



Betrieb ohne Nutzen - BON

Analyse von 72 Zweckbauten der Stadt Zürich hinsichtlich
des elektrischen Energieverbrauchs ausserhalb
der Nutzungszeiten

Schlussbericht

IMPRESSUM

Auftraggeberin:

Stadt Zürich,
Amt für Hochbauten,
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amtshaus III, Lindenhofstrasse 21
8021 Zürich

Bearbeitung:

eteam GmbH, Stefan Gasser
Schaffhauserstrasse 34, 8006 Zürich
stefan.gasser@eteam.ch

Projektleitung:

Markus Simon
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amt für Hochbauten

Projektteam:

Franz Sprecher (Stadt Zürich, Amt für Hochbauten)
Stefan Gasser (eteam GmbH, Zürich)

Redaktion:

Chantal Würmli (Stadt Zürich, Amt für Hochbauten)

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Ausgangslage und Zielsetzung	5
3	Definition BON.....	6
4	Methode.....	7
4.1	Verwaltungsbauten	8
4.2	Schulbauten	9
4.3	Pflegebauten	10
5	Auswertung.....	11
5.1	Gebäudeüberblick.....	11
5.2	Verwaltungsbauten	12
5.3	Schulbauten	14
5.4	Pflegebauten	17

1 Zusammenfassung

Die Stromverbräuche von 74 städtischen Bauten aus den Sektoren Verwaltung, Schule und Pflege wurden auf den Aspekt des Stromverbrauchs ausserhalb der Nutzungszeiten untersucht.

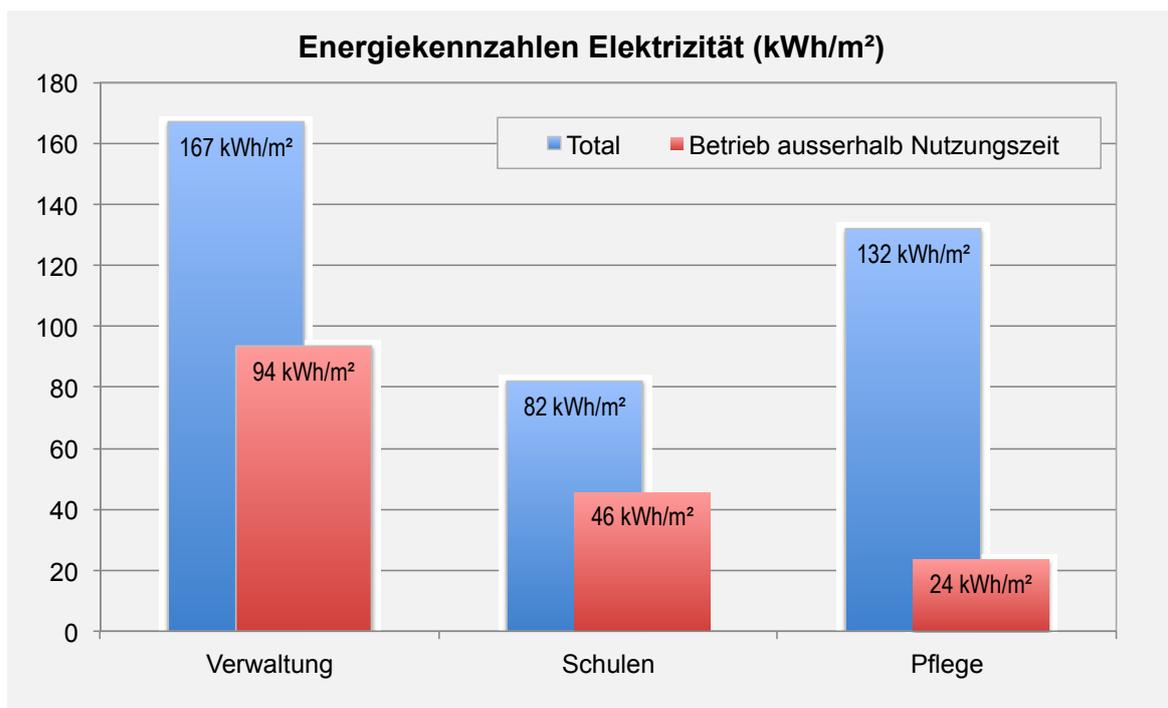
Die Analyse zeigt, dass der Stromverbrauch in den untersuchten Gebäuden mit einer durchschnittlichen gewichteten Energiekennzahl von 114 kWh/m² dreimal so hoch ist wie die Minergieanforderung für Wärme (38 kWh/m²). In der Strombilanz spielt der Verbrauch ausserhalb der Nutzungszeiten eine zentrale Rolle; in Schulen und Verwaltungen liegt der Anteil mit 56% höher als der Verbrauch während den normalen Arbeits- bzw. Schulzeiten. Da Pflege- und Altersheime per se viel länger genutzt werden, beschränkt sich der Anteil des Stromverbrauchs in diesen Bauten auf die Nachtstunden und liegt bei „nur“ 18%.

Der Anteil des Stromverbrauchs ausserhalb der Nutzungszeiten ist unerwartet hoch. Offensichtlich summieren sich der Betrieb von zentralen Anlagen (USV, Internet, Netzwerk, Server, Sicherheitseinrichtungen), die nicht abgeschalteten Geräte (PCs, Bildschirme, Drucker, Kopierer, Beleuchtung), durchlaufende Lüftungs- und Klimaanlage und der Standby von Betriebsgeräten, Netzteilen, Sensoren und anderen „unbekannten“ Geräten“ inzwischen zu einem dominanten Anteil am Stromverbrauch.

Es stellen sich Fragen zur Notwendigkeit dieses Stromverbrauchs ausserhalb der Nutzungszeiten: Welche Anlagen laufen, ohne dass sie einen Zweck erfüllen? Bei welchen Anlagen könnte man durch intelligenten Betrieb den Dauerverbrauch reduzieren? Gibt es bei einer Erneuerung allenfalls effizientere Geräte? Welche Anlagen sind wirklich notwendig (Suffizienz statt Effizienz)?

Ein spezieller Fokus auf den riesigen Anteil "Betrieb ohne Nutzen" wird dringend empfohlen; es sollten systematische Analysen durchgeführt und nachhaltige Massnahmen ergriffen werden. Ohne solche Massnahmen ist eine 2000-Watt-Politik unrealistisch.

Figur 1: Energiekennzahlen Elektrizität



2 Ausgangslage und Zielsetzung

Trotz Effizienzanstrengungen steigt der Stromverbrauch unablässig. Eine wichtige Ursache dürfte beim zunehmenden Rund-um-die-Uhr-Betrieb von immer mehr Elektroanwendungen liegen. Um diesem Phänomen auf die Spur zu kommen, lässt das Amt für Hochbauten die Stromverbräuche von 74 städtischen Bauten aus den Sektoren Verwaltung, Schule und Pflege auf den Aspekt des Stromverbrauchs ausserhalb der Nutzungszeiten auswerten.

