

Abschlussbericht der Stadt Lörrach

zum Projekt:

Unsichtbare Stromverbraucher in kommunalen Gebäuden erkennen



Gefördert durch den Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz
der badenova AG&Co.KG



Projektnummer: 2012/16
Zuwendungsempfänger: Stadt Lörrach

Der Bericht wurde erstellt vom
Fachbereich Umwelt und Klimaschutz
der Stadt Lörrach

Jörg Bienhüls

Telefon: +49-(0) 7621-415-262
Telefax: +49-(0) 7621-415-693
E-mail: j.bienhuels@loerrach.de

Lörrach, den 31. Januar 2022

Inhalt

1	Projektidee	4
2	Vorgehensweise	7
2.1	Akzeptanzanalyse.....	7
2.2	Strategie zur Erfassung der „unsichtbaren“ Stromverbraucher	9
2.3	Auswahl der Messgeräte und der Software	10
2.4	Messkonzept.....	12
2.4.1	Messkonzept Rathaus	12
2.4.2	Messkonzept Hans-Thoma-Gymnasium.....	14
3	Messergebnisse und Verbrauchsanalyse Rathaus Lörrach	14
3.1	Messergebnisse Rathaus Lörrach.....	14
3.1.1	Verbrauchsübersicht Rathaus Lörrach	14
3.1.2	Verbrauchsanalyse Großverbraucher.....	18
3.1.3	Verbrauchsanalyse 1.UG.....	24
3.1.4	Verbrauchsanalyse Obergeschosse.....	26
3.1.5	Verbrauchsanalyse EDV-Infrastruktur.....	31
4	Bestandsanalyse Rathaus Lörrach	32
4.1	Bestandsanalyse Rathaus Lörrach.....	32
4.2	Bestandsaufnahme der Stromverbraucher in ausgewählten Etagen.....	35
4.3	Nicht gemessene Stromverbraucher	38
4.4	Erkenntnisse zu „unsichtbaren“ Stromverbrauchern	39
4.5	Antworten auf die allgemeinen Fragen zu den Stromverbrauchern	40
5	Optimierungsmaßnahmen Rathaus Lörrach	41
5.1	Maßnahmenplanung.....	41
5.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Optimierungsmaßnahmen.....	42
5.3	Ergebnisse der Optimierungsmaßnahmen.....	42
6	Messergebnisse und Verbrauchsanalyse Hans-Thoma-Gymnasium.....	43
7	Schwierigkeiten und Probleme im Projekt.....	49
8	Erkenntnisse aus den Auswertungen	50
9	Fazit.....	51
9.1	Beurteilung der Untersuchungsergebnisse.....	51
9.2	Beurteilung der Strategie	52
9.3	Beurteilung der Software	53
	Abbildungsverzeichnis.....	54
	Anhang	56

1 Projektidee

In den meisten städtischen Gebäuden gibt es nur einen Strom-Hauptzähler, der keinen Rückschluss auf die im Gebäude vorhandenen Stromverbraucher, deren Nutzung und deren Stromverbrauch zulässt. Als Stromverbraucher kommen in der Regel die Beleuchtung, Computer, Drucker und Kopierer sowie Heizungspumpen, Lüftungsgeräte oder in manchen Fällen auch Aufzüge in den Sinn. Wie groß deren Anteil am Stromverbrauch ist, welche Geräte sonst noch vorhanden sind und ob eventuell auch private Geräte, die am Arbeitsplatz betrieben werden, eine größere Rolle für den Stromverbrauch in kommunalen Gebäuden spielen, bleibt so im Verborgenen.

Das Projekt soll diesen verborgenen Stromverbrauch näher untersuchen und so die „unsichtbaren“ Stromverbraucher sichtbar machen. Die ursprüngliche Projektidee war, mit Hilfe von intelligenten, elektronischen Adaptern das "Echtzeitverhalten" vorhandener, aber bisher vom Verbrauchsverhalten unbekannter elektrischer Verbraucher in zwei beispielhaften Gebäuden der Stadt Lörrach zu erfassen und "sichtbar" zu machen. Die auf die "Bestandserfassung" folgende Analyse sollte Antworten auf folgende Fragen liefern:

- welche Geräte sind vorhanden?
- wie alt sind die Geräte?
- wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im Betrieb?
- wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im "Schein aus / Stand-by" - Betrieb?
- wie hoch sind die Benutzungsstunden?
- wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" am Gesamtstromverbrauch?
- wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" an der Spitzenlast?
- werden die Geräte überhaupt benötigt?
- Abgleich zwischen den Anforderungen des Nutzers und des gemessenen Betriebszustandes
- wie effizient sind die Geräte in Bezug auf die Energieeffizienz ("Vergleich mit Toprunner-Geräten")
- lässt sich der Gerätebetrieb optimieren?
- Wie lässt sich der Gerätebetrieb unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimieren?

Nach der Optimierung der Geräte sollte eine Evaluation erfolgen, um die Wirksamkeit der Maßnahmen verifizieren zu können.

Parallel sollte auch geprüft werden, ob sich der Einsatz eines solchen einfachen Mess- und ggf. Steuersystems nicht nur für Stromverbraucher, sondern auch für die Heizungsoptimierung eignet.

Da der Einsatz solcher Messgeräte das Verhalten des Nutzers einerseits transparent macht, andererseits durch Optimierungsmaßnahmen wie Zeitschaltprogramme die Handlungsmöglichkeiten des Nutzers eingeschränkt werden können, waren in dem Projekt auch

Akzeptanzprobleme zu erwarten. Diese sollten mithilfe einer Analyse ermittelt und entsprechende Lösungsansätze entwickelt werden.

Änderungen der Vorgehensweise

Zu Beginn des Projekts hat sich herausgestellt, dass in den großen kommunalen Gebäuden mit den vorgesehenen Messadaptern, die über Funk miteinander kommunizieren sollten, eine Funkverbindung nicht möglich war. Die Mess-Strategie wurde daher geändert.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Änderungen im Projektablauf gegenüber der ursprünglichen Planung dargestellt. Aufgeführt sind nur diejenigen Punkte, in denen Änderungen erfolgt sind.

Bereich	Ursprungsplanung	Projektrealisierung	Grund für Abweichungen
Vorgehensweise	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gebäude-, Geräte- und Partnerauswahl 2. Akzeptanzanalyse, Nutzerinformation und Transparenz 3. Bestandsaufnahme 4. Festlegung der Messstrategie 5. Aufbau der Verbrauchserfassung 6. Analyse der Energieverbräuche 7. Optimierungsstrategie und Umsetzung 8. Evaluierung, Auswertung und Empfehlung 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gebäude-, Geräte- und Partnerauswahl 2. Akzeptanzanalyse, Nutzerinformation und Transparenz 3. Festlegung der Messstrategie 4. Aufbau der Verbrauchserfassung 5. Orientierende Analyse der Messungen 6. Bestandsaufnahme in relevanten Gebäudebereichen 7. Optimierungsstrategie und Umsetzung (Umsetzung noch nicht erfolgt) 8. Evaluierung, Auswertung und Empfehlung (noch nicht erfolgt) 	<p>gerätescharfe Messung war nicht realisierbar</p> <p>komplette Bestandsaufnahme wurde daher nicht benötigt</p> <p>Bestandsaufnahme stattdessen nach orientierender Erstanalyse der Messungen nur in relevanten Gebäudebereichen.</p>
Geräteauswahl	Messadapter für viele Einzelgeräte mit Funknetz (Fabrikat Plugwise)	In Verteilerschränken fest eingebaute und über Modbus mit einer Software verbundene Messgeräte für Messung von Verbrauchsbereichen (Fabrikat Janitza)	Funknetz funktioniert in großen Gebäuden nicht. Daher alternative Messgeräte mit anderer Messstrategie verwendet
Präsenzmelder und Temperaturfühler	Prüfung, ob sich das Messsystem für eine Heizungsoptimierung eignet	Wurde nicht weiterverfolgt	Die ausgewählten Messgeräte eignen sich nicht für die Heizungsoptimierung
Bestandsaufnahme	Erfassung aller vorhandener Geräte vor Beginn der Messungen	Erfassung der Geräte in relevanten Gebäudebereichen nach erster orientierender Messung	

Bereich	Ursprungsplanung	Projektrealisierung	Grund für Abweichungen
Messstrategie	<p>Messung von Einzelgeräten</p> <p>Rückschlüsse auf Gesamtsystem durch Aufsummierung und Hochrechnung der Einzelmessungen</p> <p>Bottom-Up-Ansatz</p>	<p>Messung fast aller Verbrauchsbereiche</p> <p>dadurch klare Analyse des Gesamtsystems</p> <p>Rückschlüsse auf Einzelgeräte durch Analyse der Verbrauchsbereiche und Abgleich mit Bestandserfassung sowie ggf. durch ergänzende Messung einzelner Geräte</p> <p>Top-Down-Ansatz</p>	<p>Änderung der Messstrategie vom Bottom-Up- zum Top-Down-Ansatz, da gerätescharfe Messung nicht realisierbar war</p>
Optimierungsstrategie und Umsetzung	<p>Für dieses Projekt wird eine Auswahl an unterschiedlichen geringinvestiven Optimierungen getroffen, für die anschließend eine Evaluation erfolgen soll</p>	<p>Aus der Analyse ergaben sich vorrangig investive Maßnahmen. Diese konnten im Rahmen der Projektlaufzeit noch nicht umgesetzt werden.</p>	
Evaluierung, Auswertung und Empfehlung	<p>Es werden Messungen vorgenommen, um die Wirkung der durchgeführten Maßnahmen festzustellen</p> <p>Auswertung, ob sich die Messstrategie bewährt hat und übertragbar ist</p> <p>Empfehlungen aus dem Projekt</p> <p>Abschlussbericht und Veröffentlichung z.B. bei KEA, Städtetag und/oder in einer Veranstaltung</p>	<p>Wie Ursprungsplanung, aber es konnten aufgrund fehlender Maßnahmenumsetzung noch keine Messungen durchgeführt werden.</p> <p>Auswertungen, Empfehlungen und Abschlussbericht wie Ursprungsplanung.</p> <p>Veröffentlichung in einer Veranstaltung ggf. erst nach Projektabschluss</p>	<p>aufgrund fehlender Maßnahmenumsetzung noch keine Evaluierungsmessungen möglich</p> <p>Zeitpunkt der Veröffentlichung in einer Veranstaltung wird abhängig von Corona-Regelungen noch festgelegt</p>

2 Vorgehensweise

2.1 Akzeptanzanalyse

Aufgrund der datenschutzrechtlichen Belange der Mitarbeiter im Rathaus wurde in einem ersten Schritt eine Akzeptanzanalyse durchgeführt. Dabei wurde auch der Personalrat einbezogen und eine Projektgruppe gebildet.

Die Akzeptanzanalyse wurde in Form einer Umfrage vom Büro ufit erstellt. Von den rund 350 Mitarbeiter*innen im Rathaus haben 77 an der Umfrage teilgenommen. Dies entspricht ca. 22%. In der Umfrage wurden insgesamt 10 Fragen gestellt und zusätzlich eine Rubrik für Anregungen und Anmerkungen zur Verfügung gestellt. Bei den Fragen handelte es sich sowohl um grundsätzliche Fragen zum Energie- und Klima-Engagement der Stadt Lörrach, als auch um spezifische Fragen zu Strommessungen im Rathaus.

Die Mehrzahl der Teilnehmenden findet Stromsparen wichtig und wäre auch mit Strommessungen im eigenen Büro einverstanden. Grundsätzlich kann also von einer positiven Einstellung zum Projekt im Rathaus Lörrach gesprochen werden, auch wenn vereinzelt kritische Anmerkungen zu berücksichtigen sind. Weitergehende Lösungsansätze für eine höhere Akzeptanz waren daher nicht erforderlich.

Beispielhaft sind in den Abbildungen 1-3 die wichtigsten Ergebnisse der Befragung dargestellt.

