

## PUBLIZIERBARER ENDBERICHT

### A. Projektdetails

<b>Kurztitel:</b>	Stromeffizienz
<b>Langtitel:</b>	Smart City Salzburg – Stromeffizienz bei öffentlichen Gebäuden
<b>Programm:</b>	Smart Cities – FIT for SET 3. Ausschreibung
<b>Dauer:</b>	01.11.2013 bis 28.02.2015
<b>KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:</b>	Stadt Salzburg, 6/00 Baudirektion Energiekoordination
<b>Kontaktperson - Name:</b>	Ing. Franz Huemer
<b>Kontaktperson – Adresse:</b>	Faberstraße 9, 5024 Salzburg
<b>Kontaktperson – Telefon:</b>	+43 (0)662 8072-2484
<b>Kontaktperson E-Mail:</b>	<a href="mailto:franz.huemer@stadt-salzburg.at">franz.huemer@stadt-salzburg.at</a>
<b>Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):</b>	SIR, Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen (Salzburg) e7, Energie Markt Analyse GmbH (Wien)
<b>Projektwebsite:</b>	keine
<b>Schlagwörter (im Projekt bearbeitete Themen- /Technologiebereiche)</b>	<input type="checkbox"/> <b>Gebäude</b> <input type="checkbox"/> Energienetze <input type="checkbox"/> andere kommunale Ver- und Entsorgungssysteme <input type="checkbox"/> Mobilität <input type="checkbox"/> Kommunikation und Information <input type="checkbox"/> System „Stadt“ bzw. „urbane Region“
<b>Projektgesamtkosten genehmigt:</b>	XXX.XXX,-
<b>Fördersumme genehmigt:</b>	XX.XXX,-€
<b>Klimafonds-Nr:</b>	KR12841232
<b>Erstellt am:</b>	28.02.2015

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

## B. Projektbeschreibung

### B.1 Kurzfassung

<b>Ausgangssituation / Motivation:</b>	<p>Die Stadt Salzburg setzt seit vielen Jahren ein erfolgreiches und vorbildhaftes Monitoringkonzept um. In rund 300 öffentlichen Gebäuden, im Besitz der Stadt, wird laufend mit einem eigenen Energiekontrollsystem der Strom-, Wasser- und Wärmeverbrauch erfasst und täglich überwacht. Dadurch konnte in den letzten Jahren vor allem der Wärmeverbrauch erheblich gesenkt werden. Einerseits konnte auf Störungen sehr kurzfristig reagiert werden, andererseits wurden aufbauend auf den vorhandenen Informationen, Schwerpunkte im Sanierungsbudget festgesetzt.</p> <p>Während man bei der Reduktion der Wärmenachfrage durch Information, Vorgaben durch Bauordnung und Sanierungsschwerpunkten einen erfolgreichen Weg eingeschlagen hat, sind bei Strom die großen Einsparungen bisher ausgeblieben.</p>
<b>Bearbeitete Themen-/ Technologiebereiche:</b>	<p>Analyse der Stromnachfragestruktur (Beleuchtung, IT, Lüftung, Heizungstechnik, Sicherheitsinfrastruktur usw.) von öffentlichen Gebäuden, um Effizienzsteigerung als Beitrag zur Umsetzung des Smart City Konzeptes der Stadt Salzburg zu erhalten.</p> <p>Schlagwörter: Gebäude, Smart Meters, Strom,</p>
<b>Inhalte und Zielsetzungen:</b>	<p>Aufbauend auf das bestehende Energiekontrollsystem der Stadt Salzburg sollen mit effizienten Analysemethoden, Maßnahmen entwickelt werden, um Stromverbräuche in öffentlichen Gebäuden zu optimieren. Anhand von 19 Testgebäuden wird die angewandte Methodik geprüft und optimiert. Aus den Erkenntnissen sollen gebäudetypbezogene Zielwerte und Maßnahmen zur Erreichung dieser Kennzahlen abgeleitet werden</p>
<b>Methodische Vorgehensweise:</b>	<p>Die aus über 35.000 Einzelwerten bestehende Nachfragestruktur von Strom der einzelnen Objekte, wurde mit einem von e7 entwickelten Analysetool standardisiert ausgewertet und interpretiert. Diese Interpretation wurde ergänzt durch mehrere Objektbegehungen, um so den Top Down Ansatz mit einem Bottom Up Ansatz zu ergänzen.</p>
<b>Ergebnisse und Schlussfolgerungen:</b>	<p>Der gewählte Analyseansatz mit der verbundenen graphischen Aufbereitung ist ein geeignetes Instrument, Sensibilisierung hinsichtlich der Nachfragestrukturen von Strom zu schaffen. Durch die graphische Darstellung der Situation wird die Möglichkeit von Effizienzmaßnahmen plausibler, was die Umsetzung erhöht.</p> <p>Durch das Projekt konnte ein Strom-Effizienzpotenzial von über 10% aufgezeigt werden, wobei es Einzelfälle von bis zu 20% gab.</p> <p>Zahlreiche Ansätze zur Verbesserung der Stromeffizienz generell wurden ermittelt bzw. konnten aufgezeigt werden.</p> <p>Überraschend war für die meisten Teilnehmer, der hohe Anteil des Stromverbrauchs in der Nicht Nutzungszeit der Gebäude. Hier wird das größte Einsparpotenzial gesehen.</p> <p>Es wurden zwei (neue) Kennzahlen verwendet, die zu den Effizienzpotenzialen von Objekten Aussage machen können.</p>
<b>Ausblick:</b>	<p>Die Stadt Salzburg arbeitet bereits an der Umsetzung einzelner Maßnahmen. Insbesondere werden Ziel- und Grenzwerte definiert und möglicherweise als Ausschreibungsinhalt bei Neubauprojekten vorgegeben. Parallel dazu werden die Ergebnisse dieser Studie mit den Entscheidungsträgern der e5-Gemeinden kommuniziert, um den Strombedarf über eine Grundlastabsenkung zu optimieren.</p>

## B.2 English Abstract

<b>Initial situation / motivation:</b>	<p>For many years the city of Salzburg is running a successful monitoring concept. In around 300 public buildings, the resource consumption of electricity, water and heat is continuously monitored with the energy control system EKS. In recent years especially the heat consumption was reduced significantly. On the one hand the system could respond to disturbances at very short notice, and on the other a budget focusing on retrofitting was decided on the gathered information.</p>
<b>Thematic content / technology areas covered:</b>	<p>Analyse of the electric pattern of requirements of public buildings to get some increase in efficiency in the context of the smart city master plan (Buildings; Energy networks; Other urban supply and disposal systems; Mobility; Communication and information; City and urban region system)</p>
<b>Contents and objectives:</b>	<p>Based on the data of the electricity monitoring system of the city Salzburg this research project uses efficient methods of analyses to develop fitting arrangements for lower electricity consumption of the analysed buildings. Further this researched knowledge would be used to develop target values and methods to reach the lower electricity consumption.</p>
<b>Methods:</b>	<p>The city´s monitoring systems delivered over 35000 individual values which give information about the time based demand. A special Analysistool from e7 interpret the data in a standardised form.</p> <p>Moreover the Interpretation would be supplemented by a personal inspection in the analysed buildings to expand the top down analysis with a bottom up view.</p>
<b>Results:</b>	<p>This analysisform with the e7 tool, what include a graphic visualization is a proper way instrument to raise the awareness about the time based electricity consumption. The graphic visualization give a short and easy information and increase the chance for the implantation of the efficiency arrangements.</p> <p>The general output of the research project delivered a saving potential about 10% for government buildings. In special cases the saving potential is about 20% (historical or clumsy adjusted buildings)</p> <p>The great benefit for all project members was the huge electricity demand during the unused periods of the considered building.</p> <p>This period are the main tasks for the lower energy consumption with a basic load adaptation.</p> <p>For a better understanding the project members develop two new characteristic numbers to compare the demand and the efficiency potential of different buildings.</p>
<b>Outlook / suggestions for future research:</b>	<p>Primary use the government of the city Salzburg the specific building reports to reduce the electricity demand in the considered buildings.</p>

Secondary the developed knowledge is used to define maximum and target values for restructuring and as planning target for new buildings.

To expand the knowledge into the suburbs the project partner SIR use the knowledge for Informationflyers and further specific Informationpresentaition direct by the local decision makers.

### B.3 Einleitung

Die Stadt Salzburg setzt seit vielen Jahren ein erfolgreiches und vorbildhaftes Monitoringkonzept um. In rund 300 öffentlichen Gebäuden, im Besitz der Stadt, wird laufend mit einem eigenen Energiekontrollsystem der Strom-, Wasser- und Wärmeverbrauch erfasst und täglich überwacht. Dadurch konnte in den letzten Jahren vor allem der Wärmeverbrauch erheblich gesenkt werden. Einerseits konnte auf Störungen sehr kurzfristig reagiert werden, andererseits wurden aufbauend auf den vorhandenen Informationen, Schwerpunkte im Sanierungsbudget festgesetzt.

Während man bei der Reduktion der Wärmenachfrage durch Information, Vorgaben durch Bauordnung und Sanierungsschwerpunkten einen erfolgreichen Weg eingeschlagen hat, sind bei Strom die großen Einsparungen bisher ausgeblieben. Durch verstärkte Stromanwendung (IT, Beleuchtung, Lüftung) ist jedoch festzustellen, dass auch ein konstant bleibender Stromeinsatz als Erfolg zu werten ist.

Um jedoch in den nächsten Jahren einen ähnlich erfolgreichen Weg wie bei Wärme einzuschlagen, ist es nicht nur erforderlich, die Stromverbrauchsstruktur (Anteil Beleuchtung, IT, Hilfsstrom für Lüftung, Heizung, Warmwasser, ...) zu kennen, sondern auch zu wissen, welche Stromeinsparpotenziale technisch und organisatorisch vorhanden sind. Um aufwendige Stromanalysen von einzelnen Gebäuden zu vermeiden, sollen für ausgewählte Objekte die Möglichkeit einer standardisierten Auswertemethodik bestehender Daten aus dem Energiekontrollsystem sondiert werden. Diese Ergebnisse sollen in Zielwerte umgelegt werden, welche den Pfad für die Stromeinsparung vorgeben. Die Zielwerte sollen exemplarisch an ausgewählten Objekten erarbeitet werden.

Die Sondierung dient der Stadt Salzburg als Basis für eine weiterreichende Planung eines Stromsparschwerpunkts für öffentliche Gebäude. In einem nächsten Schritt sollen die Ergebnisse zur Planung eines Demonstrationsprojekts zur signifikanten Reduktion des Strombedarfs bei öffentlichen Gebäuden eingesetzt werden. Dabei werden dann auch die vorgeschlagenen Zielwerte und der Zusammenhang mit den vorgeschlagenen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Plausibilität überprüft.