Ziel ist es, eine Aussage über den Anteil des Stromverbrauchs in Zweckbauten während der Nacht und an Wochenenden zu machen und damit eine Grundlage für eine mögliche Minderung dieses oft unnötigen Stromverbrauchs zu erhalten.

3 Definition BON

"BON" steht für "Betrieb ohne Nutzen" und bezeichnet stromverbrauchende Geräte und Anlagen, die trotz Abwesenheit von Personen und Arbeitsleistung eine elektrische Leistung aufnehmen. Eine gewisse Stromaufnahme ist für einzelne Geräte und Anlagen auch ausserhalb der Nutzungszeiten notwendig (z.B. Sicherheit, Lebensmittelkühlung), für einen Grossteil der Elektroverbraucher aber ist ein Stromverbrauch ausserhalb der Nutzungszeit – bei intelligentem Betrieb der Anlagen – unnötig.

Zu den nicht intelligent betriebenen Stromverbrauchern gehören insbesondere die Geräte im Bereich IKT, Internet und Kommunikation: Internetrouter, Netzwerke, Server, USV-Anlagen, PCs, Bildschirme, Drucker, Kopierer und weitere Geräte laufen meist rund um die Uhr. Aber auch die Gebäudeautomatisierung benötigt ausserhalb der Nutzungszeit Strom, weil oft tausende von Sensoren und Aktoren ständig unter Strom gehalten werden, damit die Anlagen am Morgen nicht von Hand eingeschaltet werden müssen. Beispiel: Ein Gebäude mit 1000 Leuchten, die über das Dali-Protokoll gesteuert werden, weist nur für die Beleuchtung einen BON von 1000 bis 2000 Watt aus.

Weitere BON-Anlagen sind bei der Lüftung und Klimatisierung zu suchen sowie bei den zahlreichen Kleingeräten, von denen man sich meist gar nicht bewusst ist, dass sie heute auch am Strom hängen: z.B. WC-Spülung oder Seifenspender sowie Netzteile aller Art.

In einer Studie des Bundesamtes für Energie mit dem Titel „Betrieb ohne Nutzen – BON im Dienstleistungssektor“ von Januar 2009 haben die Autoren Conrad U. Brunner et. al. das Phänomen des BON bereits einmal an 4 Pilotprojekten untersucht. Dabei sind sie auf ähnlich hohe Anteile des Stromverbrauchs ausserhalb der Nutzungszeiten gekommen wie die vorliegende Studie. Die Autoren der BFE-Studie haben zwar nur 4 Objekte (2 Schulen, 2 Bürobauten) untersucht, sie haben aber den Stromverbrauch ausserhalb der Nutzungszeit differenzierter untersucht und aufgezeigt, welcher Anteil dieser Bandenergie einem Betrieb ohne Nutzen zuordenbar ist und welcher Anteil bei den aktuellen Komfortanforderungen notwendig ist. Die Brunner-Studie zu BON macht eine Hochrechnung auf die Schweiz und weist einen gesamten BON-Anteil im Dienstleistungsbereich von 2.4 TWh/a aus, was einem Strom-Verbrauchsanteil von rund 15% in diesem Sektor entspricht.

Es wird empfohlen, aus den 74 hier untersuchten Projekten ebenfalls 4 Objekte auszuwählen und auf eine genaue Aufteilung des Stromverbrauchs ausserhalb der Nutzungszeit (also in der Nacht und am Wochenende) aufzuschlüsseln. So können die Resultate der vorliegenden Studie konkretisiert werden.

4 Methode

Auf der Basis der Stromrechnungen mit Hoch- und Niedertarifanteilen kann ein grobes Tagesprofil der elektrischen Leistung eines Gebäudes modelliert werden. Daraus sind die typische Bandleistung ausserhalb der Nutzungszeit und die mittlere Leistung während der Nutzungszeit ersichtlich. Je nach Gebäudetyp ist die Berechnung leicht unterschiedlich.

Verwendete Unterlagen

- Stromrechnungen mit Hoch- und Niedertarifverbräuchen der 74 Gebäude
- Tarifzeiten des Elektrizitätswerkes ewz
- Für alle Gebäude: Gebäudetyp, Energiebezugsfläche und ggf. spezielle Angaben

Für die Analyse verwendete Grössen

- Niedertarifstunden h_{NT} : Montag bis Samstag 22:00 bis 6:00, Sonntag ganztags.
- Total pro Jahr: 3744 h/a. Gemäss Tarifzeiten des Elektrizitätswerkes ewz (Tarif B, Bezüger über 60'000 kWh/a)
- Hochtarifstunden h_{HT} : Montag bis Samstag 6:00 bis 22:00.
- Total pro Jahr: 5016 h/a. Gemäss Tarifzeiten des Elektrizitätswerkes ewz (Tarif B, Bezüger über 60'000 kWh/a)
- Energieverbrauch Hochtarif E_{HT} : gemäss Verrechnung durch Elektrizitätswerk. Diese Werte bilden die Grundlage der Berechnung.
- Energieverbrauch Niedertarif E_{NT} : gemäss Verrechnung durch Elektrizitätswerk. Diese Werte bilden die Grundlage der Berechnung.
- Gesamtenergieverbrauch E_{Ges} : Gesamter elektrischer Energieverbrauch. Summe von Energieverbrauch im Nieder- und im Hochtarif
- Nutzungsleistung P_w : Leistungsbezug des gesamten Gebäudes während der Nutzungszeit. Diese ist je nach Gebäudetyp verschieden.
- Bandleistung P_a : Leistungsbezug des gesamten Gebäudes ausserhalb der Nutzungszeit. Dieser Wert ist von speziellem Interesse; im optimalen Fall sollte er praktisch Null sein.
- Nutzungsenergie E_w : Elektrischer Energieverbrauch des gesamten Gebäudes während der Nutzungszeit.
- Bandenergie E_a : Elektrischer Energieverbrauch des gesamten Gebäudes ausserhalb der Nutzungszeit.