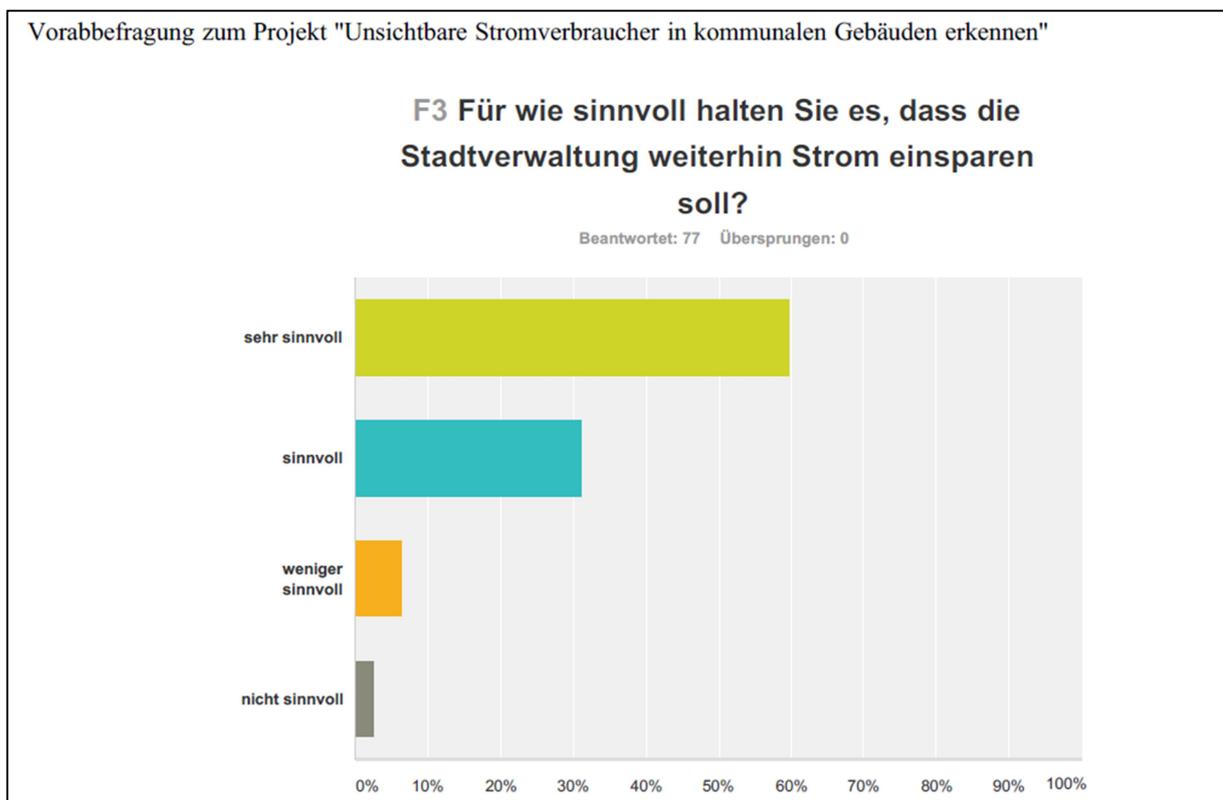


Abbildung 1: Ergebnis Frage 3 der Umfrage der Akzeptanzanalyse

Vorabbefragung zum Projekt "Unsichtbare Stromverbraucher in kommunalen Gebäuden erkennen"

F6 Wie stehen Sie zum Vorhaben, den Stromverbrauch einzelner Geräte (z.B. Kopierer oder Kaffeemaschine und Kühlschrank in den Kaffeeküchen) im Rathaus mit Hilfe von Detailmessungen zu untersuchen? Prinzipiell finde ich es ...

Beantwortet: 77 Übersprungen: 0

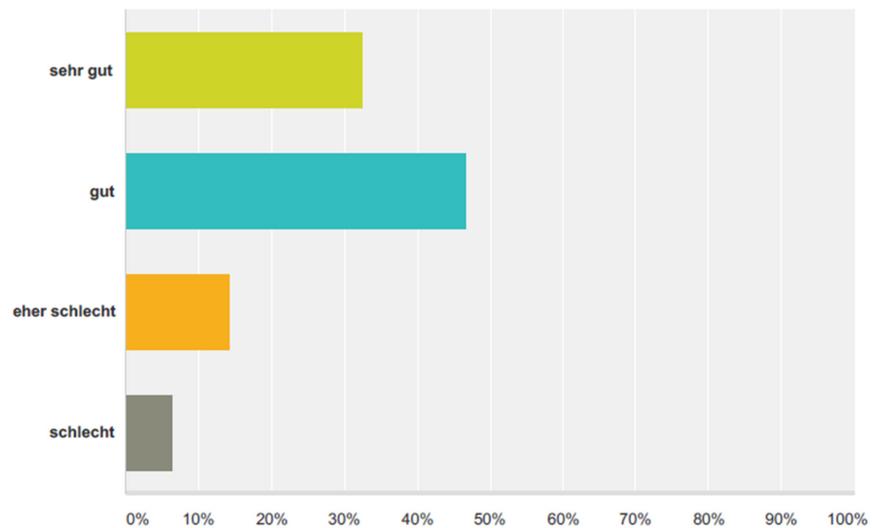


Abbildung 2: Ergebnis Frage 6 der Umfrage der Akzeptanzanalyse

Vorabbefragung zum Projekt "Unsichtbare Stromverbraucher in kommunalen Gebäuden erkennen"

F8 Wären Sie damit einverstanden, eine Stromverbrauchsmessung in Ihrem Büro durchzuführen?

Beantwortet: 77 Übersprungen: 0

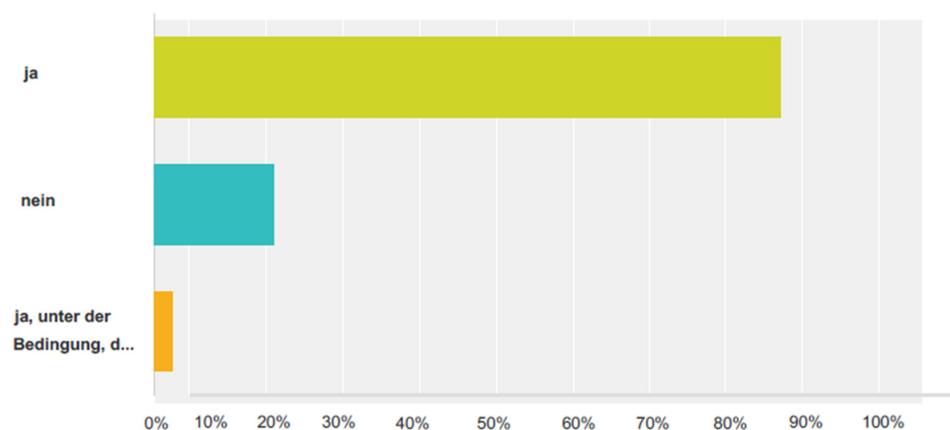


Abbildung 3: Ergebnis Frage 8 der Umfrage der Akzeptanzanalyse

Im Hans-Thoma-Gymnasium war eine Akzeptanzanalyse nicht erforderlich, da es dort keine direkte Zuordnung der Messergebnisse zu einzelnen Mitarbeitern gibt. Im Vorfeld wurde jedoch bei einer Lehrerkonferenz über das Projekt informiert und kritische Fragen beantwortet.

2.2 Strategie zur Erfassung der „unsichtbaren“ Stromverbraucher

Ausgangsbasis des Projekts ist ein einziger Hauptstromzähler, der den gesamten Strom im jeweiligen Gebäude in der Summe misst. Neben den ursprünglich eingebauten Stromverbrauchern wie Heizung, Lüftung, Aufzug und Beleuchtung werden in der Regel im Laufe der Zeit je nach Bedarf weitere Stromverbraucher angeschafft und in Betrieb genommen, ohne dass diese Stromverbraucher zentral erfasst werden. Auch bei einem Austausch von Geräten, wie z.B. Heizungspumpen, werden die neuen Geräte nicht zentral erfasst.

Große Gebäude, die über 40 oder mehr Jahre betrieben werden, weisen damit eine unüberschaubare Anzahl an unterschiedlichsten Stromverbrauchern auf.

Aufgrund unterschiedlicher Nutzungszeiten ist eine Bestandsaufnahme aller Stromverbraucher ohne zusätzliche Messung ungeeignet, um „unsichtbare“ Stromverbraucher, die einen relevanten Anteil am Gesamtstromverbrauch haben, zu entdecken.

Auch die Messung einer Vielzahl von Einzelgeräten mit einzelnen Messgeräten bzw. Adaptern hat sich in den untersuchten großen Gebäuden mit mehreren hundert Stromverbrauchern ebenfalls als nicht praktikabel dargestellt. Einerseits würden die Kosten für mehrere hundert Messgeräte in keinem Verhältnis zur möglichen Energieeinsparung mehr stehen, andererseits wäre es in der Praxis kaum möglich, alle Geräte einzeln auszuwerten. Außerdem benötigen die Adapter in der Regel eine Funkverbindung, die in den großen Gebäuden mit vielen Betonwänden und -decken oft nicht funktioniert.

Daher wurde für dieses Projekt eine zweistufige Strategie gewählt, um „unsichtbare“ Stromverbraucher zu identifizieren:

1. Kontinuierliche Messung von Unterverteilungen für jeweils repräsentative Bereiche wie z.B. Heizung, Lüftung, einzelne Geschosse etc.
2. Bestandsaufnahme der Geräte in besonders auffälligen Bereichen und Abgleich mit den Messergebnissen

Es wurde auch versucht, als dritte Stufe die Messung von Einzelgeräten zur Überprüfung und Verfeinerung der Ergebnisse durchzuführen. Die Auswertung der Messergebnisse mit dem Adaptermessgerät von Voltcraft, die mittels SD-Karte erfolgen sollte, funktionierte jedoch in den meisten Fällen nicht (die Messdaten konnten nicht exportiert werden). Diese dritte Stufe konnte daher nicht in die Strategie eingebaut werden.

Kontinuierliche Messung:

a) Rathaus Lörrach:

Im Rathaus Lörrach wurden für die kontinuierliche Messung 31 Messgeräte der Firma Janitza eingebaut und mit einer Auswertungssoftware (Janitza GridVis) verbunden. Die Messwerte können so kontinuierlich beobachtet und analysiert werden.

b) Hans-Thoma-Gymnasium:

Im Hans-Thoma-Gymnasium wurden 22 Messgeräte der Firma Janitza eingebaut und mit einem Datenlogger (Enit Agent) verbunden, der ebenfalls eine Auswertungssoftware integriert hat. Auch hier können die Messwerte kontinuierlich beobachtet und analysiert werden.

Der Enit Agent wurde vor der Installation der Messgeräte im Hans-Thoma-Gymnasium ca. ein Jahr lang im Rathaus eingesetzt.

Bestandsaufnahme der Geräte:

Im Rathaus wurden in den auffälligen Stockwerken und in Referenz-Stockwerken mit geringem Stromverbrauch die Geräte im Rahmen einer Begehung erfasst und in Excel-Tabellen analysiert.

Im Hans-Thoma-Gymnasium waren coronabedingt noch keine Begehungen und Bestandsaufnahmen möglich.

2.3 Auswahl der Messgeräte und der Software

Die Auswahl der Messgeräte und der Software erwies sich als schwierig, da es einerseits zu Projektbeginn kaum passende Produkte auf dem Markt gab und andererseits technische Besonderheiten in den Gebäuden dazu führten, dass verschiedene Technologien nicht eingesetzt werden konnten.

Stichpunktartiger chronologischer Ablauf der Messgeräte-Auswahl:

- Als erster Schritt wurde eine Marktanalyse durchgeführt, um einen Überblick über die verschiedenen Anbieter von geeigneten Messgeräten und Auswertungssoftware zu erhalten. Im Rahmen der Marktanalyse wurden die Projektanforderungen beschrieben und Angebote abgefragt.
- Die ersten Angebote der Firmen Jung und AlphaEOS haben sich bei näherer Betrachtung als ungeeignet herausgestellt. Ebenso wurden die ursprünglich favorisierten KNX-Bus-basierten Systeme und die Nutzung alter Telefonleitungen für die Datenübertragung verworfen.
- Im weiteren Projektverlauf haben sich M-Bus- bzw. Mod-Bus-Energiezähler als geeigneter herausgestellt. Für die Erstauswertung der Messergebnisse wurden zunächst der Enit-Agent der Firma Enit Systems mit integrierter Software und für die

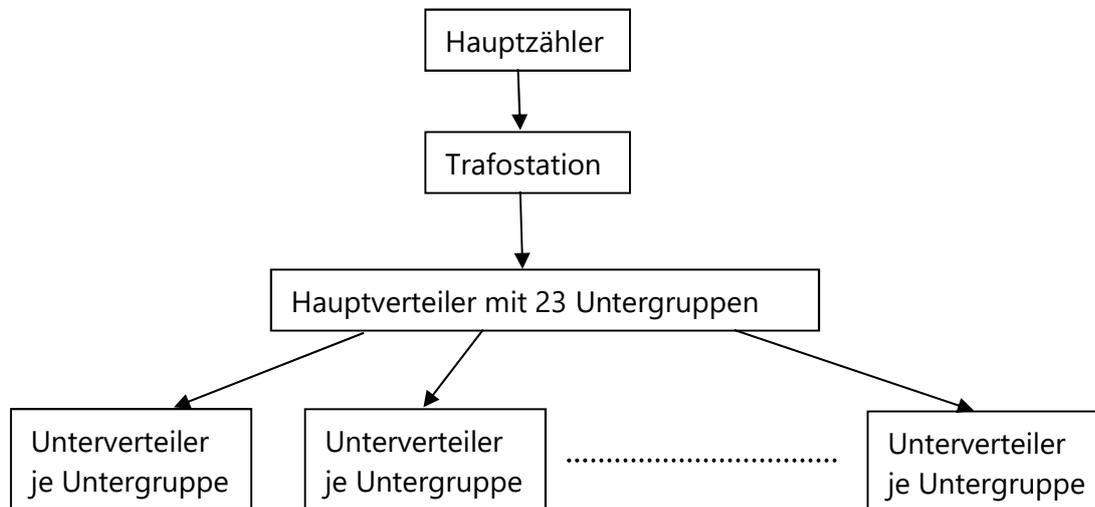
weitergehende Auswertung die Energiemanagement-Software SanReno der Firma Comteos vorgesehen. Die Software San Reno wird auch für das Energiemanagement der Stadt Lörrach genutzt, so dass sich Synergieeffekte und Kosteneinsparungen realisieren lassen.