Um die dazu erforderlichen Erkenntnisse zu bekommen, wird das von e7 entwickelte Lastgangtool eingesetzt. Dieses ermöglicht, die erfassten Zeitreihen der Leistungswerte möglichst detailliert abzubilden und so über die graphische Darstellung die Interpretation der Nachfragestruktur zu erleichtern. Parallel dazu fand bei den jeweiligen Objekten zweimalig eine Vor-Ort Begehung statt, um die Erkenntnisse aus der Last-Analyse mit der Situation vor Ort abzugleichen. Um nutzungsspezifische Erkenntnisse zu erhalten, wurden je Nutzungsart zumindest drei Objekte gewählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass Objekte mit hohem, mittlerem und niederem Verbrauchswert (kWh/m<sup>2</sup> a) herangezogen wurden.

Zwischen folgenden Nutzungsarten wird unterschieden, wobei für einzelne Objekte auch Submessungen vorhanden sind:

- Kindergarten (4)
- Volksschulen (3/2)
- Neue Mittelschulen (4/4)
- Amtsgebäude (5/2)
- Seniorenheime (3/1)

Da von einzelnen Objekten für die bessere Analyse auch SUB-Kurven vorhanden sind, standen insgesamt 28 Nachfrageprofile für die nähere Analyse zur Verfügung.

So gibt es bei einem Seniorenheim die Gesamtmessung des Objektes als auch als Submessung die Messung des Stromeinsatzes für die Küche. Dadurch stehen in diesem Fall für die Analyse und dem Vergleich mit den anderen Seniorenheimen insgesamt 3 Lastprofile zur Verfügung:

- Gesamtkurve
- Kurve Küche
- Gesamtkurve ohne Küche.

Für die Analyse und Auswertung wurde wie folgt vorgegangen:

1. Gemeinsam erfolgte die Auswahl der zu untersuchenden Objekte. Dabei konnte auf die in der Stadt Salzburg vorhandenen Daten zurückgegriffen werden. Von Jedem Objekt sind die Jahresverbrauchswerte für Wärme, Strom und Wasser erfasst und auch bezogen auf die Fläche und der Nutzungsgruppe dargestellt. Bei der Auswahl wurde einerseits auf die Höhe des spezifischen Verbrauchs ( $\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ ) geachtet, aber auch gezielt einzelne Objekte ausgewählt, bei denen Interesse für die Analyse bestand. Ein weiterer Aspekt war, wie weit Submessungen zur Verfügung standen.
2. Aus dem EKS System (Energie-Kontroll-System) wurden für die ausgewählten Objekte die 15 Minuten- Zeitreihen für 12 Monate (365 Tage) sowie die Temperaturen für denselben Zeitraum e7 zur Verfügung gestellt.
3. e7 führte mit dem von e7 entwickelten Lastganganalysetool eine erste Bewertung der Nachfragestruktur durch. Die Ergebnisse wurden in einer Power Point Präsentation zusammengestellt, um so die Nachfragestruktur graphisch aufbereitet zu haben und den Gebäudeverantwortlichen präsentieren zu können.
4. Aufbauend auf diesen Graphiken erfolgte eine erste Begehung bei allen Objekten, um sich vor Ort ein Bild von der realen Situation zu machen und Kontakt zu den Objektnutzern (z.B.: Leiter Kindergarten/ Direktor Schulen) zu erhalten. Dabei wurden Auffälligkeiten in der Nachfragestruktur angesprochen bzw. hinterfragt.
5. Parallel dazu fand eine Bottom Up Analyse statt. Einerseits wurde auf Unterlagen vom e-check zugegriffen, um so Informationen über die energietechnische Ausstattung bei den Objekten zu erhalten. Für zwei große Objekte wurde ergänzend eine Detailanalyse durchgeführt, um dort die Ergebnisse der Lastganganalyse mit den Bottom Up Ansatz abzugleichen.
6. Aufbauend auf den Erkenntnissen der ersten Begehung wurde für jedes Objekt ein etwa 20 seitiger Bericht erstellt, der bereits die ersten Handlungsoptionen aufzeigte und Unklarheiten in der Nachfragestruktur näher beschrieb.
7. Bereits in dieser Phase stand man mit den gebäudeverantwortlichen Personen in engem Kontakt und die ersten Effizienzmaßnahmen wurden eingeleitet bzw. standen zur Diskussion.
8. Mit diesem Bericht erfolgte eine zweite Begehung, um Fragestellungen, die im Rahmen der Berichterstellung aufgetreten sind, zu verifizieren. Dabei wurde auf einzelne konkrete

Fragestellung eingegangen, soweit Detailmessungen (Anschlussleistung Steckergeräte) erforderlich waren, durchgeführt oder Nutzungsstrukturen erfragt.

9. Die Ergebnisse der zweiten Begehung wurden eingearbeitet und daraus vorläufige Endberichte erstellt, die die Verbrauchsstruktur beinhaltet und diese sehr stark hinterfragt. Dieses Hinterfragen hatte zum Ziel, dass die Gebäudeverantwortlichen über die bisherigen Erkenntnisse Schlussfolgerungen über die Nachfragestruktur ziehen konnten.
10. Im Dezember 2014 und Jänner 2015 fand im Rahmen zweier großer Schlusspräsentationen die Vorstellung der Ergebnisse vor den Gebäudeverantwortlichen statt. Dazu wurden im Vorfeld (ca. 14 Tage davor) die vorläufigen Endberichte an die Gebäudeverantwortlichen übermittelt. Im Rahmen der Präsentation wurden die Ergebnisse noch einmal erläutert und diskutiert.
11. Um den Mehrwert der Analyse besser beurteilen zu können, wurden abschließend die teilnehmenden Experten der Stadt Salzburg befragt, wie weit es durch den Analyseansatz neue Erkenntnisse gab. Diese Ergebnisse, die sich sowohl auf Einzelergebnisse als auch auf die Nachfragestruktur gesamt beziehen, sind auf Seite 17 angeführt.

#### **B.4 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt**

In den letzten Jahren hat sich als Energieeffizienzinstrument das Werkzeug Energieverbrauchsmonitoring etabliert. Um Gebäude energieeffizient betreiben zu können, ist es nicht nur erforderlich, diese nach aktuellem Energieeffizienzstand zu errichten, sondern es ist auch erforderlich, laufend die Energieverbrauchsdaten zu erfassen, zu analysieren und auszuwerten. Erst dadurch kann gewährleistet werden, dass das Planungsziel eines energieeffizienten Gebäudes auch in der Praxis angenähert werden kann.

Zahlreiche Projekte der letzten Zeit zeigen den Bedarf dieses Zuganges. So sind zwar viele neue Häuser nach dem Kenntnisstand der Energieeffizienz geplant. Jedoch kommt es bereits im Rahmen der Errichtung (der Haustechnik) zu dem einen oder anderen Fehler, der letztlich viele Bemühungen zunichtemacht. Dadurch sind die Objekte nicht so effizient und wirtschaftlich, wie geplant. Durch ein detailliertes Monitoring gelingt es rascher, auf Einbaufehler aufmerksam zu werden und Fehler in der Steuerung der Haustechnik leichter zu erkennen.

Die Stadt Salzburg ist in diesem Bereich ein Vorreiter. Seit 1992 hat die Stadt Salzburg nachhaltige Energielösungen und Umweltschutz als Hauptziele für die Gebäudeverwaltung festgelegt. Seit 1999 werden diese Ziele mit dem Energie Kontroll System bei allen Baumaßnahmen der Stadt Salzburg umgesetzt. Dabei werden von den Gebäuden der Stadt Salzburg zumindest die Daten der Hauptzähler für Wärme und Strom erfasst und regelmäßig standardisiert ausgewertet. Dadurch ist man in der Lage, nicht nur kurzfristig auf Störungen reagieren zu können, sondern auch für die längerfristige (Sanierungs-) Planung Anforderungskriterien aus der Praxis zu setzen.

Während man bei der Reduktion der Wärmenachfrage durch Information, Vorgaben durch Bauordnung und Sanierungsschwerpunkten einen erfolgreichen Weg eingeschlagen hat, sind bei Strom die großen Einsparungen bisher ausgeblieben. Durch verstärkte Stromanwendung (IT, Beleuchtung, Lüftung) ist jedoch festzustellen, dass auch ein konstant bleibender Stromeinsatz als Erfolg zu werten ist.

Um in den nächsten Jahren einen ähnlich erfolgreichen Weg wie bei Wärme einzuschlagen, ist es nicht nur erforderlich, die Stromverbrauchsstruktur (Anteil Beleuchtung, IT, Hilfsstrom für Lüftung, Heizung, Warmwasser, ...) zu kennen, sondern auch zu wissen, welche Stromeinsparpotenziale technisch und organisatorisch vorhanden sind. Um aufwendige Stromanalysen von einzelnen Gebäuden zu vermeiden, sollen für ausgewählte Objekte die Möglichkeit einer standardisierten Auswertemethodik bestehender Daten aus dem Energiekontrollsystem sondiert werden. Diese Ergebnisse sollen in Zielwerte umgelegt werden, welche den Pfad für die Stromeinsparung vorgeben. Die Zielwerte sollen exemplarisch an ausgewählten Objekten erarbeitet werden.

Hier setzt das von e7 entwickelte Lastgangtool an. Es handelt sich um ein speziell entwickeltes Analysetool, welches bisher in dieser Form nicht existiert hat. Dabei wird der Lastverlauf mit Hilfe von rund 40 verschiedenen Abbildungen aufbereitet, um so die standardisierte Interpretation des Lastverlaufes zu erleichtern.

