

Schlussbericht

Betrieb ausserhalb der Nutzungszeit (BaN)

Analyse Amtshaus 3

IMPRESSUM

Auftraggeberin:

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

Bearbeitung:

eLight GmbH, Stefan Gasser
Schaffhauserstrasse 34, 8006 Zürich
sg@eLight.ch

Projektleitung:

Markus Simon
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amt für Hochbauten

Projektteam:

Stefan Gasser (eLight GmbH, Zürich)
Markus Simon, Franz Sprecher (Stadt Zürich, Amt für Hochbauten)

Redaktion:

Chantal Würmli (Stadt Zürich, Amt für Hochbauten)

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Zusammenfassung | 4 |
| 2 | Vorgehen | 5 |
| | 2.1 Messkonzept | 5 |
| | 2.2 Auswertung Elektrozähler | 6 |
| | 2.3 Lastmessungen in der Elektroverteilung | 7 |
| | 2.4 Leistungsmessungen der Geräte | 8 |
| | 2.5 Leistungs- und Energiebilanz | 9 |
| | 2.6 Massnahmen | 9 |
| 3 | Gebäude | 10 |
| 4 | Messungen | 11 |
| | 4.1 EW-Zähler und IMMO-Box | 11 |
| | 4.2 Elektrohauptverteilung | 12 |
| | 4.3 Steckbare Geräte | 16 |
| 5 | Auswertung | 20 |
| | 5.1 Hauptverteilung Feld 4 | 20 |
| | 5.2 Hauptverteilung Feld 5 | 20 |
| | 5.3 Hauptverteilung Feld 6 | 20 |
| 6 | Massnahmen zur Senkung des BaNs | 22 |

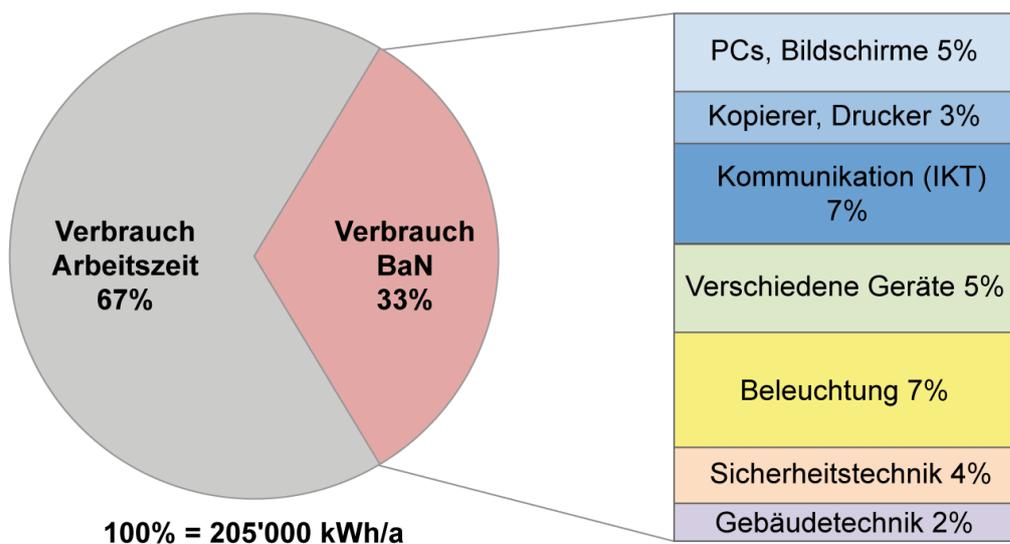
1 Zusammenfassung

Im Verwaltungsteil des Amtshauses 3 wurde der Elektrizitätsverbrauchs im Betrieb ausserhalb der Nutzungszeit (BaN) detailliert gemessen und analysiert. Er beträgt 67'000 kWh/a oder 33% des gesamten Stromverbrauchs. Umgerechnet auf einen Arbeitsplatz ergibt das eine BaN-Leistung (oder Standby-Leistung) von 56 Watt. Mit einfachen Massnahmen (Schaltuhren, Minuterien) lässt sich die BaN-Leistung bzw. der BaN-Verbrauch um fast die Hälfte reduzieren.

Die Auswertung von Elektroverbräuchen in 78 städtischen Gebäuden brachte letztes Jahr zu Tage, dass über 50% des Stromverbrauchs in diesen Bauten ausserhalb der Nutzungszeit verbraucht wird. Um herauszufinden, wo konkret die hohe Stromverbräuche anfallen, sollen einige dieser Gebäude detailliert auf den Betrieb ausserhalb der Nutzungszeit (BaN) untersucht werden. Eines dieser Objekte ist das Amtshaus 3.

Nach der genauen Erfassung aller knapp 2000 elektrischen Geräte im Gebäude und detaillierten Messungen in der Elektroverteilung kann der BaN für das Amtshaus 3 aufgeschlüsselt werden. Dabei zeigt sich, dass im nicht klimatisierten und relativ niedrig technisierten Gebäude eine BaN-Leistung von 11.2 kW in der Nacht und an Wochenenden herrscht. Aus Figur 1 geht die Aufteilung der BaN-Energieverbräuche auf die verschiedenen Gerätekategorien hervor.

Figur 1: Anteil BaN-Energie aufgeschlüsselt nach Gerätekategorien (nur Verwaltungsteil AHB/IMMO)



Am gesamten Elektrizitätsverbrauch macht der BaN im Verwaltungsteil AHB/IMMO 33% aus; das ist weniger als in der Studie vom letzten Jahr für das Amtshaus 3 ermittelt. Grund für die Überbewertung in diesem Gebäude sind die Fremdbezuger am selben Stromzähler (Personalrestaurant der Polizei und ERZ); diese brauchen die Hälfte des Stroms des ganzen Amtshauses und weisen einen deutlich höheren BaN-Anteil aus.

Rund 40% der BaN-Energie im Verwaltungsteil AHB/IMMO könnten mit einfachen Mitteln beseitigt werden: Information an die Mitarbeiter und Installation von Schaltuhren und Minuterien an Druckern, Kopierer etc. Eine weitere Senkung des BaNs ist möglich, wenn man prüft, ob es effizientere Alternativen zur eingesetzten Internettelefonie und zur ständigen Fernsteuerung der Computer gibt. Im speziellen sei zu diesem Thema noch erwähnt, dass die eingesetzte USV-Anlage um den Faktor 10 überdimensioniert ist!

2 Vorgehen

Um die elektrische Leistung eines Gebäudes ausserhalb der Nutzungszeit (BaN) ermitteln und diese Leistung den einzelnen Geräten und Kategorien zuordnen zu können, ist ein gut strukturiertes Vorgehen notwendig. Ziel ist es, trotz der grossen Menge an Elektroverbrauchern mit vertretbarem Aufwand ein zuverlässiges Ergebnis zu erhalten.

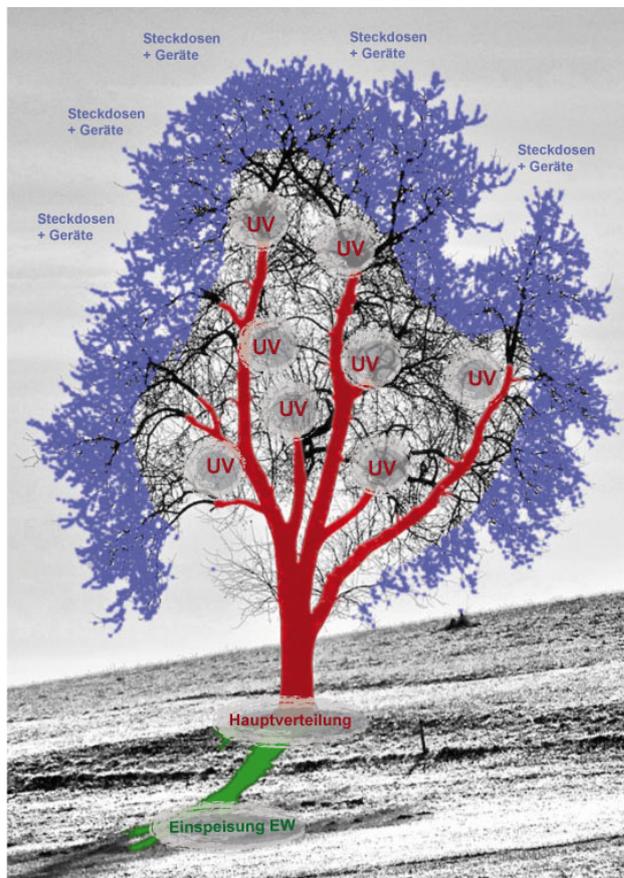
Das Vorgehen lässt sich in sechs Schritte gliedern:

- Messkonzept
- Auswertung Elektrozähler
- Lastmessungen in der Elektroverteilung
- Leistungsmessungen der Geräte
- Leistungs- und Energiebilanz
- Massnahmen

2.1 Messkonzept

Die Herausforderung der Stromverteilung im Gebäude und dem sich daraus ergebenden Messkonzept lässt sich am Bild eines Baumes gut veranschaulichen.