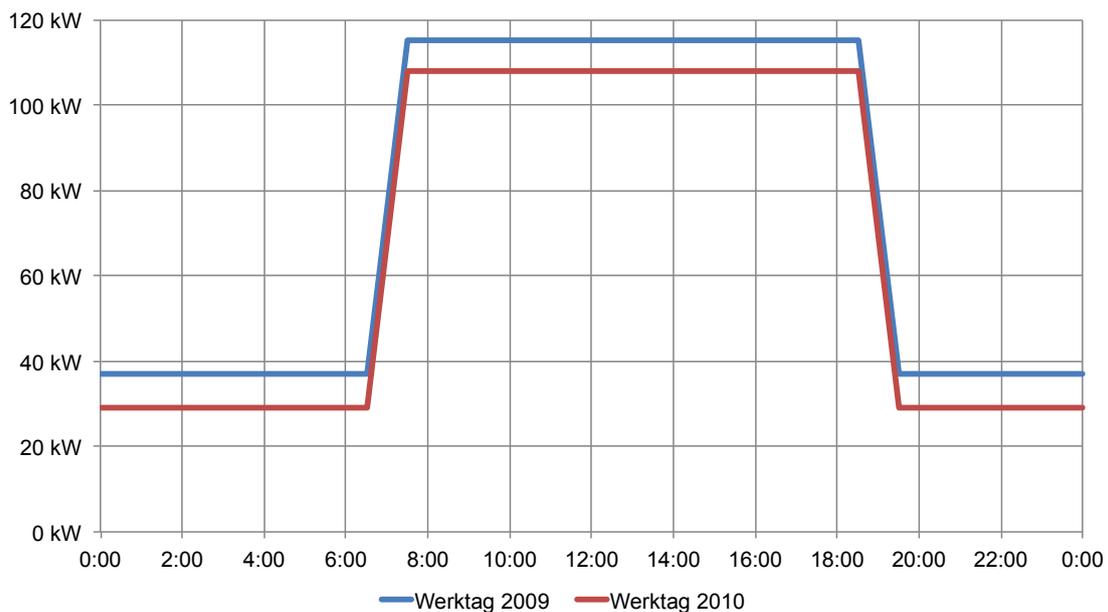
4.1 Verwaltungsbauten

Die typische Nutzungszeit gemäss SIA Norm 380/4 bzw. SIA-Merkblatt 2024 beträgt 11 Stunden pro Tag während 250 Tagen pro Jahr; das sind 2'750 Nutzungsstunden pro Jahr. Während den übrigen 6'010 Stunden wird ein Bürohaus wenig bis gar nicht genutzt. In dieser Zeit sollte also auch der Stromverbrauch gering sein.

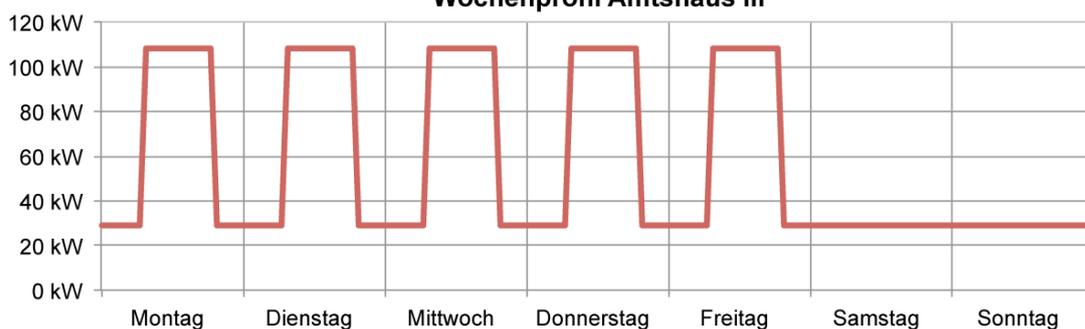
Berechnung: Beispiel Amtshaus III

Grösse	Formel	Beispiel Amtshaus III (2010)
Bandleistung	$P_a = E_{NT} / h_{NT}$	108'043 kWh / 3744 h = 28.9 kW
Bandenergie	$E_a = P_a * 6010 \text{ h/a}$	28.9 kW * 6010 h = 173'434 kWh
Nutzungsenergie	$E_w = E_{Ges} - E_a$	469'491 kWh - 173'434 kWh = 296'056 kWh
Nutzungsleistung	$P_w = E_w * 2'750 \text{ h/a}$	296'056 kWh * 2750 h = 107.7 kW

Tagesprofil Werktag Amtshaus III



Wochenprofil Amtshaus III



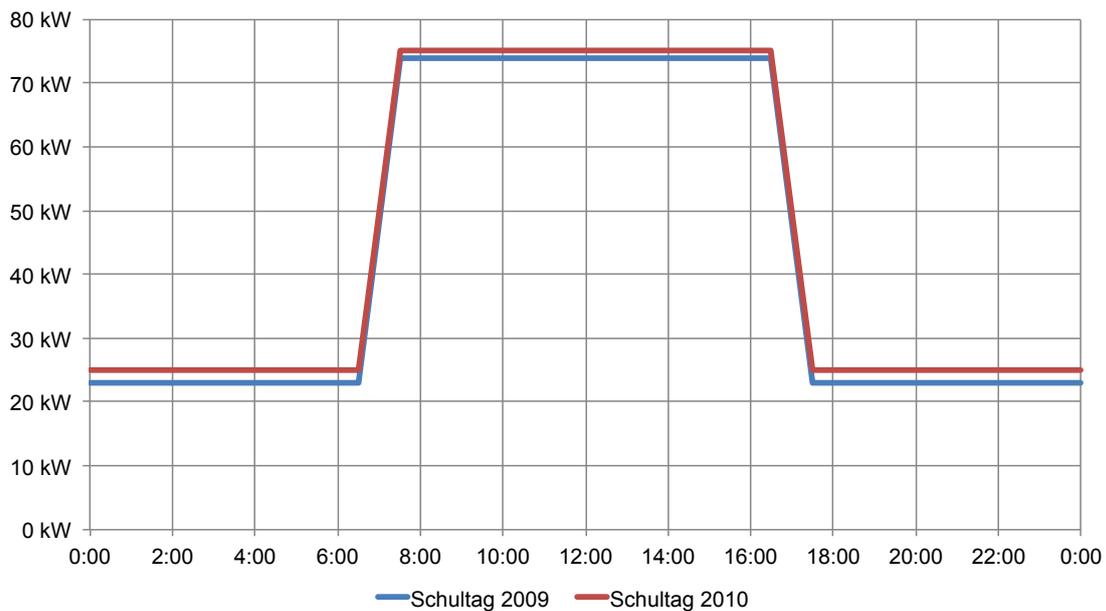
4.2 Schulbauten

Die typische Nutzungszeit gemäss SIA Norm 380/4 SIA-Merkblatt 2024 beträgt 10 Stunden pro Tag während 200 Tagen pro Jahr; das sind 2'000 Nutzungsstunden pro Jahr. Während den übrigen 6'760 Stunden wird ein Schulhaus wenig bis gar nicht genutzt. In dieser Zeit sollte also auch der Stromverbrauch gering sein.