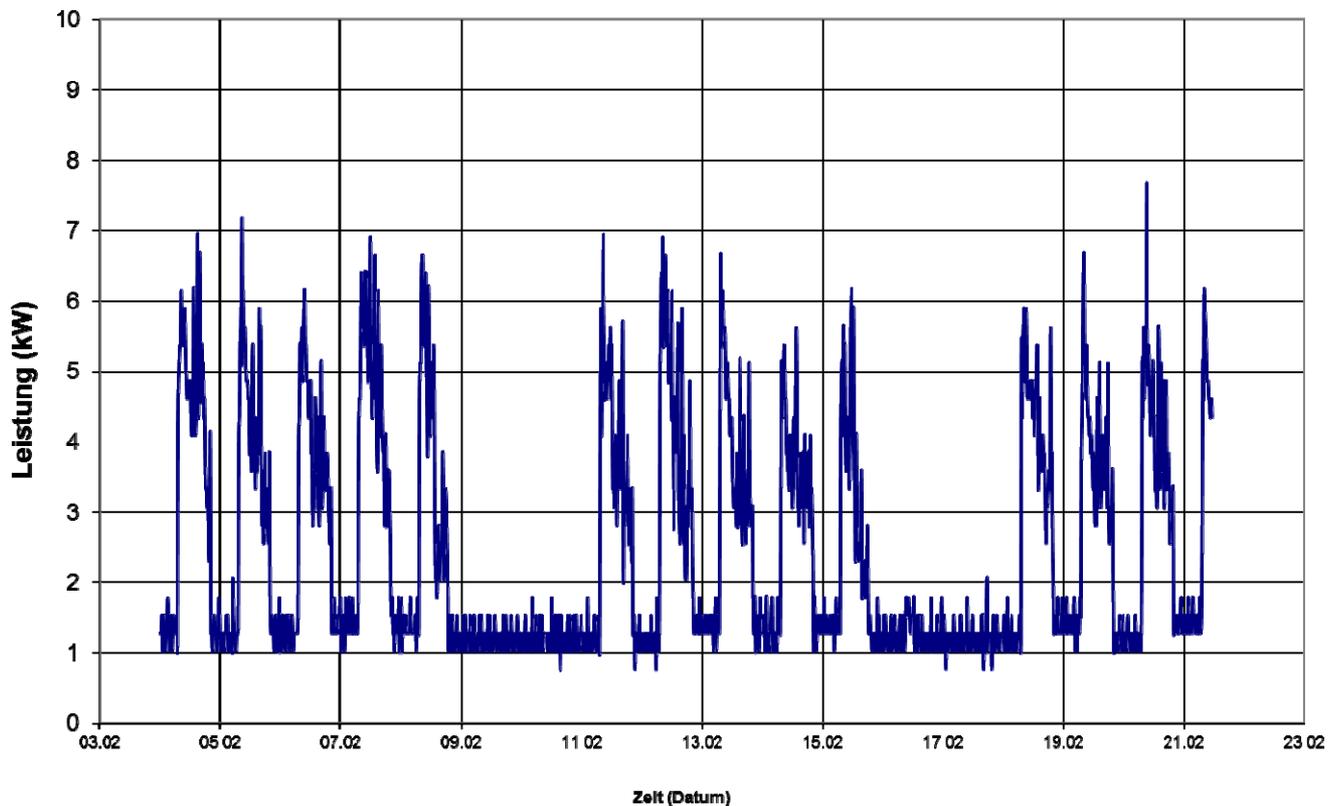


Abbildung 1: Lastverlauf eines Amtsgebäudes für den Zeitraum von 17 Tagen

Basis des Lastverlaufs in Abbildung 1 bilden die 15 Minuten Zeitreihen über ein Jahr der Leistungsaufnahme von Strom aus dem Energie Kontroll System. Das Tool stellt dabei in den derzeit rund 40 verschiedenen Abbildungen dar, wie das Gebäude „tickt“ und unterstützt dabei die Interpretation der Nachfragestruktur. So kann durch den Vergleich einer Nachfragestruktur im Winter mit einer Nachfragestruktur im Sommer der Rückschluss getroffen werden, welche Parameter den Verbrauch beeinflussen. Für die Interpretation der Leistungsdaten werden ergänzend auch die Tagesdurchschnittstemperaturen herangezogen.

Die Vorgangsweise ist die graphisch aufbereitete Verbrauchsstruktur zu interpretieren und mit dem Erwartungswerten zu vergleichen. Basis für die Interpretation ist dazu vorhandenes Expertenwissen von über 300 Lastganginterpretationen. Dabei geht es nicht unbedingt darum, dem Gebäudenutzer Energieeinsparungen zu zeigen, sondern ihn durch die reale Nachfragestruktur dahingehend zu sensibilisieren, Einsparpotenziale zu erkennen. Aus dem sich dabei ergebenden „Widerspruch“ ergeben sich dann neue Erkenntnisse, die in der einen oder anderen Form zu Maßnahmen der Effizienzsteigerungen führen.

Im Rahmen des Klimafondsprojektes „Energieverbrauch Dienstleistungsgebäude“ (Nr.: 822058) wurde das Lastgangtool für die Auswertung bereits eingesetzt, um damit in Kombination mit anderen Informationsquellen die Ist-Verbrauchswerte gegliedert nach Nutzungsarten für Büros, Geschäfte und Beherbergungsbetriebe zu erstellen. Diese Daten sind jedoch gültig als Gesamtkennzahl (z.B.: für die Statistik) für den jeweiligen Sektor, jedoch nicht zwingend für den Vergleich im Einzelfall geeignet.

Obwohl bisher bereits über 300 Lastganganalysen mit diesem Tool durchgeführt wurden, ist hier von einem neuen Ansatz auszugehen. Bei dem bisherigen Zugang stand jeweils ein Objekt im Fokus, welches näher interpretiert wurde. Im Rahmen des hier vorliegenden Ansatzes wurden Objekte gleicher Nutzung (jeweils zumindest drei je Art) gegenübergestellt, um so generelle Aussagen über die Nachfragestruktur Strom zu erhalten und die Aussagen hinsichtlich des Stromverbrauchs zu generalisieren. Unterstützt wurde dieser Analyseansatz durch einen Bottom Up Ansatz, um so besseres Wissen über die ursächliche Verbrauchsstruktur zu erhalten.

Vergleichbare Ansätze sind derzeit in Österreich und Deutschland nicht bekannt.

## B.5 Ergebnisse des Projekts

Im Rahmen des Projektes wurde der Strom von insgesamt 19 Objekten analysiert. Da zudem einige Submessungen (z.B.: Teilbereiche des Objektes, Heizungszentralen, Warmwasserbereitung, Küche usw.) in den untersuchten Objekten installiert sind, wurden insgesamt 28 Lastkurven näher analysiert. Für alle diese Objekte wurde ein rund 20 bis 25 seitiger Bericht erstellt, der sowohl Erkenntnisse aus der Analyse des Lastverlaufs aufzeigt, als auch Fragestellungen über die Nachfragestruktur beschreibt<sup>1</sup>. Diese Fragestellungen haben das Ziel, dass die Benutzer bzw. Objektverantwortlichen dadurch die Nachfragestruktur stärker hinterfragen und so weitere Erkenntnisse hinsichtlich Steigerung der Energieeffizienz bekommen.

Um den Vergleich zwischen den Objekten besser zu ermöglichen, wurden für jedes Objekt die im Anhang angeführten Kennwerte ermittelt (Vergleich Anhang Tabelle 4). Der gewählte Analyseansatz geht sehr stark in das Hinterfragen der Grundlasten bzw. der Leistungsaufnahme außerhalb der Kernnutzungszeiten des Gebäudes. Dieser Ansatz wird mit den bisherigen Analyseerfahrungen bestätigt, die nicht so sehr in die Frage des Zeitpunktes der Leistungsspitze<sup>2</sup> geht, sondern eher die Einsparpotenziale in den Zeiten der Grundlasten findet.

In Folgender Tabelle sind die verwendeten Kenngrößen näher beschrieben:

Tabelle 1: verwendete Kenngrößen

kWh/m <sup>2</sup> a	klassischer Kennwert, der den Stromverbrauch pro m <sup>2</sup> (BGF) und Jahr angibt (spezifischer Stromverbrauch)
kW <sub>(Max)</sub>	Gibt für die betrachteten Objekte die Maximalleistung während des Betrachtungszeitraums vor
W <sub>(maxspez)</sub>	spezifischer maximaler Leistungskennwert (Maximalleistung geteilt durch Fläche)
kW <sub>min</sub>	Leistungsaufnahme in der Grundlastzeit: Ermittelt wird diese mit Hilfe der geordneten Dauerlastganglinie. Der Mittelwert im Zeitraum Stunde 7.000 und 8.000 ist die definierte Leistungsaufnahme (siehe dazu Abbildung 2)

<sup>1</sup> Die Einzelberichte sind nicht für die Veröffentlichung vorgesehen, sondern dienen lediglich als internes Planungsinstrument innerhalb der Stadt Salzburg.

<sup>2</sup> Die Analyse beinhaltet selbstverständlich auch die Information, an welchen (Wochen-) Tagen Leitungsspitzen zu welchem Zeitpunkt auftreten. Es wird davon ausgegangen, dass in den nächsten 10 bis 15 Jahren die Reduktion der Leistungsspitzen wieder eine größere Bedeutung erhält.

Anteil GL (%)	Der % Anteil der Grundlast gibt an, wieviel % des Jahresverbrauchs durch die Grundlast (=kW <sub>min</sub> ) verursacht wird. Die Ermittlung des Verbrauchs Grundlast erfolgt mit der Leistungsaufnahme Grundlast (kW <sub>min</sub> ) multipliziert mit der Jahresstundenzahl (8760 h oder 8784 h in einem Schaltjahr)
W <sub>(min)</sub> [W/m <sup>2</sup> ]	spezifischer Leistungskennwert [W/m <sup>2</sup> ] (Maximalleistung geteilt durch Fläche) bezogen auf die Grundlast (kW <sub>min</sub> )
RV4000 (%)	Der Wert RV 4000 gibt an, wieviel Prozent des Jahresstromverbrauchs außerhalb der Kernnutzungszeit des Gebäudes benötigt wird. Als Kernnutzungszeit werden die 4000 Stunden mit dem höchsten Verbrauch bezeichnet
Anteil Winter (%)	der Anteil Winter gibt an, wieviel Prozent des Jahresstromverbrauchs im Winterhalbjahr verursacht werden. Je stärker dieser Anteil von 50% abweicht, desto größer ist der saisonale Einfluss. Überraschend war hier die unterschiedliche Ausprägung je nach Gebäudenutzung

In folgender Grafik wird die geordnete Dauerlastgangkurve eines Amtsgebäudes dargestellt:

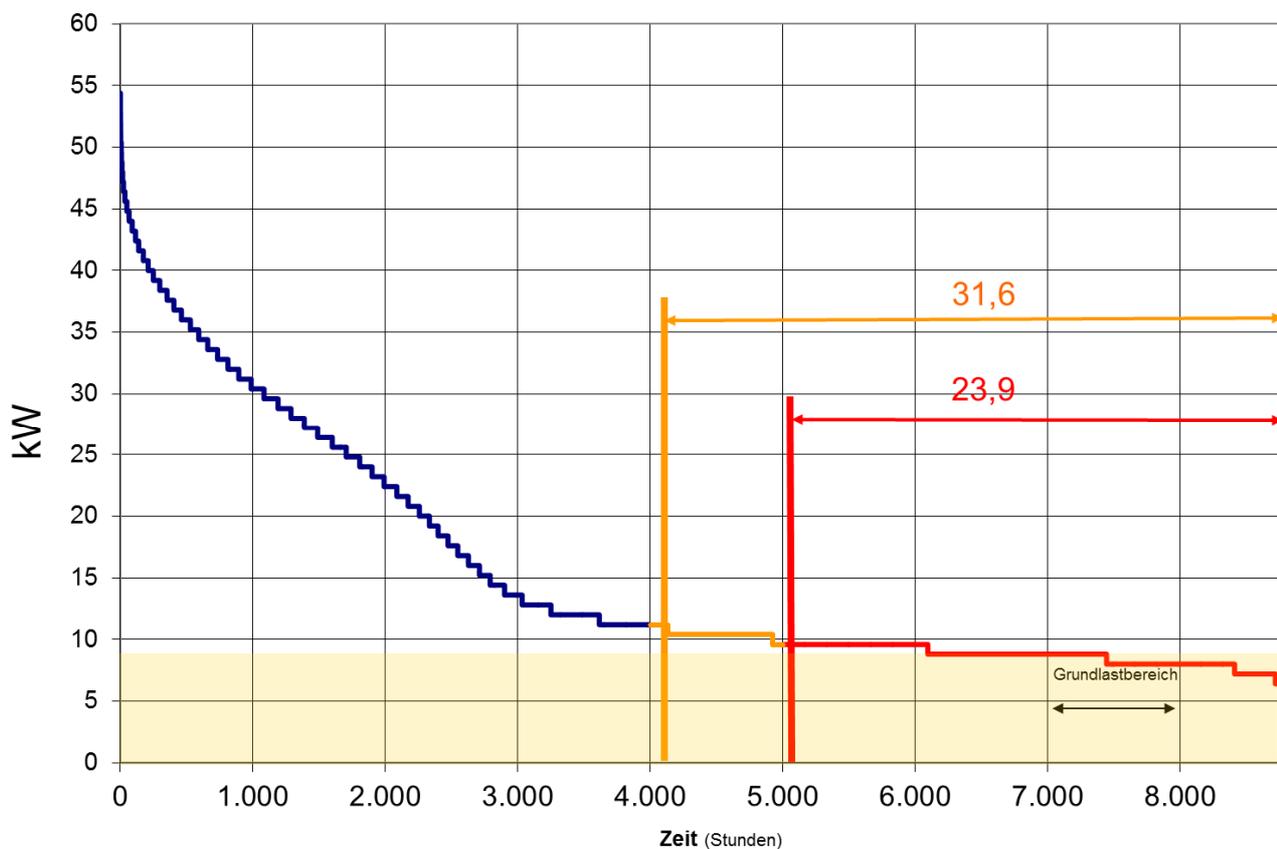


Abbildung 2: Geordneter Dauerlastgang eines Amtsgebäudes

Für alle Projektbeteiligten war sowohl die spezifische Grundlast ( $W_{\min}/m^2$ ) als auch der Anteil der Grundlast und der damit anteilige Verbrauch überraschend.

Im Bereich der Kindergärten war der Unterschied der spezifischen Grundlast bei einem Faktor von 4,7. Bei dem Kindergarten mit der höchsten spezifischen Grundleistung handelt es sich um ein eher neues Objekt. Aufgrund fehlender Räumlichkeiten war es dort erforderlich, im Lebensmittellagerraum einen Gefrier- und einen Kühlschrank (Höhe jeweils ca. 1,8 m) aufzustellen. Die Abwärme des Kühlprozesses wird an den Raum abgegeben. Um den Raum jedoch kühl zu halten, gibt es ein eigenes Splittgerät für die Kühlung mit der Leistung von ca. 600 Watt, welches die Wärme abführt.

Aber nicht nur die spezifische Grundleistung sollte verstärkt analysiert und hinterfragt werden. Auch die Grundlast selber ist zu hinterfragen.

Während in einer Schule die Grundlast bei rund 1,6 kW lag, betrug sie in einer anderen Schule 11,34 kW. Der Faktor lag somit bei über 7. Dieser Unterschied wirft Fragen hinsichtlich einer sehr unterschiedlichen Infrastruktur auf. Bei der einen Schule mit der hohen Grundlast handelt es sich um eine erst vor wenigen Jahren modernisierte Schule mit viel Lüftungsautomatisierung (teilweise mit Bewegungsmeldern) und einer gut ausgeschilderten Fluchtwegsbeleuchtung. Im Gegenzug dazu die Schule aus den 70-iger Jahren mit einer kompakten Blockstruktur und angegliederten Turnhalle. Die Lüftung der Turnhalle funktioniert mit einer Zeitschaltuhr.

Selbst wenn man diese hohen Grundlastwerte auf die Fläche umlegt [ $W/m^2$ ], sind die sich ergebenden hohen Differenzen der spezifischen Werte nicht nachvollziehbar.

Im Rahmen der Untersuchung konnte die Ursache bei der Schule mit dem hohen Grundlastanteil nicht vollständig geklärt werden. Es wurden aber durch den Dialog mit den Gebäudeverantwortlichen Energieeffizienzpotenziale entdeckt, so dass ein Einsparpotenzial von bis zu 10% in diesem Bereich erwartet wird<sup>3</sup>.

Bei mehreren Objekten wurden extreme Auffälligkeiten bezüglich der Stromnachfrage primär in den Nachtstunden ermittelt. In Abbildung 3 ist beispielgebend solch ein Fall dargestellt. Nach längerer Diskussion bestätigte sich die These, dass es sich hier um den Stromverbrauch der Regenrinnenenteisungsanlage handelt.

Wird von einer Leistungsaufnahme von 40W/m ausgegangen, so ergibt sich, dass bei dem betreffenden Objekt die Regenrinnenenteisungsanlage rund 230 m umfasst. Der Anteil am Jahresstromverbrauch lag in diesem Fall bei rund 7%. Bei einem anderen Objekte wurde ein Stromanteil von fast 20% am Jahresstromverbrauch ermittelt. Von den Mitarbeitern der Stadt wurden ausgehend von diesen Erkenntnissen eine generelle Überprüfung der Regenrinnenenteisungsanlagen hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit durchgeführt. Ergebnisse dieser Sonderprüfung liegen bisher noch nicht vor. Zudem wird angedacht, gegebenenfalls die Regelung der Regenrinnenenteisungsanlagen mit zusätzlichen Feuchtesensoren auszurüsten und nicht nur auf eine rein temperaturgeführte Regelung zu setzen.

---

<sup>3</sup> Ausgehend von den Projektergebnissen wird von Gebäudeverantwortlichen bei dieser Schule derzeit ein Schwerpunkt von organisatorischen Effizienzmaßnahmen gesetzt.

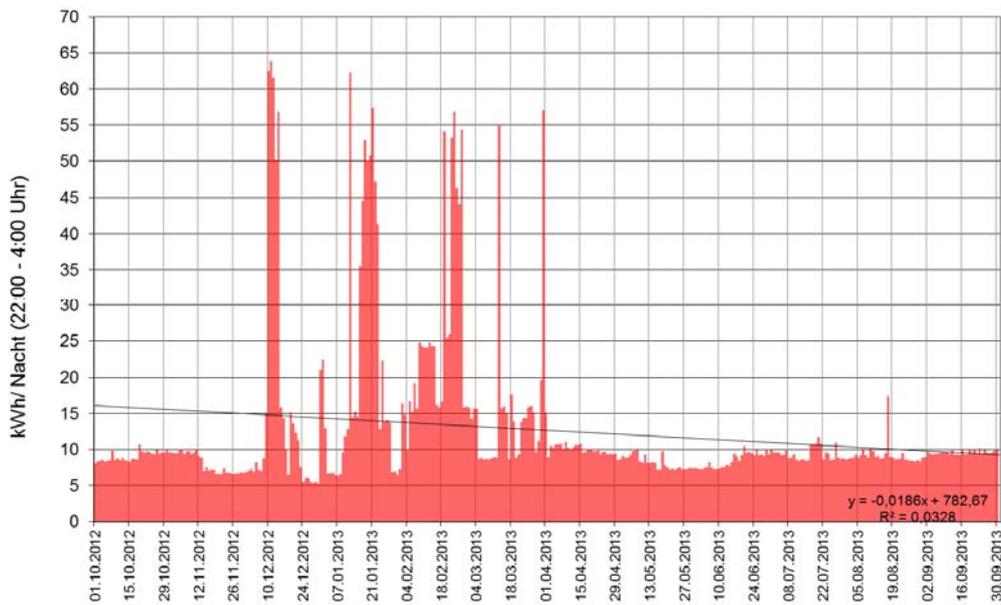


Abbildung 3: Darstellung des Stromverbrauchs in den Nachtstunden (22:00 bis 4:00 Uhr) bei einem Objekt.

Eine ebenso eher überraschende und nicht nachvollziehbare Situation hat es bei einer Schule gegeben, deren Turnhalle ab ca. 16:00 Uhr durch Vereine genutzt wird. So hat eine Schule die höchste Leistungsaufnahme des Tages am Nachmittag um ca. 16:00 Uhr. Zu diesem Zeitpunkt bzw. etwas später beginnt die Nutzung der Turnhalle durch Vereine. Unklar ist, warum die Leistungsspitze so spät am Tag auftritt und nicht am Vormittag, wo das Schulgebäude gesamt bzw. die Turnhallen für Unterrichtszwecke genutzt werden.



Abbildung 4: Darstellung des Lastverlaufs von Strom einer Schule an den Tagen mit der höchsten Leistungsspitze (Beobachtungszeitraum 1.9.2012 bis 31.8.2013).

Überraschend war auch die Analyse der Hilfsenergie für den Heizungsbetrieb. Bei den Objekten der Stadt Salzburg erfolgt zum Teil eine zentrale Regelung des Heizbetriebs. Vor Ort sind nur mehr wenige Eingriffe möglich. Die Analyse wirft die Frage auf, ob hier derzeit nicht ein sehr langer Heizbetrieb gegeben ist oder ob keine Absenkung während der Feiertage oder an den Wochenenden erfolgt. In Abbildung 5 ist der geordnete Tagesverbrauch einer Heizungsanlage inkl. Hilfsenergie für den Zeitraum von einem Jahr angeführt. 181 Tage dürfte der Stromverbrauch für die Heizung auf Volllast sein<sup>4</sup>. Unklar ist auch der Ablauf außerhalb dieser 181 Tage. Es ist zwar nachvollziehbar, dass die Warmwasserzirkulation einen Stromverbrauch verursacht, in Summe deutet die Abbildung darauf hin, dass die Heizung über die 181 Tage hinaus in Betrieb ist.