Figur 2: Drei Stufen des Messkonzeptes am Baummodell



Auf der einen Seite kennt man den Elektrizitätsverbrauch der Haupteinspeisung zum Gebäude aus der Abrechnung des Elektrizitätswerkes (grün im Bild).

Mit einem mobilen Messgerät zur Leistungsmessung und Aufzeichnung von Lastverläufen können zusätzlich die Stromabgänge zu den einzelnen Unterverteilungen (UV) ermittelt werden (rot im Bild).

Auf der anderen Seite sind die zahlreichen elektrischen Verbraucher, die wie die Blätter an den äussersten Ästen des Baumes hängen (blau im Bild). Sie lassen sich – falls sie steckbar sind – mit einem Stecker-Leistungsmessgerät messen. Einige der Geräte sind aber fest verdrahtet und somit nicht messbar.

Die Kunst der Bilanzierung ist es, mit Lastmessungen in der Elektrohauptverteilung (und ggf. in Unterverteilungen), Leistungsmessungen an Geräten und geschicktem Zusammenfügen der Messungen – unter Berücksichtigung der Geräte, deren Leistungen nur abschätzbar sind – eine konsistente Leistungsbilanz zu erstellen.

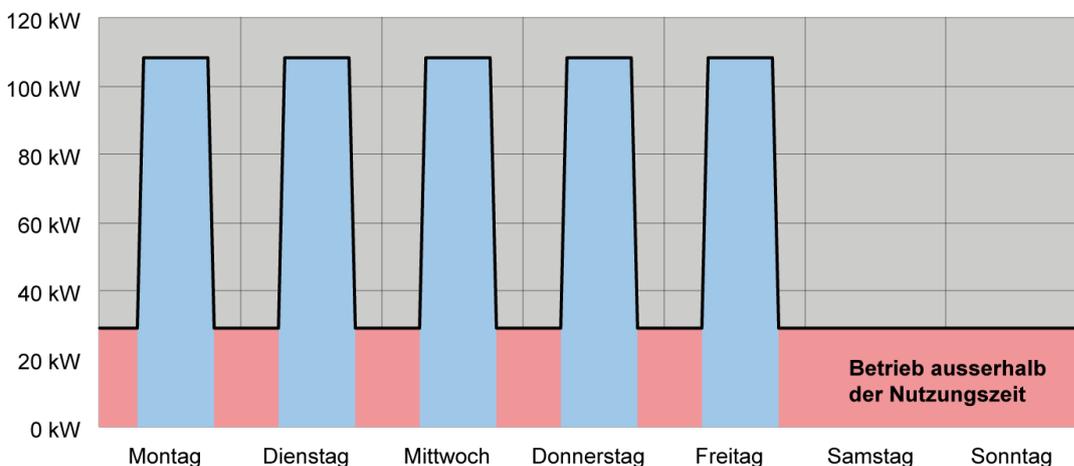
2.2 Auswertung Elektrozähler

Aus der Abrechnung des Strombezugs des Elektrizitätswerkes lässt sich unter Berücksichtigung der Hoch- und Niedertarifverbräuche ein einfaches Lastprofil erstellen. Daraus sind die typische Bandleistung ausserhalb der Nutzungszeit und die mittlere Leistung während der Nutzungszeit ersichtlich. Die Berechnung geschieht wie in der Tabelle dargestellt; die verwendeten Grössen sind nachfolgend definiert.

| Grösse | Formel | Beispiel Amtshaus 3 (2010) |
|------------------|---------------------------------|---|
| BaN-Leistung | $P_a = E_{NT} / h_{NT}$ | 108'043 kWh / 3744 h = 28.9 kW |
| BaN-Energie | $E_a = P_a * 6010 \text{ h/a}$ | 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 |

- 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.
- BaN-Leistung 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.

Figur 3: Wochenprofil der Leistung, ermittelt aus Zählerablesungen des ewz



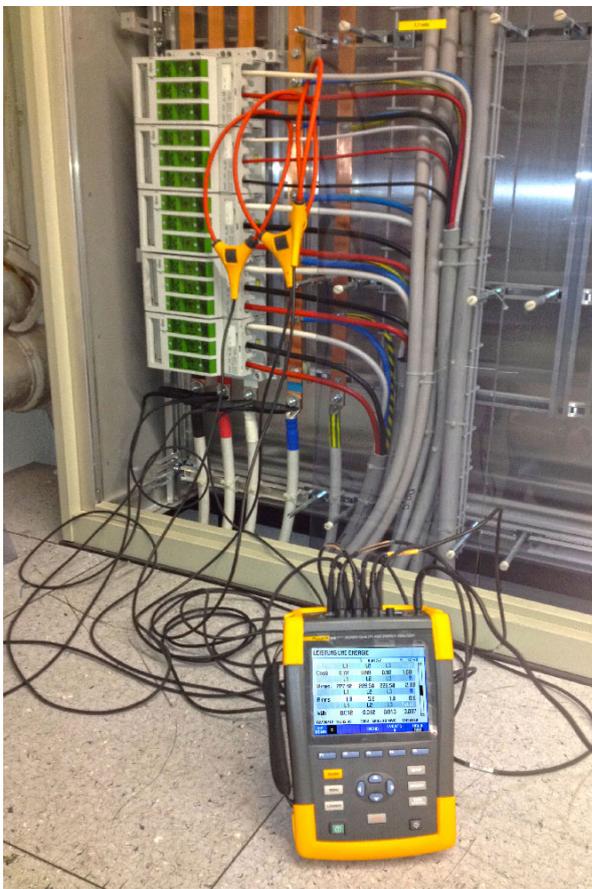
2.3 Lastmessungen in der Elektroverteilung

Lastverlaufsmessungen mit einem Leistungsmessgerät und Datenlogger ermöglichen Lastprofile differenzierter zu erfassen als dies aus der Auswertung der Zählerdaten möglich ist. Zudem können neben der Haupteinspeisung zusätzliche Abgänge zu den Unterverteilungen im Gebäude gemessen werden; vergleiche Figur 2, roter Stamm des Baums.

Zur Ermittlung der BaN-Leistung ist eine Lastverlaufsmessung über längere Zeit nicht notwendig. Die Messungen müssen aber zu einer Zeit durchgeführt werden, die ausserhalb der Nutzungszeit liegt, also nachts oder am Wochenende.

Eine reine Momentanmessung ist allerdings zu wenig genau, weil auch während der Zeit ausserhalb der Nutzungszeit kurzzeitige Schwankungen im Leistungsbezug vorhanden sind. Am besten misst man den Energiebezug aller Abgänge zu den Unterverteilungen während einer $\frac{1}{4}$ Stunde und berechnet daraus die mittlere Leistung während dieser Zeit.

Figur 4: Leistungsmessgerät in der Elektrohauptverteilung (Typ: Fluke 435)



Am Messgerät werden für alle drei Phasen eines Strom-Abganges Stromzangen angeschlossen.

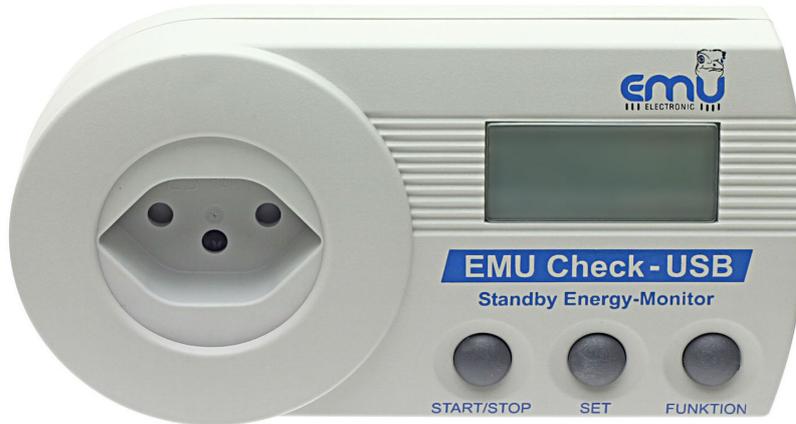
Bei der Wahl der Stromzangen ist auf ein optimales Wandlerverhältnis zu achten; dieses sollte so klein wie möglich (also zum Beispiel 1:100) sein – (zu)grosse Kabeldurchmesser zwingen einem aber unter Umständen dazu, Zangen mit grösserem Wandlerverhältnis zu wählen. Die Genauigkeit der Messungen hängt massgeblich von optimalen Wandlerverhältnissen ab; in der Praxis muss man wegen der dicken Kabel häufig zu grosse Zangen einsetzen.

Um eine richtige Leistungsmessung machen zu können, müssen zusätzlich die drei Phasenspannungen und der Nullleiter am Messgerät angeschlossen sein. Reine Strommessungen sind wenig brauchbar, weil die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung (Cosinus Phi) je nach Elektroabgang und der angeschlossenen Geräten sehr unterschiedlich sein kann.