- Für die Messstrategie wurde eine erste Grobaufstellung der Messstellen für beide Gebäude erstellt.
- Es wurde festgelegt, dass in beiden Gebäuden **Stromzähler der Firma Janitza** eingebaut werden.
- **Die Installation der Busleistungen, der Stromzähler, des Enit Agent und der Software SanReno erfolgte im Rathaus Ende 2017 / Anfang 2018.**
- Mit dem Enit Agent konnten im Rathaus Lörrach ab Mai 2018 detaillierte Daten erfasst und ausgewertet werden.
- Als problematisch hat sich im Rathaus Lörrach herausgestellt, dass der Enit Agent aufgrund der kommunalen Einschränkungen nicht in das Netzwerk des Rathauses eingebunden werden konnte, sondern der Zugriff über eine separate Netzwerkleitung und einen zusätzlichen PC erfolgen musste. **Daher wurde im Rathaus ab März 2019 auf die Software GridVis von Janitza umgestellt**, die direkt auf die Stromzähler zugreifen kann.
- **Der Enit Agent wurde danach im Hans-Thoma-Gymnasium installiert.** Dort gelten die kommunalen Einschränkungen nicht und es kann über das Internet auf den Enit Agent zugegriffen werden.
- **Die Installationen im Hans-Thoma-Gymnasium erfolgten bis Ende 2019. Die Messwerte werden seit Januar 2020 erfasst.**

2.4 Messkonzept

2.4.1 Messkonzept Rathaus

Im Rathaus Lörrach verteilt sich der Stromverbrauch nach folgendem Schema:



Aufgrund der großen Anzahl an Unterverteilern ist eine flächendeckende Messung weder finanzierbar noch auswertbar. Die Messstrategie im Rathaus Lörrach sieht vor, die größten Verbraucher am Hauptverteiler zu messen und für die einzelnen Stockwerke mit den Büros jeweils einen Stromzähler pro Etage am Unterverteiler des entsprechenden Stockwerks zu installieren.

Das Messkonzept teilt sich in folgende Schritte auf:

1. Messung der wichtigsten Verbrauchergruppen am Hauptverteiler, um die Relevanz des Stromverbrauchs der einzelnen Verbrauchergruppen zu bestimmen.
2. Messung der einzelnen Stockwerke als weitere Verbrauchergruppen, um Unterschiede und Besonderheiten der verschiedenen Stockwerke zu bestimmen.
3. Untersuchung einzelner auffälliger Verbrauchergruppen (einschließlich Stockwerke) hinsichtlich zeitlicher Verteilung von Stromverbrauch und Leistung, sowie Leistungsspitzen, um Rückschlüsse auf die möglichen Verbraucher und deren zeitliche Nutzung ziehen zu können.
4. Bestandsaufnahme der einzelnen Stromverbraucher in den untersuchten Verbrauchergruppen und Abgleich der Bestandsaufnahme mit den Messergebnissen.
5. Optional: Bei Bedarf Ergänzung der Messungen durch Messungen an einzelnen Stromverbrauchern (mit Steckdosenadaptern) oder durch zeitliches Zu- und Abschalten einzelner Verbraucher und Betrachtung der dadurch veränderten Messergebnisse. Dieser Schritt konnte aufgrund der nur sporadisch funktionierenden Datenauslesung aus dem verwendeten Messgerät und den coronabedingt erschwerten Zugangsmöglichkeiten noch nicht durchgeführt werden.

Das Schema der Stromzähler des Messkonzepts ist in Abbildung 4 dargestellt.

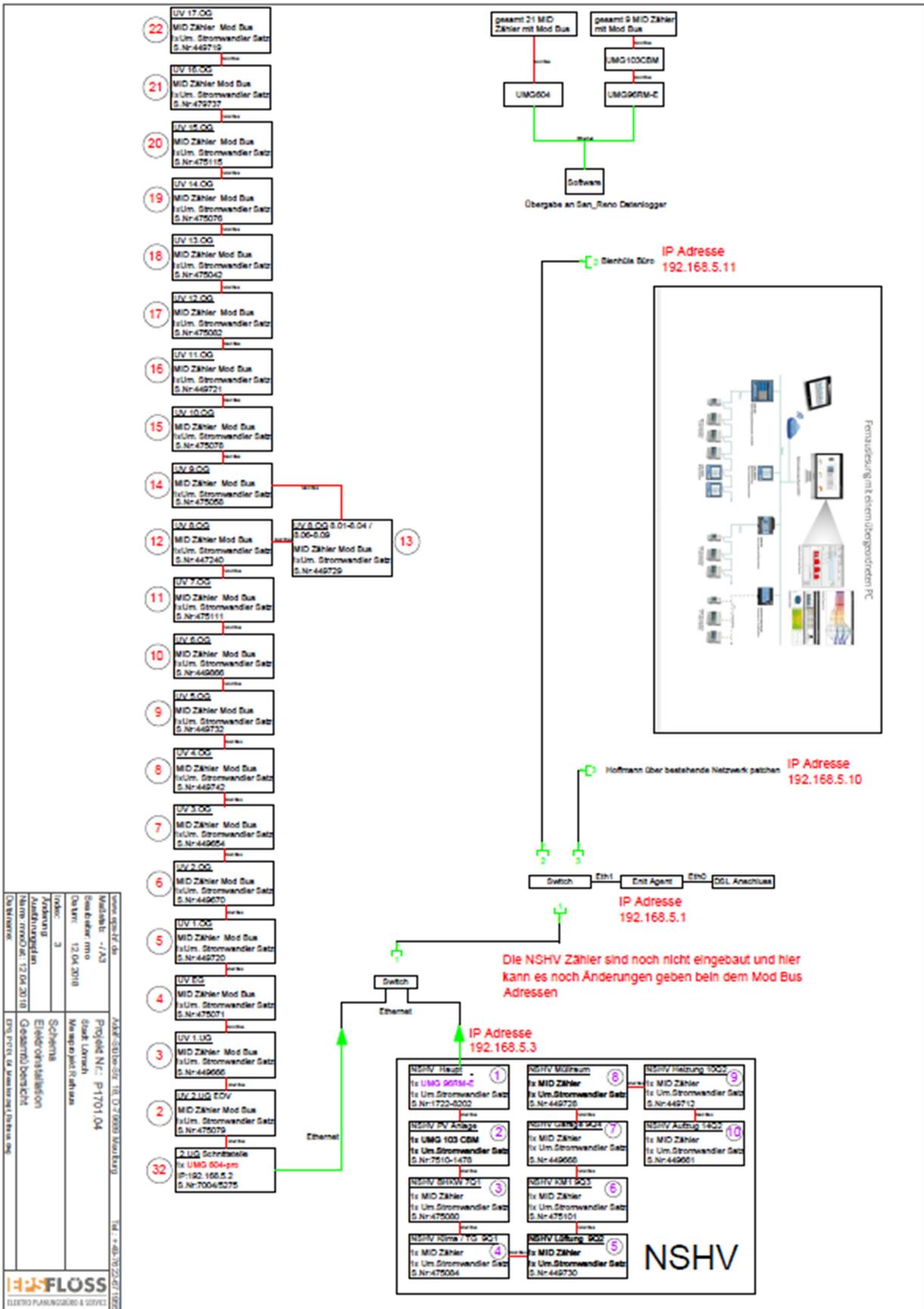
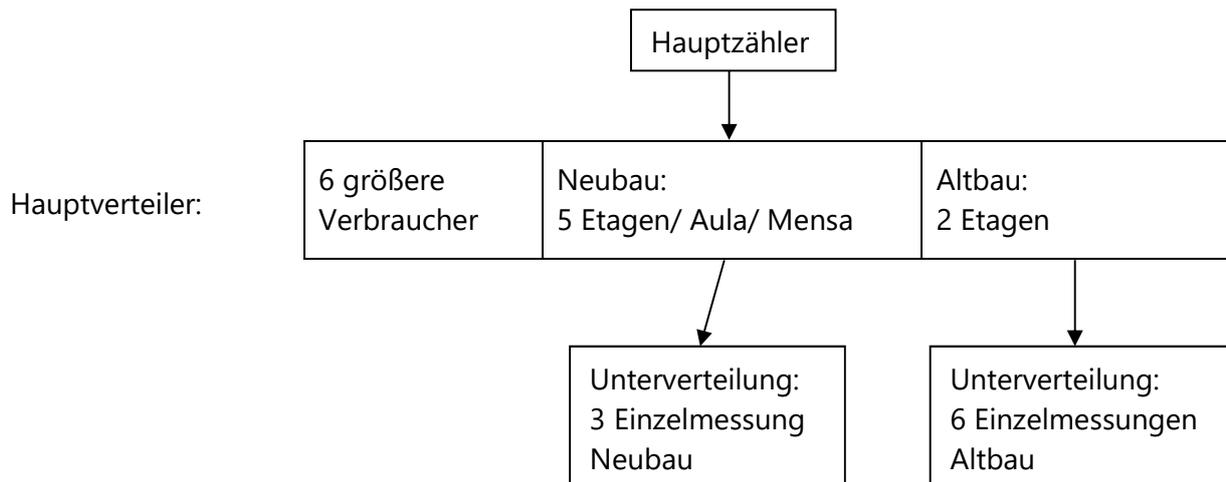


Abbildung 4: Schema Stromzähler des Messkonzepts Rathaus Lörrach

2.4.2 Messkonzept Hans-Thoma-Gymnasium

Im Hans-Thoma-Gymnasium wurden 22 Stromzähler im Zuge der Erneuerung des Hauptverteilers eingebaut, Am neuen Hauptverteiler werden 6 größere Verbraucher (Turnhalle, Flutlicht Sportplätze, Serverbereich, Heizung, Lüftung, Container) direkt gemessen, sowie für den Neubau 5 Etagen und für den Altbau 2 Etagen komplett einschließlich Aula und Mensa. In den Unterverteilungen für Neu- und Altbau werden weitere 9 Detailmessungen für spezifische Referenzräume vorgenommen, aus denen Rückschlüsse auf das gesamte Gebäude gezogen werden sollen. Dieses Messkonzept ist im folgenden Schema dargestellt:



Wie im Rathaus sieht das Messkonzept auch eine Bestandsaufnahme ausgewählter Stromverbraucher und einen Abgleich der Bestandsaufnahme mit den Messergebnissen vor. Die Bestandsaufnahme konnte coronabedingt jedoch noch nicht durchgeführt werden.

3 Messergebnisse und Verbrauchsanalyse Rathaus Lörrach

3.1 Messergebnisse Rathaus Lörrach

3.1.1 Verbrauchsübersicht Rathaus Lörrach

Die Übersicht im Verbrauchszeitraum November 2019 bis Oktober 2020 aus der Janitza GridVis-Software zeigt über ein ganzes Jahr gesehen deutlich die größten Verbraucher im Rathaus Lörrach auf: EDV, Lüftung und Aufzug. Die Tiefgarage ist aufgrund von Sanierungsarbeiten in dieser Zeit nicht repräsentativ, gehört aber zu den mittelgroßen Verbrauchern wie z.B. die Heizung.

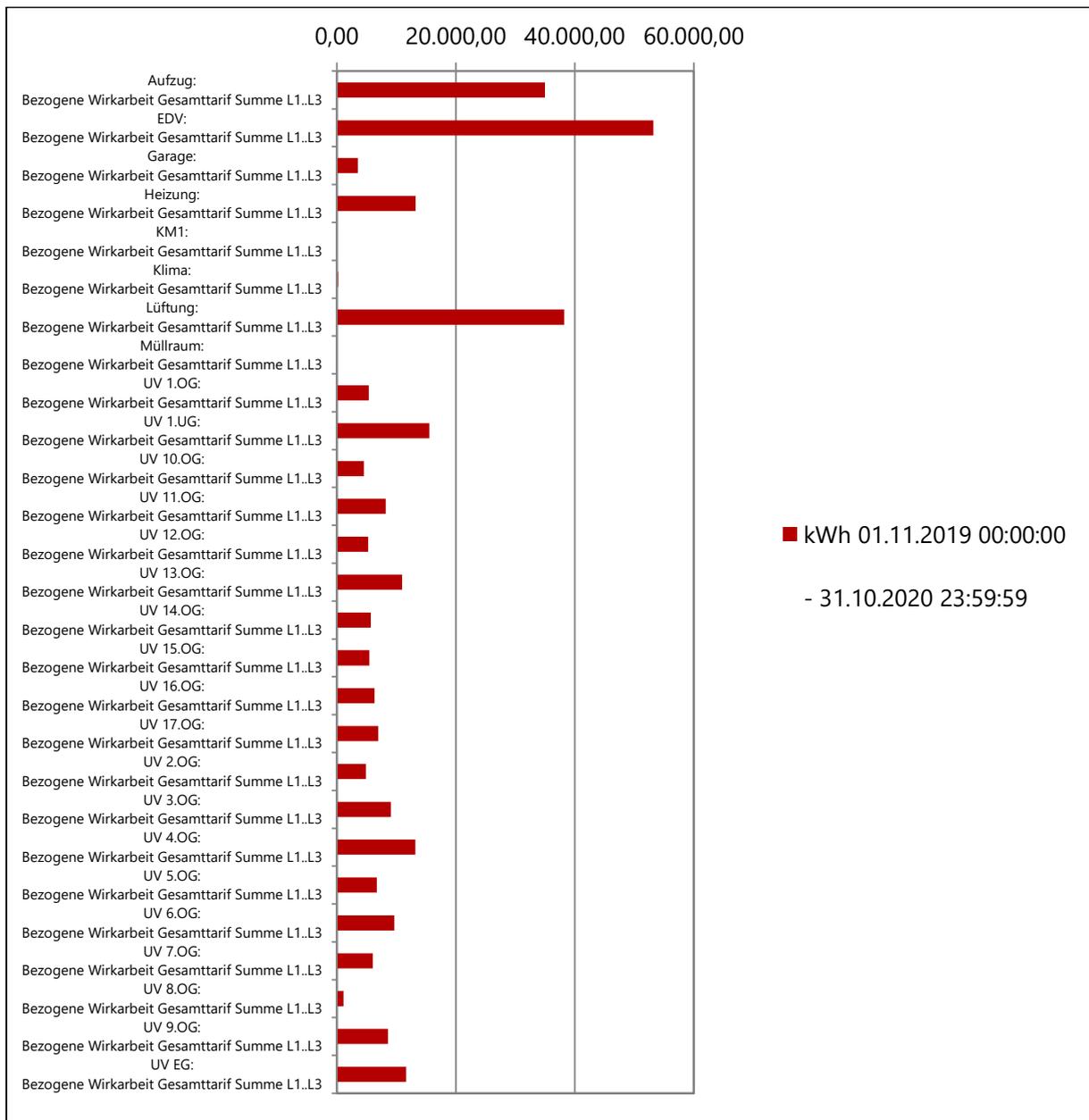


Abbildung 5: Verbrauchsübersicht Rathaus Lörrach Zeitraum November 2019 bis Oktober 2020

Bei der Verbrauchssituation müssen jedoch auch jahreszeitliche Änderungen berücksichtigt werden. Das Sankey-Diagramm aus dem Enit-Agent für den Monat November 2018 zeigt eine gute Übersicht über die Verbrauchssituation im Rathaus Lörrach.