Hier empfiehlt es sich, die Möglichkeiten der Heizungssteuerung stärker zu nutzen bzw. auszureizen. Die gegebene Dauer, die auch bei einer anderen analysierten Heizung gefunden werden konnte, ist in keinster Weise nachvollziehbar und es stellt sich die Frage, wie weit nicht in schulfreien Zeiten die Heizung zum Beispiel „Takten“ könnte. Eine Lösung konnte hier bisher noch nicht gefunden werden.

Beispielgebend wird in folgender Grafik der geordnete Strom-Tagesverbrauch einer Heizzentrale dargestellt:

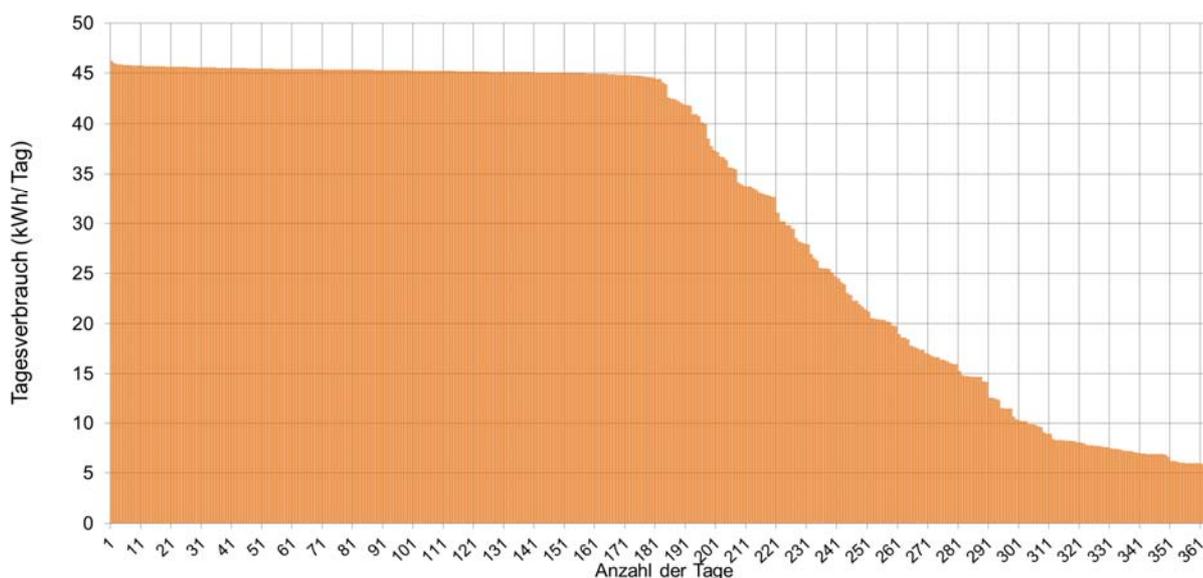


Abbildung 5: Darstellung geordneter Strom-Tagesverbrauch einer Heizungsanlage (Hilfsenergie) einer Schule

Die Analysen haben weitere einfach umzusetzende Verbesserungspunkte aufgezeigt. Soweit es sich um Maßnahmen handelte, die sofort umsetzbar waren, wurden diese großteils in Angriff genommen. Andere Verbesserungspunkte können vor allem für zukünftige Sanierungs- und Neubauprojekte berücksichtigt werden, wie nachfolgendes Beispiel zeigt:

Nicht immer war vor allem bei Stromzählern, und hier vor allem bei Submessungen, ganz klar, welche Bereiche damit erfasst sind. Dadurch war die Interpretation der Nachfragestruktur nur sehr schwer möglich. In einem konkreten Fall musste aufgrund der Nachfragestruktur überhaupt davon ausgegangen werden, dass ein Irrtum bezüglich des Messbereiches vorliegt. In diesem Fall wurde zwar die Nachfragestruktur graphisch aufbereitet, eine Interpretation konnte jedoch nicht

<sup>4</sup> Wie weit innerhalb der 181 Tage die Vorlauftemperatur der Heizung angepasst wurde, kann aufgrund der Daten nicht beurteilt werden.

durchgeführt werden. In Zukunft sollte bereits in der Planungsphase von Objekten stärker auf eine möglichst klare Zuordnung der Verbraucher bzw. der Submessungen geachtet werden.

Durch den Einsatz nicht optimaler Zähler müssen zu große Wandlungsfaktoren für die Berechnung der tatsächlichen Leistungsaufnahme eingesetzt werden. Dadurch ergeben sich die in Abbildung 2 ersichtlichen Sprungfunktionen im Lastverlauf bzw. von der geordneten Dauerlastganglinie. Dies erschwert die Interpretation des Lastverlaufs gerade zu Schwachlastzeiten. Es wird empfohlen, nach Möglichkeit genauere Zähler mit kleineren Wandlungsfaktoren einzusetzen.

In vielen Kindergärten und Schulen erfolgt derzeit ein Umstieg auf gefrorenes Essen, welches einmal pro Woche geliefert und dann täglich vor Ort aufgewärmt wird. Die dazu benötigten Geräte werden von dem Essenslieferanten zur Verfügung gestellt. Über diese Geräte (Dampfgarer, Gefrierschränke) sind derzeit keine Stromdaten oder Verbrauchswerte bekannt.

Bei einem Objekt, wo es ein modernes Lichtkonzept samt Steuerung gibt, konnte mit Hilfe der Analyse aufgezeigt werden, welche Auswirkungen sich ergeben, wenn das dortige Personal Schwierigkeiten mit der Bedienungsführung hat. Dieser Umstand war zwar bekannt, jedoch war kein Bewusstsein vorhanden, welche Auswirkungen dies auf den Energieverbrauch hat. Es konnte dargestellt werden, dass hier ein Einsparpotenzial von über 25.000 kWh oder über 21% vorhanden ist.

Bei diesem Objekt wurden durch die Stadt Salzburg bereits die ersten Maßnahmen zur Effizienzverbesserung umgesetzt. Dabei erfolgte ein Eingriff in die zentrale Lichtsteuerungstechnik. Ergebnisse der Maßnahmen sind derzeit nicht bekannt.

## **Ziel- und Kennwerte für öffentliche Gebäude**

Es war Ziel des Projektes auch Kennwerte für die Nutzung von Strom in öffentlichen Gebäuden zu erarbeiten. Es hat sich aber im Projektverlauf gezeigt, dass mit dem derzeitigen Wissenstand es nicht möglich ist, hier Vorgaben zu definieren. Dazu war unter anderem die Anzahl der betrachteten Objekte zu gering, wobei gleichzeitig die Streubreite der einzelnen Werte zu hoch war. Auch war es nicht wie zu Projektstart erwartet möglich, anhand des Tools den einzelnen Verbrauchern Nachfragestrukturen zuzuordnen<sup>5</sup>. Zusätzlich waren die Datenquellen nicht ident hinsichtlich der Infrastruktur (mit/ohne Lüftungsanlage, mit oder ohne elektrischer Warmwasserbereitung,...)

Es hat sich aber gezeigt, dass verstärkt Augenmerk auf Kennzahlen außerhalb der klassischen Nutzungszeit der Gebäude gelegt werden sollte. In dieser Zeit sollten vom Ansatz her der Stromverbrauch lediglich durch Grundlasten wie Brandschutz, Fluchtwegsbeleuchtung, Server, Telefoneinrichtungen, Kühl- und Gefriereinrichtungen sowie Heizungsbetrieb verursacht werden. Die Praxis zeigt aber, dass in diesem Bereich der Verbrauch erheblich höher ist. Nicht immer gibt es dafür Erklärungen, jedoch ist mit einer Reduktion der unbekanntesten Verbraucher ein hohes Energieeinsparpotenzial verbunden.

Ausgehend von der Analyse wird die Nutzung/Einsatz der unten angeführten Kennwerte empfohlen. Dabei handelt es sich um Betriebskennwerte und keine Planungskennwerte. Diese beiden Kennwerte lassen einen guten Rückschluss zu, wie weit bei einem Objekt ein Effizienzpotenzial vorhanden ist, bzw. wie weit es einen Sinn macht, Detailanalysen durchzuführen:

---

<sup>5</sup> An dieser Option wurde lange intensiv gearbeitet und verschiedene Auswertungszugänge getestet, ohne auf ein quantifizierbares Ergebnis zu erzielen.

- a) Spezifische Grundlast [W/m<sup>2</sup>]: Die spezifische Grundlast gibt an, wie groß die Leistungsaufnahme bei Objekten in der Nichtnutzungszeit der Gebäude ist. Als Nichtnutzungszeit wird hier der Zeitraum bei der geordneten Dauerlastganglinie im Bereich der Stunden 7.000 bis 8.000 Stunden bezeichnet, wobei für diesen Zeitraum der Mittelwert genommen wird. Es ist davon auszugehen, dass in diesem Zeitraum bei den meisten Objekten keine Objektnutzung erfolgt und dadurch nur die Infrastruktur genutzt wird, die unbedingt erforderlich ist. In Tabelle 2 sind für die einzelnen Nutzungsarten die Kenngrößen angeführt. Im Allgemeinen gilt, dass mit steigender Objektgröße der spezifische Kennwert geringer ist.

Tabelle 2: Spezifische Grundlast (W/m<sup>2</sup>) nach Nutzungsart

Nutzung	MIN	MAX	Durchschnitt
Kindergarten	0,29	1,92	1,07
Volksschule	0,19	0,56	0,35
Neue Mittelschule	0,30	1,14	0,57
Amtsgebäude	0,72	4,13	2,25
Seniorenheim	2,55	2,68	2,65

- b) Reststromverbrauch4000: Ordnet man die Leistungsaufnahme der Objekte nach der Größe, so wird per Definition (!) der Wert ab der Stunde 4000 (nach der Größe geordnet) als Reststromverbrauch bezeichnet. Dabei wird davon ausgegangen, dass in dieser Zeit keine Nutzung des Gebäudes vorliegt (Vergleich dazu Abbildung 2)<sup>6</sup>. Die Erfahrung hat gezeigt, dass z.B.: bei Büros im Schnitt 30% des Jahresstromverbrauchs in dieser Zeit stattfindet. In Tabelle 3 sind für die einzelnen Nutzungsarten die Kenngrößen angeführt.

Tabelle 3: Reststromverbrauch 4000 (%) nach Nutzungsart

Nutzung	MIN	MAX	Durchschnitt
Kindergarten	13,0%	30,7%	21,5%
Volksschule	11,6%	20,4%	16,6%
Neue Mittelschule	22,0%	33,6%	28,2%
Amtsgebäude	29,1%	42,3%	33,1%
Seniorenheim	29,8%	35,3%	32,5%

## Erkenntnisse für die Nutzer:

Die Ergebnisse der Analyse wurde sowohl den Gebäudeverantwortlichen präsentiert, als dass auch diesen ein schriftlicher Bericht im Umfang von 20 Seiten zur Verfügung gestellt wurde. Danach wurden diese eingeladen, eine Rückmeldung zu geben, welche Erkenntnisse sie durch die Darstellung der Nachfragestruktur erlangen konnten.