2.4 Leistungsmessungen der Geräte

Die steckbaren Geräte können mit einem Leistungsmessgerät gemessen werden. Wichtig ist, dass das verwendete Messgerät eine hohe Genauigkeit bei kleinen Leistungen besitzt und bereits ab einer Leistung von 0.1 Watt eingesetzt werden kann.

Figur 5: Leistungsmessgerät für steckbare Geräte (Typ: Emu Check)



Zur systematischen Erfassung der Geräte gehört die genaue Zuordnung zu den Elektrounterverteilungen (UV), den Raumnummern und -Nutzungen, den Gerätekategorien sowie ein Gerätebeschrieb. Wenn die Daten in einer Excel-Tabelle erfasst werden, können sie anschliessend mit der Pivot-Tabellen-Funktion optimal ausgewertet werden.

Die Erfassung der Geräte ist zeitaufwändig: Im Amtshaus 3 (AHB/IMMO) sind in der genutzten Fläche von 5'500 m² knapp 2'000 Elektrogeräte installiert, die einen Betrieb ausserhalb der Nutzungszeit (BaN) aufweisen. Da in einem Gebäude aber viele Geräte mehrfach vorkommen, müssen nicht alle einzeln gemessen werden.

Die nachstehende Tabelle zeigt einen kleinen Ausschnitt aus der Verbraucherliste des Amtshauses 3 mit den wichtigsten Zuordnungskriterien.

| UV | Raum-Nr. | Raum-nutzung | Kategorie | Gerätebeschrieb | BaN | Anzahl | Total | Mess typ |
|-------|----------|--------------|-------------|----------------------------|-------|--------|-------|----------|
| 10_01 | 101 | Büro | Licht | Deckenleuchten 2x28W, Dali | 1 W | 8 | 8 W | m |
| 10_11 | 112 | Büro | Licht | Deckenleuchten 2x28W, Dali | 1 W | 2 | 2 W | m |
| 10_21 | 115 | Büro | Licht | Deckenleuchten 2x28W, Dali | 1 W | 4 | 4 W | m |
| 10_01 | 103 | Büro | Drucker | Lexmark T360 | 11 W | 1 | 11 W | m |
| 10_11 | 107 | Büro | Drucker | Lexmark T360 | 11 W | 1 | 11 W | m |
| 20_11 | 207 | Empfang | Div. Geräte | Frankiermaschine | 13 W | 1 | 13 W | m |
| 10_11 | 106 | Küche | Div. Geräte | Geschirrspüler Zug Adorina | 10 W | 1 | 10 W | s |
| 20_11 | 211 | Büro | Div. Geräte | Kaffeemaschine Delizio | 0.5 W | 1 | 0.5 W | m |
| 10_01 | 102 | Büro | PC | Dell Optiplex | 2 W | 0 | 0 W | m |
| 20_11 | 210 | Büro | PC | Dell Optiplex | 2 W | 1 | 2 W | m |
| 40_11 | 418 | Büro | PC | Dell Optiplex | 2 W | 3 | 6 W | m |
| 10_01 | 102 | Büro | Bildschirm | Dell 19 Zoll | 0.7 W | 0 | 0 W | m |
| 20_01 | 204 | Büro | Bildschirm | Dell 19 Zoll | 2.4 W | 2 | 4.8 W | m |
| 40_01 | 401 | Büro | Bildschirm | Dell 19 Zoll | 0.7 W | 4 | 2.8 W | m |
| 10_11 | 408 | WC | Div. Geräte | Pissoir Geberit | 0.5 W | 2 | 1 W | d |

Bei der Erfassung von Elektroverbrauchern im Betrieb ausserhalb der Nutzungszeit (BaN) wird nur die Leistungsaufnahme im Bereitschafts- oder Standby-Betrieb erfasst. Als Elektroverbrau-

cher im Bereitschaftszustand gelten auch solche, die manuell abgestellt werden könnten, aber dennoch in Betrieb sind.

Die Arbeit der Leistungserfassung geschieht am besten ausserhalb der Nutzungszeit, also während der Nacht oder am Wochenende. In einigen Fällen ist eine Messung nicht möglich und es muss auf einen deklarierten Wert oder sogar eine Schätzung zurückgegriffen werden. Die Qualität der angegebenen Leistung muss unbedingt angegeben werden.

- Messung (m): Die meisten Elektroverbraucher weisen im Betrieb ausserhalb der Nutzungszeit eine weitgehend konstante Leistung auf – eine Momentanmessung dürfte also in den meisten Fällen ausreichen. Steckbare Geräte können mit einem Steckermessgerät, festinstallierte Geräte mit einem Zangenwattmeter in der Elektro-Unterverteilung gemessen werden. Die Zuordnung des Elektroabgangs in der Unterverteilung zu fest installierten Elektroverbrauchern ist nicht immer eindeutig.
- Deklaration (d): Wenn eine Messung nicht möglich oder zu aufwändig ist, kann als 2. Priorität auf deklarierte Werte am Gerät oder in einer Produktdeklaration zurückgegriffen werden. Eine Stromangabe in Ampère ist wegen des sehr unterschiedlichen Leistungsfaktors der Elektroverbraucher nicht zu gebrauchen.
- Schätzung (s): Bei vielen Geräten ist nicht einmal eine Deklaration verfügbar, weder am Gerät noch geben die Produktspezifikationen Auskunft darüber. Mit etwas Erfahrung kann man Leistungsbezüge schätzen, auf bekannte Werte ähnlicher Geräte zurückgreifen oder allgemeine Kennwerte (z.B. aus der SIA 380/4) verwenden.
- unbekannt (u): Im ungünstigsten Fall kann nicht einmal ein grober Wert angegeben werden und das Leistungsfeld bleibt leer.

2.5 Leistungs- und Energiebilanz

Die Summe aller Einzelleistungen der Apparate entspricht im idealen Fall der gemessenen Bandleistung am Elektrozähler des Elektrizitätswerkes. In der Realität wird dies nicht der Fall sein, weil es viele Geräte gibt, deren Leistungen nicht genau ermittelt werden können. Der Optimierungsarbeit von Apparatelite und Gesamtlastmessung kommt eine bedeutende Aufgabe zu; dafür sind zusätzliche Hilfestellungen möglich:

- Suche nach vergessenen Verbrauchern
- Lastmessungen in Unterverteilungen
- Weitergehende Abklärungen bei Geräten mit ungenauen Leistungsangaben
- Messungen von Gerätetypen in externen Labors (zum Beispiel Fachhochschulen)

Am Schluss weist die Bilanz wahrscheinlich immer noch ein gewisses Feld von Geräten unbekannter Leistung auf; diese sollen klar bezeichnet werden, damit ein allfälliger Aufarbeitungsbedarf evident wird.

2.6 Massnahmen

Beim Beurteilen der Leistungs- und Energiebilanz stellt sich nun die Frage, welche Geräte mit BaN-Leistung vom Netz getrennt werden können und mit welchen Hilfsmitteln, aber auch welche Geräte nicht abgestellt werden können. Es gibt Geräte, die klar zur ersten Gruppe (z.B. Drucker) gehören und solche, die eindeutig zur zweiten Gruppe gehören (z.B. Brandmeldeanlage). Dazwischen liegt aber ein grosser Graubereich, wo man diskutieren und überlegen muss, unter welchen Umständen man solche Geräte ausschalten könnte (z.B. PCs).

3 Gebäude

Das Amtshaus 3 wird zum grössten Teil für die circa 200 Arbeitsplätze des Amtes für Hochbauten (AHB) und der Immobilien-Bewirtschaftung (IMMO) genutzt. Zusätzlich sind im Parterre acht Läden untergebracht, im 3. Obergeschoss ein Personalrestaurant der Polizei und im 4. Obergeschoss die Wohnung des Hauswartes. Das Gebäude besitzt – abgesehen vom Personalrestaurant und den kleinen EDV-Räumen – keine Lüftungstechnischen Anlagen. Im Amtshaus 3 gibt es ferner keine Serverräume; die sechs kleinen EDV-Räume dienen lediglich der Übermittlung der Internetsignale von den Arbeitsplätzen zum Informatik-Zentrum der Stadt Zürich (OIZ).