Das BHKW liefert mit rund 28 MWh den Hauptteil des Stroms. Davon werden allerdings rund 7,5 MWh ins Netz eingespeist, so dass im Gebäude ca. 20,5 MWh BHKW-Strom verbraucht werden.

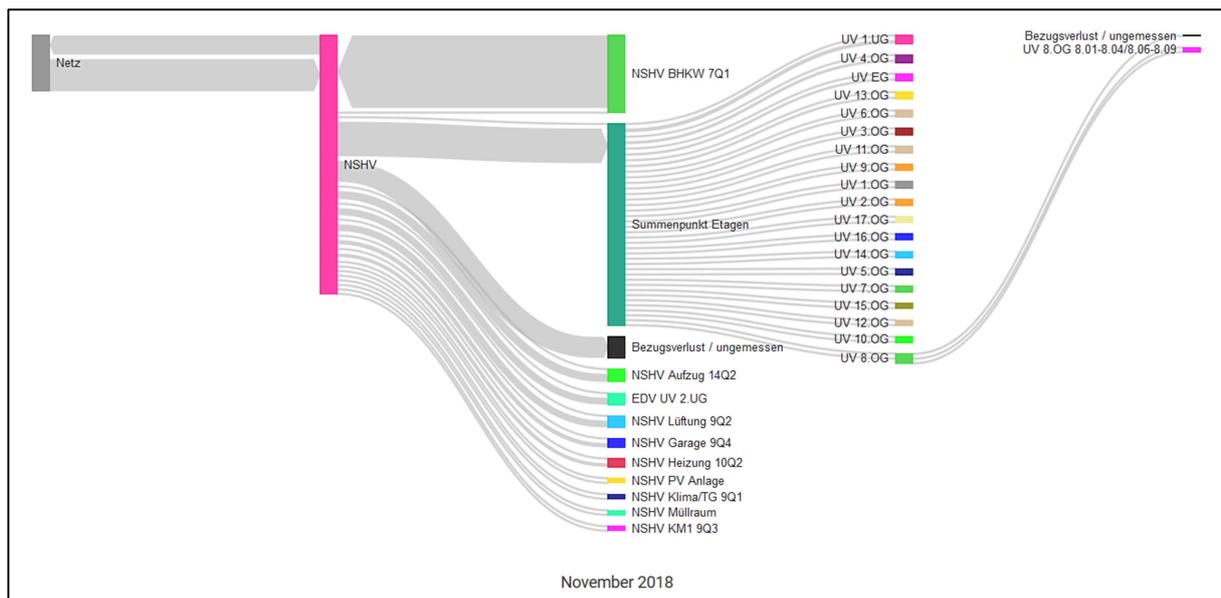
Aus dem Netz werden weitere 12,5 MWh geliefert.

Von den 33 MWh werden rund 40% in den Etagen verbraucht.

Die drei größten Einzelverbraucher sind Aufzug, EDV (Server mit Kühlung) und Lüftung, die zusammen rund 8,5 MWh (25%) verbrauchen.

Etwa genauso groß ist der Stromverbrauch, der nicht durch die Messgeräte erfasst wurde und daher nicht weiter analysiert werden kann.

Die restlichen 10% des Stromverbrauchs entfallen im Wesentlichen auf die Tiefgarage und die Heizung.



Quelle	Ziel	Menge November 2018 [kWh]
● Netz	● NSHV	12.453,88
● NSHV	● Summenpunkt Etagen	13.395,90
● NSHV	● Bezugsverlust / ungemessen	8.150,37
● NSHV	● NSHV Aufzug 14Q2	3.155,39
● NSHV	● EDV UV 2.UG	2.711,41
● NSHV	● NSHV Lüftung 9Q2	2.664,97
● NSHV	● NSHV Garage 9Q4	1.662,60
● NSHV	● NSHV Heizung 10Q2	1.398,91
● NSHV	● NSHV Klima/TG 9Q1	117,43
● NSHV	● NSHV BHKW 7Q1	65,40
● NSHV	● NSHV Müllraum	10,23
● NSHV	● NSHV KM1 9Q3	0,08
● NSHV	● NSHV PV Anlage	0,00

Abbildung 6: Verteilung des Stromverbrauchs im Rathaus Lörrach im November 2018

Im Sommer ergibt sich ein etwas anderes Bild, wie sich im Diagramm von Juli 2018 zeigt. Das wärmegeführte BHKW ist nicht in Betrieb und erzeugt daher keinen Strom. Aus dem Netz werden 31,5 MWh Strom bezogen.

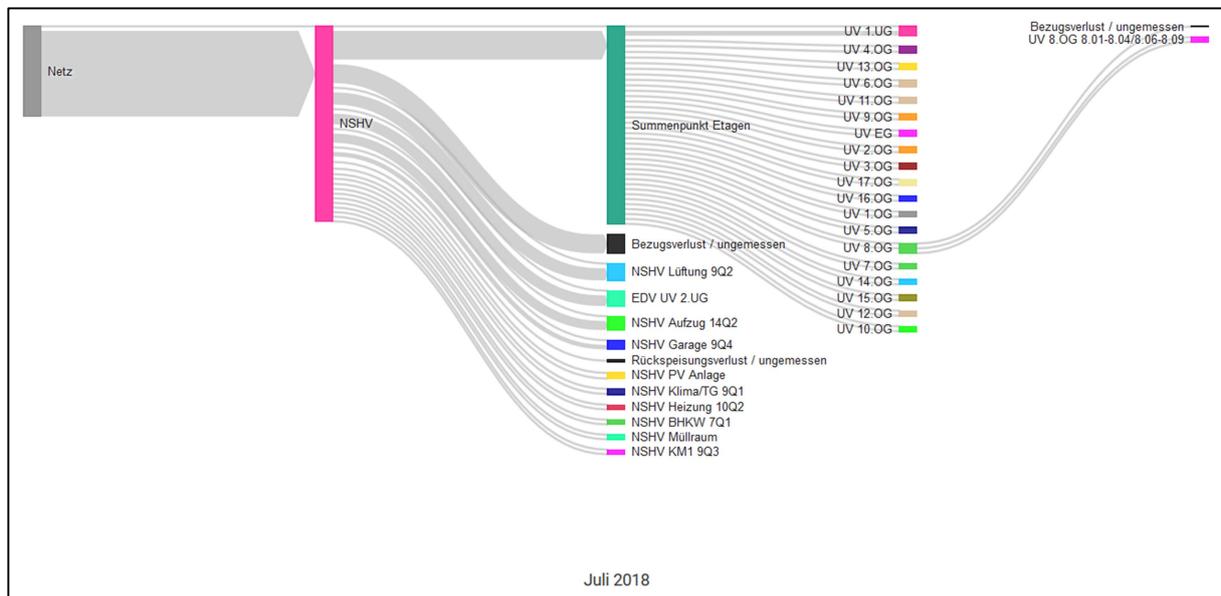
Die Etagen verbrauchen zusammen etwa 33%, also etwas weniger als im Winter.

Die drei größten Einzelverbraucher Aufzug, EDV und Lüftung, verbrauchen mit rund 11,9 MWh (37%) deutlich mehr Strom als im Winter. Grund dafür ist ein verstärktes Lüften (teilweise mit Kühlung) in den Sitzungsräumen, um die Temperaturen zu senken und eine stärkere Kühlung der EDV-Server.

Während im Winter der Aufzug mit 3,2 MWh pro Monat noch der größte Einzelverbraucher war, haben Lüftung (4,5 MWh) und EDV (3,9 MWh) im Sommer einen noch höheren Verbrauch.

Der nicht gemessene Stromverbrauch war im Juli 2018 mit 7,8 MWh nur unwesentlich geringer als im Winter.

Da die Heizung im Sommer nicht in Betrieb ist, entfallen die restlichen rund 6% Stromverbrauch überwiegend auf die Tiefgarage.



Quelle	Ziel	Menge Juli 2018 [kWh]
● Netz	● NSHV	31.638,36
● NSHV	● Summenpunkt Etagen	10.600,61
● NSHV	● Bezugsverlust / ungemessen	7.015,57
● NSHV	● NSHV Lüftung 9Q2	4.521,53
● NSHV	● EDV UV 2.UG	3.942,54
● NSHV	● NSHV Aufzug 14Q2	3.392,11
● NSHV	● NSHV Garage 9Q4	1.659,18
● NSHV	● Rückspeisungsverlust / ungemessen	760,62
● NSHV	● NSHV Klima/TG 9Q1	386,85
● NSHV	● NSHV Heizung 10Q2	58,50
● NSHV	● NSHV BHKW 7Q1	51,33
● NSHV	● NSHV Müllraum	9,94
● NSHV	● NSHV KM1 9Q3	0,16
● NSHV	● NSHV PV Anlage	0,00

Abbildung 7: Verteilung des Stromverbrauchs im Rathaus Lörrach im Juli 2018

Die nähere Betrachtung des Stromverbrauchs bei den Stockwerken zeigt, dass das 1.UG, in dem sich das Archiv befindet, mit Abstand den größten Verbrauch hat.

Bei den Büro-Stockwerken zeigen sich zum Teil große Unterschiede mit einem monatlichen Verbrauch zwischen rund 250 und 1.000 kWh. Den größten Verbrauch bei den Bürogeschossen haben das 4.OG, das EG, das 13.OG, das 6.OG und das 11.OG.

● UV 1.UG	1.556,85
● UV 4.OG	918,69
● UV EG	812,70
● UV 13.OG	709,07
● UV 6.OG	687,63
● UV 11.OG	678,91

Abbildung 8: Stromverbrauch in verschiedenen Stockwerken im September 2018 in kWh

Weitere Untersuchungen:

Um „unsichtbare“ Stromverbraucher bzw. „unsichtbaren“ Stromverbrauch zu finden, müssen weitere Detailuntersuchungen erfolgen. Wichtige Fragestellungen dabei sind:

- Haben die großen Stromverbraucher (Aufzug, EDV, Lüftung, Tiefgarage) bei Effizienz, Steuerung und Nutzungszeiten bisher unentdeckten Stromverbrauch und Einsparpotenziale?
- Welche Einzelverbraucher gibt es im 1.UG (Archiv) und gibt es dabei bisher unentdeckten Stromverbrauch und Einsparpotenziale?
- Wodurch entstehen die großen Unterschiede im Stromverbrauch der einzelnen Büroetagen und lassen sich daraus bisher unentdeckter Stromverbrauch und Einsparpotenziale ableiten?

Diesen Fragen soll im Folgenden nachgegangen werden. Dabei soll insbesondere auch der Stromverbrauch in Zeiten betrachtet werden, in denen keine Nutzung zu erwarten ist (also z.B. nachts oder an Wochenenden).

3.1.2 Verbrauchsanalyse Großverbraucher

3.1.2.1 Lüftungsanlage

Bei der Lüftung ist auffällig, dass üblicherweise der Verbrauch tagsüber bei 20-40 kWh liegt, an einzelnen Tagen aber deutliche Verbrauchsspitzen von 60-180 kWh auftreten. Dies spiegelt die unterschiedlichen Nutzungszeiten der insgesamt sechs Sitzungsräume im 1. OG wider. Ab dem 16.07.2018 ist jedoch ein durchgängiger Stromverbrauch von täglich 200-250 kWh zu erkennen und dies sogar an den Wochenendtagen, an denen normalerweise die Lüftung ausgeschaltet sein sollte.