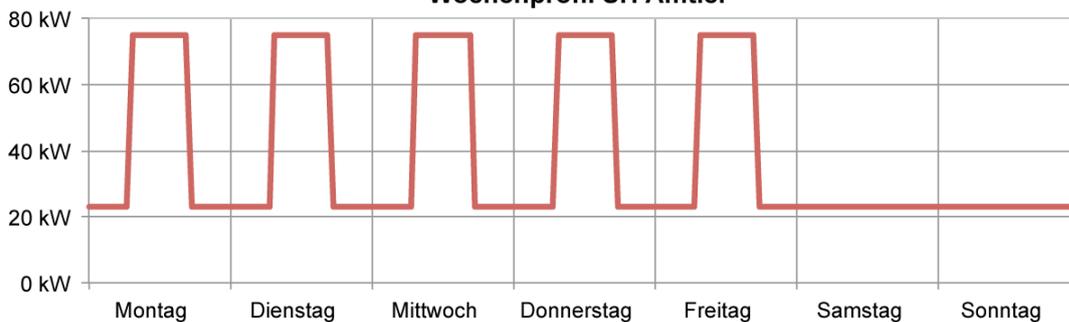
Berechnung: Beispiel Schulhaus Ämtler

Grösse	Formel	Beispiel Schulhaus Ämtler (2010)
Bandleistung	$P_a = E_{NT} / h_{NT}$	93723 kWh / 3744 h = 25.0 kW
Bandenergie	$E_a = P_a * 6010 \text{ h/a}$	25.0 kW * 6010 h = 173'434 kWh
Nutzungsenergie	$E_w = E_{Ges} - E_a$	318'643 kWh – 169'222 kWh = 149'421 kWh
Nutzungsleistung	$P_w = E_w * 2'750 \text{ h/a}$	149'421 kWh * 2'000 h = 74.7 kW

Tagesprofil Schultag Schulhaus Ämtler



Wochenprofil SH Ämtler



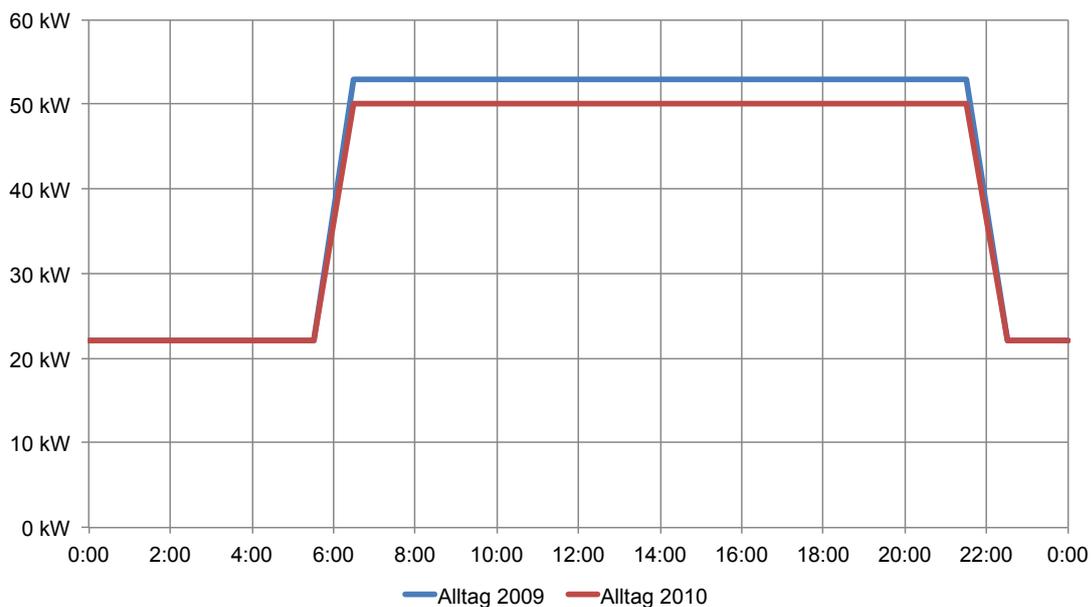
4.3 Pflegebauten

Die typische Nutzungszeit gemäss SIA Norm 380/4 SIA-Merkblatt 2024 beträgt 16 Stunden pro Tag während 365 Tagen pro Jahr; das sind 5'840 Nutzungsstunden pro Jahr. Während den übrigen 2'920 Nachtstunden werden Pflege- und Altersheim weniger genutzt. In dieser Zeit sollte also auch der Stromverbrauch geringer sein.

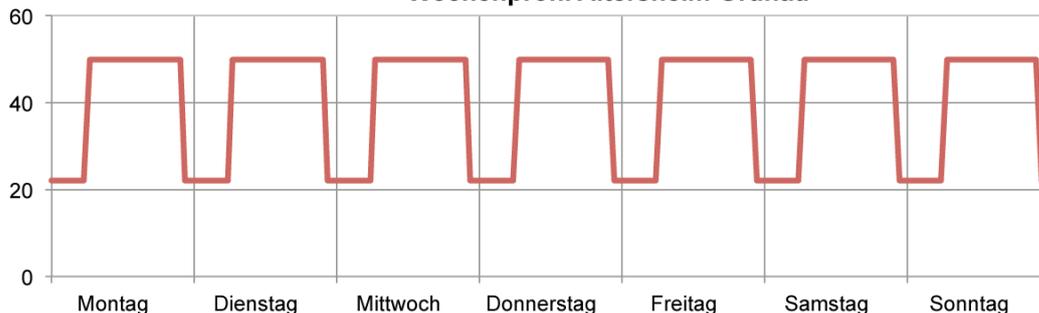
Berechnung: Beispiel Altersheim Grünuau

Grösse	Formel	Beispiel Altersheim Grünuau (2010)
Nutzungsenergie	$E_w = E_{HT} \cdot 7/6$	251'063 kWh \cdot 7/6 = 292'906 kWh
Nutzungsleistung	$P_w = E_w / 5'840 \text{ h}$	292'906 kWh / 5'840 h = 50.2 kW
Bandenergie	$E_a = E_{Ges} - E_w$	357'849 kWh - 292'906 kWh = 65'240 kWh
Bandleistung	$P_a = E_a / 2'920 \text{ h}$	65'240 kWh / 2'920 h = 22.3 kW

Tagesprofil Altersheim Grünuau



Wochenprofil Altersheim Grünuau



5 Auswertung

5.1 Gebäudeüberblick

Die 74 Gebäude weisen eine totale Energiebezugsfläche von 529'000 m² und einen jährlichen Stromverbrauch von insgesamt 30'290 MWh aus. Die mittlere gewichtete Energiekennzahl EKZ (gewichtete = Faktor 2 gegenüber Wärme) beträgt 114 kWh/m². Zum Vergleich sei die Energiekennzahl Wärme von Minergie erwähnt, die bei 38 kWh/m² liegt. In den untersuchten Gebäuden liegt die Energiekennzahl für Strom also (zufällig exakt) um den Faktor 3 über dem Referenzwert von MINERGIE für Heizung und Warmwasser.

Die 74 Gebäude verursachen pro Jahr rund 6 Millionen Franken an Stromkosten. Könnte die Hälfte der Bandenergie eingespart werden (also 20%) würden also jedes Jahr 1.2 Mio. CHF eingespart. Auf eine Nutzungszeit der technischen Anlagen von 15 Jahren ergäbe sich ein mögliches Investitionsvolumen der dazu notwendigen Massnahmen von 18 Mio. CHF.