Das Amtshaus 3 kann also summa summarum als eher niedrig technisiert eingestuft werden. Die nachstehende Tabelle zeigt die Flächenzusammenstellung (netto) des Gebäudes ohne die Fremdnutzungen Läden, Personalrestaurant und Hauswartwohnung.

| Stock | Büro | Sitzung | Korridor | Treppe | Archiv | Café | übrige | Total |
|--------------|--------------|------------|--------------|------------|------------|-----------|------------|----------------------------|
| 1. OG | 662 | 13 | 225 | 90 | | | 34 | 990 m ² |
| 2. OG | 628 | 77 | 236 | 107 | | | 36 | 1'048 m ² |
| 3. OG | 310 | 30 | 84 | 73 | | | 11 | 497 m ² |
| 4. OG | 433 | 58 | 135 | 104 | | | 39 | 730 m ² |
| 5. OG | 167 | 17 | 85 | | 224 | | 333 | 493 m ² |
| Entresol | 444 | 38 | 240 | 61 | 166 | 50 | 51 | 999 m ² |
| Keller | | | 164 | 61 | | | 36 | 225 m ² |
| Parterre | | | | 61 | | | | 61 m ² |
| Total | 2'644 | 233 | 1'169 | 557 | 390 | 50 | 540 | 5'583 m² |

Figur 6: Aussenansicht Amtshaus 3



4 Messungen

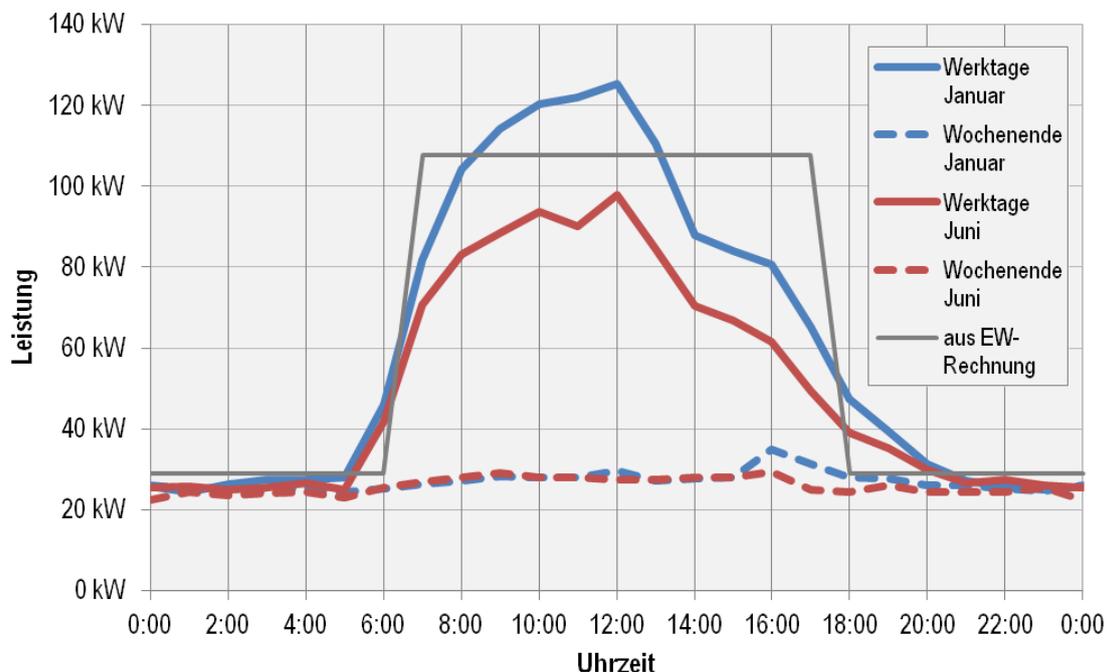
4.1 EW-Zähler und IMMO-Box

In der Elektrohauptverteilung des Amtshauses 3 ist parallel zum Stromzähler des Elektrizitätswerkes eine sogenannte „IMMO-Box“ installiert, welche den Leistungsbezug kontinuierlich misst und in Stundenintervallen abspeichert. Daraus lässt sich ein Lastgang erstellen.

Wie Figur 7 zeigt, unterscheiden die Lastgänge an Winterwerktagen deutlich von denjenigen im Sommer, was durch den Mehrbezug an Strom für Beleuchtung in den Wintermonaten eindeutig erklärt werden kann. An Wochenenden und in der Nacht ist die BaN-Leistung zu erkennen, die rund 29 kW beträgt – unabhängig von Winter- oder Sommer-Betrieb.

In derselben Grafik ist auch die einfache Auswertung der Hoch- und Niedertarifbezüge eingezeichnet; man sieht, dass die kontinuierliche Messung über das Jahr gerechnet sehr gut mit der Auswertung der Hoch-/Niedertarif-Werte des EWZs zusammenpasst.

Figur 7: Lastgang gemessen am Elektrozähler mit IMMO-Box



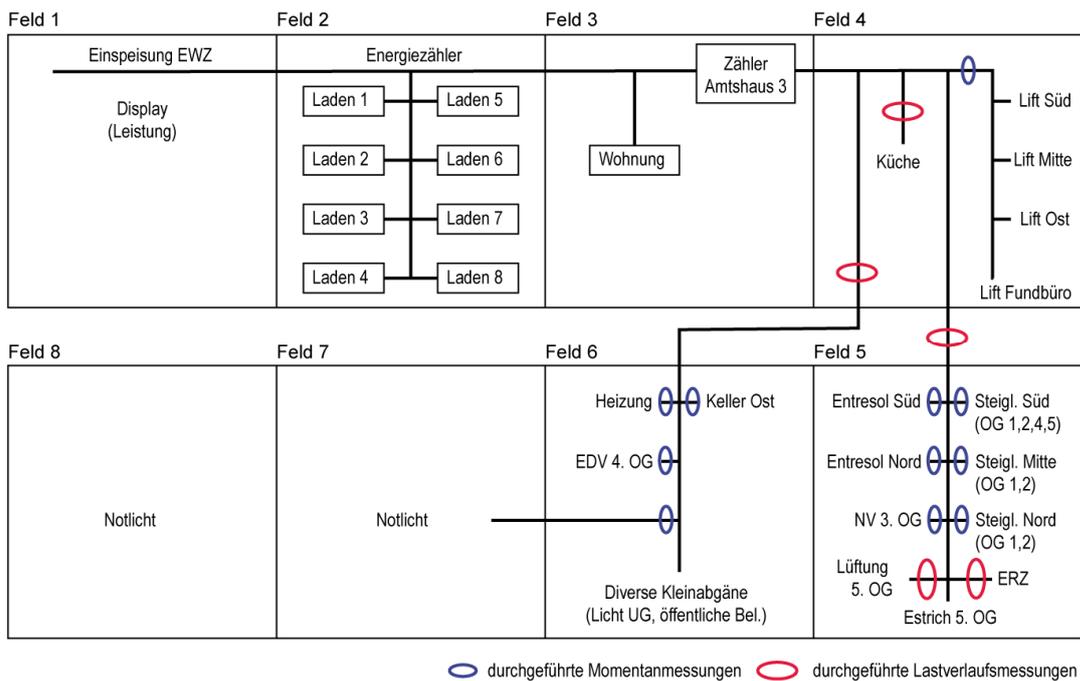
Leider ist im Falle des Verwaltungsteils AHB/IMMO die Messung der IMMO-Box wenig hilfreich, weil am Elektrozähler drei grössere „Fremdbezüger“ hängen, die das Profil des Gebäudes stark beeinflussen: das Personalrestaurant mit Küche der Polizei sowie eine Stromleitung zu einem andern Gebäude des Amtes für Entsorgung & Recycling Zürich (ERZ).

Für eine Beurteilung des BaN-Verbrauchs (Verwaltungsteil AHB/IMMO) muss also eine separate Lastverlaufsmessung installiert werden.

4.2 Elektrohauptverteilung

In der Elektrohauptverteilung sind die Stromzähler der privaten Bezüger (acht Läden) und der Hauswartwohnung montiert (Felder 2 und 3). Der gemeinsame Stromzähler für die stadteigenen Bezüger (AHB/IMMO, Polizei, ERZ) folgt im Stromverlauf anschliessend. Von Feld 4 aus wird der Verwaltungsteil AHB/IMMO versorgt (Felder 5 und 6) ferner die Küche der Stadtpolizei und die Lifte. An Feld 5 sind neben den Abgängen zu den Unterverteilungen (UV) von AHB/IMMO auch die Lüftungsanlage zum Restaurant und der Abgang zum ERZ angeschlossen. In Feld 6 finden sich die Abgänge zu drei weiteren Unterverteilungen von AHB/IMMO und die Einspeisung zur Notlichtanlage in den Feldern 7 und 8.

