keine nennenswerten Verbräuche erkennbar

Beispiel Zentrale WW-Bereitung



- Typischer Sonntag in Sommerferien (3.7.2016)



- Differenz von Dienstag auf Sonntag (keinerlei Nutzung) ergibt 5 kWh Nutzenergie (5%)

Beispiel: Zentrale WW-Bereitung



- Ausnahmetag mit deutlich sichtbarem Verbrauch (Montag, 13.6.2016)

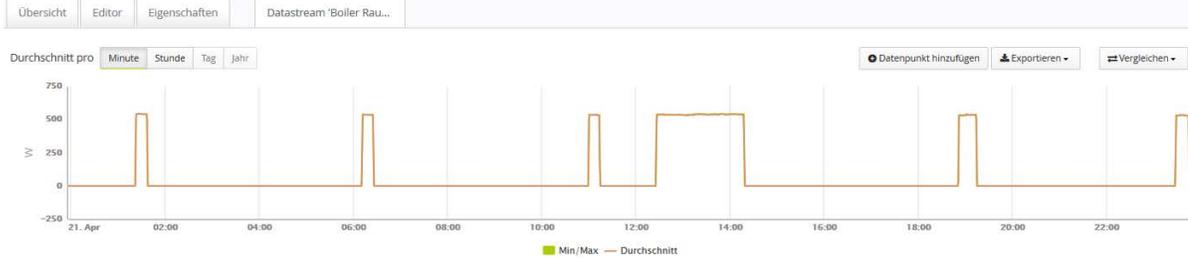


- Auch an einem Tag mit untypisch hoher Nutzung steigt der Nutzenergieanteil nur auf **ca. 30%**

Beispiel: Dezentrale WW-Bereitung (Kleinspeicher Reinigung)



Datastream 'Boiler Raum 301 W)' Di. 20.4.2016



Datastream 'Boiler Raum 301 W)' So. 24.4.2016



- Speicher nur 2x pro Woche genutzt (Di. und Fr.)
- Wochenbilanz: **73% Verluste**

Neubau/Sanierung:

- Kein WW in den Klassen und in den WC's
- Wasserspararmaturen
- Alle Kleinverbraucher mit Durchlauferhitzern (Reinigung, Bastelräume, Lehrerküche,..)
- Großverbraucher (Sporthalle) mit einem eigenem Speicher – möglichst ohne Zirkulation
- Ein Speicher in direkter Nähe zum Verbraucher und nicht im Heizraum
- Bestehende Mehrspeichersysteme können meist auf einen Speicher reduziert werden

Betriebsweise:

- Abschalten von zentralen Anlagen bei Ferien über 4 Tagen und spülen des Systems?

Tabelle 2 — Einteilung der Risikogruppen

Risiko- gruppe	Gefährdungspotential für Infektionen	Bereiche (Beispiele)
4	hoch	Krankenanstalten oder Bereiche von Krankenanstalten mit immunsupprimierten ^a Patienten
3	mittel bis hoch	Krankenanstalten oder Bereiche von Krankenanstalten, die nicht unter die Risikogruppe 4 fallen (zB Pflegeeinheiten, Normalstationen), Altenheime, Pflegeheime, Kuranstalten, Rehabilitationszentren, physikalisch-therapeutische Einrichtungen
2	gering bis mittel	Sportanlagen, Kasernen, Schulen, Bade- und Wellnesseinrichtungen, Fitnesscenter, Beherbergungsbetriebe (zB Hotels, Jugendheime), soweit sie nicht unter die Risikogruppe 3 fallen
1a	gering	Verwaltungsgebäude, öffentliche Gebäude
1b	gering	private Gebäude, Wohnanlagen

^a Immunsupprimierte Patienten können zB Patienten mit Chemotherapie, transplantierte Patienten oder Patienten mit einer Erkrankung des Immunsystems sein.

Tabelle 5 — Maßnahmen bei stark reduzierter Wasserentnahme für die Risikogruppe 2

Betriebszustand	Maßnahmen
Stark reduzierte Wasserentnahme bis zu 4 Tagen und Dauerbetrieb der Zirkulationspumpe sowie Funktion der Wärmebereitstellung	–
Stark reduzierte Wasserentnahme bis zu 4 Tagen bei unterbrochenem Betrieb der Zirkulationspumpe oder bei unterbrochener Wassererwärmung	Keine besonderen Maßnahmen erforderlich. Es wird jedoch der vollständige Wasseraustausch in dem von der Unterbrechung betroffenen Teil der Anlage empfohlen.
Unterbrechung 4 Tage bis 10 Wochen und Dauerbetrieb der Zirkulationspumpe sowie Funktion der Wärmebereitstellung	1) vollständiger Wasseraustausch der Anlage durch Öffnen aller Warmwasserarmaturen 2) anschließend Öffnen aller Kaltwasserarmaturen
Unterbrechung 4 Tage bis 10 Wochen bei unterbrochenem Betrieb der Zirkulationspumpe oder bei unterbrochener Wassererwärmung	1) vollständiger Wasseraustausch der Anlage durch Öffnen aller Warmwasserarmaturen 2) anschließend Öffnen aller Kaltwasserarmaturen

- Bis 4 Tage: Spülen empfohlen bei unterbrochener Wärmeversorgung (Zirkulation)
- Über 4 Tage: Spülen immer notwendig (Kalt- und Warmwasser)



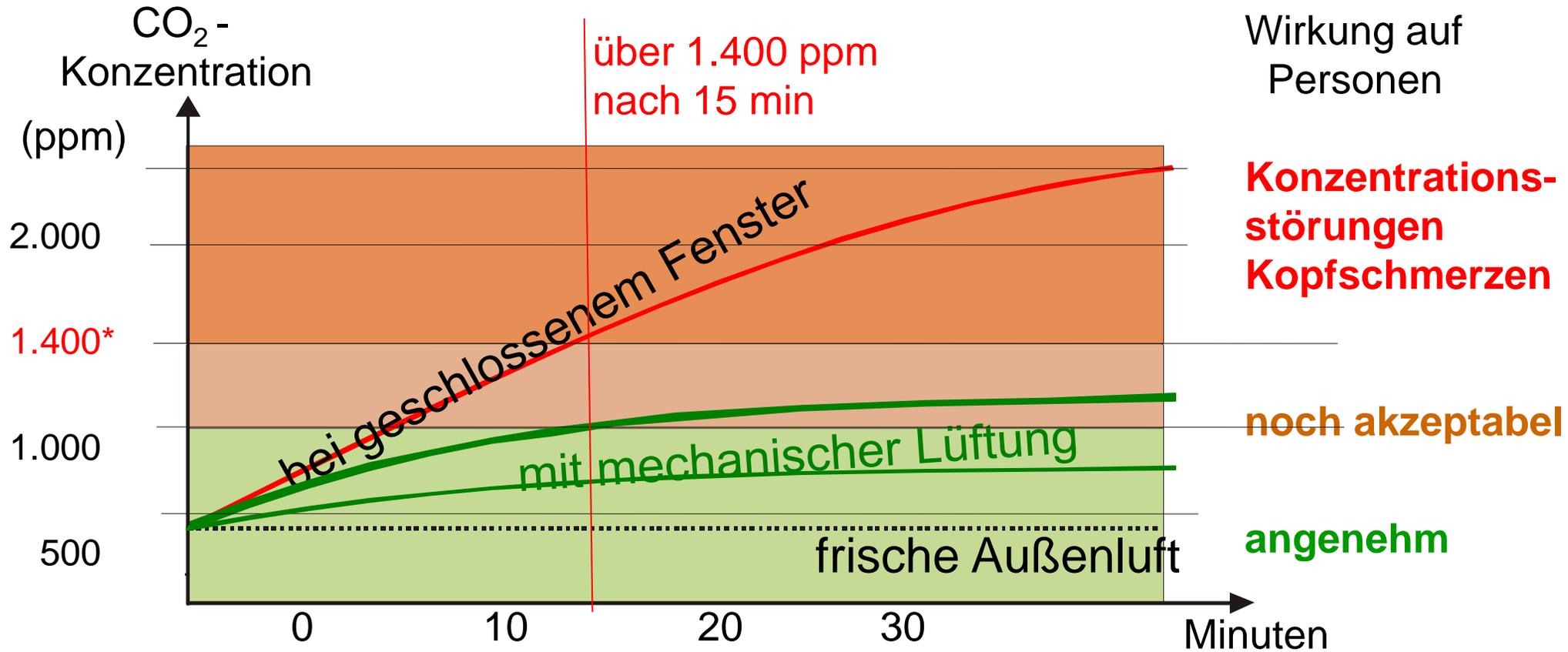
KLASSENZIMMERLÜFTUNG

klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at



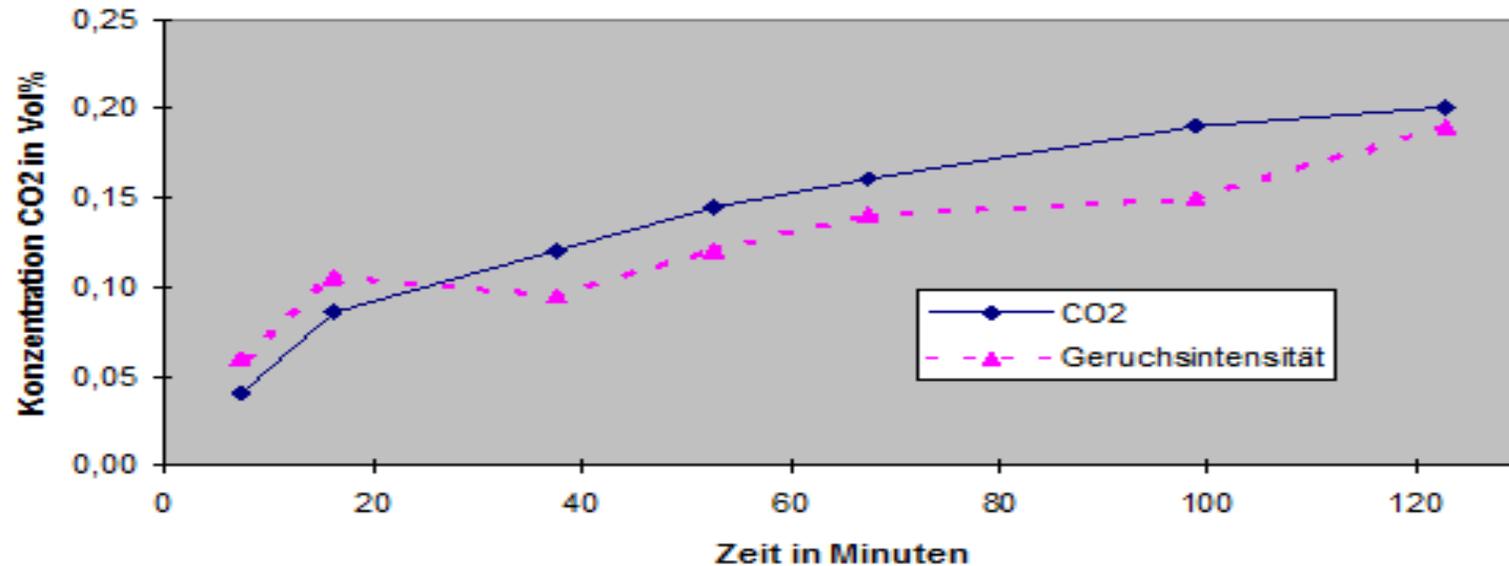
- Fensterlüftung im Winter nicht wirklich machbar um gute Luftverhältnisse zu erreichen (alle 15 min lüften)
- Staub, Ruß, Pollen etc. werden durch die Filter der Lüftungsanlage eliminiert (auch 50% des Feinstaubes PM1)
- Im Frühjahr/Sommer ist lüften aufgrund von Straßenlärm oft nicht möglich
- [Flyer Umweltbundesamt Deutschland](#)
- [Link Video \(Drexel und Weiss\)](#)