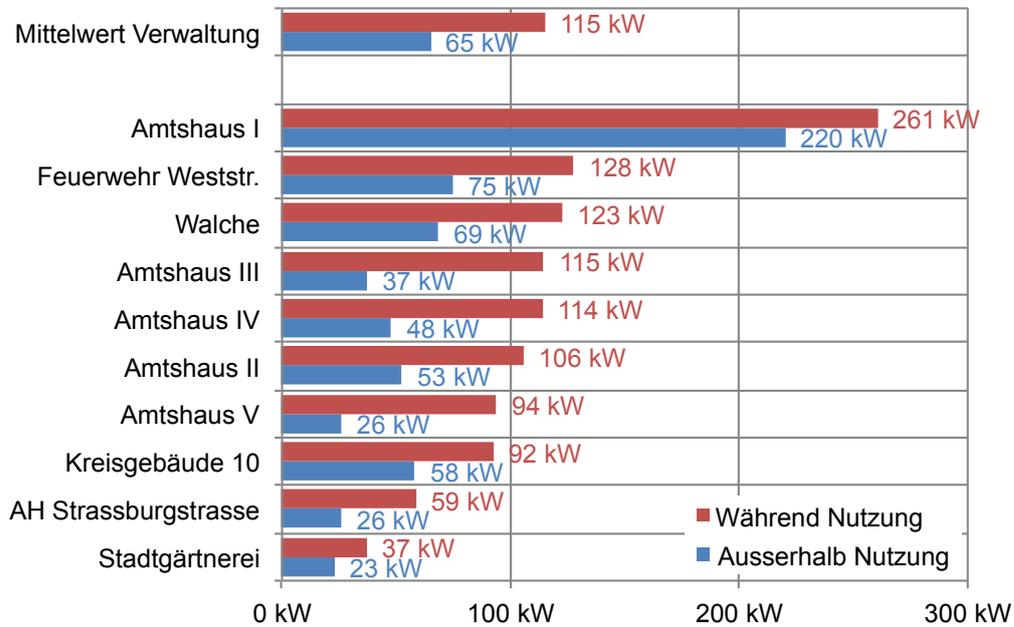
Typ	Anzahl Gebäude	Fläche m ²	Stromverbrauch MWh/a	Stromkosten Mio. Fr./a	Energiekennzahl kWh/m ²	Anteil Bandenergie %
Pflege	31	201'638	13'300	2,66	132	18%
Verwaltung	10	82'907	6'912	1,38	167	56%
Schulen	33	245'034	10'078	2,02	82	56%
Alle	74	529'579	30'290	6,06	114	39%

Für alle Gebäude der drei Kategorien Büro, Schule und Pflege wurden die Messdaten wie oben beschrieben ausgewertet und in drei verschiedenen Grafiken dargestellt:

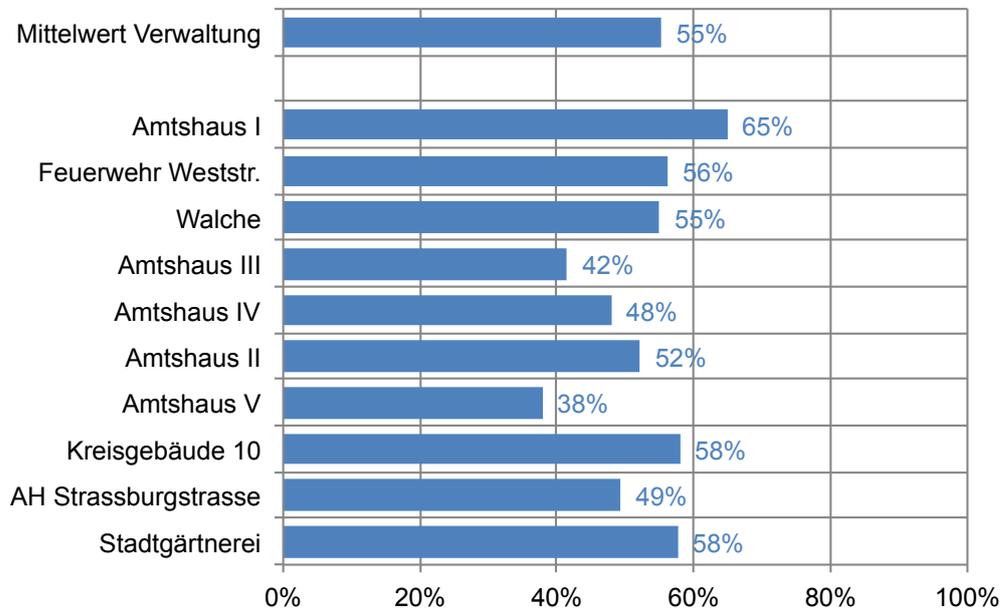
- **Mittlere Leistungen während und ausserhalb der Nutzungszeiten**
Die Leistung in der Nacht und an Wochenenden ist der Ausgangspunkt für die Analyse des Betriebs ohne Nutzen: sind alle „kW“ wirklich notwendig? Welche Anlagen laufen, ohne dass sie einen Zweck erfüllen? Bei welchen Anlagen könnte man durch intelligenten Betrieb den Dauerverbrauch reduzieren? Gibt es bei einer Erneuerung allenfalls effizientere Geräte?
- **Anteil des Stromverbrauchs ausserhalb der Nutzungszeit**
Da die Zeit ausserhalb der Nutzungszeit in der Regel deutlich länger ist als die Nutzungszeit, ist der Energieanteil entsprechend höher als die blosse Betrachtung der Bandleistung.
- **Veränderung Stromverbrauch 2009 zu 2010**
Für die Beurteilung der Zu- oder Abnahme von einem Jahr zum andern müssen Nutzungsänderungen, Erweiterungen, Umbauarbeiten mitberücksichtigt werden.

5.2 Verwaltungsbauten

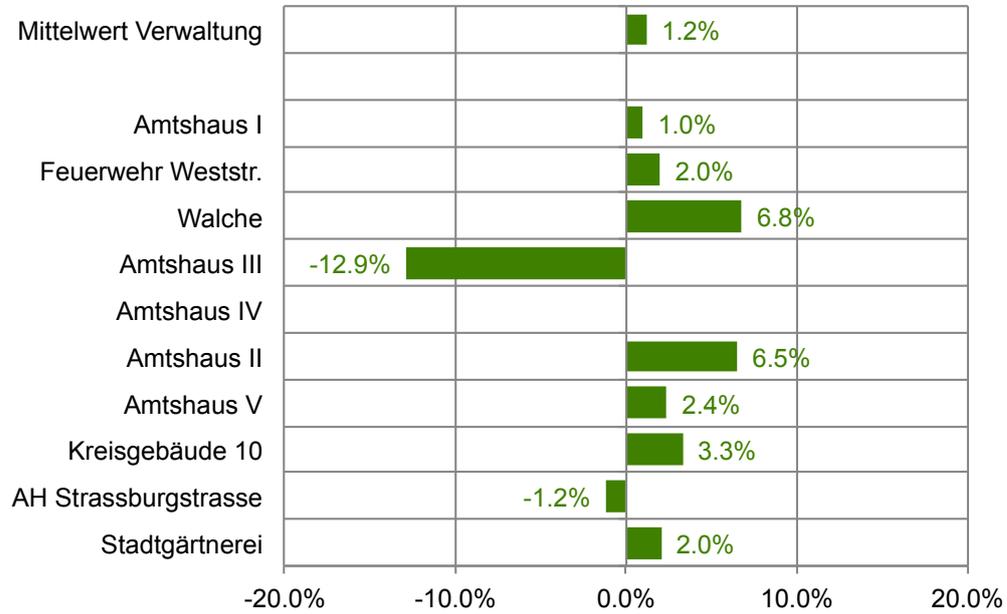
5.2.1 Mittleren Leistungen während und ausserhalb der Nutzungszeit