Nachforschungen ergaben, dass der hohe Dauerverbrauch im Juli mit den hohen Temperaturen zusammenhängt. Teilweise wurde die Lüftung im Sitzungsgeschoss wegen Abendveranstaltungen manuell im Dauerbetrieb (auch nachts und an Wochenenden) betrieben, um die Räume über einen längeren Zeitraum zu kühlen. Aufgrund der Messergebnisse wurde für die Hausmeister eine Handlungsempfehlung zum Betrieb der Lüftung bei hohen

Außentemperaturen erstellt, um unnötige Betriebszeiten zu vermeiden. Im August ist der Verbrauchsrückgang deutlich zu erkennen.

Der erhöhte Lüftungsbetrieb im Juli (in den letzten beiden Wochen sogar an den Wochenenden) ist in Abbildung 9 deutlich zu erkennen. Ebenso ist die Aufnahme des Normalbetriebs im August erkennbar, nachdem der Hausmeister auf den erhöhten Verbrauch hingewiesen wurde (Abbildung 10).

Als Problempunkt hat sich herausgestellt, dass die Lüftung in der Regel per Hand über ein Tableau an der Info-Theke im Erdgeschoss ein- und ausgeschaltet wird. Es kommt daher häufiger vor, dass vergessen wird, die Lüftungsanlagen abzuschalten, wenn sie nicht mehr benötigt werden.

Hier bietet sich an, eine Abschaltautomatik einzubauen, um ein Durchlaufen der Lüftung nachts und an Wochenenden zu vermeiden.

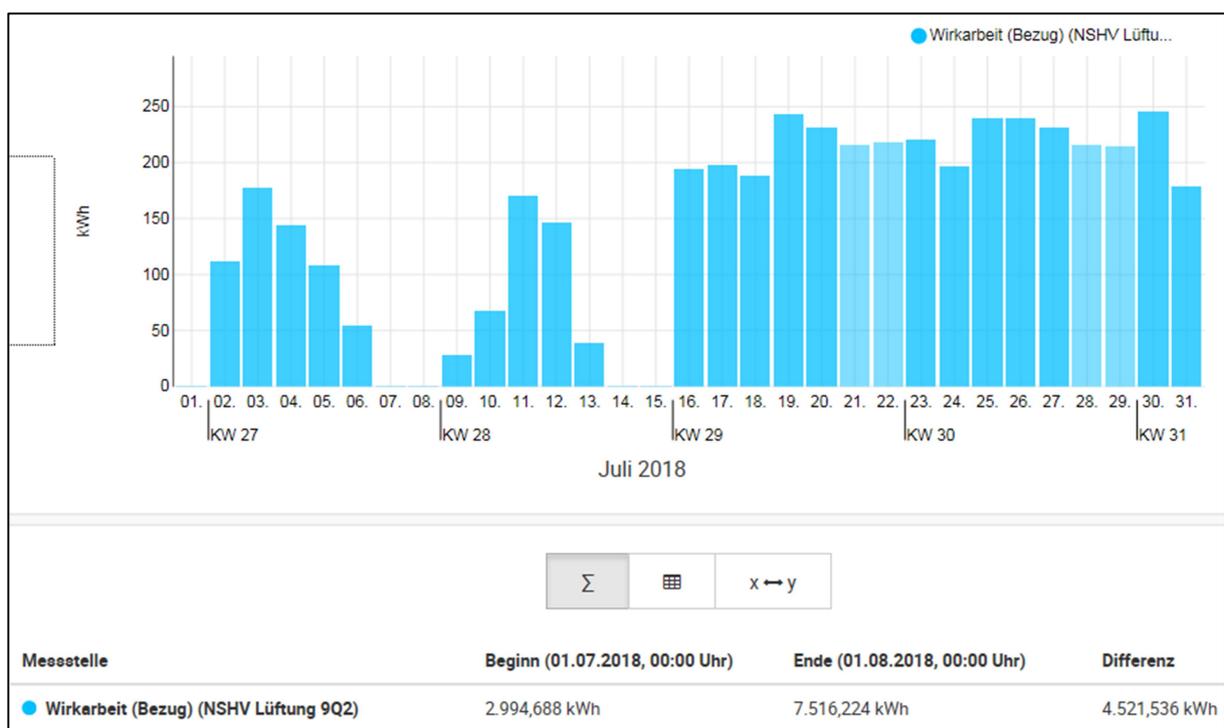


Abbildung 9: Stromverbrauch der Lüftungsanlagen im Juli 2018

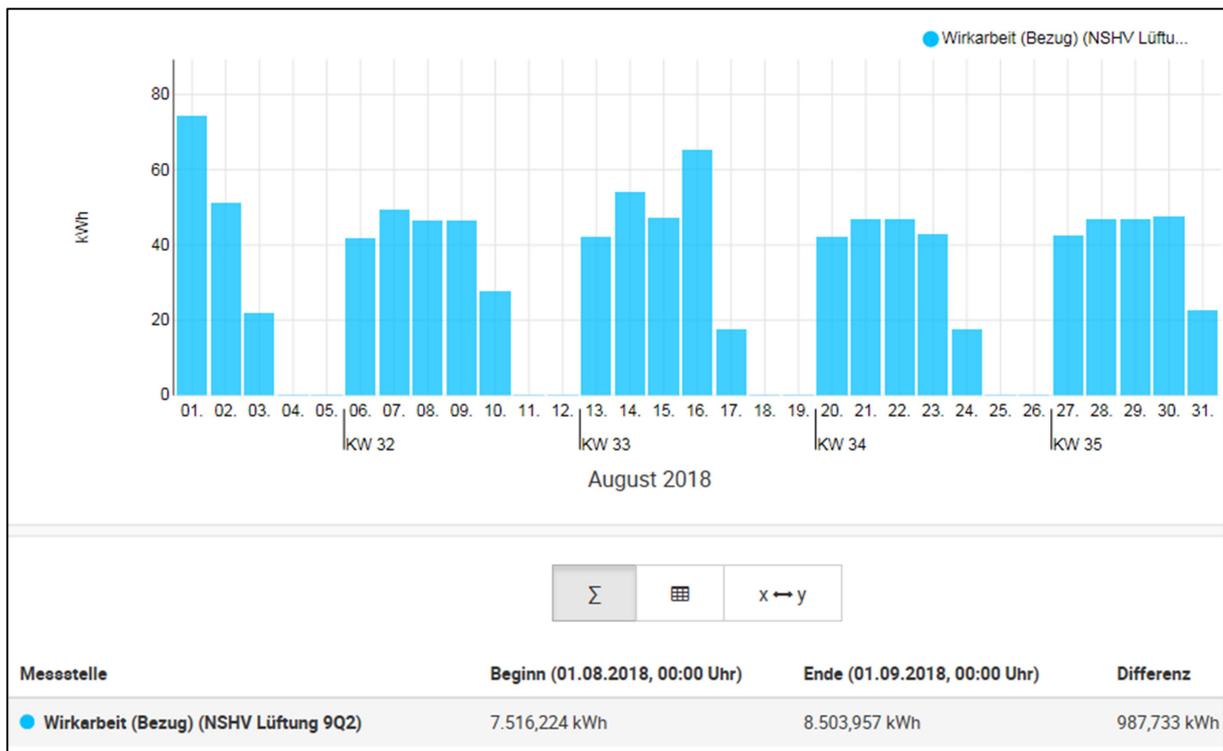


Abbildung 10: Stromverbrauch der Lüftungsanlagen im August 2018

3.1.2.2 Aufzugsanlage

Bei den Aufzügen fällt der hohe Verbrauch an den Wochenenden auf, an denen normalerweise kein Betrieb ist. Der Verbrauch an Wochenendtagen beträgt etwa ein Drittel des Verbrauchs an Arbeitstagen. Die Lastprofile zeigen, dass dafür in erster Linie die hohe Grundlast von ca. 1,7 KW, insbesondere auf Phase 1 verantwortlich ist. Die Ursache konnte im Rahmen des Projekts noch nicht festgestellt werden. **Es sollte jedoch weiter geprüft werden, ob die hohe Grundlast von 1,7 KW unbedingt erforderlich ist oder verringert werden kann.**

Interessant sind auch die Lastspitzen am Sonntag (16.09.2018, Abbildung 12), die auf einen Betrieb der Aufzüge gegen 1 Uhr sowie zwischen 7 und 11 Uhr und zwischen 17 und 19 Uhr schließen lassen. Die Lastspitzen betragen hier aber nur bis zu 4 KW, im Gegensatz zu den Werktagen, an denen Lastspitzen bis zu 14 KW auftreten. Vermutlich war an diesem Sonntag nur einer der kleineren Aufzüge in Betrieb.