Lerngerechte CO₂-Konzentration



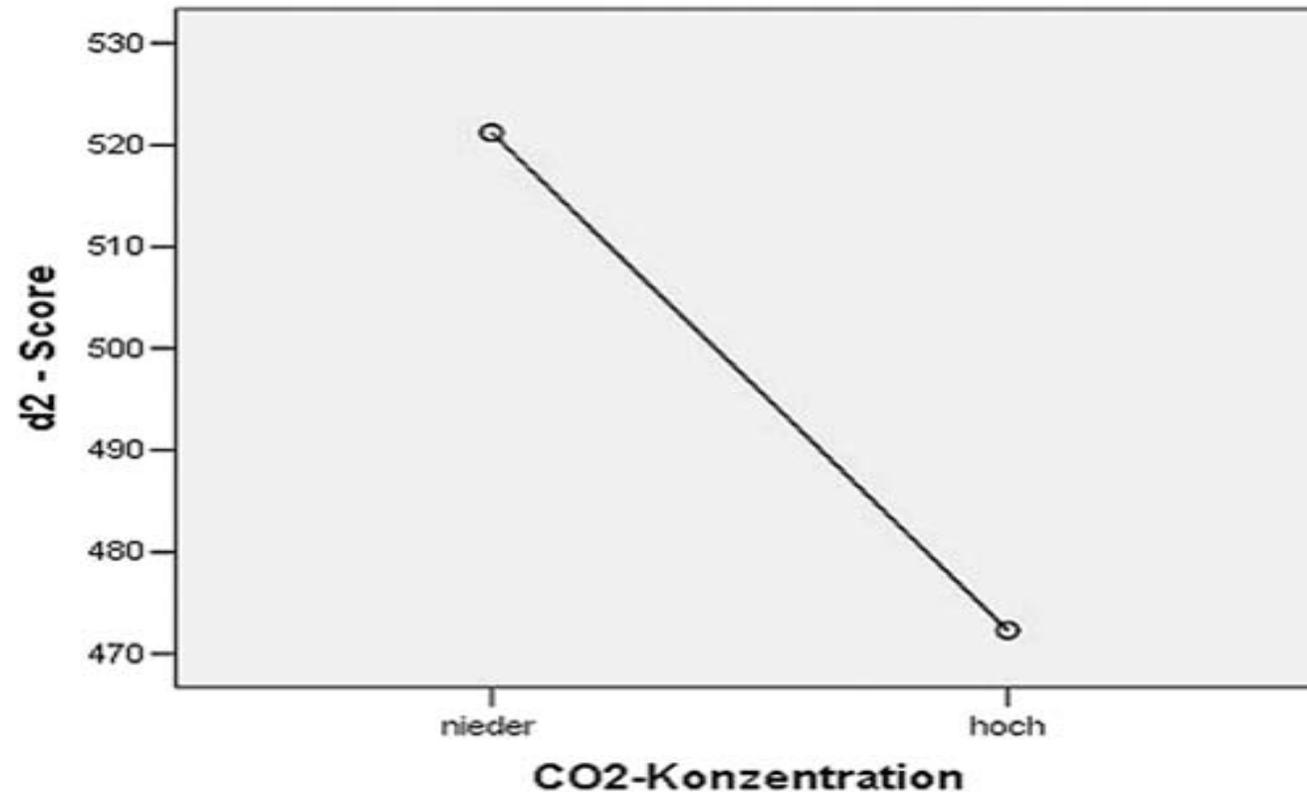
* Frühere Grenze BMLFUW für Klassenräume (nun 1.000 ppm)

- Geruchsbelastung und CO₂ gehen in Klassenzimmern einher
- Geringere CO₂ Belastung bedeutet auch geringere Geruchsbelastung



Quelle: IBO, Tappler)

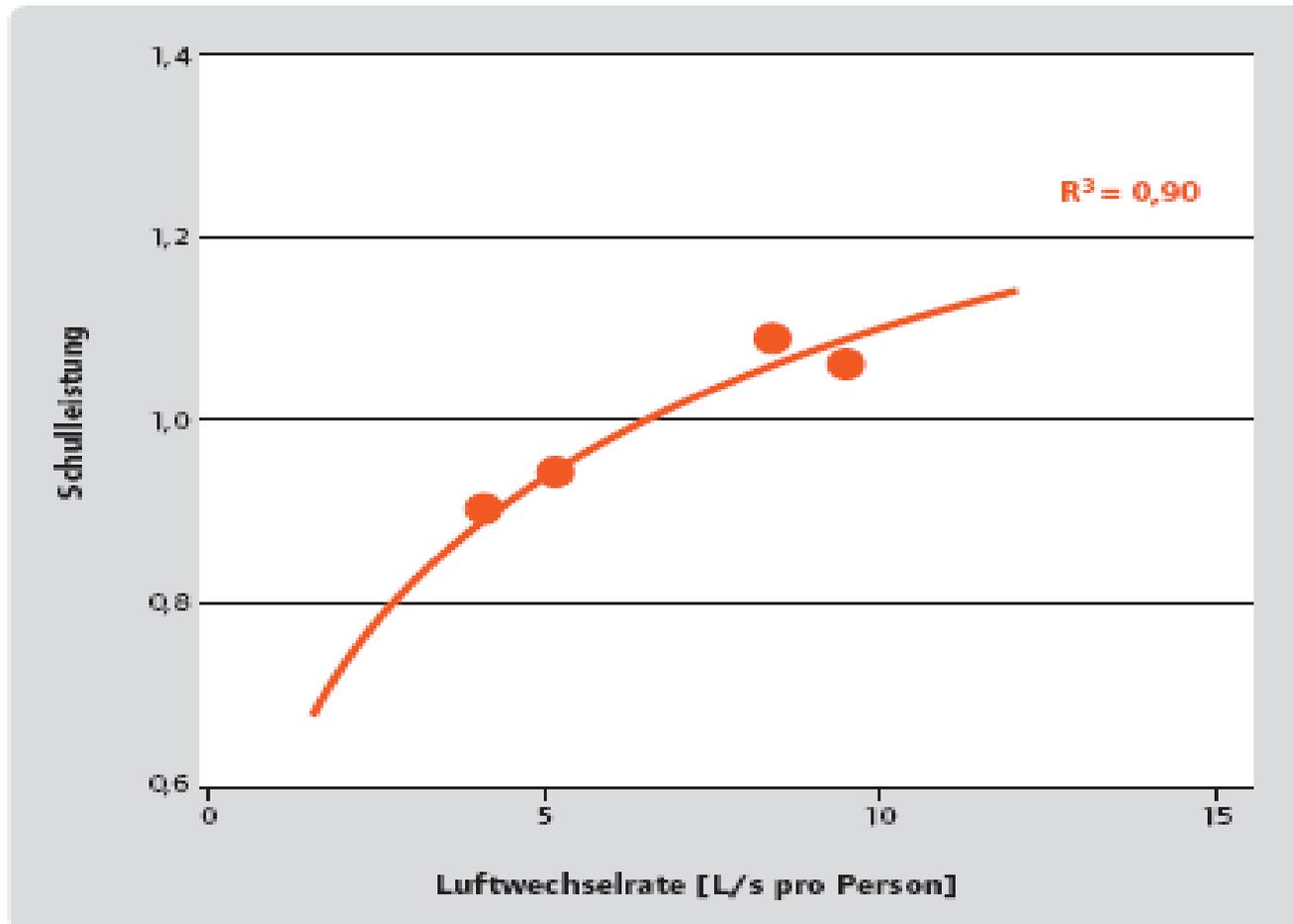
- Signifikante geringere Konzentrationsleistungen
- Deutliche Reduktion des Lernerfolgs bei hohen CO₂-Werten



Hohe CO₂-Werte: 3.300 bzw. 4.300 ppm
Niedrige CO₂-Werte: 870 bzw. 880 ppm

Quelle: Werner Ribic

- Leistung Schularbeit abhängig von Luftwechselrate



5 L/s = 18 m³/h
10 L/s = 36 m³/h

Quelle: Bjarne W.Ohlsen

Bei einer Studie in Deutschland bei der auch die physiologischen und psychologischen Aspekten untersucht wurden ergab:

Bei besserer Luftqualität verminderten sich:

- Arbeitsgeräuschpegel
- die Pulsfrequenz
- dysfunktionale Störungen (Verhaltensauffälligkeiten) und
- Disziplinierungen

Der Dialog Schüler-Lehrer war erhöht und die Beanspruchung, gemessen mittels Herzfrequenz, war erniedrigt.