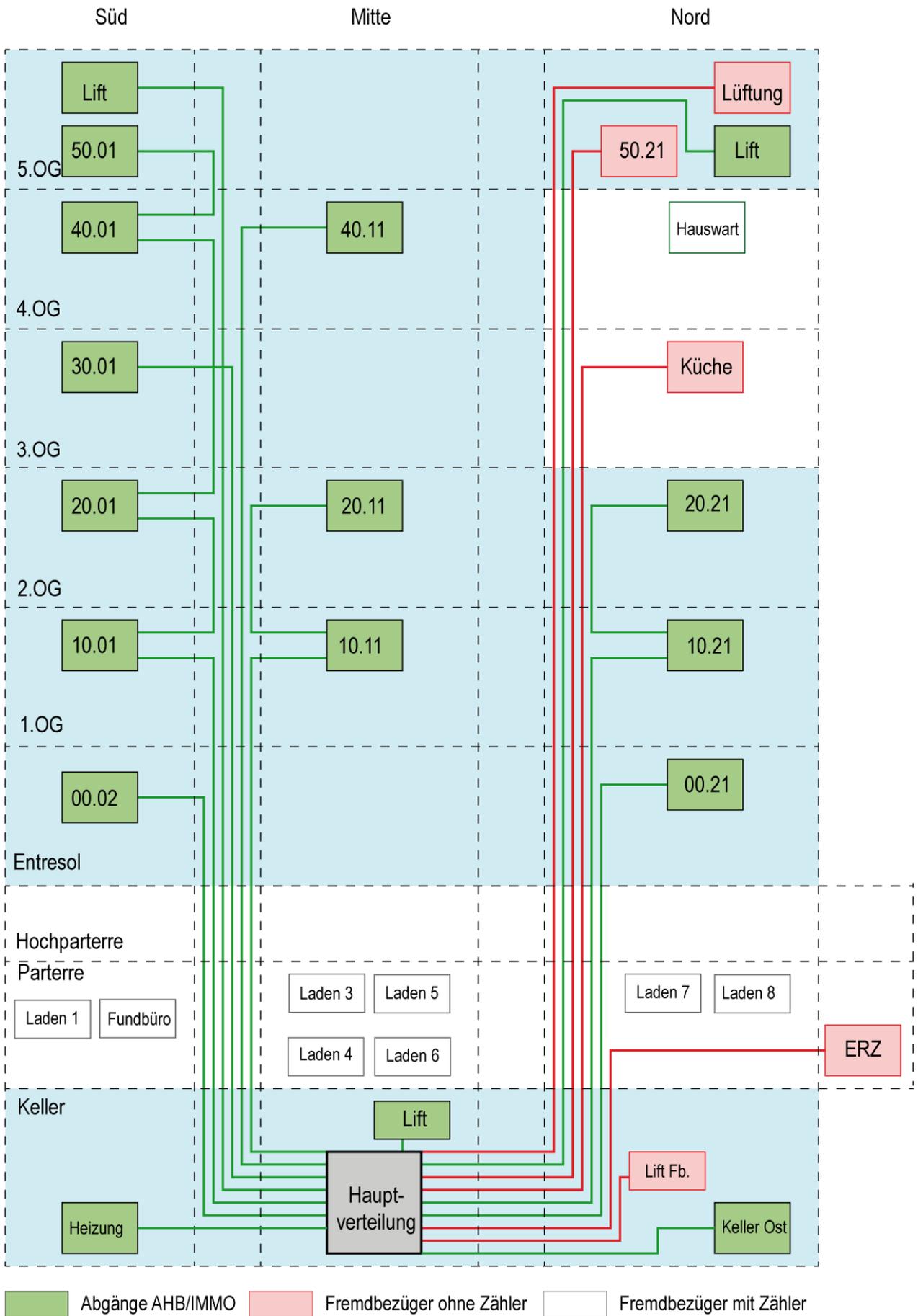
Figur 8: Aufbau der Elektrohauptverteilung mit 8 Felder und Messkonzept



Figur 9: Ansicht Elektrohauptverteilung (Felder 1 bis 4)



Figur 10: Struktur der Elektroverteilung mit Hauptverteilung und Unterverteilungen



Um den effektiven Lastgang des Verwaltungsteils AHB/IMMO erstellen zu können, sind mehrere Messungen nötig:

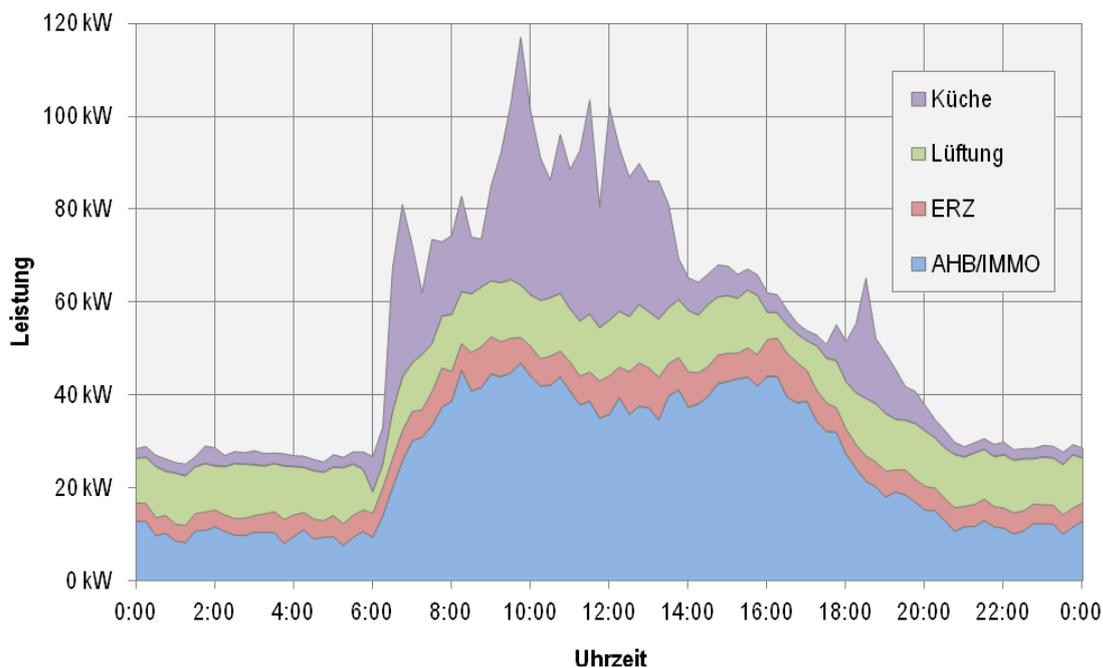
- Einspeisung Feld 5
- Einspeisung Feld 6
- Abgang Lüftung von Feld 5
- Abgang ERZ von Feld 5

Durch Zusammenzählen der Messwerte der Felder 5 und 6 und Abziehen der Messwerte der Abgänge „Lüftung“ und „ERZ“ kann der Lastgang "AHB/IMMO" konstruiert werden.

In Figur 11 ist der effektive Lastgang des Verwaltungsteils AHB/IMMO nun sichtbar: Die Bandlast von "AHB/IMMO" beträgt also „nur“ 11.2 kW (statt der 29 kW des Gebäudes inkl. städtische Fremdnutzer). Die Tagesleistung des "AHB/IMMO" liegt im Mittel bei knapp 40 kW statt der 70 kW bei der Zählermessung.

Die Lastkurven in Figur 11 repräsentieren einen Tag im Juni. Im Winter wird die blaue Kurve "AHB/IMMO" schätzungsweise 20 kW höher liegen; die Fremdbezuger Küche, Lüftung und ERZ dürften Sommer wie Winter weitgehend gleich aussehen.

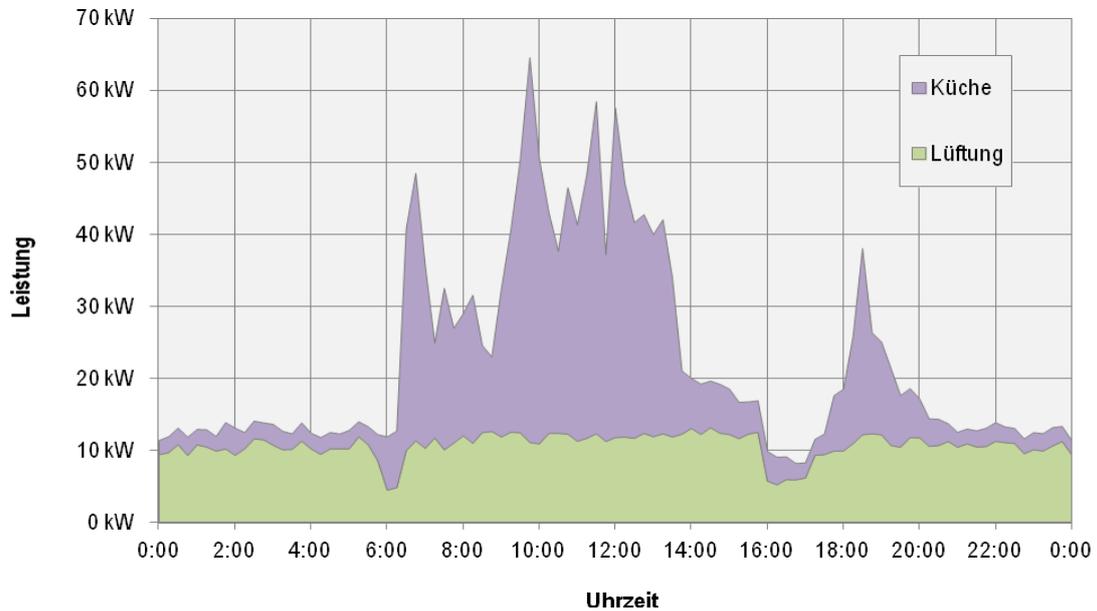
Figur 11: Lastgänge AHB/IMMO und Fremdbezuger (Werktag Juni)



Der Stromverbrauch des Verwaltungsteils AHB/IMMO beträgt also nur knapp 50% des Gesamtstromverbrauchs des Zählers. Weitere Interpretationen zu dieser Messung findet man im Kapitel „Auswertung“.