Folgende Rückmeldungen ergaben sich von den Gebäudeverantwortlichen:

<sup>6</sup> Für ein Bürogebäude sei der Ansatz näher erklärt. Die durchschnittliche Arbeitszeit beträgt rund 1.750 Stunden im Jahr. Da es darüber hinaus KollegInnen gibt, die früher kommen bzw. später gehen und auch während des individuellen Urlaub das Büro nutzen, ist der Grenzwert mit 4.000 gesetzt.

- Eine Erkenntnis war, dass in Zweckbauten den Nicht-Dienstzeiten mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Diese Aussage wurde durch den Satz geprägt: „Die Probleme der Gebäude fangen nach 17 Uhr an“.

In diesem Zusammenhang wurden zwei Lösungsstrategien angesprochen, die auch ein wenig ein Bild auf die Ist-Situation geben:

- Zentrale Objektschalter: In der Nähe von Sicherungskästen bzw. beim Ausgang von Objekten oder Bereichen können Schalter installiert werden, die Bereiche fast stromlos machen. Dabei werden zumeist Beleuchtung, IT, Telefone, Kaffeemaschinen usw. stromlos gemacht. Lediglich Kühlschränke, Server und Faxgeräte, Umwälzpumpen sowie Sicherheitseinrichtungen werden weiterhin mit Strom versorgt. e7 interne Berechnungen<sup>7</sup> gehen davon aus, dass die installation von zentralen Objektschaltern eine Stromverbrauchsreduktion von 5 bis 7% erzielen kann. Um die Maßnahmen flächendeckend umsetzen zu können, ist jedoch ein doppeltes Stromnetz erforderlich. Die Nutzung empfiehlt sich auch in Kindergärten und Schulen und nicht nur in Amtsgebäuden. Bei umfassenden Sanierungen bzw. besonders bei Neubauten sollte ein doppeltes Stromnetz installiert werden und vor allem in der Nutzung der zentrale Objektschalter konsequent genutzt werden. Im Bestand kann die Nachrüstung des doppelten Stromnetzes nur nach Prüfung auf technische Machbarkeit umgesetzt werden.
- Bewegungsmelder: Bei Anlagen, die über Bewegungsmelder gesteuert werden, soll zukünftig mehr darauf geachtet werden, dass für diese Anlagen Kernzeiten vorhanden sind, in denen eine Betriebsbereitschaft besteht. Außerhalb dieser Kernzeiten erfolgt ein Betrieb nicht über Bewegungsmelder sondern nur auf eine spezifische Anforderung.
- Der enorm hohe Anteil, der durch die Grundlast verursacht wird, hat alle Gebäudeverantwortlichen generell überrascht. Der Grundlastanteil lag bei den Amtsgebäuden bei zumindest 48% und im Extremfall bei über 75%. Es ist somit ersichtlich, dass nicht die Nutzung des Gebäudes den hohen Verbrauch verursacht, sondern eher die Dauerlast.
- Es hat sich für die Nutzer gezeigt, dass wenig reales Wissen über die tatsächliche Stromverbrauchsstruktur vorhanden ist. Ihre Erwartungen stimmen nicht unbedingt mit der realen Situation überein. Für gezielte Analysen von Effizienzmaßnahmen ist die Verwendung eines längeren Zeitraumes erforderlich, um qualitative Aussagen machen zu können. Die reine Betrachtung von einzelnen Tagesgängen ist nicht zielführend. Nur der Gesamtüberblick kann Hinweise geben, welche Schwerpunkte zu setzen sind.
- Mit dem vorhandenen EKS-System ist Salzburg in Österreich federführend. Nach Möglichkeit sollten die EKS-Aufzeichnungen aber mehr Sub-Messungen beinhalten. Dabei sollte nach Möglichkeit zumindest Heizung, Lüftung und Klima als ein Zählpunkt erfasst werden.
- Für kurzfristige Maßnahmen und Analysen ist es zielführender, wenn die 15 Minuten Werte über einen längeren Zeitraum als ein Jahr zur Verfügung stehen. Derzeit werden diese Daten nach einem Jahr aus dem Kurzspeicher entfernt und zum Teil sogar verdichtet zentral abgespeichert. Die Bereitstellung dieser Daten ist zwar möglich, aber jedoch mit einem größeren Aufwand verbunden.

---

<sup>7</sup> In den Büroräumlichkeiten von e7 sind solche zentrale Büroschalter vorhanden. Überprüfungen von e7 haben eine Verbrauchsreduktion von 5 bis 7% für ihre Büroräumlichkeiten gegeben.

- Überraschend war für einige Gebäudeverantwortliche, dass davon ausgegangen wurde, über niedrige spezifische Leistungswerte (Anschlusswerte) zu verfügen, aber dies sich nicht so stark auf der Verbrauchsseite niederschlägt. Das bedeutet, dass es zwar gelingt, bei der Beschaffung auf Effizienz zu achten, aber es bei der Betriebsführung noch Potenzial gibt. Beispielgebend werden hier die Einschaltzeiten der EDV Geräte angeführt.

## B.6 Erreichung der Programmziele

Mit dem Projekt Stromeffizienz in öffentlichen Gebäuden werden wesentliche Potentiale aufgezeigt, die Energieeffizienz im städtischen Kontext zu verbessern. Insbesondere öffentliche Gebäude haben aufgrund ihrer meist großvolumigen Architektur und der großen Anzahl an Nutzern meist einen großen Verbrauch, sei es im Bereich Wärme oder Strom. Die Nutzer selbst zeigen oft wenig Interesse an einem effizienten Betrieb, da die monetären Belastungen nicht von ihnen selbst zu tragen sind. Umso wichtiger erscheint es hier Potentiale und Maßnahmen aufzuzeigen, die keine Beeinträchtigung der Nutzung mit sich ziehen und vor allem die keine Verschlechterung der Behaglichkeit hervorrufen.

Die Stadt Salzburg als Smart City hat auch die Aufgabe, als Vorbild in Sachen Energieeffizienz zu agieren, dies kann nur funktionieren, wenn die im Eigentum der Stadt befindlichen Gebäude auch entsprechend Energieeffizient sind. Da bereits eine Offensive im Bereich der thermischen Gebäudesanierung umgesetzt wurde und dadurch wesentliche Einsparungen im Bereich des Wärmeverbrauchs erzielt werden konnte, wird durch das Projekt „Stromeffizienz in öffentlichen Gebäuden“ ein weiterer wichtiger Schritt in Richtung Effizienz und Energieverbrauchsreduktion gegangen. Durch eine Reduktion der Grundlasten und vor allem durch Vermeidung von Spitzenlasten wird zudem ein wesentlicher Beitrag zur Entlastung der Stromnetze geleistet.

Natürlich geht mit der Verbrauchsreduktion auch eine Reduktion der Treibhausgasemissionen einher. Wesentlichen Nutzen für die Stadt Salzburg bringen die im Rahmen des Projekts ermittelten Kennzahlen je Gebäudetyp, welche zum Teil sehr weit auseinander liegen. Hier können jeweils die besten Werte als Zielwerte für einen effizienten Betrieb verwendet und als Kriterien für Ausschreibungen bei Neubauten und Sanierungen herangezogen werden. Auch für bisher nicht untersuchte Gebäude kann somit schnell festgestellt werden, ob die Verbrauchswerte den im Rahmen dieses Projekts ermittelten Zielwerten entsprechen oder nicht. Liegen die Ist-Werte nicht im Bereich der Zielwerte, können zielgerichtet vertiefende Untersuchungen eingeleitet werden.

Die gesamte Analyse und Interpretation wurde in Zusammenarbeit mit der zuständigen Abteilung für Energie- und Gebäudemanagement (Baudirektion Energiekoordination) der Stadt Salzburg durchgeführt. Gleichzeitig ist der Projektverantwortliche Franz Huemer Smart City Koordinator der Stadt Salzburg. Dadurch ist von der Projektzusammensetzung gewährleistet, dass die Projektergebnisse bei der zuständigen Stelle Berücksichtigung finden.

Zusätzlich wurden alle Einzelberichte den Gebäudeverantwortlichen im Vorfeld der Endpräsentation zur Verfügung gestellt, damit sie sich auf die Endpräsentation vorbereiten können. Es liegt in der Natur der Personen, dass die Analyseergebnisse sehr unterschiedlich wahrgenommen wurden, jedoch ergab sich dadurch auch eine intensive Diskussion über die Möglichkeiten.

Die Ergebnisse haben große Relevanz hinsichtlich der Steigerung der Energieeffizienz bei Strom. Es steht mit diesem Analyseansatz ein Zugang zur Verfügung, der es ermöglicht, mit einem relativ einfachen Zugang eine gute Prognose hinsichtlich Effizienzpotenziale zu machen („Quick Check“). Das derzeit noch immer vorhandene Problem ist, dass der Stromlastgang als Informationsquelle für Energieeffizienzmaßnahmen noch wenig bekannt ist. Gleichzeitig ist es zumindest bei den Gebäudeverantwortlichen der Stadt Salzburg gelungen, für die vorhandenen Effizienzpotenziale bei Strom zu sensibilisieren und gleichzeitig aufzuzeigen, wie leicht hier Energieeinsparungen gefunden und umgesetzt werden können.

Die Analyse hat auch im Fall der untersuchten Objekte ein Stromeffizienzpotenzial von rund 10% aufgezeigt. In zwei Extremfällen ist von einer potentiellen Stromverbrauchsreduktion von rund 20% auszugehen.

Um die Verbreitung der Projektergebnisse zu forcieren, wurden folgende Schritte bereits gesetzt:

- Vortrag über den Projektansatz im Rahmen des 13. Symposium Energieinnovation, 12.-14.2.2014, Graz/Austria<sup>8</sup>
- Präsentation des Projektes und des damit verbundenen Analyseansatzes bei den Mitgliedern des österr. Städtebundes (Treffen der Arbeitsgruppe Energiekonzepte, Wien, 17.Juni 2014). Infolge dieser Präsentation konnten für zwei österr. Städte eine Lastanalyse durchgeführt werden, die in beiden Fällen zu konkreten Umsetzungen bei den Städten führte bzw. konkrete Maßnahmenempfehlungen beinhaltete.
- Am 20.11.2014 wurde im Rahmen des Projekttreffens D-A-CH (Salzburg, Karlsruhe, Winterthur) der Analyseansatz präsentiert und diskutiert. Dadurch soll es möglich sein, diesen Projektansatz auch in der Schweiz und in Deutschland zu verfolgen.