Quelle: Tiesler

- Keimzahl und CO₂ gehen einher
- Krankheitsübertragung steigt mit CO₂ Gehalt
- Klasse mit 30 Personen (Untersuchung Rudnick und Milton 2003)

Grippeansteckungen:

- | | |
|-------------|-----------------|
| ■ 1.000 ppm | 5 Ansteckungen |
| ■ 2.000 ppm | 12 Ansteckungen |
| ■ 3.000 ppm | 15 Ansteckungen |



Subbotina Anna/shutterstock.com

Klassenzimmerlüftung



Klassenzimmerlüftung	ppm	ppm	ppm
Angestrebtes CO ₂ -Wert	1.400	1.000	800
Klassenzimmerlüftung	m ³ /h p.P.	m ³ /h p.P.	m ³ /h p.P.
Luftmenge pro Person	24	30	45
Klassenzimmerlüftung	(m ³ /h)/m ²	(m ³ /h)/m ²	(m ³ /h)/m ²
Luftmenge pro m ² BGF	1,2	1,5	2,25
Klassenzimmerlüftung	W/(m ³ /h)	W/(m ³ /h)	W/(m ³ /h)
Spezifische Ventilatorleistung	0,45	0,6	0,75
Klassenzimmerlüftung	W/m ² BGF	W/m ² BGF	W/m ² BGF
Spezifische Leistung pro m ² BGF	0,6	1,0	1,9

Verbrauch steigt mit Luftqualität

Inkl. Filterverschmutzung

Klassenzimmerlüftung



Vollaststunden pro Jahr	1200	1600	2000
-------------------------	------	------	------

Klassenzimmerlüftung	kWh/m² BGF	kWh/m² BGF	kWh/m² BGF
-----------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------

Zentral und Dezentral (ganzjährig)	0,7	1,6	3,8
------------------------------------	-----	-----	-----

Vollaststunden Nachtkühlung	300	500	700
-----------------------------	-----	-----	-----

Nachtlüftung mit Klassenzimmerlüftung	kWh/m² BGF	kWh/m² BGF	kWh/m² BGF
--	------------------------------	------------------------------	------------------------------

Zentral und Dezentral	0,20	0,50	1,3
-----------------------	------	------	-----

Kühlwirkung wird meist überschätzt

- Empfehlung: Keine Nachkühlung mit der Lüftung – bzw. nur in Ausnahmefällen
- besser Grundwasser + Fußbodenheizung

Einordnung Kühlenergiebedarf	kWh/m ³	kWh/m ³	kWh/m ³
------------------------------	--------------------	--------------------	--------------------

Außeninduzierte Kühlbedarf nach OIB	0	0,5	1
-------------------------------------	---	-----	---

Einordnung Kühlenergiebedarf	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
------------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

Berechnung nach PHPP	5	10	15
----------------------	---	----	----

Kühlung	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
---------	------------------------	------------------------	------------------------

Kühlung mit Grundwasser	0,06	0,3	0,8
-------------------------	------	-----	-----

Strom für Solepumpe der WP (bzw. passive Kühlung)	0,03	0,17	0,48
---	------	------	------

Kühlung mit Kältemaschine der Sole WP	1,4	3,3	6,0
---------------------------------------	-----	-----	-----

Strom für rev. Außenluftwärmepumpe	2	5	10
------------------------------------	---	---	----

Strom für Kälteverteilung (z.B. FBH)	0,04	0,24	0,60
--------------------------------------	------	------	------

Strom für Kühlregister Lüftung	0,004	0,03	0,08
--------------------------------	-------	------	------

- Vollkühlung mit Grundwasser ist im Schnitt schon mit 0,5 kWh/m² BGF möglich

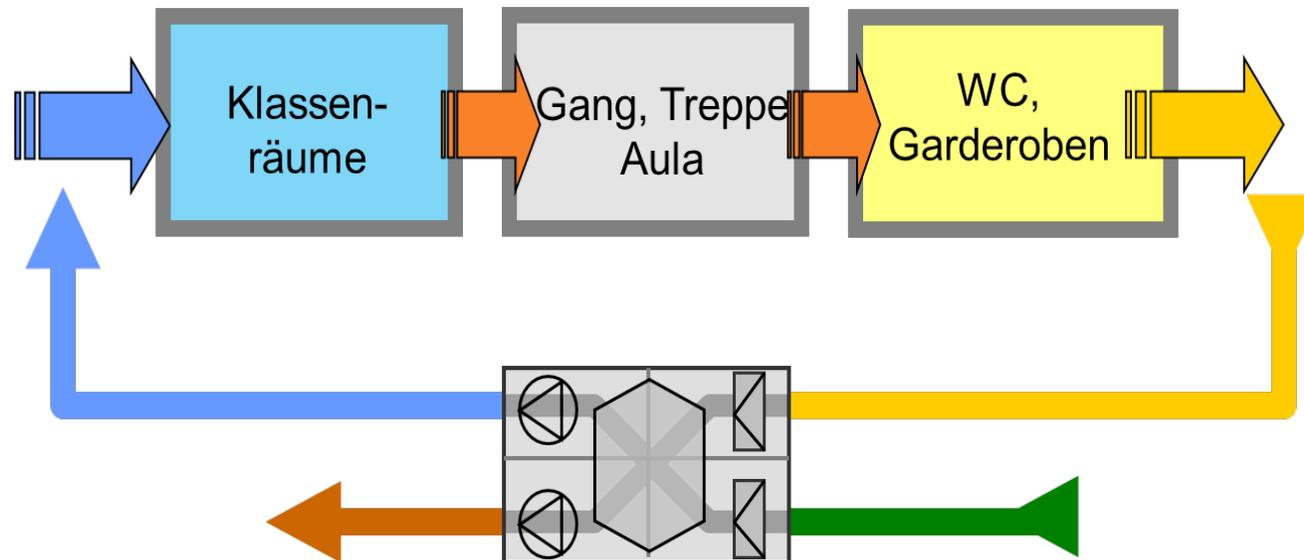
- Auslegung auf max. 1.000 ppm CO₂
- Optimierte Kaskadenlüftung (inkl. Gängen, Garderoben, WC, Aula,..)
- Wenn möglich zentrale Lösung (Investitionskosten, Wartungskosten, Filterwechsel,...)
- Dachzentralen bevorzugen (kein Platzbedarf, geringere Druckverluste,...)
- Max. spez. el. Leistungsbedarf 0,45 W/(m³/h)
- Variable Druckregelung
- CO₂-Regelung für Klassenräume (Sporthallen bzw. Umkleidebereiche eher VOC-Regelung)

Betriebsweise:

- Nachtlüftung nur sparsam einsetzen

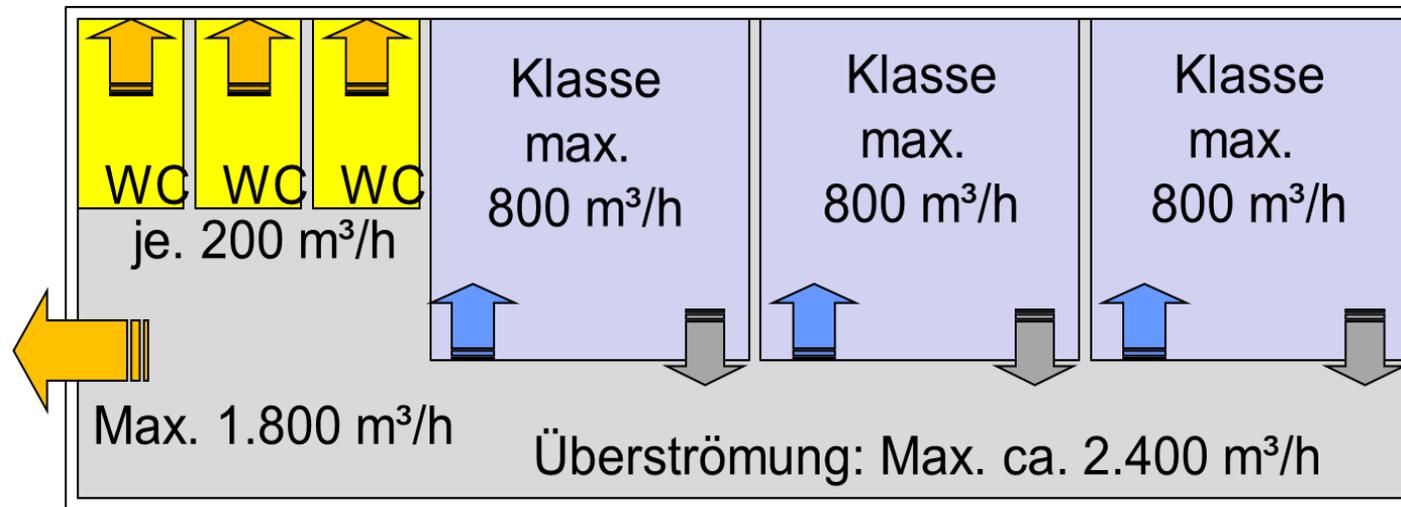
- Kaskade entscheidend für geringe Luftmengen- bzw. Strombedarf

Zuluftbereich - Überströmbereich - Abluftbereich



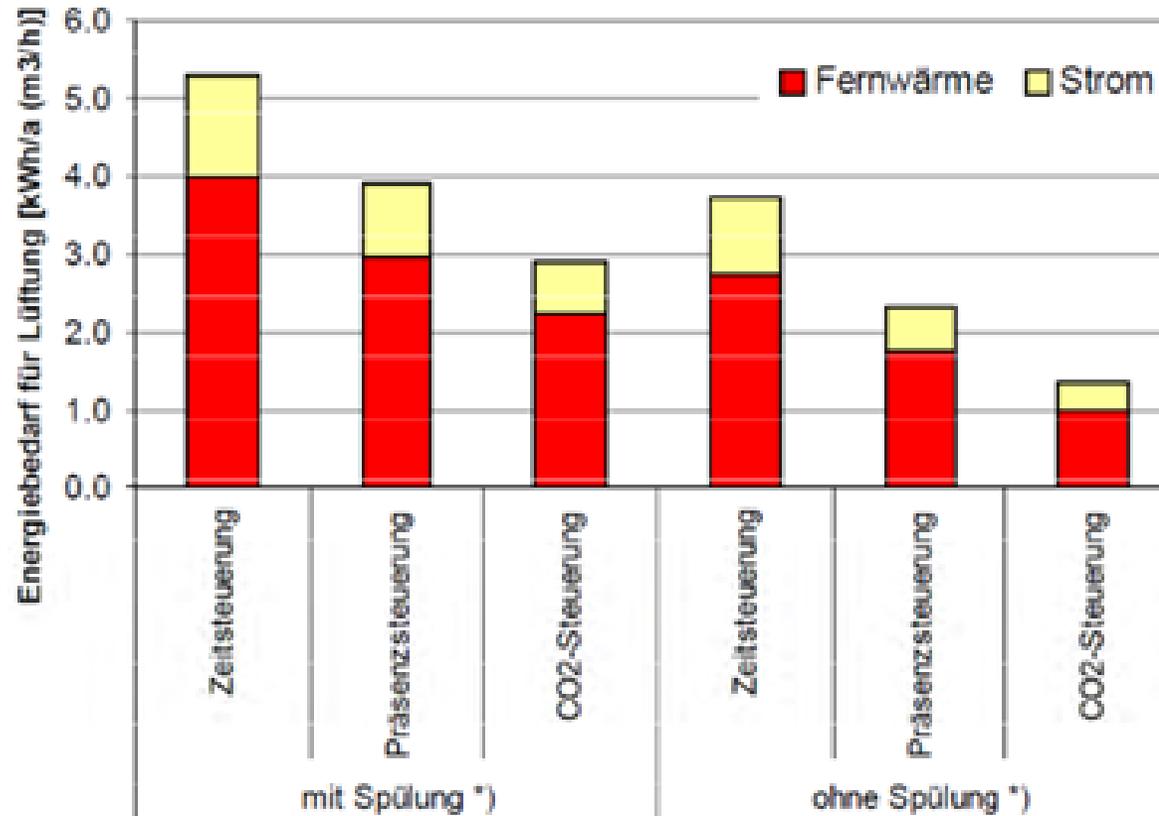
- Optimierte Kaskade, CO₂-Regelung und Lüftungsgeräte mit Feuchterückgewinnung verhindern trockene Raumluft.