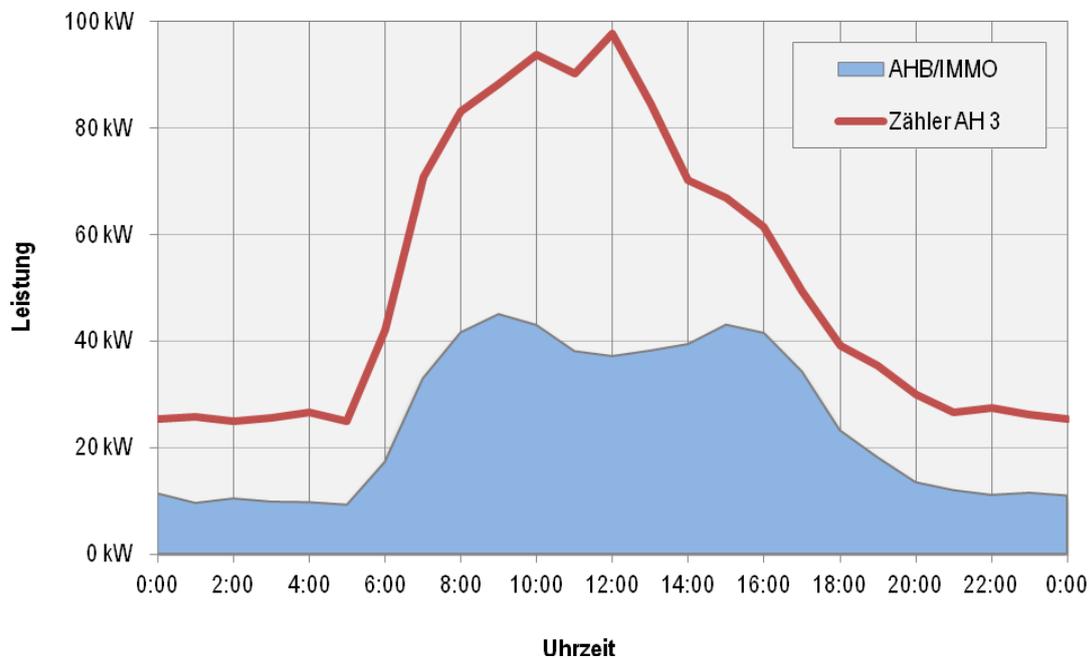
Interessant ist auch die Messung des Personalrestaurants und der zugehörigen Lüftungsanlage einzeln zu betrachten, siehe nachfolgende Figur.

Figur 12: Lastgänge Küche und Lüftungsanlage Küche



In der nachfolgenden Figur ist die grosse Differenz zwischen der Messung am Elektrozähler (und IMMO-Box) im Vergleich zum effektiven Lastverlauf des Verwaltungsteils AHB/IMMO ersichtlich.

Figur 13: Effektiver Lastgang AHB/IMMO versus IMMO-Box und EWZ-Zähler (Werktag Juni)



4.3 Steckbare Geräte

Aus der Analyse ergibt sich, dass im Amt für Hochbauten total 1942 Geräte installiert sind, die dauernd eine bestimmte Leistung beziehen. Geräte, die keine BaN-Leistung aufweisen sind nicht erfasst; diese machen aber einen deutlich kleineren Anteil aus – es dürften schätzungsweise zusätzliche 500 Geräte ohne BaN installiert sein.

Zur schnellen Übersicht werden die Geräte hier in sieben Gerätekategorien eingeteilt, welche je eine vergleichbar hohe BaN-Leistung verursachen. Die Kategorien sind in der nachfolgenden Tabelle mit der Anzahl Geräte und der Totalleistung je Kategorie aufgelistet.

| Gerätekategorie | Anzahl | Total |
|--|-------------|-----------------|
| Beleuchtung | 912 | 2'442 W |
| PC, Bildschirm | 417 | 1'661 W |
| Informations- und Kommunikations-Technik (IKT) | 234 | 2'448 W |
| Sicherheit | 224 | 1'189 W |
| Diverse Geräte | 84 | 1'570 W |
| Drucker, Kopierer | 45 | 1'100 W |
| Gebäudetechnik | 26 | 791 W |
| Total | 1942 | 11'200 W |

Im Folgenden sind die Messwerte einzelner Kategorien weiter detailliert und beschrieben. In der hintersten Spalte ist jeweils die Art der Erhebung vermerkt: m = Messung, d = Deklaration, s = Schätzung.

4.3.1 PC, Bildschirm

Es sind insgesamt 196 Arbeitsplätze und einzelne Sitzungszimmer mit Computern ausgerüstet. Einige Arbeitsplätze haben zwei Monitore; deshalb ist die Anzahl Bildschirme mit 219 höher als die Anzahl der PCs. Damit während der Nacht Updates von Software und Backups von Daten gemacht werden können, dürfen die PCs nicht vollständig vom Netz getrennt werden und es bleibt eine Bereitschaftsleistung von 2 Watt.

Die Monitore können per Tippschalter ausgestellt werden; rund 60% der Monitore waren bei der Erfassung abgestellt, bei 40% leuchteten die Bereitschaftslampen. Neun Computer und Bildschirme waren bei der Erfassung nicht abgestellt und liefen im Betriebsmodus.

Computer und Bildschirme wurden in den verschiedenen Betriebsmodi mit Leistungsmessgeräten gemessen. Beim Grossteil der PCs und Bildschirme handelt es sich um dasselbe Standardmodell von Dell (Optiplex).

| Gerät | Typ | Modus | BaN | Anzahl | Total | Typ |
|--------------|---------------|---------|--------|------------|----------------|-----|
| PC | Dell Optiplex | off | 2.0 W | 187 | 374 W | m |
| | Dell Optiplex | on | 70.0 W | 9 | 630 W | m |
| Bildschirm | Dell 17 Zoll | off | 0.7 W | 122 | 85 W | m |
| | Dell 17 Zoll | Standby | 2.4 W | 88 | 211 W | m |
| | Dell 17 Zoll | on | 40.0 W | 9 | 360 W | m |
| Total | | | | 417 | 1'661 W | |

4.3.2 Drucker, Kopierer

Bei allen 35 Laserdruckern und 10 Kopierern wurde die Leistung ausserhalb der Betriebszeit gemessen. Dabei überraschen die sehr hohen Leistungen im Bereitschaftsmodus. Alle Geräte sind am Netzwerk angeschlossen, können also im Prinzip von jedem PC aus als Drucker verwendet werden.

| Gerät | Typ | Modus | BaN | Anzahl | Total | Typ |
|--------------|--------------------|-------|---------|-----------|----------------|-----|
| Drucker | Lexmark T360 | off | 0.0 W | 7 | 0 W | m |
| | Lexmark T360 | on | 11.0 W | 11 | 121 W | m |
| | Lexmark T560 | on | 16.8 W | 1 | 17 W | m |
| | Lexmark T640 | off | 0 W | 2 | 0 W | m |
| | Lexmark T640 | on | 16.6 W | 11 | 183 W | m |
| | Lexmark T650 | on | 11.8 W | 1 | 12 W | m |
| | Oki 5950 | on | 8.8 W | 1 | 9 W | m |
| | HP Designjet T2300 | on | 38.0 W | 1 | 38 W | m |
| Kopierer | Canon CLC 4040 | on | 208.0 W | 2 | 416 W | m |
| | Nashuatec 1805 | off | 0 W | 1 | 0 W | m |
| | Nashuatec 5501 | on | 13.4 W | 1 | 13 W | m |
| | Nashuatec C5000 | on | 13.4 W | 1 | 13 W | m |
| | Nashuatec MPC 2050 | on | 6.0 W | 1 | 6 W | m |
| | Nashuatec MPC 3300 | on | 5.2 W | 1 | 5 W | m |
| | Nashuatec MPC 3300 | on | 89.0 W | 3 | 267 W | m |
| Total | | | | 45 | 1'100 W | |

4.3.3 Informations- und Kommunikations-Technik (IKT)

Jeder Arbeitsplatz und zusätzlich einige Sitzungszimmer verfügen über ein Telefon. Das Siemens Openstage 40 SIP ist ein Internettelefon, welches seine benötigte Versorgungsenergie aus dem TCP/IP-Netzwerkkabel bezieht. Gemäss Datenblatt benötigt das Telefon eine Leistung von knapp 3 Watt (25 kWh/a). Die Versorgungsenergie der Telefone erfolgt über 10 Switches (Cisco Catalyst 3750), welche in fünf EDV-Räumen untergebracht sind.