Der Projektpartner SIR plant in nächster Zeit, den Projektansatz auch im Rahmen der Betreuung der Salzburger e5-Gemeinden vorzustellen. e7 wird dabei Unterstützung geben. Dabei sollte vor allem versucht werden, den Gemeinden wesentliche Erkenntnisse hinsichtlich der in den jeweiligen Gebäudetypen vorhandenen Verbrauchsstrukturen zu vermitteln, um so potentielle Verbraucher erkennen zu können und mögliche Lastreduktionen durch einfache Maßnahmen herbeizuführen.

Insbesondere werden die Entscheidungsträger auf mögliche Einsparungspotentiale hingewiesen bzw. auf die im Projekt ermittelten Zielwerte hin sensibilisiert und die Möglichkeit für Detailanalysen des Lastgangs aufgezeigt.

## B.7 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Als Kernergebnisse sind folgende Punkte anzuführen:

- a) Die Lastanalyse als Informationsquelle für Energieeffizienzmaßnahmen bzw. der Analyse der Verbrauchsstruktur ist noch immer wenig bekannt. Eine intensive Nutzung des Instrumentes erfordert ein breiteres Wissen über diese Möglichkeit.
- b) Als Hinweis über vorhandene Effizienzpotenziale ist weniger die Kenngröße Jahresstromverbrauch bezogen auf die Fläche [ $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ] geeignet, sondern der spezifische Leistungskennwert ( $\text{W/m}^2$ ) in der Grundlastzeit bzw. der anteilige Grundlastverbrauch (GL4000).
- c) Der Analyseansatz ist dann am erfolgreichsten, wenn die Analyse in Kooperation mit dem Nutzer erfolgt.

Für das Projektteam ergaben sich ua. folgende Erkenntnisse:

- a) Die reale Stromnachfrage deckt sich nicht mit den Erwartungswerten. Alleine die Lösung dieses Widerspruchs kann zu weiteren Energieeinsparungen führen. Um hier mehr Transparenz bei der Nachfrage zu schaffen, wurde in den Präsentationen und den Berichten nicht so sehr die Strategie verfolgt, Lösungen aufzuzeigen, sondern es wurde vielmehr

---

<sup>8</sup> Benke, Georg: Das Geheimnis des Lastgangs; [http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i4340/eninnov2014/files/lf/LF\\_Benke.pdf](http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i4340/eninnov2014/files/lf/LF_Benke.pdf), Graz 2/2014

gefragt, warum die Nachfragestruktur derart ist, wie sie ist. Durch den Widerspruch zwischen dem realen Verbrauch und dem erwarteten Verbrauch entsteht eine hausinterne Lösungsstrategie. Diese ist nachhaltiger, weil der Lösungsvorschlag nicht von extern herangetragen wird, sondern lediglich das Werkzeug extern bereitgestellt wurde, um diese zu erkennen<sup>9</sup>. Da die „Idee“ dadurch hausintern entstanden ist, erfolgt eher eine Umsetzung und es ist ein geringer „Widerstand“ gegen den Vorschlag von extern gegeben.

- b) Der Stromverbrauch für die IT dürfte niedriger als erwartet sein. Das könnte auch mit der laufenden Überwachung und Betreuung der IT Abteilung bzw. auch mit dem Technologieeffizienzsprung in den letzten Jahren zu tun haben. Verbräuche in diesem Bereich werden vor allem durch Kühleinrichtungen verursacht.
- c) Als relevantere Verbraucher hat sich die Not- und Fluchtwegbeleuchtung gezeigt. Auch wenn durch neue LED Technologie hier relevante Energieeffizienzmaßnahmen (Neuanlagen) derzeit erfolgen, ist die allgemeine Entwicklung zu hinterfragen. Es war oftmals der Eindruck gegeben, dass eine Überausstattung an Fluchtwegbeleuchtung gegeben ist, zudem war nicht in allen Anlagen der durchgehende Betrieb nachvollziehbar. Hierbei bedarf es jedoch einer breiten Diskussion unter dem Aspekt Sicherheit und Effizienz<sup>10</sup>.
- d) Überraschend war die Nachfragestruktur Strom bei den Heizzentralen. Auch wenn es hier um geringe Leistungswerte geht, kommt über die jährlichen Betriebszeiten eine erhebliche Menge zusammen. Hier sollte mehr Aufwand auf die Steuerung gelegt werden.
- e) Absprachen zwischen Haustechnik und Elektrotechnik wären ratsam z.B. hinsichtlich Einschaltzeiten, Regelungen, Dimensionierungen....
- f) Zur genaueren Analyse der Nachfrage wären mehr Subzählungen für z.B. Lüftungsanlagen ratsam
- g) Bei Klassenzimmerlüftungen oder Gruppenräumen empfiehlt sich eine bedarfsorientierte Regelung über Luftqualitätsfühler. Übergeordnet können Zeitschaltprogramme, in denen die Nutzung der Räume hinterlegt ist, eine außerhalb der Nutzungszeit unbeabsichtigte Aktivierung der Lüftung durch z.B. Reinigungsarbeiten vermieden werden.
- h) In Seniorenwohnheimen empfiehlt sich eine Installation von Bewegungsmeldern oder Sensoren an den Türen, um das Ganglicht nur im Bedarfsfall zu aktivieren. Bei Einsatz von dimmbaren Leuchten mit z.B. DALI Ansteuerung ist es auch denkbar, eine um 80% gedimmte Grundbeleuchtung einzustellen, die im Bedarfsfall in der Nacht auf 50% Helligkeit steuert und nur in den Morgen bzw. Abendstunden eine energieintensive Beleuchtung bereitstellt. Somit kann der Verbrauch für die derzeit zum Teil 24 Stunden durchgehend eingeschaltete Beleuchtung wesentlich reduziert werden.

---

<sup>9</sup> Es ist ergänzend zu erwähnen, dass trotz des erwähnten Absatzes im Rahmen des Projektes relevante konkrete Energieeinsparungen angesprochen wurden, sondern auch realisiert wurden. In einem Fall ist von über 12.000 kWh/ Jahr oder rund 20% auszugehen.

<sup>10</sup> Eine aufbauend auf die Erkenntnisse des Projektes und darauf folgende Hintergrundgespräche lassen vermuten, dass oftmals weder bei den Planern noch bei den Auftraggebern das erforderliche Maß an Normenkenntnis vorhanden ist und man eher auf „Nummer Sicher“ geht. Die Planung erfolgt dann oftmals eher in Richtung hoher Investitionssumme. Eine Überprüfung der Erfordernisse brauche in Einzelfällen dieser „lebensnotwendigen“ Maßnahmen eine Reduktion von bis zu 30%. Unklar ist dabei oft auch die Rolle der Brandschutzzuständigen, deren Entscheidungen oft nicht hinterfragt werden.

- i) Küchenbetrieb Seniorenheim: Hier wird für eine große Anzahl an Personen gekocht und je nach Menü besteht der Bedarf vor der Verteilung ab ca. 10:00 Uhr die Speisen warmzuhalten. Nach momentanem Wissenstand werden die Warmhalteanlagen ab 6:00 Uhr morgens mit kaltem Wasser gefüllt, um bis 10:00 Uhr ausreichend elektrisch vorgewärmt bereit zu stehen. Grundsätzlich sollte diese Befüllung kurz vor 10:00 Uhr mit heißem Wasser aus dem Warmwassernetz gefüllt werden. Wenn nur die Aufrechterhaltung der benötigten Temperatur auf elektrischen Weg erfolgt, ist eine erhebliche Stromeinsparung möglich
- j) Privatgeräte wie Kaffeemaschinen und Kühlschränke, vor allem in Bürogebäuden, verursachen durchaus einen relevanten Verbrauch. Hier ist Handlungsbedarf gegeben und zwar sowohl hinsichtlich Alter (= Effizienz) als auch Anzahl der Kühlschränke und Kaffeemaschinen.
- k) Zentralschalter (evtl. mit Zeitschaltung) sollten für einzelne Bereiche bei Neubauten installiert, evtl. auch im Bestand nachgerüstet werden

### Wie geht es weiter?

Es wurde von allen Objekten ein eigenständiger Analysebericht erstellt, der vor allem dazu dient, die Gebäudeverantwortlichen für die gegebene Nachfragestruktur zu sensibilisieren. Die Berichte wurden im Vorfeld einer Präsentation an die Gebäudeverantwortlichen weitergegeben und dann ausführlich mit diesen diskutiert. Die dabei entstandenen Rückmeldungen wurden in die Berichte integriert und erneut den Verantwortlichen übergeben. Somit ist die Zielgruppe mit den Ergebnissen der Analysen bestens vertraut.

Laut vorliegenden Rückmeldungen aus der Stadt Salzburg werden derzeit die Ergebnisse noch diskutiert. Der hohe Stromverbrauch außerhalb der Nutzungszeiten wurde bisher in dieser Form nicht so wahrgenommen und Bedarf eines gewissenhaften Umdenkens. Die Implementierung in die zukünftige Betriebs- und Planungspraxis hat noch zu erfolgen.

Es wurden jedoch schon folgende Schritte gesetzt bzw. sind derzeit in Umsetzung:

- a) In einzelnen Gebäuden mit einer dem Stand der Technik entsprechenden Regeltechnik wird derzeit die Steuerung hinsichtlich des Bedarfs überprüft. Ziel ist es, dass bestimmte Leistungen primär nur noch in der Kernzeit der Gebäudenutzung zur Verfügung stehen. Es wird davon ausgegangen, dass dadurch der Stromverbrauch im Einzelfall um bis zu 20% sinken wird.
- b) Ausgehend von den Ergebnissen der Analyse wurden bei Stadtobjekten gezielt bei Regenrinnenenteisungsanlagen die Steuerparameter und deren Funktionsfähigkeit überprüft. Wie weit hier „Störungen und Fehlbetriebe“ entdeckt wurden, ist derzeit noch nicht bekannt.
- c) Der hohe Stromeinsatz für den Legionellenschutz dürfte wahrgenommen worden sein. Laut Information ist derzeit eine verstärkte Nachfrage nach dezentralen elektrischen Warmwasserbereitern feststellbar. So können zumindest die Verteilverluste bei umfangreichen Warmwassernetzen minimiert werden.