- Max. Luftmenge inkl. Kaskade: 2.400 m³/h
- Max. Luftmengen ohne Kaskade: 2.400 + 3 x 200 (WC) = 3.000 m³/h
- Erhöhung der Luftmenge ohne Kaskade: 25%



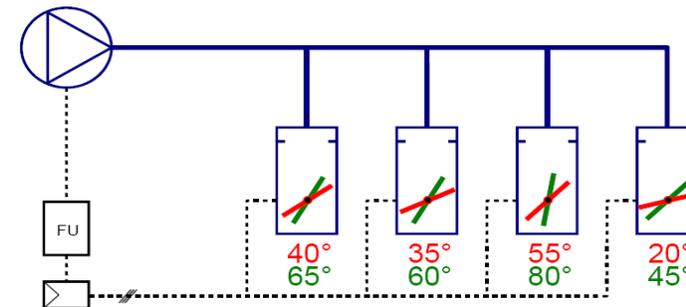
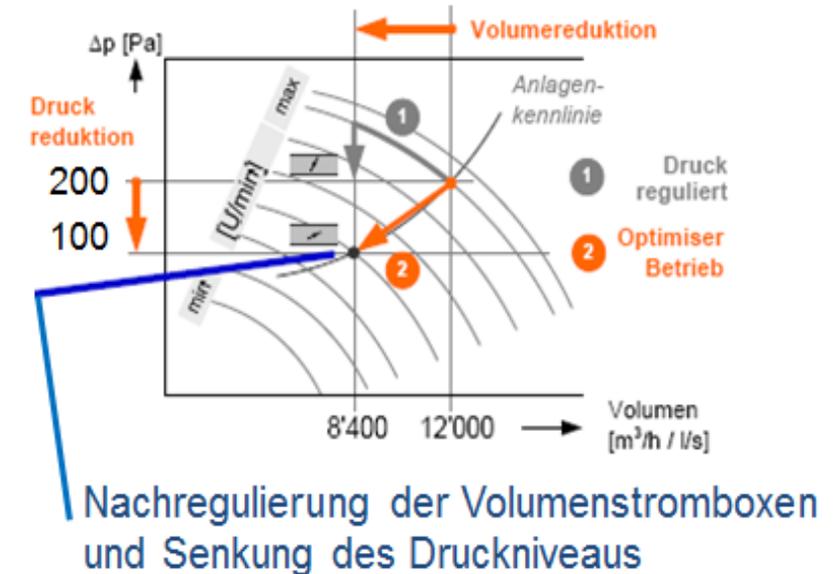
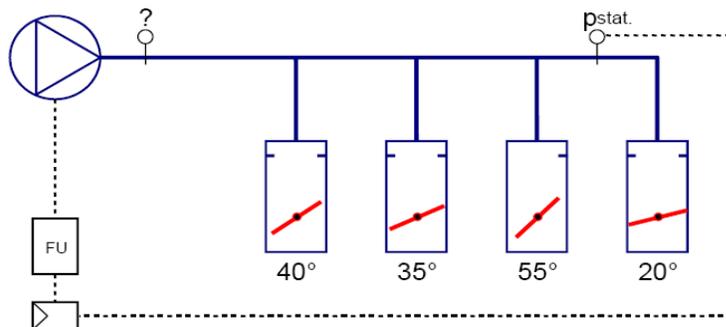
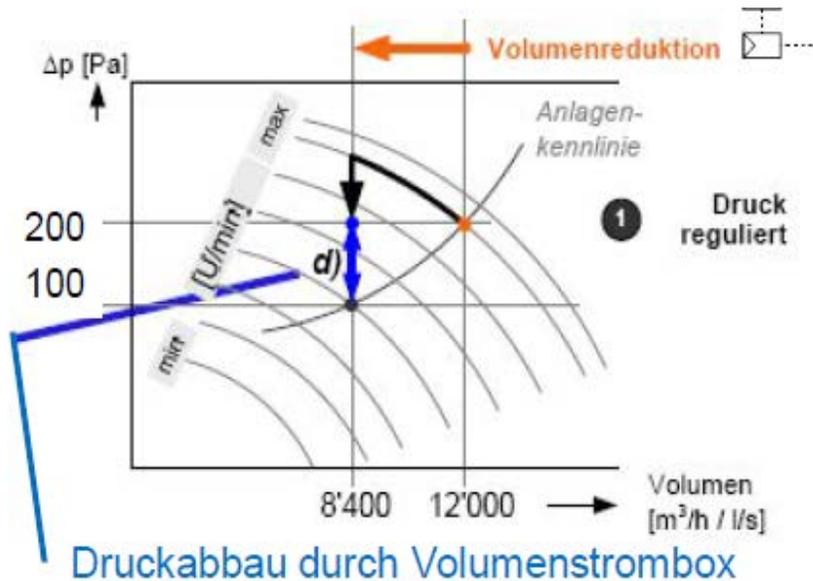
- Der Luftmengenvorteil der Kaskade ist in Schulen insgesamt noch deutlich höher, wenn man die Belüftung von Gänge, Garderoben, Aula, etc. auch noch extra ansetzen würde.

- CO₂-Regelung und variable Druckregelung in Schulen essentiell für stromsparenden Betrieb



Quelle: „BIGMODERN Subprojekt 5: Machbarkeitsanalysen innovativer technischer Lösungen“

- Variable Druckregelung mit CO₂-Regelung spart in Schulen ca. 30 - 50% Strom



(Quelle: Belimo)

Stromverbrauch sonstige Haustechnik



Sonstige Haustechnik	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Dachrinnenheizung, Gullyheizungen	0	0,75	1,5
Lifte	0,05	0,1	0,4
Brandschutz (ca. 20 W normal zu vernachlässigen)	0,03	0,05	0,07
Bussysteme* (ca. 0,25 W pro Aktor)	0,05	0,07	0,09
Schließsysteme (ca. 20 W normal zu vernachlässigen)	0,03	0,05	0,07
Hebeeinrichtungen (normal zu vernachlässigen)	0	0	0
Automatische Schiebetür (zu vernachlässigen)	0	0	0
Zeiterfassung für Reinigung (ca. 5 W)	0	0	0
Parkplatzschranken (ca. 12 W)	0	0	0
Parkscheinautomat (ohne Heizung)	?	?	?
Parkscheinautomat (im Freien, Heizung 1,0 kW)	?	?	?
Gesamt	0,15	1,1	1,8

Anzahl der Aktoren pro m² BGF?

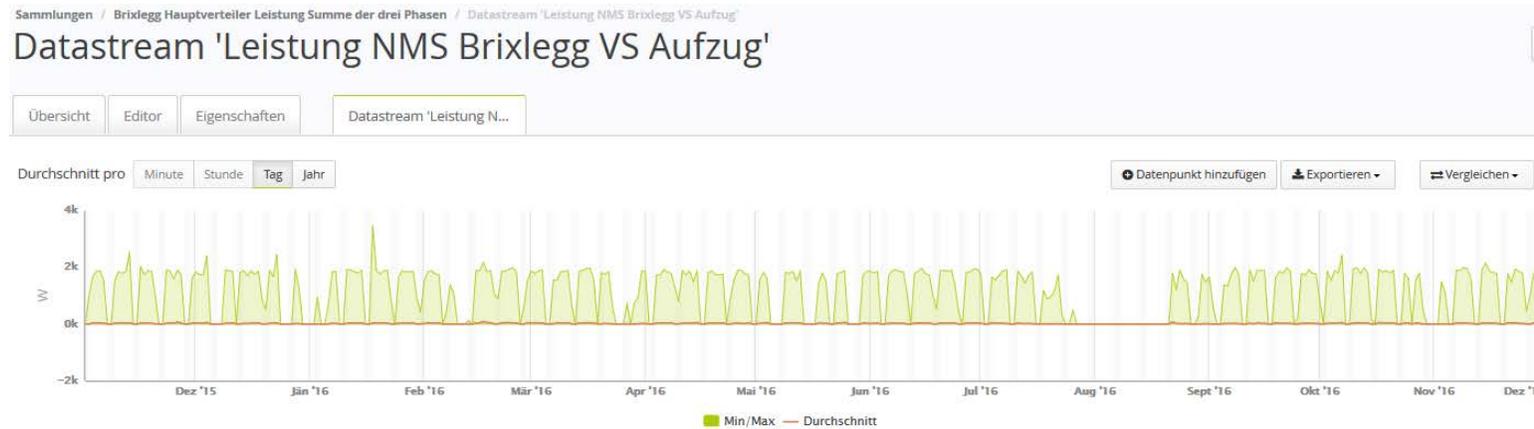
Wenn es sich um einzelne WC's handelt

- Dachrinnenheizungen und Gullyheizungen sind bei sanierten Gebäuden meist nicht (mehr) nötig



- Wenn doch nötig: auch von Feuchte abhängig steuern – nicht nur von der Temperatur
- Dachrinnenheizung kann über 20% des Gesamtstromverbrauches ausmachen!

- Aufzug spielt vom Energieverbrauch normalerweise keine besondere Rolle



Beleuchtung – Getrennt zu betrachten



komfortlüftung.at
gesund & energieeffizient

- Klassentrakt
- Sporthalle
- Notbeleuchtung
- Außenbeleuchtung

- Belichtungsstärke an die Nutzung anpassen – Empfohlene Belichtung aus der Schulbaurichtlinie

Küchen, Räume für technisches und textiles Werken	500 Lux
Tafelbeleuchtung	500 Lux („grün“), 300 Lux wenn weiß
Vorbereitungs- und Übungsräume	500 Lux
Zeichensäle	500 Lux
Bibliothek, Computerübungsräume	300 Lux
Direktion, Administration, Beratung	300 Lux
Unterrichtsräume, Laboratorien, Werkstätten	300 Lux
Turnsaal	200 Lux (500 Lux für Wettkampfsport)
Aula und Pausenzonen	200 Lux
Treppen	150 Lux
Archiv/Sammlungen	100 Lux
Verkehrsflächen, Flure	100 Lux
Sanitärräume und Garderoben	100 – 200 Lux
Zugangswege	5 – 10 Lux

Beleuchtung - Klassentrakt



Beleuchtung – Klassentrakt (Gesamt)	Lux	Lux	Lux
Beleuchtungsstärke (Durchschnitt)	250	300	350
Beleuchtung – Klassentrakt	Lumen	Lumen	Lumen
Lichtstrom (Durchschnitt)	300	360	420
Beleuchtung Klassentrakt	W/m² BGF	W/m² BGF	W/m² BGF
Spez. Beleuchtungsleistung exkl. VG	3	7,2	10,5
Beleuchtung Klassentrakt	W/m² BGF	W/m² BGF	W/m² BGF
Spez. Beleuchtungsleistung inkl. VG	3,2	7,9	12
Vollaststunden	600	800	1000
Beleuchtung – Klassentrakt	kWh/m² BGF	kWh/m² BGF	kWh/m² BGF
Klassentrakt ohne Standby	1,9	6,3	12

Für die gerichtete Lichtausbeute wurde angesetzt:

- LED 100 Lumen/Watt
- Leuchtstoffröhren T5 HE* 50 Lumen/Watt
- Leuchtstofflampen T8 (bzw. T5 HO**) Röhren mit 80 W) 40 Lumen pro Watt