Im zentralen EDV-Raum (E27) stehen die zwei grossen Switches (Cisco Catalyst 4506), welche die Computer, Telefone, Drucker und Kopierer mit dem städtischen Informatikzentrum (OIZ) verbinden. Im Raum E24 steht auch eine USV-Anlage, an welcher alle 12 Switches angeschlossen sind. Die 10-KVA-Anlage wird mit nur 10%-Last betrieben, was einen sehr tiefen Wirkungsgrad von unter 70% zur Folge hat; die Verlustleistung beträgt rund 600 Watt.

| Gerät | Typ | Modus | BaN | Anzahl | Total | Typ |
|--------------|-------------------------------------|-------|-------|------------|----------------|-----|
| Switches | Cisco Catalyst 3750 | on | 54 W | 10 | 540 W | m |
| | Cisco Catalyst 4506 | on | 300 W | 2 | 600 W | d |
| Telefone | Openstage 40 SIP | on | *0 W | 214 | 0 W | m |
| USV | GE Digital Energy UPS SitePro 10kVa | on | 600 W | 1 | 600 W | s |
| | GEZE E260 N2/1 | on | 34 W | 3 | 102 W | d |
| Klimageräte | Hitachi | on | 25 W | 1 | 25 W | m |
| | Rückkühlung | on | 236 W | 1 | 236 W | s |
| | Hokkaido | on | 25 W | 1 | 25 W | m |
| | Rückkühlung | on | 320 W | 1 | 320 W | s |
| Total | | | | 234 | 2'448 W | |

*) Energieversorgung via Power-over-Internet-Technologie (POIP)

4.3.4 Diverse Geräte

Bei den übrigen Geräten dominieren die Wasserspender, die Archiv-Maschinen, die Kühlschränke und die Kaffeemaschinen; sie machen 2/3 der BaN-Leistung der übrigen Geräte aus. Neben den erfassten Geräten mit BaN-Leistung sind zahlreiche weitere Geräte (z.B. Rechenmaschinen, Radiogeräte usw.) installiert, die im ausgeschalteten Zustand keine Energie verbrauchen – weil sie meist älteren Datums sind! Diese Geräte wurden in dieser BaN-Analyse nicht erfasst.

| Gerät | BaN | Anzahl | Total | Typ |
|-----------------------------|--------|-----------|----------------|-----|
| Wasserspender | 92.5 W | 4 | 370 W | m |
| Archiv-Maschinen | 21.9 W | 16 | 350 W | s |
| Kühlschränke | 54.0 W | 6 | 324 W | s |
| Kaffeemaschinen | 54.0 W | 6 | 324 W | m |
| Fax, Scanner | 11.3 W | 4 | 45 W | m |
| Frankiermaschinen | 13.0 W | 2 | 26 W | m |
| Musikanlagen | 2.2 W | 6 | 13 W | m |
| Cablecom-Hausanschluss | 12.0 W | 1 | 12 W | m |
| Geschirrspüler | 10.0 W | 1 | 10 W | s |
| Aktenvernichter | 1.5 W | 4 | 6 W | m |
| Notenzähler | 1.0 W | 4 | 4 W | m |
| Netzteile | 0.3 W | 9 | 3 W | m |
| Pissoire | 0.6 W | 5 | 3 W | d |
| Taubenschutz-Anlagen | 1.0 W | 2 | 2 W | m |
| Beamer | 0.5 W | 2 | 1 W | m |
| Elektroboiler | 0 W | 2 | 0 W | s |
| Verschiedene weitere Geräte | 7.7 W | 10 | 77 W | s |
| Total | | 84 | 1'570 W | |

4.3.5 Beleuchtung

Bei der Beleuchtung zählen der Standby der Leuchten mit Dali-Vorschaltgeräten, die Präsenzmelder sowie Leuchten im Dauerbetrieb zu den BaN-Verbrauchern. Die meisten dieser Stromverbraucher wurden ausgemessen, insbesondere die Deckenleuchte mit den eingebauten Präsenzmeldern von Regent. Die Eigenverbräuche der diversen Präsenzmelder sind Schätzwerte.

| Gerät | Typ | Modus | BaN | Anzahl | Total | Typ |
|------------------|-------------------|---------|--------|------------|----------------|-----|
| Wandleuchten | | on | 38.0 W | 18 | 684 W | d |
| Pendelleuchten | | on | 52.0 W | 10 | 520 W | d |
| Deckenleuchten | 2 x 28 W, Dali | Standby | 1.0 W | 518 | 518 W | m |
| Stehleuchten | Level 2 x 55 W | Standby | 0.5 W | 26 | 13 W | d |
| | ältere Modelle | Standby | 2.0 W | 4 | 8 W | d |
| diverse Leuchten | | Standby | 1.0 W | 2 | 2 W | d |
| | | on | 28.0 W | 1 | 28 W | d |
| | | on | 40.0 W | 11 | 440 W | d |
| Präsenzmelder | in Deckenleuchten | on | 0.5 W | 273 | 137 W | m |
| | HTS | on | 1.0 W | 6 | 6 W | d |
| | Diverse | on | 2.0 W | 43 | 86 W | s |
| Total | | | | 912 | 2'442 W | |

4.3.6 Sicherheit

Die Geräte für die Gebäudesicherung sind zum Teil nicht direkt messbar. Für die Brandmeldezentralen sind Leistungswerte aus den Datenblättern ersichtlich. Die Notlichtanlage verfügt über ein eingebautes Messgerät, welches die Versorgungsleitung anzeigt, nicht aber die USV-Verluste. Türschliessanlage und die Geräte zur Videoüberwachung konnten gemessen werden. Die Werte für die Videokameras sind Schätzwerte.

| Gerät | BaN | Anzahl | Total | Typ |
|--|-------|------------|----------------|-----|
| Brandmeldezentrale (BZA) | 150 W | 4 | 600 W | d |
| Brandmelder (Stromversorgung über BZA) | 0 W | 200 | 0 W | s |
| Notlichtanlage (inkl. USV) | 30 W | 5 | 150 W | d |
| Alarmanlage Bilder-Archiv | 100 W | 1 | 100 W | s |
| Tür Schliessanlage | 21 W | 1 | 21 W | m |
| Schlüsselkontrolle | 5 W | 2 | 10 W | s |
| Videokameras | 5 W | 6 | 30 W | s |
| Videoüberwachung (5 verschiedene Geräte) | | 5 | 278 W | m |
| Total | | 224 | 1'189 W | |

4.3.7 Gebäudetechnik

Weil das Gebäude – abgesehen vom Personalrestaurant, welches in dieser Analyse nicht detailliert erfasst wurde – keine Lüftungstechnische Anlagen hat, ist der Anteil der Gebäudetechnik am BaN relativ gering. Der Standby der Lifte, die Netzverluste, die Heizungsregelung, die Fäkalienpumpe und die WC-Abluft sind die grössten Verbraucher.

| Gerät | BaN | Anzahl | Total | Typ |
|--|---------|-----------|--------------|-----|
| Lifte | 100.0 W | 3 | 300 W | m |
| Netzverluste (Annahme 1% der BaN-Leistung) | 110.0 W | 1 | 110 W | s |
| Heizungsregelung | 127.0 W | 1 | 127 W | d |
| Fäkalienpumpe | 170.0 W | 1 | 170 W | s |
| Abluft WC | 40.0 W | 1 | 40 W | s |
| Abluft Serviceraum | 19.0 W | 1 | 19 W | m |
| Wärmezähler Heizungsraum | 3.0 W | 4 | 12 W | s |
| Heizungspumpen | 0 W | 12 | 0 W | d |
| | 10.0 W | 1 | 10 W | d |
| Druckerhaltung Heizungsraum | 3.5 W | 1 | 4 W | m |
| Total | | 26 | 791 W | |

5 Auswertung

Die Kombination der Lastmessungen in der Elektrohauptverteilung (Kapitel 4.2) und der Einzelmessungen der steckbaren Geräte (Kapitel 4.3) ergibt – unter Abschätzung des Verbrauchs nicht messbarer Geräte – die Leistungsbilanz im Betrieb ausserhalb der Nutzungszeit.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die ermittelten BaN-Leistungen der einzelnen Felder in der Elektrohauptverteilung und deren Zuordnung zu den Gerätekategorien.