5.2.2 Anteil des Stromverbrauchs ausserhalb der Nutzungszeit

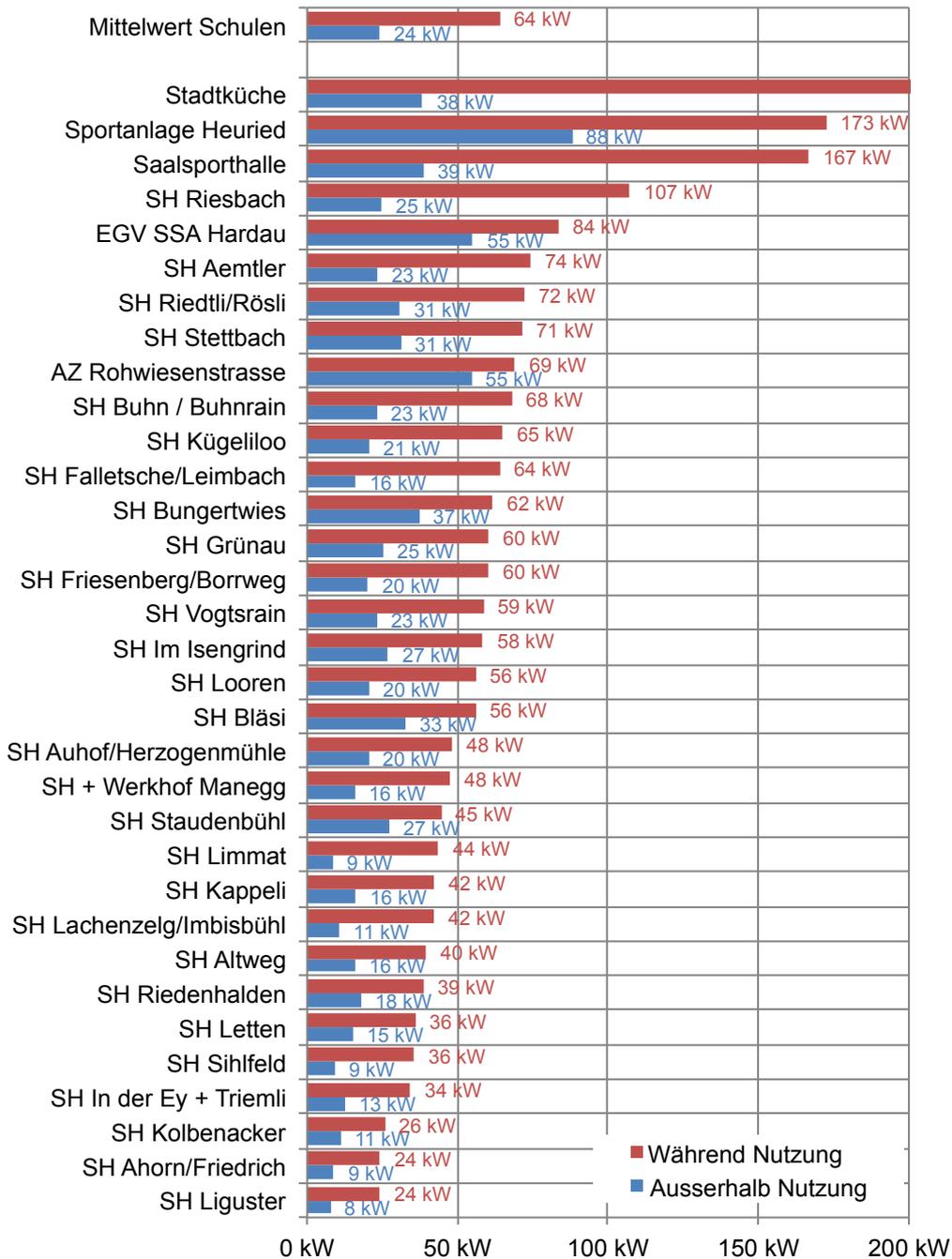


5.2.3 Veränderung Stromverbrauch 2009 zu 2010 (Verwaltungen)