*HE: High Efficiency; **HO: High Output

Beleuchtung - Klassentrakt



Beleuchtung Klassentrakt (Gesamt)	W/m² BGF	W/m² BGF	W/m² BGF
Spez. Standby Leistung	0,1	0,25	0,5
Standby Stunden	7.760	7.960	8.260
Beleuchtung – Klassentrakt (Gesamt)	kWh/m² BGF	kWh/m² BGF	kWh/m² BGF
Standby EVG, Gateway, Dimmer, Lichtsensor,..	0,7	2	4

Für die drei Kategorien „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ wurden folgende Ausstattungsmerkmale hinterlegt:

1. Bussystem mit Standby
Vermeidung oder nicht dimmbare Leuchten
2. Bussystem mit Standby
Vermeidung und dimmbaren Leuchten
3. Bussystem ohne Standby
Vermeidung mit dimmbaren EVG's

Beleuchtung - Sporthalle



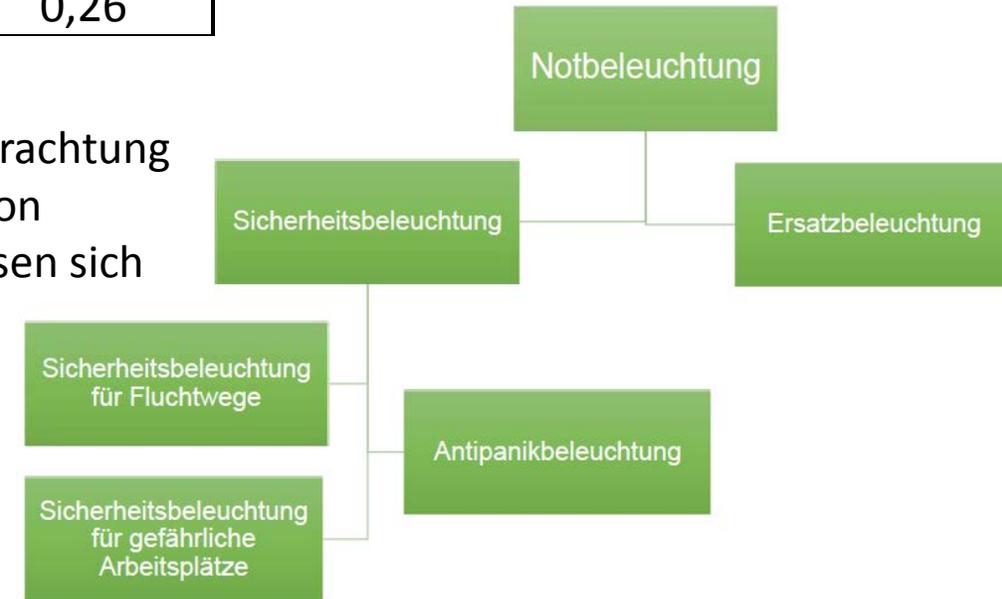
Beleuchtung – Sporthalle	Lux	Lux	Lux
Belichtungsstärke (Durchschnitt)	200	350	500
Beleuchtung – Sporthalle	Lumen	Lumen	Lumen
Lichtstrom (Durchschnitt)	240	420	600
Beleuchtung Sporthalle	W/m ² BGF	W/m ² BGF	W/m ² BGF
Spez. Beleuchtungsleistung	2,4	8,4	15
Beleuchtung Sporthalle	W/m ² BGF	W/m ² BGF	W/m ² BGF
Spez. Beleuchtungsleistung inkl. VS	2,5	9,2	17,3
Vollaststunden	500	1000	1500
Beleuchtung – Sporthalle	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Stromverbrauch ohne Standby	1,2	9,2	26

Gesamtleistung Beleuchtung Sporthalle oft der größte Einzelverbraucher

Nutzung bzw. Tageslichtsteuerung

Notbeleuchtung Klassentrakt (Gesamt)	W/m ² BGF	W/m ² BGF	W/m ² BGF
Spezifische Beleuchtungsleistung	0,06	0,10	0,26

Aus den Berechnungen der gesperrten Diplomarbeit „Differenzierte Betrachtung des LENI-Beleuchtungsenergiebedarfs mit dem Ziel der Bewertbarkeit von Notbeleuchtungssystemen, Mittweida, 2016 von Ing. David Canaval, lassen sich folgende Benchmarks ableiten. Verbrauchswerte inkl. Vorschaltgeräten, Kommunikationsmodulen und Erhaltungsladung der Batterien.



Notbeleuchtung – Klassentrakt (Gesamt)	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Notbeleuchtung	0,3	1,0	2,5

Vergleich:
Gute Lüftung ca. 1,6 kWh/m²

Außenbeleuchtung	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Außenbeleuchtung	0,03	0,3	0,8

- Sehr individuell
- Keine eigenen Tarifizähler für Außenbeleuchtung (hoher spezifischer Strompreis)

Allg. Beleuchtung:

- Neue Beleuchtung nur mit LED's (und Tageslichtsteuerung)
- Standby Vermeidung bei Bussystemen bzw. dimmbaren Systemen
- Bewegungsmelder (zumindest in Gangbereichen) mit Tageslichtsensor verknüpfen
- Verwendung von HE (High Efficiency) statt HO (High Output) Leuchtstoffröhren
- LED-Tubes Umrüstung – nur bei Leuchten ohne Spiegel bzw. mit konventionellen EVG's einfach möglich

Sporthalle:

- Wirtschaftlichkeit des Tausches auf LED sehr von Nutzung abhängig

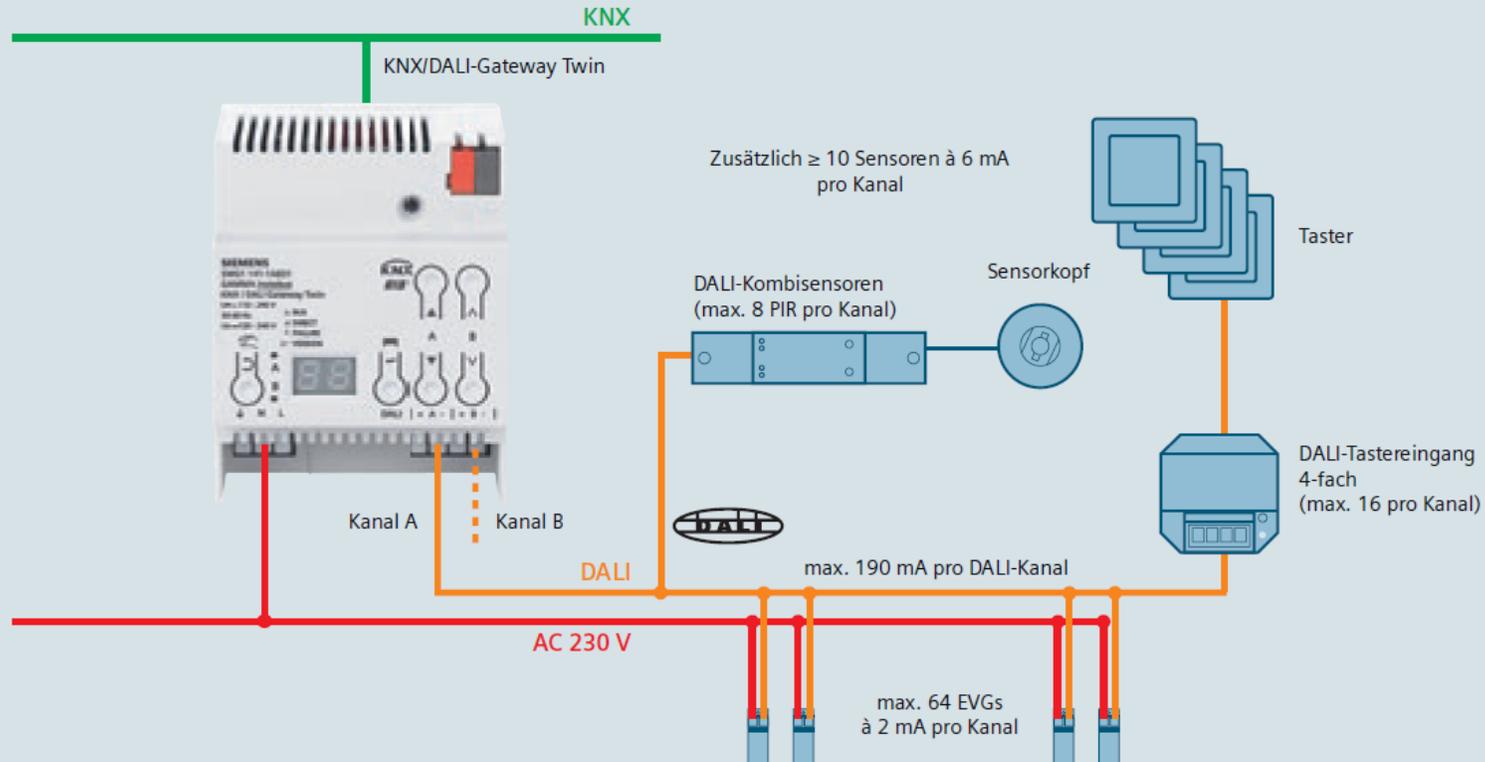
Außenbeleuchtung:

- LED, Dämmerungsschalter mit Zeitschaltuhr bzw. Bewegungsmelder

Notbeleuchtung:

- LED-Systeme (1 W/Leuchtpunkt)
- Systeme ohne mechanische Belüftung der Batterie
- Die Nutzungsdauer lässt sich in Schulen unter Einhaltung der Norm verkürzen (Dämmerung, Nutzungszeiten)

Beleuchtungssteuerung mit DALI



Die Spezifikation der DALI-Kommunikationsschnittstelle ist in der internationalen Norm IEC 62386 festgelegt.

Die Adressierung der einzelnen EVGs im System erfolgt entweder auf Basis der Kurzadresse (individuelle Ansteuerung) oder auf Basis einer DALI-Gruppenadresse (Gruppenadressierung). Zu diesem Zweck können beliebig viele EVGs einer Linie in bis zu 16 DALI-Gruppen eingeordnet werden.