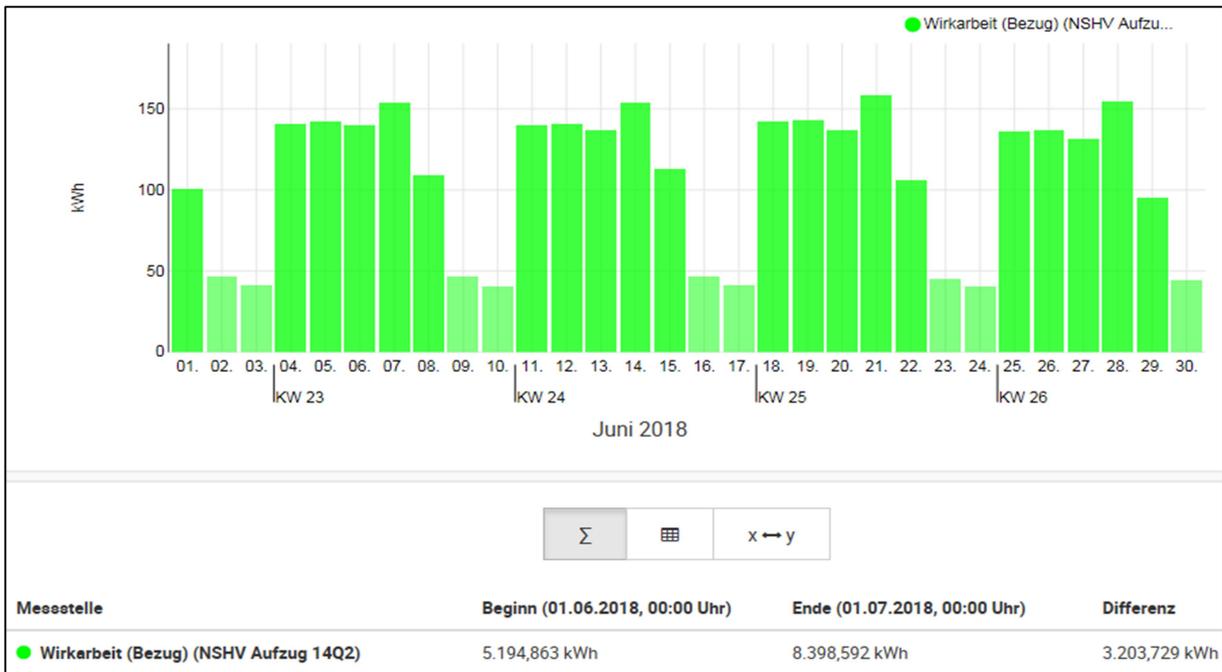


Abbildung 11: Stromverbrauch der Aufzugsanlage im Juni 2018

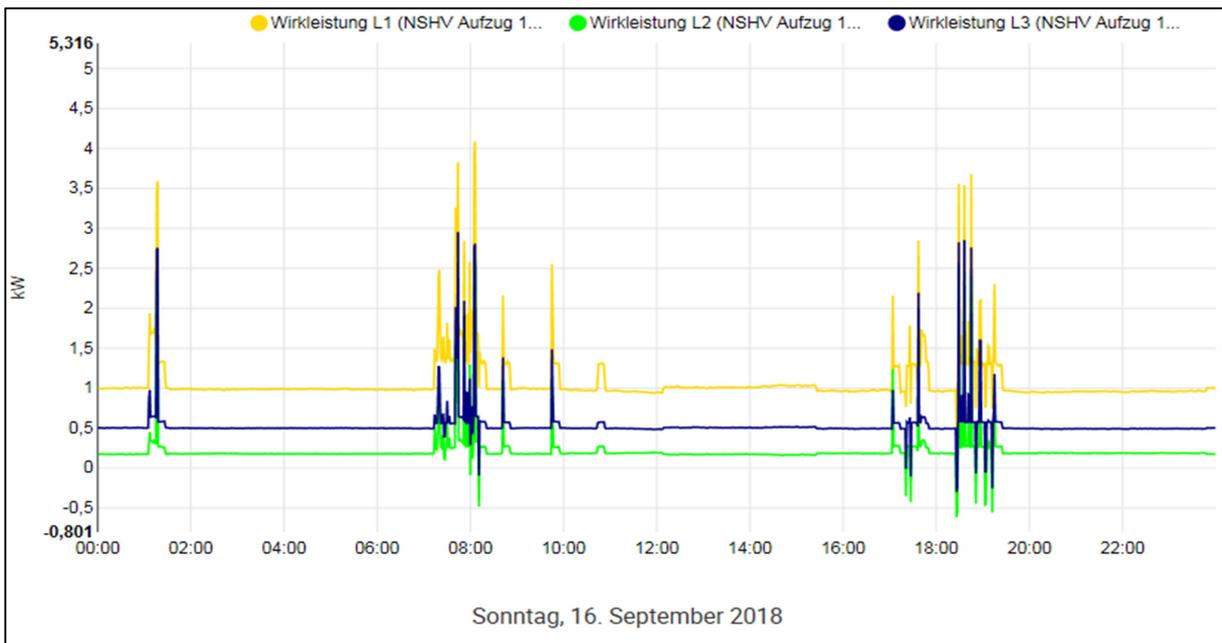


Abbildung 12: Lastkurven der Aufzugsanlage an einem Sonntag im September 2018

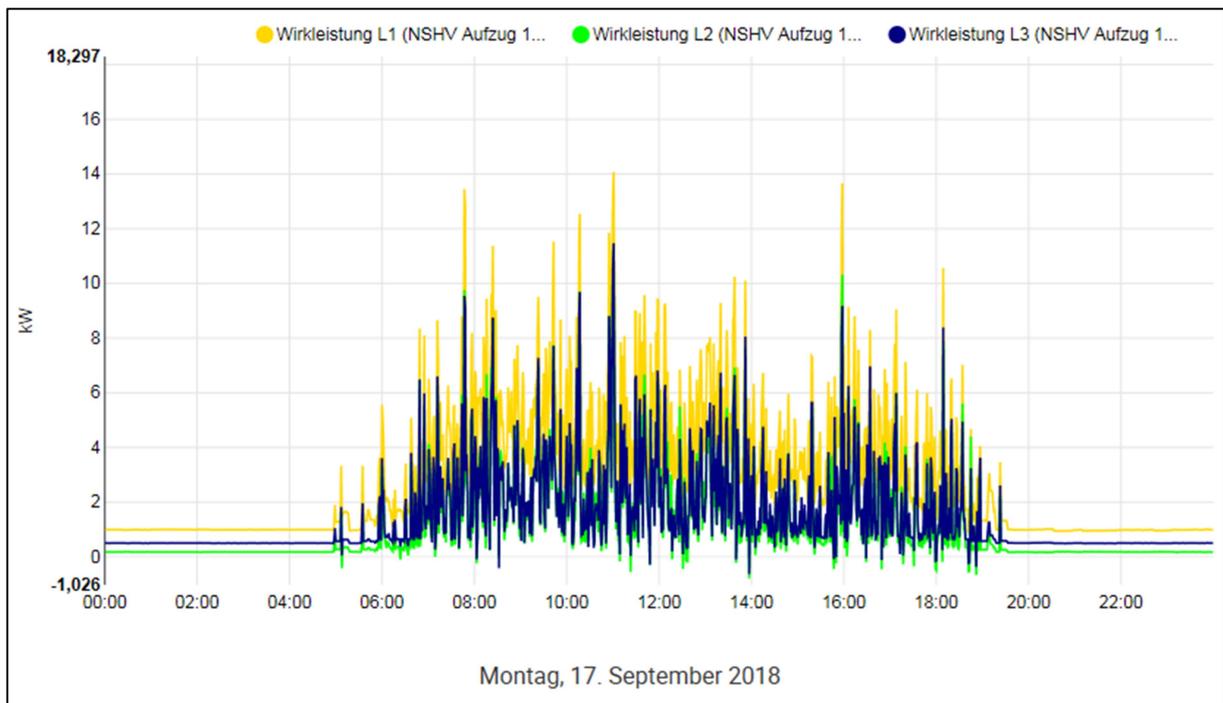


Abbildung 13: Lastkurven der Aufzugsanlage an einem Montag im September 2018

3.1.2.3 EDV

Die Server-Anlage zeigt im April einen Verbrauch von rund 80-110 kWh pro Wochentag, auch an Wochenenden. Im Juni liegt der Verbrauch bei 100-125 kWh und an den heißesten Tagen im Juli und August bei 125-140 kWh. Daraus kann ein Stromverbrauch für Kühlleistung von bis zu 60 kWh pro Tag zwischen April und den heißesten Tagen abgeleitet werden.

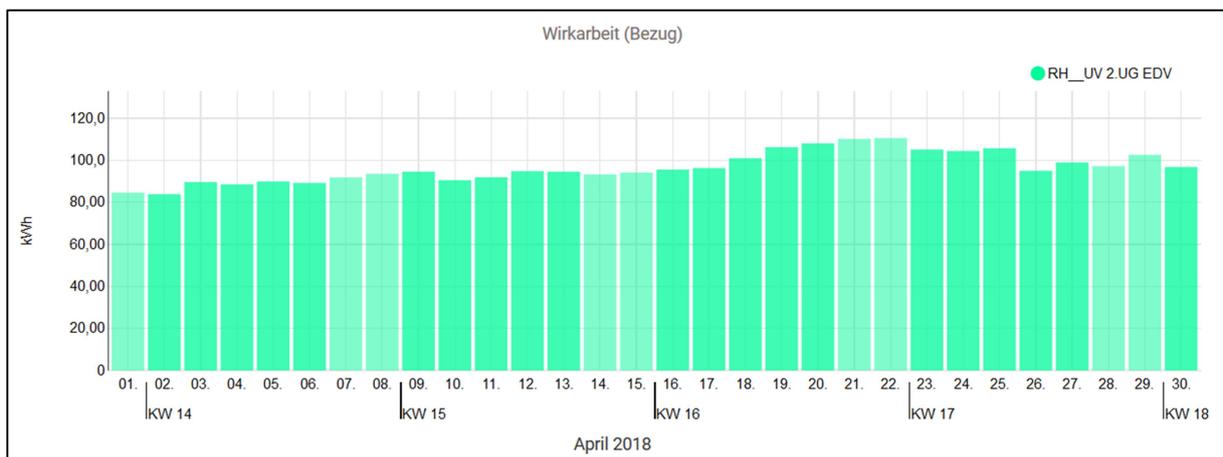


Abbildung 14: Stromverbrauch der Serveranlage im April 2018

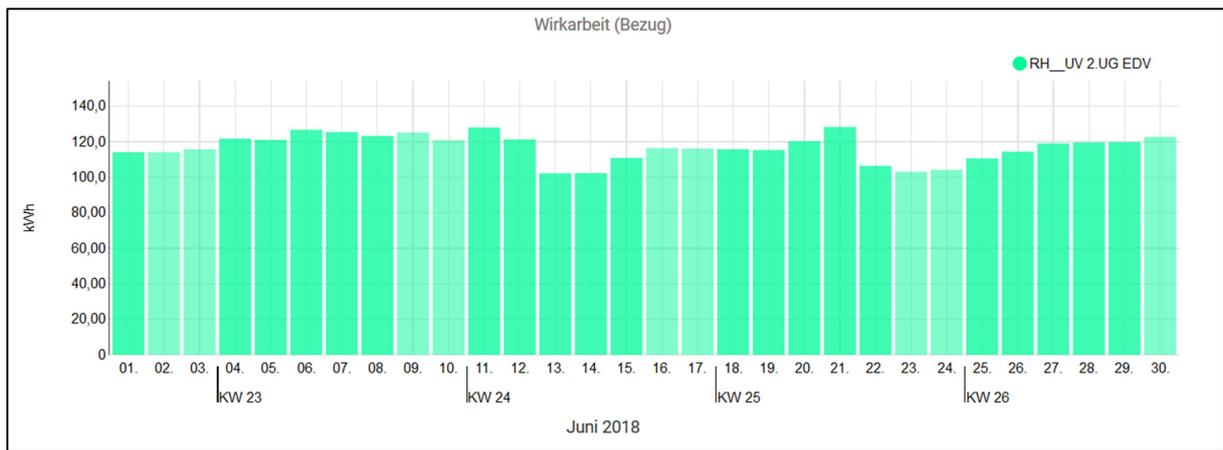


Abbildung 15: Stromverbrauch der Serveranlage im Juni 2018

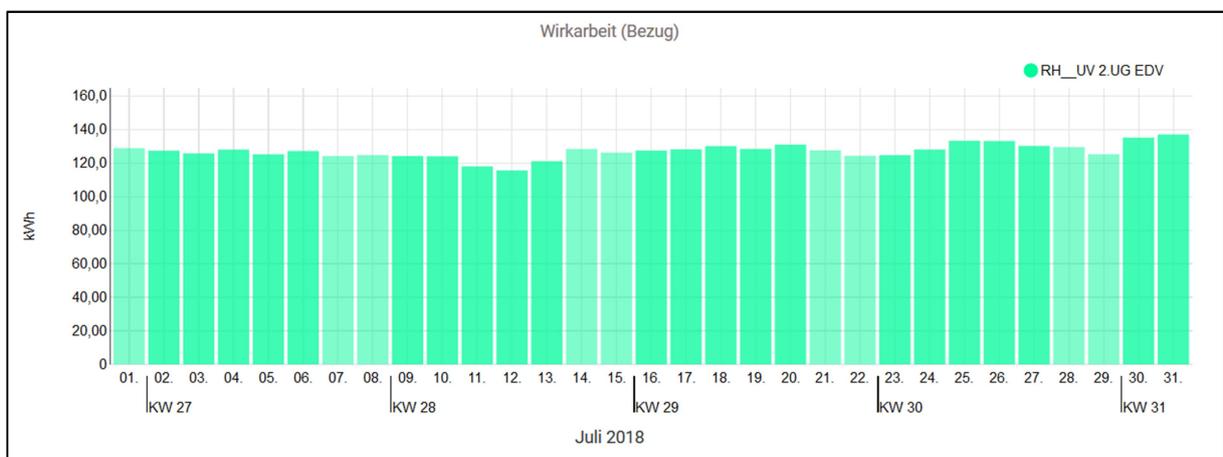


Abbildung 16: Stromverbrauch der Serveranlage im Juli 2018

Als Serverraum wird ein Raum im 2.OG genutzt, der keine idealen Bedingungen bietet. Zur Kühlung wurden zwei Split-Geräte eingebaut, die ab einer Raumtemperatur von 22°C den Raum kühlen. Eine freie Kühlung über Lüftungsgeräte ist nicht vorhanden. Üblicherweise werden Serverräume auf Temperaturen zwischen 24 und 27°C gekühlt. Der oberste Bayerische Rechnungshof empfiehlt nach einer Untersuchung aus dem Jahr 2009, Serverräume ab einer Temperatur von 25°C zu kühlen.

Stromeinsparungen sind demzufolge möglich, wenn die Einschalttemperaturen der Kühlgeräte von 22°C auf einen höheren Wert eingestellt werden oder durch den zusätzlichen Einbau eines freien Lüftungssystems.

Bei der Einstellung von höheren Kühltemperaturen ist jedoch zu beachten, dass die Wärme an den empfindlichen Teilen der Server auch tatsächlich abgeführt wird, um dort eine Überhitzung zu vermeiden.

3.1.3 Verbrauchsanalyse 1.UG

Das 1. UG nimmt im Vergleich zu den anderen Geschossen eine Sonderstellung ein. In diesem Geschoss ist das Archiv untergebracht und es befinden sich daneben noch 3 Büroräume und sonstige Kellerräume.

Das Archiv hat neben einer intensiven Beleuchtung auch mehrere kleine Entfeuchtungsgeräte zur Erhaltung des archivierten Materials.

Die Verbrauchsbetrachtung zeigt Verbräuche an den Werktagen zwischen rund 40 und knapp 100 kWh, wobei es teilweise auch Ausnahmen mit deutlich niedrigerem Verbrauch gibt. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die hohen Verbräuche nicht immer erforderlich sind.

Auch die Verbräuche an den Wochenenden zeigen im Mai 2018 Schwankungen zwischen 2,4 und 24 kWh, was Einsparpotenziale vermuten lässt. Hier stellt sich auch grundsätzlich die Frage, wozu im Archiv an Wochenenden ein Stromverbrauch erforderlich ist.

Die Lastprofile geben zumindest einen Aufschluss über die Charakteristik der Verbraucher.

Das Lastprofil am Samstag, den 05.05.2018 (Abbildung 18) zeigt auf Phase 1 einen Intervall-Verbraucher, der ca. alle 110 Minuten eine Leistung von 100-120 Watt für ca. eine Stunde benötigt. Zusätzlich ist dieser Intervalllast eine konstante Last von ca. 20 Watt überlagert.

Phase 2 zeigt nur einen Intervall-Verbraucher, der ca. alle 130 Minuten eine Leistung von bis zu 80 Watt für ca. 10 Minuten benötigt.

Phase 3 zeigt nur eine konstante Last von ca. 10 Watt.

Der Vergleich mit Samstag, den 12. Mai 2018 (Abbildung 19) zeigt, dass von 0 Uhr bis 2 Uhr eine zusätzliche Last von 3,6-3,7 KW eingeschaltet war. Zusätzlich ist von 10.45 Uhr bis 11.15 Uhr eine Lastspitze auf allen 3 Phasen von jeweils 2-3,3 KW zu erkennen. Auf Phase 1 folgen bis 11.45 Uhr noch weitere kürzere Lastspitzen zwischen 1 und 2 KW.

Das Lastprofil von Montag, den 07.05.2018 (Abbildung 20) zeigt typische Verbrauchssituationen an Werktagen. Neben einer weitgehend konstanten Grundlast von 2-3 KW je Phase sind um 7.10 Uhr und um 12.20 Uhr jeweils kurzzeitige Lastspitzen von 4-4,7 KW je Phase erkennbar. Außerdem ist auf Phase 1 wieder mehrmals die Last von 3,6-3,7 KW erkennbar, die auch am Samstag um 0 Uhr vorhanden war. Zusätzlich gibt es ebenfalls auf Phase 1 von 10.20 Uhr bis 12.50 Uhr eine Folge von vielen kurzen Lastspitzen von ca. 2 KW.