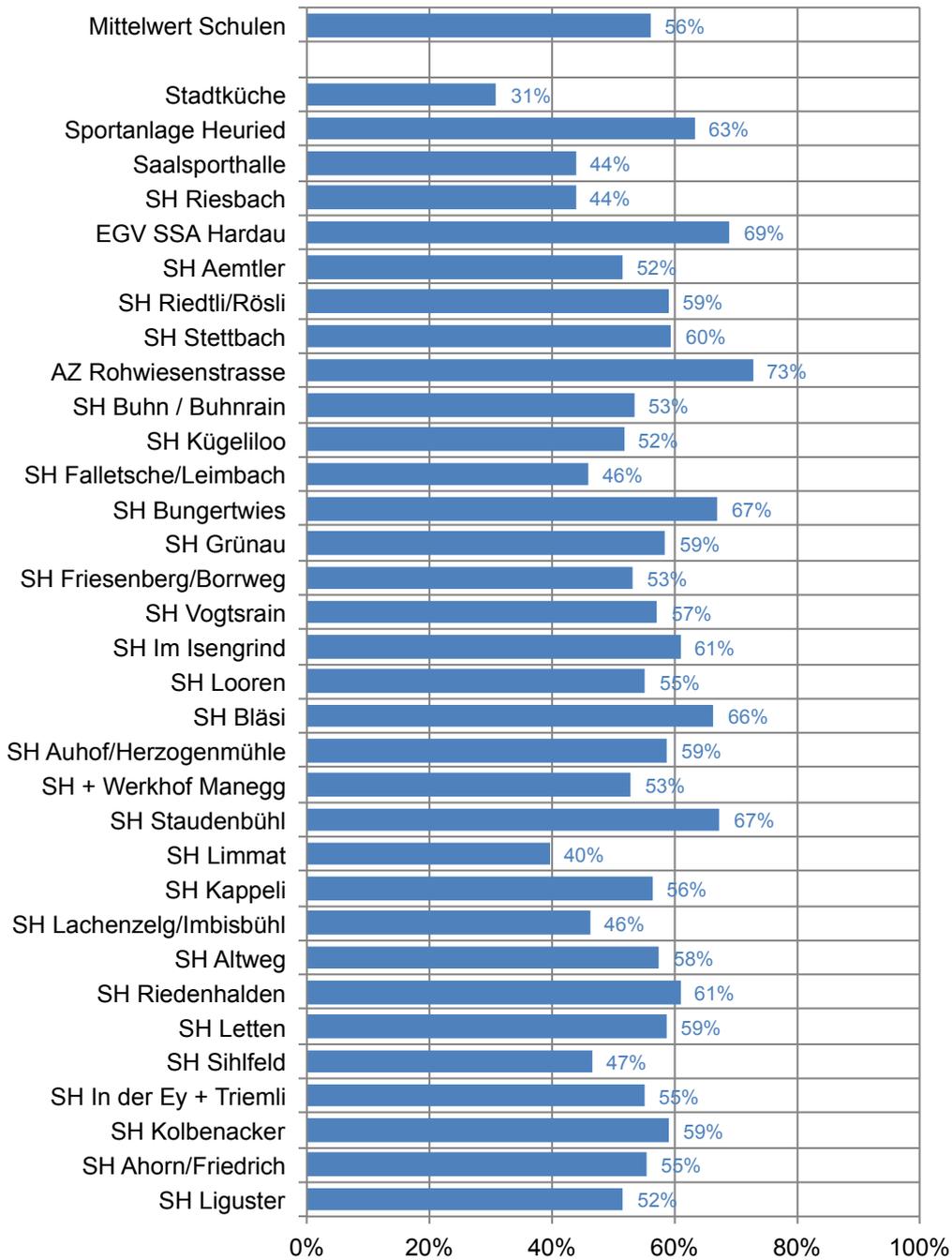


5.3 Schulbauten

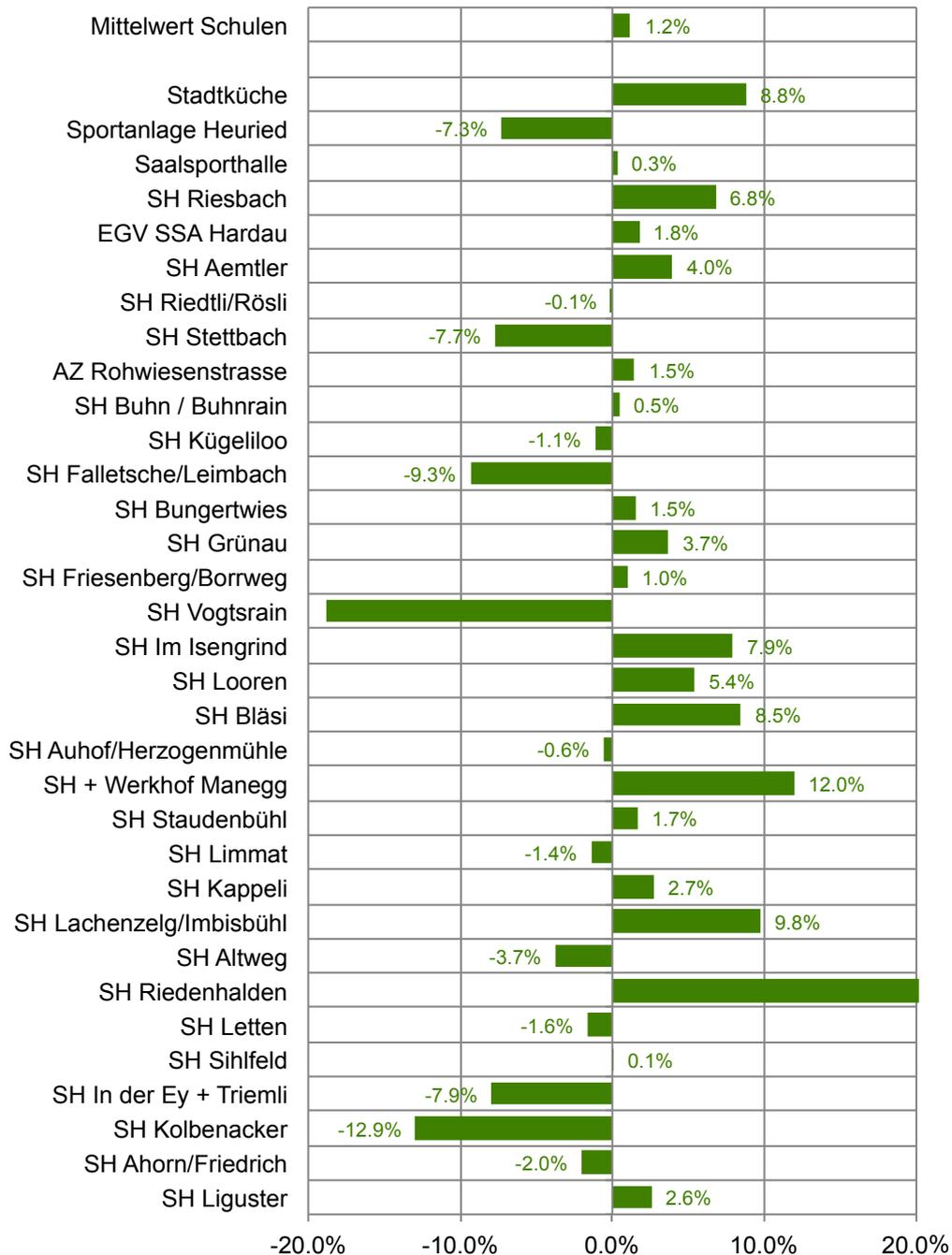
5.3.1 Mittleren Leistungen während und ausserhalb der Nutzungszeit