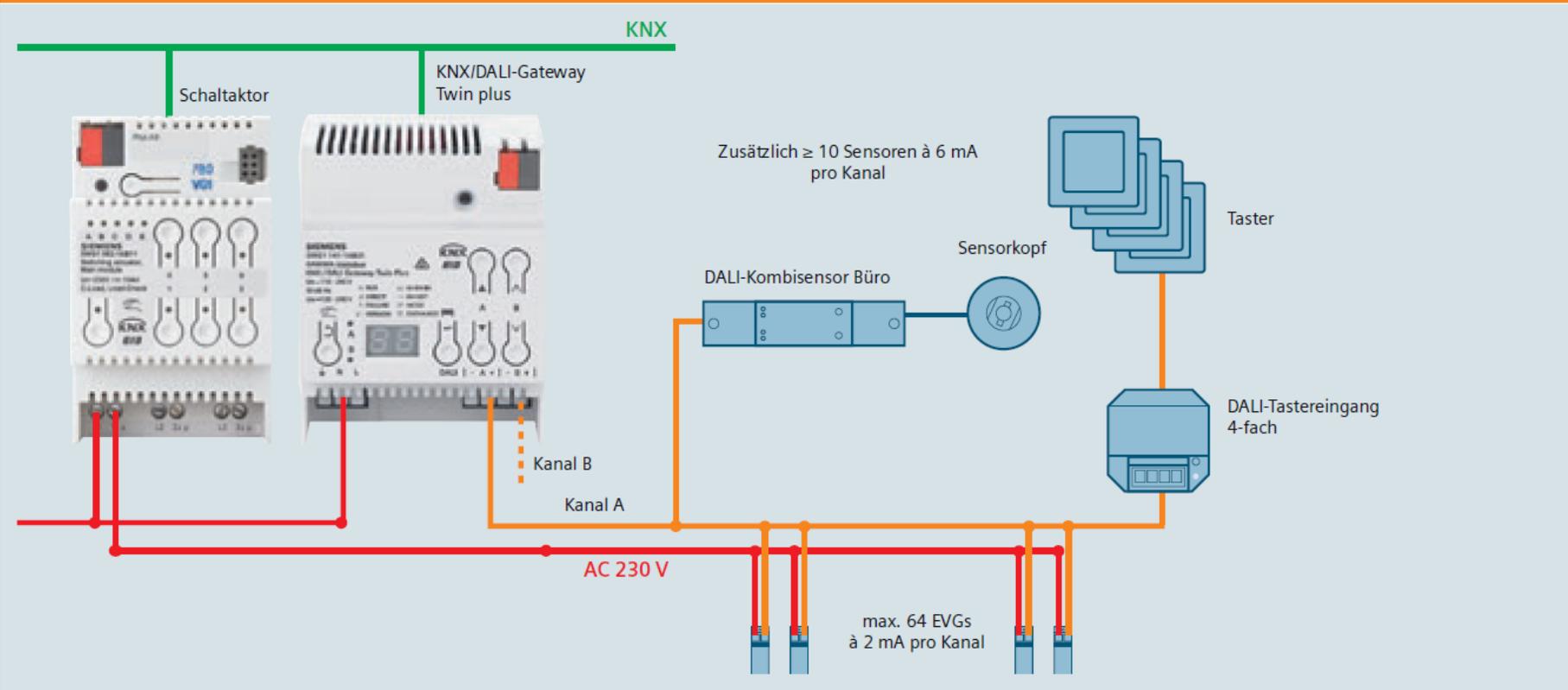
- Leuchten sind im ausgeschaltetem Zustand nicht Stromlos – 0,15 bis 3,5 W/Leuchte

Quelle: siemens.de/gamma

Beleuchtung mit Bussystemen – zusätzlicher Aktor für höhere Stromeffizienz



Stand-by-Abschaltung für höhere Energieeffizienz



Gewöhnlich benötigen Leuchten mit EVG auch bei ausgeschalteter Beleuchtung beziehungsweise im Stand-by-Betrieb einen Ruhestrom. Dieser Energieverbrauch summiert sich und kann mittels dem KNX/DALI-Gateway Twin plus durch eine automatische Abschaltung der Spannungsversorgung für die EVGs eingespart werden.

Nach Abschaltung der Beleuchtung und sobald alle EVGs in einem definierten Bereich nicht zur Beleuchtung benötigt werden, können die EVGs über einen Ausschaltbefehl von einem entsprechend gesteuerten Schaltaktor von der Spannungsversorgung getrennt werden. Wenn eine oder mehrere Leuchten in Betrieb sind, wird zunächst die Spannungsversorgung des EVG durch den Schaltaktor wiederhergestellt und die Leuchte durch das Gateway auf den benötigten Helligkeitswert gedimmt.

- Leuchten werden durch Aktor stromlos geschaltet bis eine Leuchte eingeschaltet wird

Quelle: [siemens.de/gamma](https://www.siemens.de/gamma)

- Nur einfach bei Nebenleuchten (ohne Reflektor) mit konventionellem Vorschaltgerät (KSV) – ca. €8,-- /Tube bei größeren Stückzahlen – genaugenommen verlieren die Leuchten aber dadurch auch ihre Zulassung
- Bei Spiegelrasterleuchten verändert sich das Lichtfeld durch die LED-Tubes
- Bei Leuchten mit elektronischen Vorschaltgerät (EVG) benötigt es einen Umbau der Leuchte bzw. spezielle LED Tubes für EVG (ca. €25/ Stück)

Quelle: IEC 62386

EDV	Stk./m ² BGF	Stk./m ² BGF	Stk./m ² BGF
Anzahl an Computern	0,01	0,015	0,02

Die Leistung pro Computer inkl. Bildschirm wird folgendermaßen den drei Kategorien zugeordnet.

1. Laptops
2. Computer und Bildschirme mit durchschnittlichem Stromverbrauch
3. Computer und Bildschirme mit hohem Stromverbrauch

EDV - Nutzung	W/Stk.	W/Stk.	W/Stk.
Leistung pro PC mit Bildschirm, inkl. Nebengeräte	50	150	200

EDV - Nutzung	W/m ² BGF	W/m ² BGF	W/m ² BGF
PC's inkl. Bildschirm und Nebengeräte	0,5	2,2	4

EDV Nutzung	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
PC's inkl. Bildschirm und Nebengeräte	0,3	1,3	3,2

EDV - Standby



EDV Standby	W/Stk.	W/Stk.	W/Stk.
Leistung pro PC mit Bildschirm, inkl. Nebengeräte	1	6	10

EDV Standby	W/m ² BGF	W/m ² BGF	W/m ² BGF
PC's inkl. Bildschirm und Nebengeräte	0,01	0,07	0,2

Bei der Standbyzeit wurde folgender Ansatz für die drei Klassen gemacht:

1. Zentralschalter bzw. schaltbare Steckerleisten (nur angeschaltet für Updates)
2. Computer werden in den Ferien bzw. teilweise übers Wochenende ausgesteckt
3. Keine Standby-Vermeidung

Stunden Standby	1000	5000	8000
-----------------	------	------	------

EDV Standby	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
PC's inkl. Bildschirm und Nebengeräte	0,01	0,35	1,6

Problem Standby wird durch EU-Geräte-Vorgaben bei Neugeräten fast vernachlässigbar

Beispiel EDV



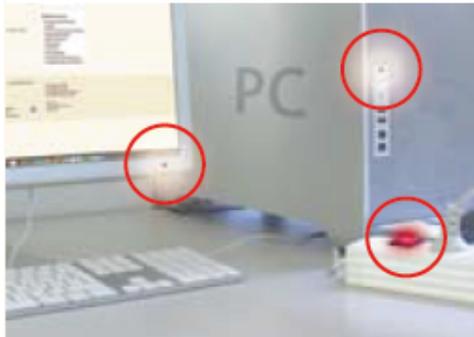
Anzahl Schultage: 200				Stand By:	Betrieb:	gemessen		berechnet		
				Wirkleistung	Wirkleistung	kWh	kWh	Schultage	freie Tage	
Bezeichnung Gerät:	Type:	Standort(e):	Anzahl	W	W	pro Schultag	pro freien Tag	kWh	kWh	
Kopierer	Bizhub 430	Kopierraum	1	40	250	0,70	0,00	140	0	
Sekreteriat Arbeitsplatz	1PC 2Bildschirme 2Switch	Sekreteriat	2	12	100	0,62	0,14	248	46	
Drucker	Epson LP4130	EDV 3N	8	0	48	0,06	0,03	96	40	
PC	Laptop Fujitsu	Physikraum	17	0	30	0,02	0,00	68	0	
PC Fujitsu	Esprimo P510	EDV 3N	50	25	230	1,20	0,64	12 000	5 280	
EDV Schrank E10st	Diverses		1	71	71	1,73	1,73	346	285	
Lüftung Serverschrank		Serverraum	1	139	139	3,26	3,26	652	538	
Server und Serverschrank		Serverraum	1	320	320	7,41	7,41	1 482	1 223	
Bildschirm	Fujitsu P510	Klasse 3b	14	0	19	0,37	0,00	1 036	0	
PC	PC Fujitsu	Klasse 3b	14	0	200	1,00	0,00	2 800	0	
						Summe:	16,37	13,21	18 868	7 412
									Gesamt:	26 280

Für die gesamte EDV-Ausstattung inkl. Server, Drucker, Scanner, Kopierer ergibt sich ein Verbrauch von 3,36 kWh/m²BGF.

Off ist nicht aus!



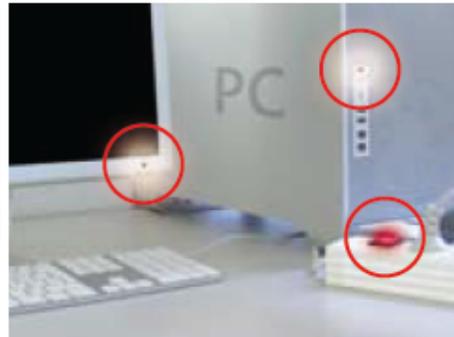
komfortlüftung.at
gesund & energieeffizient



Typische Leistungsaufnahme: 80 W

On-Modus (Ein-Zustand / Normalbetrieb):

Das Gerät erfüllt seine eigentliche Hauptfunktion, die Leistungsaufnahme ist am höchsten.



Typische Leistungsaufnahme: 3 – 5 W

Sleep-Modus (Ruhezustand / Bereitschaftsbetrieb):

Zustand mit verringerter Leistungsaufnahme. Das Gerät ist betriebsbereit und befindet sich in "Warteposition", durch eine Eingabe kehrt es in den Betriebszustand zurück



Typische Leistungsaufnahme: 1 – 2 W

Off-Modus (Schein-Aus-Zustand / Standby-Betrieb):

Das Gerät wurde abgeschaltet, verbraucht aber immer noch Strom über ein externes Netzteil oder einen Trafo (Zustand mit der geringsten, vom Nutzer nicht ausschaltbaren Leistungsaufnahme).