Als Intervall-Verbraucher konnten zwei Kühlschränke identifiziert werden.

Die Grundlast an Werktagen von 6-7 KW kann überwiegend der Beleuchtung im Archiv (5-6 KW) und in den Büros (1 KW) zugeordnet werden. Die Beleuchtung im Archiv wäre demnach jeden Tag bis auf wenige Ausnahmen durchgängig ca. 7-8 Stunden eingeschaltet. **Bei der Archivbeleuchtung ergeben sich Einsparpotenziale sowohl bei der Effizienz (Ersatz der Leuchten durch LED) als auch bei den Nutzungszeiten.**

Die kurzen punktuellen Lastspitzen von insgesamt ca. 13 KW könnten auch auf einen Einschaltvorgang hinweisen.

Die Ursache der hohen Lastspitze auf Phase 1 von 3,6-3,7 KW muss noch nach Projektabschluss näher untersucht werden. Ebenso die Ursachen der kurzen 2 KW-Lastspitzen, die eventuell auf die Motoren der Archivschränke zurückzuführen sind.

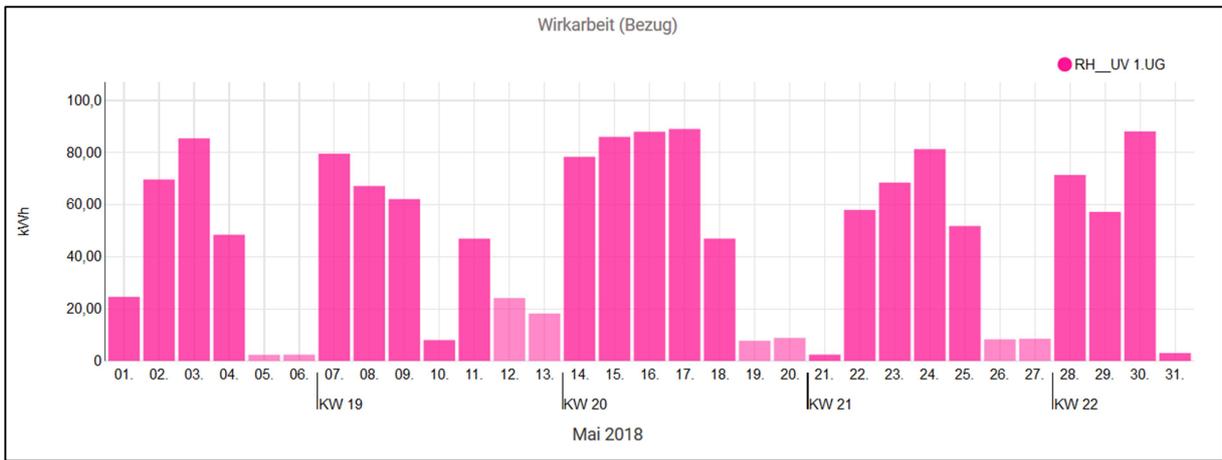


Abbildung 17: Stromverbrauch im 1. UG im Mai 2018

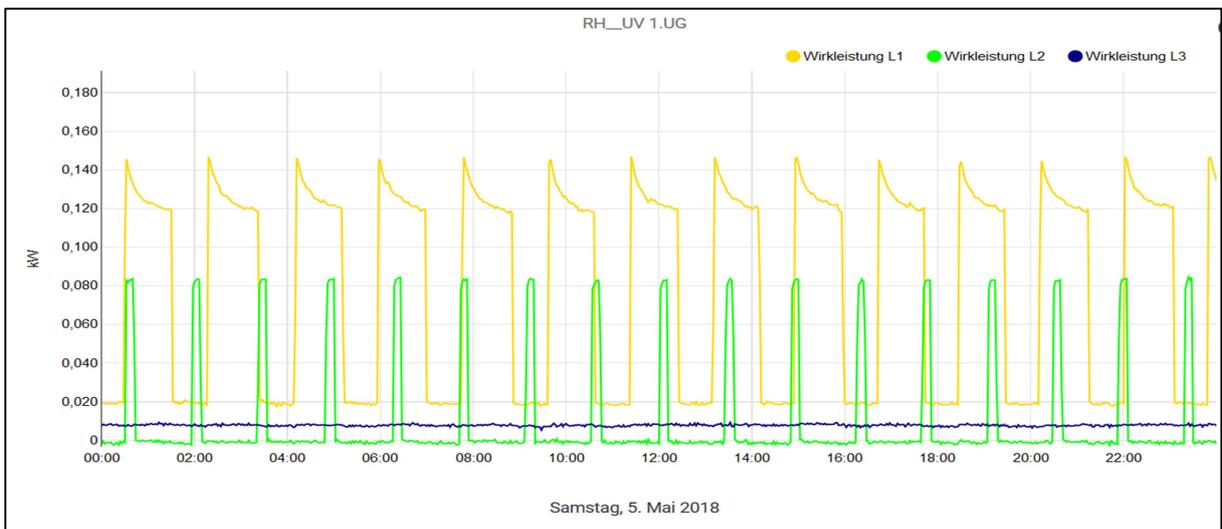


Abbildung 18: Lastkurven im 1. UG am Samstag, den 5. Mai 2018 (ohne hohe Lastspitzen)

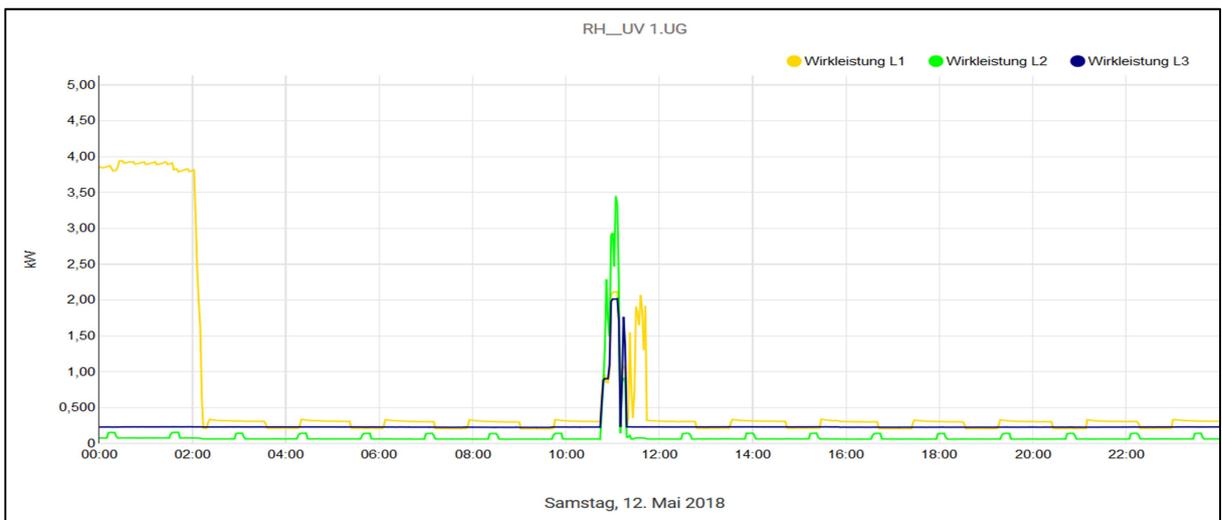


Abbildung 19: Lastkurven im 1. UG am Samstag, den 12. Mai 2018 (mit zwei hohen Lastspitzen)

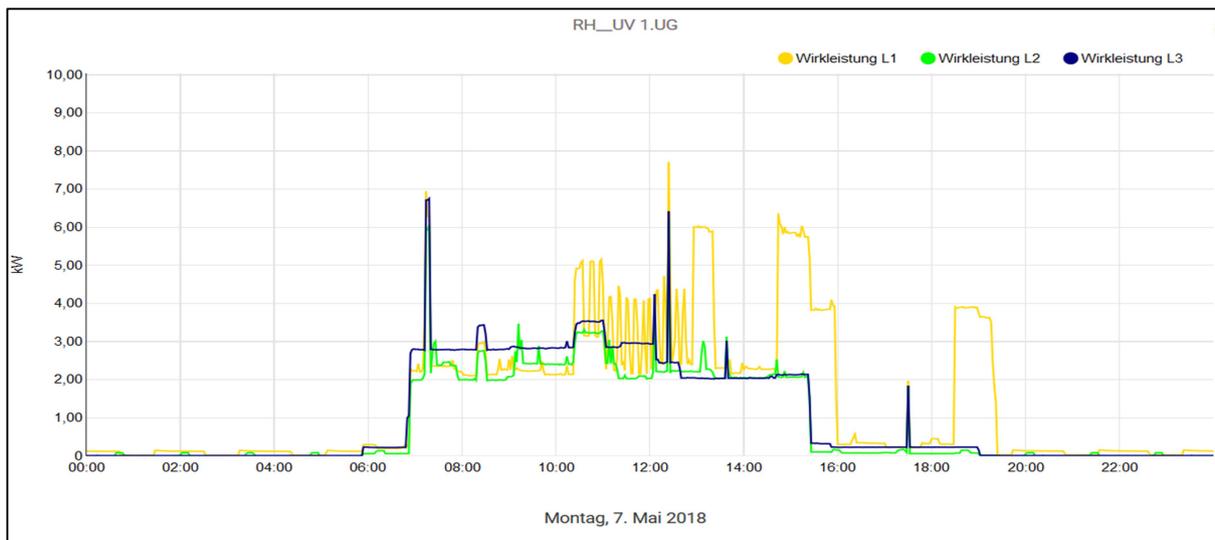


Abbildung 20: Lastkurven im 1. UG an einem Werktag (Montag, den 7. Mai 2018)

3.1.4 Verbrauchsanalyse Obergeschosse

Im Gegensatz zu den relativ übersichtlichen Einzelverbrauchern und dem 1. UG gibt es in den Obergeschossen zahlreiche kleinere Einzelverbraucher, deren Analyse auf Basis der Messwerte sehr komplex sein kann.

Die Firma Enit Systems hat zwar für einzelne Großverbraucher Auswertungsalgorithmen entwickelt, die aber nicht auf die kleinen Einzelverbraucher angewendet werden können und auch nicht geeignet sind, um aus einer Summe von Verbrauchern einzelne Verbraucher herauszufiltern.

Die Vorgehensweise kann daher nur darin bestehen, die Verbraucher durch Betrachtung der einzelnen Phasen und zu Zeiten mit wenig Nutzung (z.B. nachts und an Wochenenden) weitgehend zu separieren und zuzuordnen. Zusätzlich kann der Vergleich von Geschossen mit viel und mit wenig Verbrauch Aufschluss über Verbraucher geben, die für den Mehrverbrauch in einzelnen Geschossen verantwortlich sind. Mit Hilfe einer Bestandsaufnahme von Geräten in einzelnen Geschossen soll die Zuordnung der Lastverläufe dann abgeglichen werden.

In der Verbrauchsübersicht (siehe 3.1.1) wurde dargestellt, dass einzelne Etagen einen höheren Verbrauch haben als andere. Betrachtet man die Lastverläufe dieser Etagen, erkennt man, dass ihnen eine erhöhte Grundlast gemeinsam ist (Abbildungen 21 und 22).