5.3.2 Anteil des Stromverbrauchs ausserhalb der Nutzungszeit (Schulen)

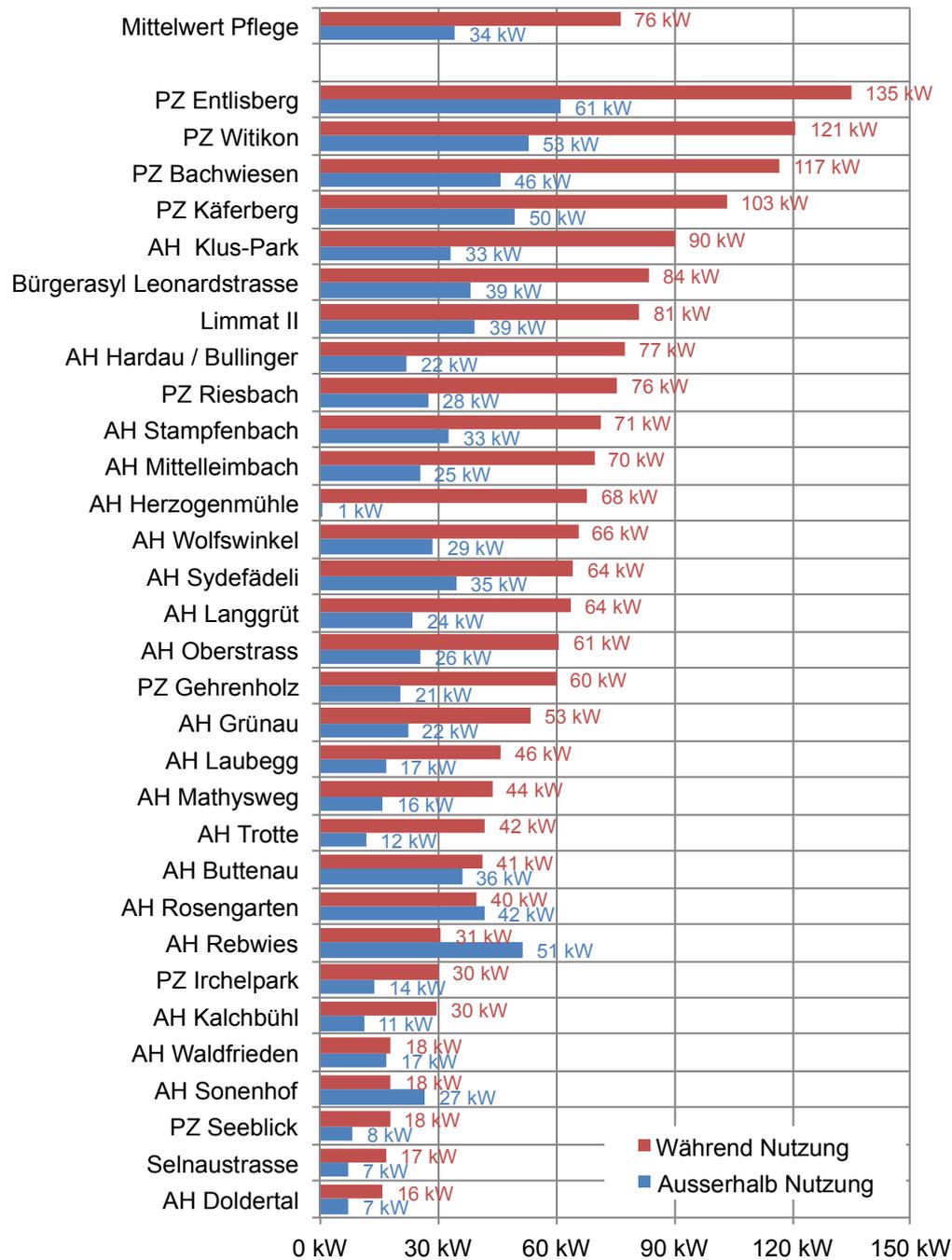


5.3.3 Veränderung Stromverbrauch 2009 zu 2010 (Schulen)

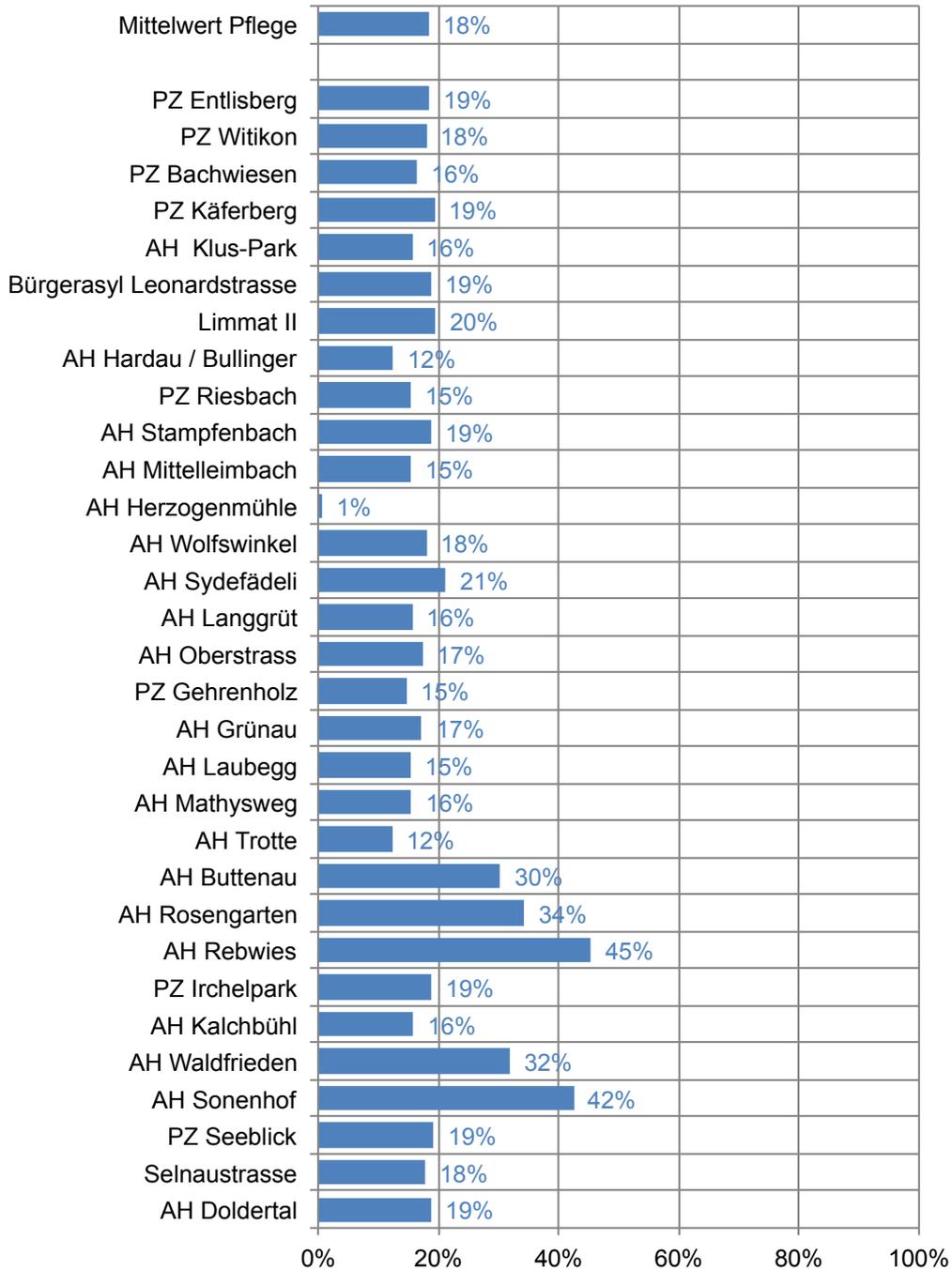


5.4 Pflegebauten

5.4.1 Mittleren Leistungen während und ausserhalb der Nutzungszeit



5.4.2 Anteil des Stromverbrauchs ausserhalb der Nutzungszeit (Pflege)



5.4.3 Veränderung Stromverbrauch 2009 zu 2010 (Pflege)