Typische Leistungsaufnahme: 0 W

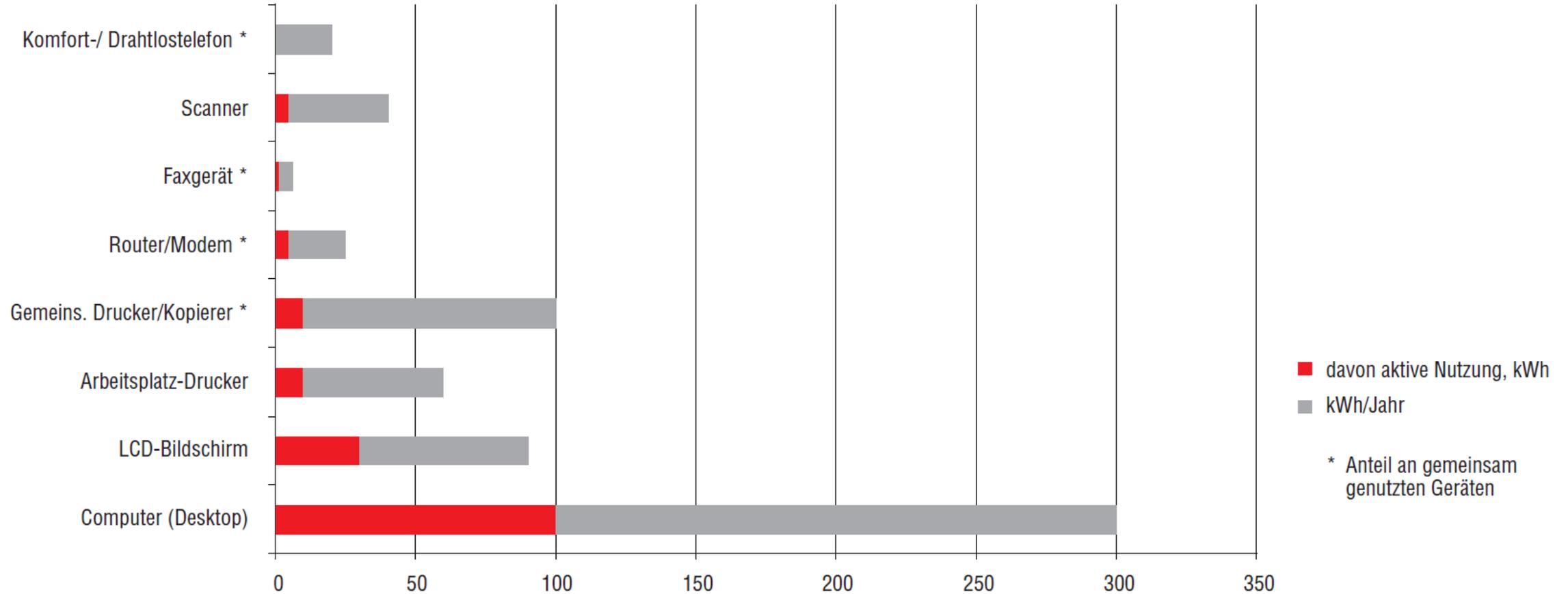
Aus-Zustand:

Das Gerät verbraucht keinen Strom, es wurde vollständig vom Stromnetz getrennt.

Wake on LAN für Updates ist auf hohe Energieeffizienz hin zu konfigurieren (S3 bis S5)

Quelle: OÖ Energiesparverband – Strom sparen in der Schule

EDV Anteil aktive Nutzung (Büro bzw. Direktion)



Quelle: Schweizer Agentur für Energieeffizienz – Stromsparen am Arbeitsplatz

Beispiel EDV



CosPhi bei Messung mit Klappwandlern beachten!

Gerät	Watt	VA	CosPhi
Laptop Bestand (Ausgeschaltet)	0,5	21,0	0,02
Laptop Bestand in Betrieb (Mittelwert)	21,0	32,0	0,66
Computer Neu (ausgeschaltet)	0,6	10,0	0,07
Computer Neu im Betrieb (Mittelwert)	80,0	85,6	0,93
Computer älterer Bestand (ausgeschaltet)	3,8	7,1	0,54
Computer älterer Bestand im Betrieb (Mittelwert)	150,0	187,0	0,80
Flachbildschirm 20" Neu (ausgeschaltet)	0,2	8,3	0,03
Flachbildschirm 20" Neu (Mittelwert)	16,0	27,0	0,59
Flachbildschirm 17" älterer Bestand (ausgeschaltet)	2,1	8,9	0,24
Flachbildschirm 17" älterer Bestand in Betrieb	21,0	39,0	0,54
Tintenstrahldrucker (ausgeschaltet)	2,2	8,8	0,25
Tintenstrahldrucker in Betrieb	8,9	21,9	0,41

Problem Standby wird durch EU-Geräte-Vorgaben deutlich besser!

Server + Kühlung



EDV	W/m ² BGF	W/m ² BGF	W/m ² BGF
Server inkl. Serverschrank	0,04	0,06	0,08

EDV	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Server inkl. Serverschrank (ohne Kühlung)	0,35	0,5	0,7

EDV	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Kühlung für Server (Splitgerät inkl. Standby)	0,1	0,2	0,35

- Beispiel Serverkühlung



Bezogen auf das ganze Jahr bzw. die Fläche der NMS betrug der Stromverbrauch 0,13 kWh/m²BGF.

Multimedia - Beamer



1. 50% der Klassen mit 200 Watt
2. 75% der Klassen mit 250 Watt oder 100% mit 200 Watt
3. 100% aller Klassen mit 300 Watt

Multimedia, Beamer	W/m ² BGF	W/m ² BGF	W/m ² BGF
--------------------	----------------------	----------------------	----------------------

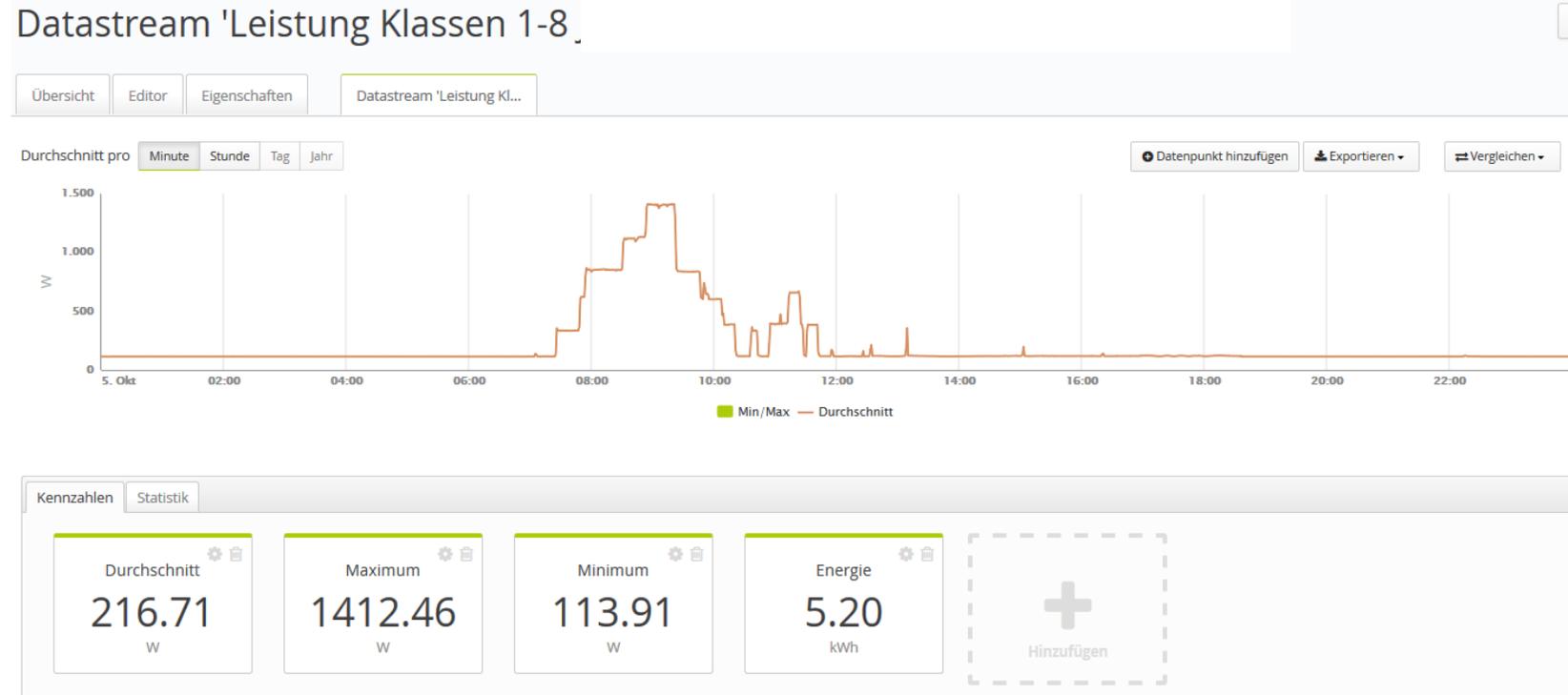
Installierte Leistung	0,6	1,1	1,7
-----------------------	-----	-----	-----

Vollaststunden (inkl. Standby)	600	900	1200
--------------------------------	-----	-----	------

Multimedia Beamer	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
-------------------	------------------------	------------------------	------------------------

Verbrauch	0,36	0,9	1,7
-----------	------	-----	-----

- Nutzung sehr unterschiedlich



- Verbräuche für Kochen und Werken (ohne Beleuchtung) eher von untergeordneter Bedeutung

Werken - Kochen	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Kochen	0,2	0,4	0,6
Werken	0,05	0,1	0,15
Gesamt	0,25	0,5	0,75



Der Brennvorgang am 7. April 2017 benötigte 74 kWh (alle drei Phasen)

- Direktion/Lehrerbereich (inkl. Beleuchtung, EDV,..) benötigt pro m² ca. gleich viel Strom wie der restliche Schulbereich (ca. 16 kWh/m²)

Lehrer, Direktion, Verwaltung	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Teeküche	0,3	0,5	0,7

Bezogen auf die Gesamtfläche

- Kaffeeautomaten bzw. Getränkeautomaten für Lehrer und Schüler vermeiden:



Ca. 1,5 kWh/Tag

Quelle: www.cafepiusco.com/portfolio-items/cafeco-bar/



Ca. 2,7 kWh/Tag

<http://www.asb-automaten.com/kaltgetrankeautomaten/>



740 W max.
300 W Standby
Ca. 7,5 kWh/Tag

- Streuen sehr stark

Gebäudebetreuung	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Hausmeisterbereich	0,15	0,5	1,0

Gebäudebetreuung	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF	kWh/m ² BGF
Reinigung	0,3	0,5	0,7

6 Std. Staubsauger	6 kWh/Tag
Wischmaschine 2x (Akkuladung in der Nacht)	1 kWh/Tag
1x Wäsche	2 kWh/Tag
2x Trockner	4 kWh/Tag
Gesamt:	13 kWh/Tag