Durch e7 und SIR werden die Ergebnisse in die laufende Arbeit integriert. Das SIR beabsichtigt im Rahmen der Betreuung der Salzburger e5-Gemeinden, die Ergebnisse an diese zu kommunizieren und mögliche Maßnahmen einzuleiten, wobei e7 dabei Unterstützung geben wird. Zum einen wird ein Leitfaden für die Entscheidungsträger der Gemeinden erstellt, wie mit niedrigen Investitionskosten der Strombedarf der öffentlichen Gebäude ohne Komfortverlust gesenkt werden

kann. Zum anderen ist die Umsetzung von Informationsveranstaltungen vorgesehen, wo die Ergebnisse den Gebäudeverantwortlichen in den Gemeinden präsentiert und Wege aufgezeigt werden, durch einfache Maßnahmen wesentliche Verbrauchsreduktionen herbeiführen zu können. e7 wird die Ergebnisse bei der laufenden Arbeit mit dem Lastgangtool berücksichtigen.

## **B.8 Ausblick und Empfehlungen**

Ausgehend von den Analyseergebnissen und der Diskussion mit den teilnehmenden Projektpartnern als auch einzelnen Gebäudeverantwortlichen ergeben sich folgende Empfehlungen für weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Die Reihung der einzelnen Punkte unterliegt dabei keiner Wertung:

- a) Die Erfahrung bei der Präsentation der Gebäudeanalysen hat gezeigt, dass die beim Lastgangtool verwendete Visualisierung ein guter Zugang ist, um Sensibilisierung für den Energieverbrauch zu schaffen.
  - a. Es sollte in Forschungsschwerpunkte in Richtung Visualisierung des Energieverbrauches auf der Ebene der Nutzer zur Steigerung der Motivation für Maßnahmen in Richtung Energieeffizienz gesetzt werden.
- b) Es hat sich gezeigt, dass die Lastganganalyse beim Strom ein gutes Instrument ist, die rasche und zielführende Beurteilung über das Effizienzpotenzial bei einem Objekt zu machen. In den meisten Fällen kann ein Effizienzpotenzial von zumindest 10% angesprochen werden und dadurch ein Startsignal in Richtung Umsetzung von Effizienzmaßnahmen gesetzt werden. Erste interne Tests zeigen aber auch auf, dass ein vergleichbarer Ansatz auch bei der Wärmenachfrage zielführend ist. In der Praxis kann sehr stark die Betriebsdauer der Heizungsanlagen reduziert werden (ca 5%).
  - a. Es sollen Maßnahmen unterstützt werden, die helfen, die Lastganganalyse auch auf der Wärmeseite zu etablieren. Dazu gehört in erster Linie die Verfügbarkeit der Wärmenachfragedaten. Als zeitliche Gliederung sollte wie bei Strom auch die Ermittlung der  $\frac{1}{4}$  Stunden Lastwerte angestrebt werden. Entsprechende Messeinrichtungen sind dafür vorzusehen.
- c) Bei einigen untersuchten Objekten kommt es aufgrund von Planungsfehlern zu einem erhöhten Stromverbrauch. Während auf der Wärmeseite das Bewusstsein hier schon sehr groß ist, fehlt dieses zum Teil noch im Bereich des Stroms:
  - a. Diesbezüglich sollten Maßnahmen gesetzt werden, die bereits in der Planungsphase verstärkt dazu beitragen, dass auch bei Strom auf einen effizienten Einsatz geachtet wird.
  - b. Ein Schwerpunkt sollte bei der Haustechnik gesetzt werden, um hier Planungsstandards zu setzen. Bedarfsgeregelte Regelung der Haustechnik erscheint hier als zielführend, sei es in der Lüftung oder Heizung.
- d) Technologien, die für Sicherheit und Komfort in Gebäuden sorgen, sind aufgrund der langen Betriebszeiten (bis zu 8760 h) für einen immer größeren Anteil am Gesamtstromverbrauch verantwortlich. Dazu gehören u.a. Not- und

Fluchtwegbeleuchtung, Brandmelder, Brandschutztüren, Legionellenschutzmaßnahmen, Einbruchschutz und Sensoren jeder Art.

- a. Es sollen Strategien erarbeitet werden, wie der Stromverbrauch für diesen Bereich minimiert werden kann. Dazu gehören sowohl die Entwicklung technischer Komponenten als auch organisatorische Maßnahmen und Schulungen (Normenkenntnisse). Auch Expertenwissen sollte hier herangezogen werden, um bereits in der Planung überdimensionierte Sicherheitseinrichtungen zu vermeiden
- e) Es hat sich in vielen Fällen gezeigt, dass zwar hocheffiziente Technologie beschafft wird, es im Betreiber aber nicht gelingt, diesen Technologiestandard im vollen Umfang wirksam werden zu lassen.
  - a. Es soll untersucht werden, warum es derzeit in vielen Fällen nicht gelingt, die vorhandene Effizienztechnologie auch in der Praxis wirksam werden zu lassen. Ein Schwerpunkt wird dabei in der Inbetriebnahmephase des Objektes sein. Hierbei wird oft versäumt, die vorhandene Technik an das Gebäude abzustimmen. Eine Anpassung der Betriebszeiten der Infrastruktur an die tatsächliche Nutzungsanforderung erscheint hier ein erster wichtiger Schritt.
  - f) Im Rahmen der Analysen dreier Seniorenheime hat es sich gezeigt, wie energieintensiv (Strom) Pflegeheime sind. Beim Vergleich mit deutschen hohen Referenzwerten [EnergieAgentur.NRW 2008] ergab sich zudem, dass die österr. Verbrauchswerte (kWh Strom/ Bewohner) um 20% höher sind.
    - a. Es sollte ein Programm für Energieeffizienz in Pflegeheimen gestartet werden.
  - g) Es hat sich gezeigt, dass auch auf der Stromseite zahlreiche energierelevante Maßnahmen gesetzt werden müssen, um die Legionellengefährdung zu minimieren. In Folge führt das oft zu einem hohen Stromverbrauch. Als Argumentation wurde dabei immer wieder auf die gesetzlichen Rahmenbedingungen als auch auf eine mögliche Gefährdung von Personen verwiesen.
    - a. Es ist der Eindruck gegeben, dass das Wissen über die relevante Legionellenvermeidungsbestimmungen (Normen) als auch adäquate Lösungsstrategien generell gering ist. Somit ergibt sich dadurch die Situation, dass hier primär nichts verändert wird, bzw. keine alternativen Lösungen gesucht werden („Ja nicht das System anrühren“). Diesbezüglich ist sowohl ein hoher Informationsbedarf gegeben, als auch ein Angebot hinsichtlich technologischer Lösungsstrategien gefunden werden sollte.
    - b. Es ist hier auch generell anzumerken, dass durch die Umsetzung der Legionellenbestimmungen zu erwarten ist, dass die Warmwasserbereitstellung vermehrt dezentral mit Strom erfolgen wird. So können zwar die enormen Verteilungsverluste der Trinkwasserzirkulationsleitungen vermieden werden, doch werden diese z.T. durch die elektrische Warmwasserbereitung wieder substituiert.
  - h) Überraschend war die Analyse des Stromverbrauchs bei den Heizungen. Dieser war zwar in der Leistung nicht hoch, jedoch war die Nutzungsintensität weder in der Höhe als auch der Dauer nachvollziehbar.

- a. Es sollte vermehrt Augenmerk auf die Hilfsenergie von Heizungsanlagen gelegt werden. Hier gilt es sowohl die mögliche Anpassung und Integration der modernen Messtechnik, als auch die Regelung und Steuerungstechnologie zu berücksichtigen.
  - b. Großteils ist zwar eine entsprechende Regelungsinfrastruktur vorhanden, die Regelparameter zum Teil aber falsch eingestellt bzw. fehlt bei den Gebäudeverantwortlichen überhaupt die Kenntnis, die Regelparameter für einen effizienten Betrieb einzustellen. Entsprechendes Expertenwissen und Schulungen auf die jeweilige Anlage erscheinen hier für eine Effizienzverbesserung unumgänglich.
- i) Es hat sich gezeigt, dass Gebäude mit geringer Technologie durchaus einen relevanten Komfort bieten können. Auf Basis dessen kann durchaus gesagt werden, dass weniger oft mehr ist. Gerade bei oft wechselnden Nutzern (z.B.: in Sporthallen) ist das Wissen nicht vorhanden, wie eine Lüftungsanlage optimal zu bedienen ist.
- a. Es sollten Aspekte von LOW Technikgebäude im Zusammenhang mit Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit (Ressourcenschonung) verstärkt verfolgt werden. Beispielgebend sei hier eine einfache Lüftungsregelung mit einem ordentlich beschrifteten Taster, der die Lüftungsanlage für z.B. eine Stunde laufen lässt angeführt. Insbesondere für z.B. Turnhallen
- j) In vielen modernen Gebäuden gibt es für die Steuerung der Lüftungs- und Klimaanlage, aber auch der Beleuchtung moderne Bedienungspaneelle, die es den Nutzern ermöglichen soll, den erforderlichen Komfort optimal einzustellen. In der Praxis hat es sich aber gezeigt, dass die Nutzer vielfach nicht in der Lage sind, einerseits eine Programmierung an diesem Bedienungspaneel durchzuführen als auch die erforderliche „Dienstleistung“ zu ordern. In Folge wird dann eine nicht optionale Dienstleistung gewählt, die in einem konkreten Fall bedeutet hat, dass alle Beleuchtungskörper aktiviert wurden, während nur eine Teilbeleuchtung erforderlich gewesen wäre.
- a. Um die Möglichkeiten der Steuerung moderner Haustechnik optimal nutzen zu können, ist die Nutzerfreundlichkeit von den Bedienoberflächen stark zu verbessern. Derzeit ist zwar die Technologie vorhanden, die jedoch aufgrund nicht optimaler Bedienungsführung kaum genutzt wird.

## C. Literaturverzeichnis

EnergieAgentur.NRW 2008; Effiziente Energienutzung in Alten- und Pflegeheimen -Nützliche Informationen und Praxisbeispiele für Betreiber und Träger; ([http://www.energieagentur.nrw.de/database/data/datainfopool/broschuere\\_altenheime.pdf](http://www.energieagentur.nrw.de/database/data/datainfopool/broschuere_altenheime.pdf); 25.2.2015), Düsseldorf 8/2008

Benke, Georg: Das Geheimnis des Lastgangs, Vortrag im Rahmen des 13. Symposium Energieinnovation, 12.-14.2.2014, Graz/Austria, [http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i4340/eninnov2014/files/lf/LF\\_Benke.pdf](http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/Files/i4340/eninnov2014/files/lf/LF_Benke.pdf)

## D. Anhang

Tabelle 4: Stromverbrauchskennwerte der einzelnen analysierten Objekte der Stadt Salzburg

Objekt	Stromverbrauchskennwert
--------	-------------------------