5.1 Hauptverteilung Feld 4

| Abgang | PC, Bildschirm | Drucker, Kopierer | Diverse Geräte | IKT | Beleuchtung | Sicherheit | Gebäudetechnik | Total |
|--------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Küche | | | 3'924 W | | | | | |
| Lifte | | | | | | | 300 W | |
| Feld 5 | 1'613 W | 1'011 W | 6'533 W | 2'448 W | 1'121 W | 1'069 W | 10'599 W | 24'392 W |
| Feld 6 | 48 W | 89 W | 67 W | | 1'321 W | 120 W | 323 W | 1'968 W |
| Total | 1'661 W | 1'100 W | 10'524 W | 2'448 W | 2'442 W | 1'189 W | 11'221 W | 26'360 W |

5.2 Hauptverteilung Feld 5

| Abgang | PC, Bildschirm | Drucker, Kopierer | Diverse Geräte | IKT | Beleuchtung | Sicherheit | Gebäudetechnik | Total |
|--------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 00_02 | 173 W | 199 W | 491 W | | 213 W | | | 1'075 W |
| 00_21 | 357 W | 85 W | 26 W | 345 W | 232 W | 309 W | 19 W | 1'373 W |
| Süd | 291 W | 170 W | 444 W | | 258 W | 255 W | | 1'417 W |
| Mitte | 306 W | 57 W | 246 W | | 102 W | 170 W | | 881 W |
| Nord | 361 W | 247 W | 184 W | 2'001 W | 159 W | 155 W | | 3'108 W |
| 30_01 | 124 W | 253 W | 111 W | 102 W | 159 W | 180 W | | 929 W |
| 50_21 | | | | | | | 150 W | 150 W |
| Lüftung | | | | | | | 10'430 W | 10'430 W |
| ERZ | | | 5'030 W | | | | | 5'030 W |
| Total | 1'613 W | 1'011 W | 6'533 W | 2'448 W | 1'121 W | 1'069 W | 10'599 W | 24'392 W |

5.3 Hauptverteilung Feld 6

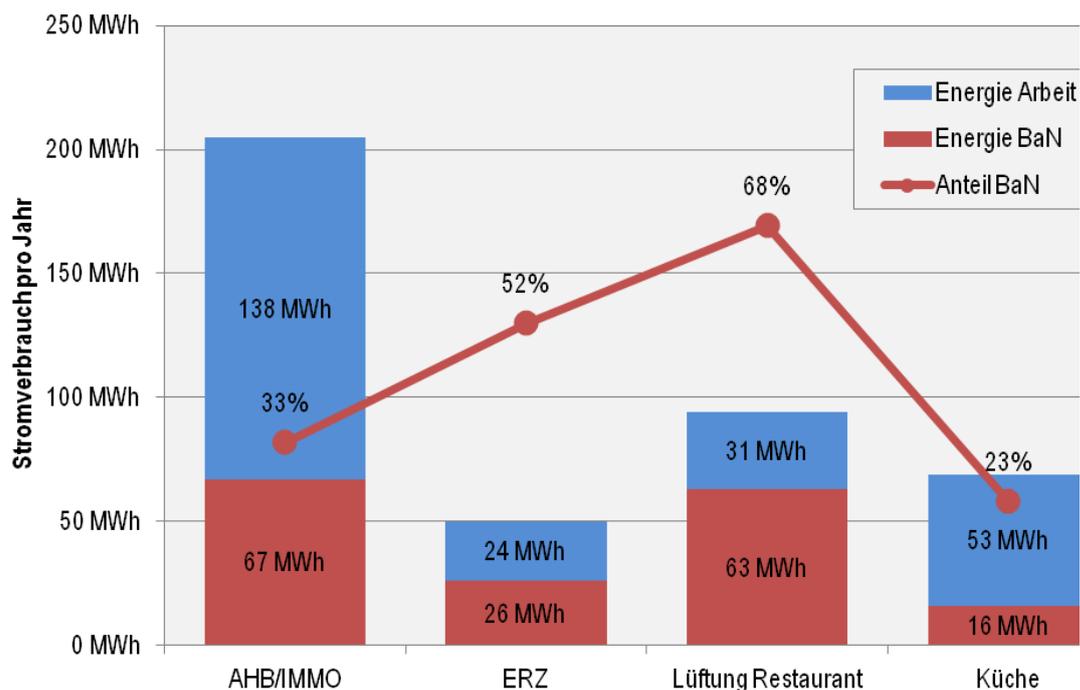
| Feld 6 | PC, Bildschirm | Drucker, Kopierer | Diverse Geräte | IKT | Beleuchtung | Sicherheit | Gebäudetechnik | Total |
|--------------|----------------|-------------------|----------------|------------|----------------|--------------|----------------|----------------|
| Keller Ost | | | 12 W | | | | 170 W | 182 W |
| Heizung | | | | | | | 153 W | 153 W |
| 40_11 | 48 W | 89 W | 55 W | | 73 W | | | 265 W |
| HV_F6 | | | | | 1'248 W | 120 W | | 1'368 W |
| Total | 48 W | 89 W | 67 W | 0 W | 1'321 W | 120 W | 323 W | 1'968 W |

Wenn man die Liste für die Verbraucher des Verwaltungsteils AHB/IMMO zusammenstellt, ergibt sich nachfolgende Tabelle. Die gesamte BaN-Leistung von AHB/IMMO beträgt also 11.2 kW.

| Abgang | PC, Bildschirm | Drucker, Kopierer | Diverse Geräte | IKT | Beleuchtung | Sicherheit | Gebäudetechnik | Total |
|------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 00_02 | 173 W | 199 W | 491 W | 0 W | 213 W | 0 W | 0 W | 1'075 W |
| 00_21 | 357 W | 85 W | 26 W | 345 W | 232 W | 309 W | 19 W | 1'373 W |
| Süd | 291 W | 170 W | 444 W | 0 W | 258 W | 255 W | 0 W | 1'417 W |
| Mitte | 306 W | 57 W | 246 W | 0 W | 102 W | 170 W | 0 W | 881 W |
| Nord | 361 W | 247 W | 184 W | 2'001 W | 159 W | 155 W | 0 W | 3'108 W |
| 30_01 | 124 W | 253 W | 111 W | 102 W | 159 W | 180 W | 0 W | 929 W |
| 40_11 | 48 W | 89 W | 55 W | 0 W | 73 W | 0 W | 0 W | 265 W |
| 50_21 | 0 W | 0 W | 0 W | 0 W | 0 W | 0 W | 150 W | 150 W |
| Keller Ost | 0 W | 0 W | 12 W | 0 W | 0 W | 0 W | 170 W | 182 W |
| Heizung | 0 W | 0 W | 0 W | 0 W | 0 W | 0 W | 153 W | 153 W |
| HV_F6 | 0 W | 0 W | 0 W | 0 W | 1'248 W | 120 W | 0 W | 1'368 W |
| Lifte | 0 W | 0 W | 0 W | 0 W | 0 W | 0 W | 300 W | 300 W |
| Total AH3 | 1'661 W | 1'100 W | 1'570 W | 2'448 W | 2'442 W | 1'189 W | 791 W | 11'200 W |

Auf der Basis der Lastgänge (Figur 11) können die Elektrizitätsverbräuche von "AHB/IMMO" sowie der Fremdbezuger relativ gut aufs Jahr hochgerechnet werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass die mittlere Tagesleistung des Verwaltungsteils AHB/IMMO im Winterhalbjahr um etwa 20 kW höher liegt und die des Abganges "ERZ" um etwa 3 kW. Das Personalrestaurant und die dazugehörige Lüftungsanlage dürften einen jahreszeitlich unabhängigen Betrieb aufweisen.

Figur 14: Hochgerechneter jährlicher Elektrizitätsverbrauch im Amtshaus 3 mit BaN-Anteilen



6 Massnahmen zur Senkung des BaNs

| Massnahme | Typ | Einsparung | |
|---|-----|-------------|--------------|
| | | Leistung | Energie |
| PC, Bildschirm Geeignete Informationen an die Benutzenden, dass PC heruntergefahren und Bildschirm zusätzlich ausgestellt werden müssen. | S | 1117 W | 6'700 kWh/a |
| PC, Bildschirm Notwendigkeit der ständigen Fernwartung durch OIZ überprüfen. | L | | |
| Drucker, Kopierer Mit Schaltuhren vom Netz trennen. Ein Gerät im Gebäude mit tiefem BaN könnte für Nacht- und Wochenendarbeitende in Betrieb gelassen werden. | S | 1195 W | 7'200 kWh/a |
| IKT Korrekt dimensionierte USV-Anlage einsetzen (1.5 kVA statt 10 kVA). | M | 500 W | 3'000 kWh/a |
| IKT Konzept mit Internettelefonie überprüfen: Gibt es effizientere Lösungen? | L | | |
| Diverse Geräte Wasserspender und Kaffeemaschinen während der Nacht und an Wochenenden mit Schaltuhren vom Netz trennen. | S | 694 W | 4'200 kWh/a |
| Beleuchtung Leuchten mit Dauerbetrieb (Treppenhäuser, Keller) durch Minuterien steuern. | S | 1672 W | 10'000 kWh/a |
| Sicherheit Keine Massnahmen. | | | |
| Gebäudetechnik Lüftungsanlage zu Personalrestaurant nachts und an Wochenenden abschalten. Die gewerbliche Kälte am selben Stromabgang kann nicht abgeschaltet werden. | S | ca. 8'000 W | 48'000 kWh/a |
| Messkonzept Für Neubauten und Erneuerungen die Einführung von Vorgaben bzgl. Elektrostruktur und eines aussagekräftigen Messsystems mit Monitoring prüfen; die IMMO-Box erfüllt diese Aufgabe bezüglich Elektrizität nicht. | M | | |

Massnahmentypen: S = Sofort, M = Mittelfristig, L = Langfristig

Im Verwaltungsteil AHB/IMMO könnten durch Umsetzung der Sofortmassnahmen 42% der heutigen BaN-Leistung von 4'700 W bzw. 28'000 kWh elektrische Energie eingespart werden; das entspricht 13.5% des heutigen Elektrizitätsverbrauchs von AHB/IMMO. Im Personalrestaurant könnten zusätzlich 48'000 kWh/a eingespart werden bzw. 29% des heutigen Stromverbrauchs für Restaurant und Küche zusammen.