EINSPARUNG NUTZERVERHALTEN

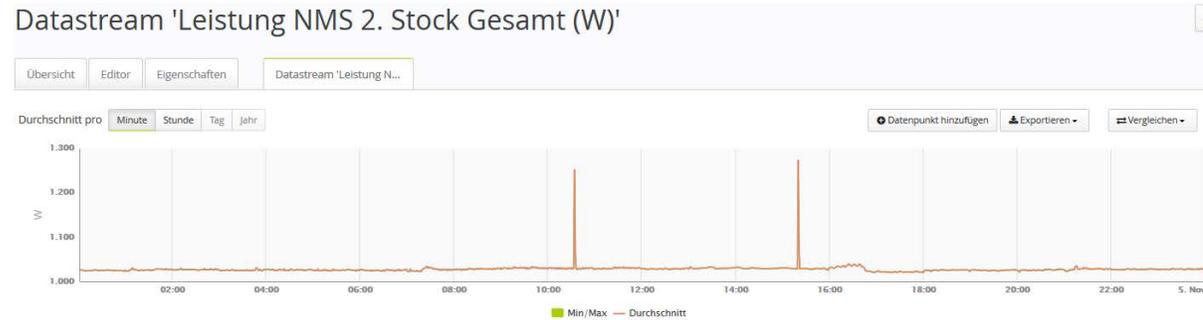
klimaaktiv.at
bmlfuw.gv.at



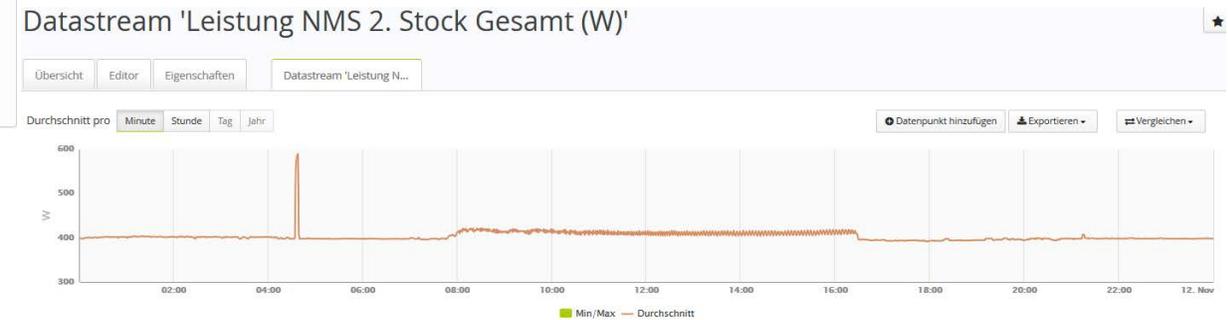
- SchülerInnen
- LehrerInnen
- HausmeisterIn

Wobei die HausmeisterIn mit dem bedarfsgerechten Betrieb von Heizung, Lüftung und Warmwassersystemen das größte Potential zur Beeinflussung hat.

Aktion: Standby-Vermeidung

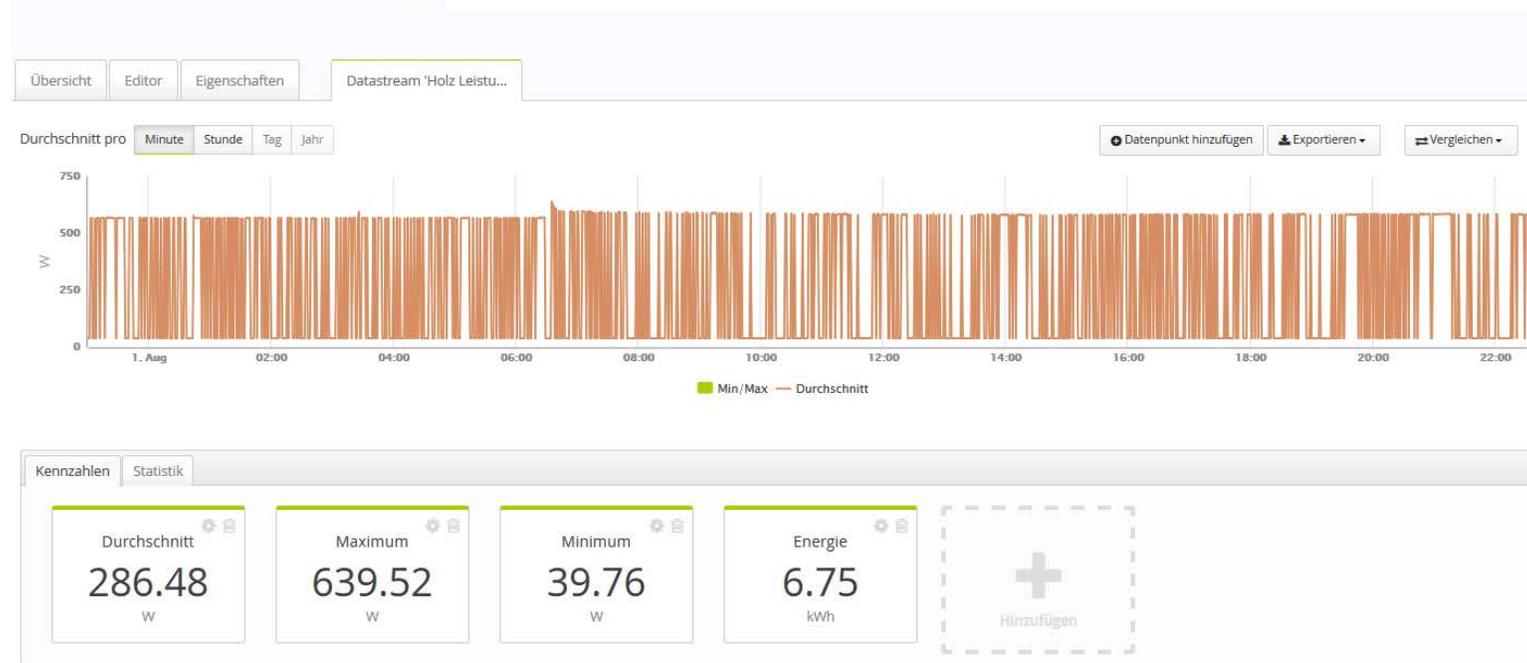


- Größte Teil aber Blindstrom



- Luftkompressor

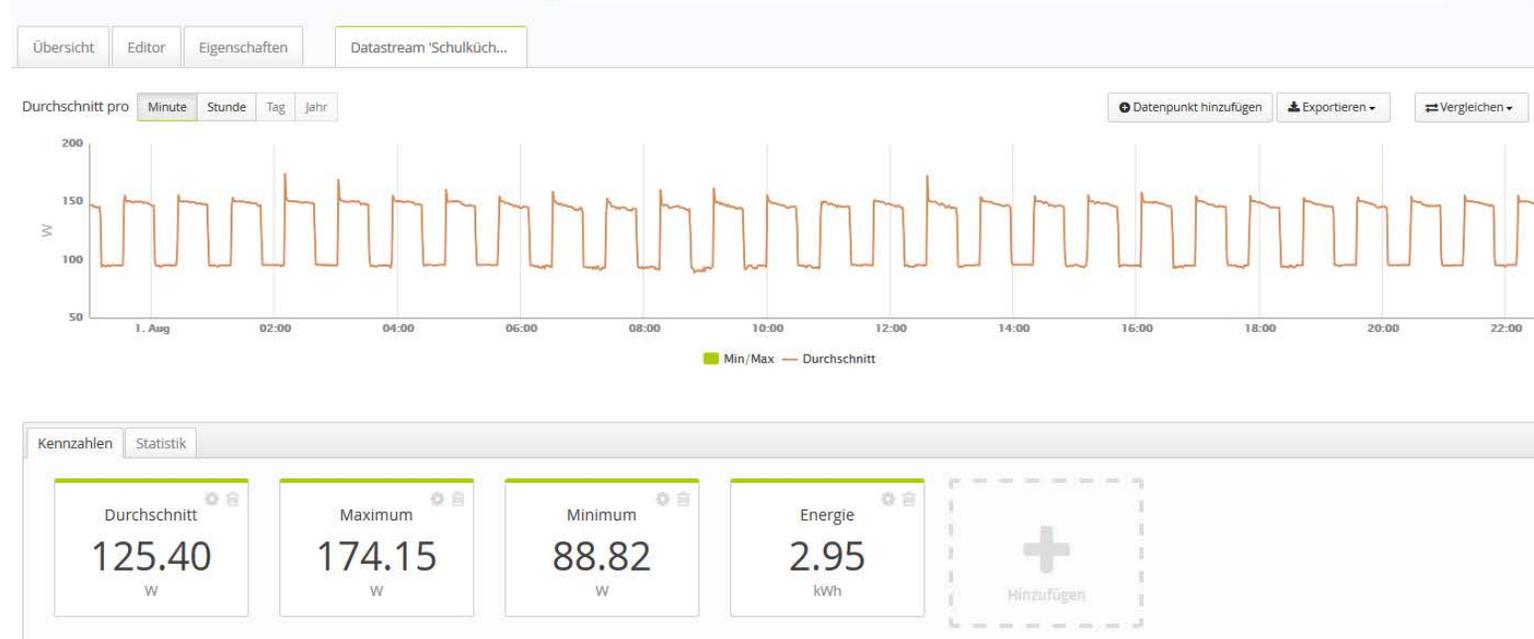
Datastream 'Holz Leistung'



Vermeidbare Lasten (Ferien)



Datastream 'Schulküche Leistung'



- Kühlschranks, Getränkeautomaten, ...

Was kann jede Schule tun?



- Benchmark auf Tarifebene durchführen ($\text{kWh}/\text{m}^2_{\text{BGF}}$)
- Jahreswerte bzw. Monatswerte jährlich vergleichen
- Monatsverteilung analysieren
- Lastgang auswerten lassen (Kontrolle ob Werte bisher schon aufgezeichnet werden)
- Subzähler für Großverbraucher einbauen (auf richtige Einstellung des Wandlerfaktors achten)
- Abzuschätzen wo die Schule den Strom verbraucht – Benchmarkbaukasten
- Einsparmöglichkeiten abschätzen (lassen)
- Aktionstage „Vermeidung Stromverbrauch“ durchführen

Neubau oder Sanierung? 12 Grundsätze beachten



komfortlüftung.at
gesund & energieeffizient

1. Planungsziel für den Stromverbrauch festlegen ($\text{kWh/m}^2_{\text{BGF}}$)
2. Subzählerstruktur und Inventarlisten mit Energiedaten
3. Kühlung vermeiden bzw. energieeffiziente Lösung möglichst über Grundwasser
4. Energieeffiziente Lüftung mit variabler Druckregelung und CO_2 -Regelung
5. Zentrale Warmwasserbereitung vermeiden (möglichst Durchlauferhitzer)
6. Heizung
7. Sonstige Haustechnik
8. Beleuchtung
9. Notbeleuchtung siehe Bericht
10. EDV Ausstattung
11. Schulküche, Lehrerküche – effiziente Geräte
12. Nutzerverhalten - Aktionstage

Vielen Dank

komfortlüftung.at
gesund & energieeffizient

klimaaktiv ist die Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus. Seit 2004 deckt klimaaktiv mit den Themenschwerpunkten „Bauen und Sanieren“, „Energiesparen“, „Erneuerbare Energie“ und „Mobilität“ alle zentralen Technologiebereiche einer zukunftsfähigen Energienutzung ab. klimaaktiv leistet mit der Entwicklung von Qualitätsstandards, der aktiven Beratung und Schulung, sowie breit gestreuter Informationsarbeit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. klimaaktiv dient dabei als Plattform für Initiativen von Unternehmen, Ländern und Gemeinden, Organisationen und Privatpersonen.

Kontakt: Programm Erneuerbare Wärme

Programmmanagement: UIV Urban Innovation Vienna GmbH
Energy Center Wien
Operngasse 17-21, 1040 Wien

E-Mail: cervenyy@urbaninnovation.at

Web: www.urbaninnovation.at

klimaaktiv.at
bmnt.gv.at