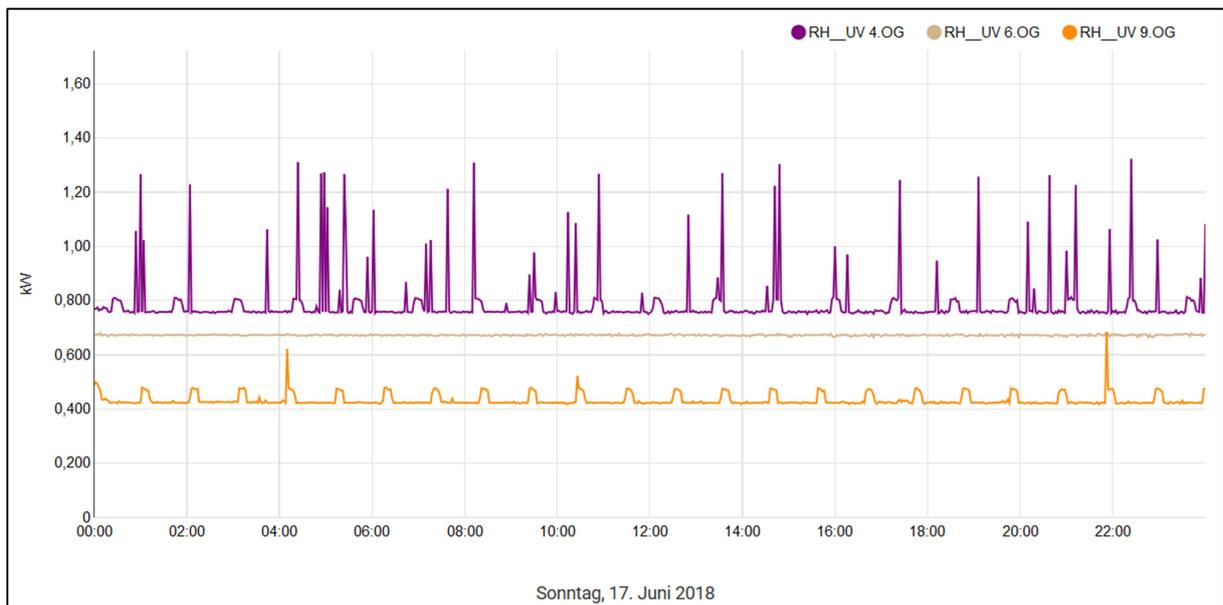


Abbildung 21: Darstellung der Grundlast an einem Sonntag im 4., 6. und 9. OG

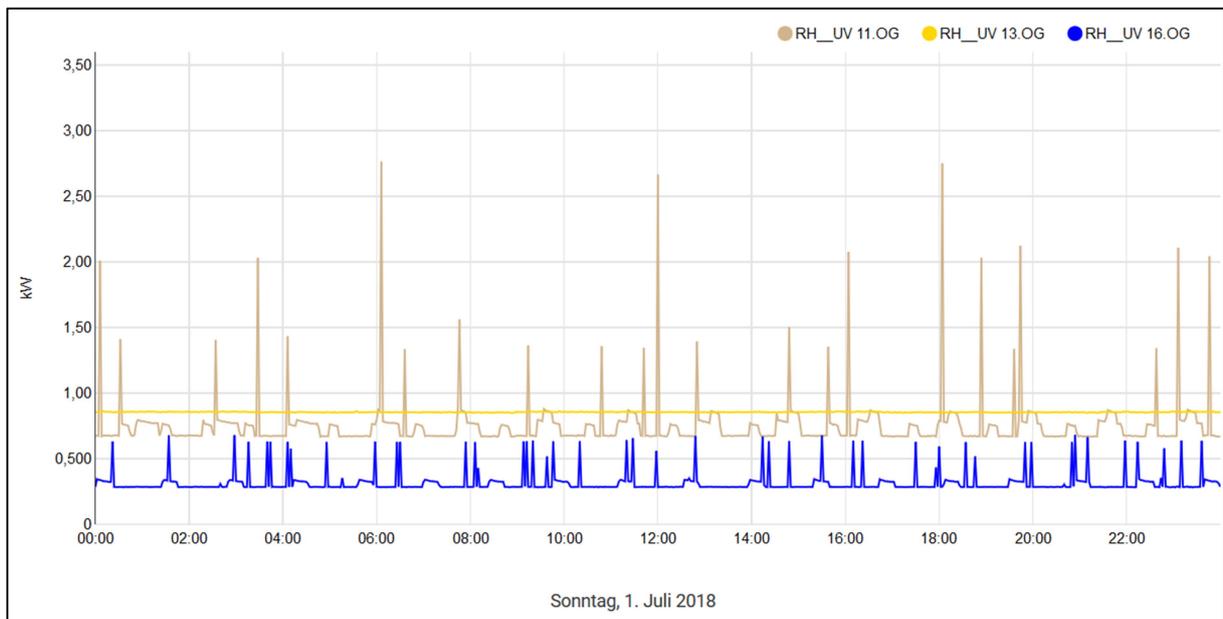


Abbildung 22: Darstellung der Grundlast an einem Sonntag im 11., 13. und 16. OG

Die Nachforschungen zu der erhöhten Grundlast ergab, dass in diesen Etagen Netzwerkverteiler für das EDV-Netz eingebaut sind, die eine konstante Stromversorgung benötigen. Da diese Verteiler in den Technikbereichen der Stockwerke „versteckt“ sind, handelt es sich hierbei tatsächlich um unsichtbare Stromverbraucher, die nur aufgrund der Grundlastuntersuchungen sichtbar wurden.

Netzwerkverteiler gibt es in den Etagen 4, 6, 9, 11, 13 und 16. Unterschiedlich große Grundlasten lassen sich dabei auf Größenunterschiede bei den Netzwerkteilern zurückführen.



Abbildung 23: Netzwerkverteiler in der Verkleidung hinter dem Aufzugsschacht

Auch in den anderen Stockwerken gibt es Unterschiede zwischen den Grundlasten, die dort (mit Ausnahme des 17. OG) zwischen 10 und 110 W betragen (siehe Abbildung 26). Diese Grundlasten können den Notbeleuchtungen mit durchschnittlich ca. 50 W pro Etage zugeordnet werden.

Zieht man den Anteil der Notbeleuchtung ab, so haben die Netzwerkverteiler konstante Lasten von 0,23-0,65 KW, insgesamt ca. 3 KW. Da die Lasten an 24 Stunden und 365 Tagen pro Jahr anfallen, beträgt der Verbrauch der Netzwerkverteiler ca. 26.000 kWh pro Jahr und damit ca. 7% des gesamten Stromverbrauchs bzw. ca. 20% des Stromverbrauchs aller Stockwerke.

Vergleicht man die Grundlast einzelner Stockwerke an unterschiedlichen Sonntagen miteinander, so erkennt man Unterschiede bis maximal 20 W pro Stockwerk, also durchschnittlich 10 W pro Stockwerk. Diese Schwankungen könnten auf zusätzlichen Standby-Verbrauch schließen lassen, wenn einzelne Geräte zum Wochenende nicht abgeschaltet werden. Die Daten aus der Bestandsaufnahme zeigen eine maximal mögliche Standby-Leistung von durchschnittlich ca. 50 W pro Stockwerk. Daraus lässt sich schließen, dass es sich nur um maximal 20% der Geräte handeln kann, die gelegentlich im Standby-Modus verbleiben. Wenn man von durchschnittlich 10 W Standby-Leistung pro Stockwerk nachts und an Wochenenden ausgeht, würde der Standby-Verbrauch insgesamt ca. 1.000 kWh pro Jahr betragen. Das entspricht ca. 0,3% des Gesamtverbrauchs. **Das Einsparpotenzial beim Standby-Verbrauch ist damit sehr gering, aber dennoch vorhanden.**

Bei Betrachtung der einzelnen Phasen erkennt man im 4. OG (Abbildung 24) neben der konstanten Grundlast, die sich im Wesentlichen auf die Phasen 1 und 2 verteilt, auch eine Intervalllast von ca. 50 W in Phase 3, die dem kleinen Kühlschrank in der Kaffeeküche zugeordnet werden kann und mehrere unregelmäßige Lastspitzen bis zu 500 W mit einer Dauer von ca. 4 Minuten in Phase 2.

Im 11. OG (Abbildung 25) zeigt sich ein ähnlicher Verlauf. Allerdings sind hier zwei Intervalllasten erkennbar, die auf zwei Kühlschränke schließen lassen und die Lastspitzen tauchen in allen 3 Phasen auf.

Diese Lastverläufe sind typisch und finden sich in allen Etagen, jedoch mit unterschiedlichen Intensitäten, wieder.

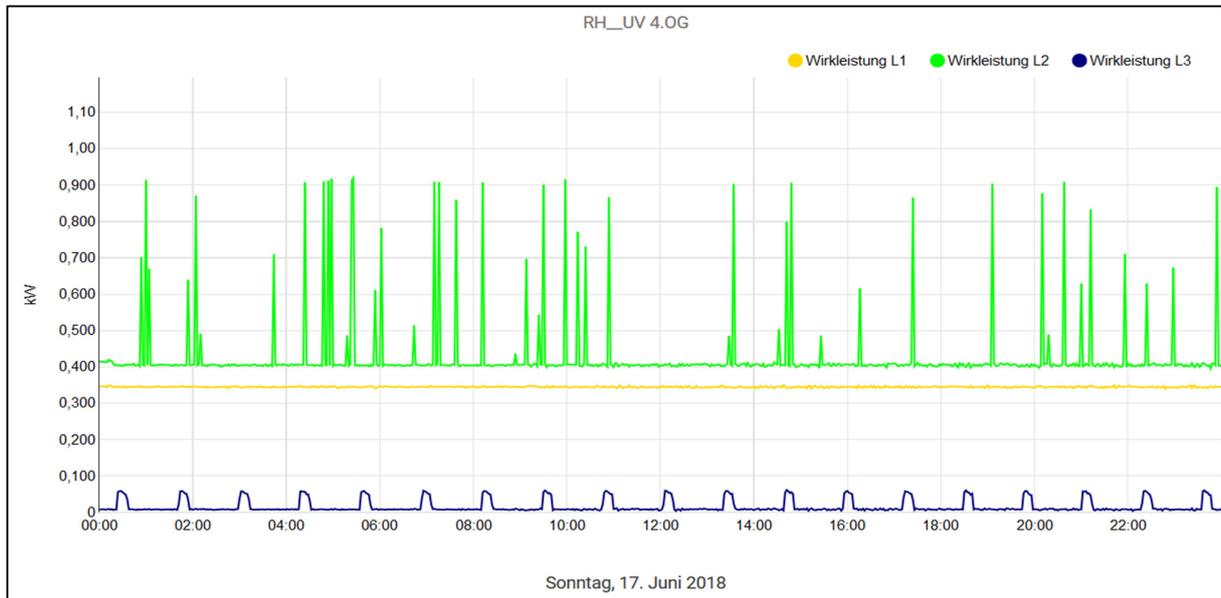


Abbildung 24: Darstellung der einzelnen Lastphasen an einem Sonntag im 4. OG

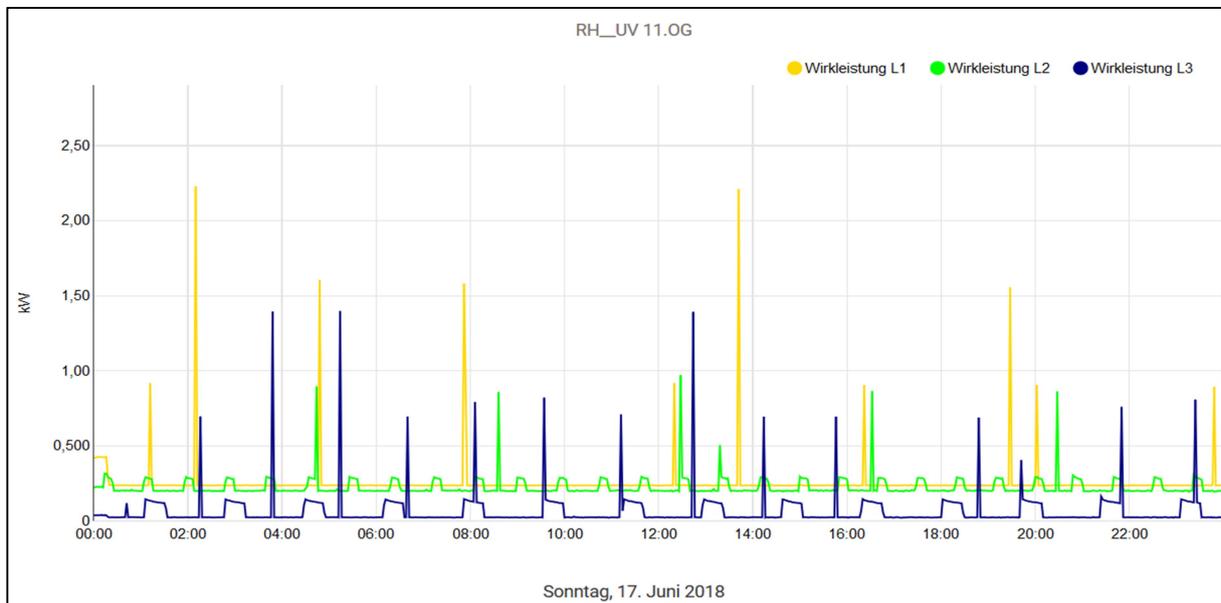


Abbildung 25: Darstellung der einzelnen Lastphasen an einem Sonntag im 11. OG

Für alle Etagen wurden an diesem exemplarischen Sonntag (17.06.2018) die Grundlast- und die Lastspitzenverbräuche ermittelt. Der Verbrauch der Lastspitzen beträgt im Mittel nur rund 10% des Gesamtverbrauchs an Wochenendtagen. Hochgerechnet auf ein Jahr ergibt sich durch die

Lastspitzen an Wochenenden nur ein geringer Verbrauch von ca. 1.000 kWh. Das entspricht wie beim Standby-Verbrauch nur ca. 0,3% des Gesamtverbrauchs. Das Einsparpotenzial bei den Lastspitzen an Wochenenden ist damit ebenfalls sehr gering.

Die Lastspitzen an Wochenenden werden daher nicht detailliert untersucht. Man kann jedoch folgendes dazu festhalten (siehe auch Abbildung 26):

- Die Lastspitzen an Wochenenden müssen sich am ungeschalteten Stromkreis befinden, da sie sonst am Wochenende nicht auftreten würden. Der ungeschaltete Stromkreis umfasst in der Regel die EDV-Steckdosen, an denen Computer, Drucker und Kopierer angeschlossen sind. Eine genaue Zuordnung der unregelmäßigen Lastspitzen zu einzelnen Geräten ist jedoch nicht direkt möglich, da die Steckdosen unregelmäßig an die Phasen 1-3 angeschlossen sind.
- Die sehr kurzen Lastspitzen könnten von Einschaltvorgängen herrühren, möglicherweise von größeren Kaffeemaschinen, Druckern oder Kopierern, die nicht ausgeschaltet wurden.
- Aufgrund der verhältnismäßig großen Lastspitzen können kleinere Geräte in der Regel nicht die Ursache sein.
- Auch Vorgänge mit längerer Stromaufnahme, wie z.B. das Laden von Laptops sind eher ausgeschlossen.

Grundlast in den Büroetagen Rathaus Lörrach						
Sonntag, 17.06.2018						
Etage	Netzwerkverteiler	Grundlast (W)	Grundlastverbrauch (kWh)	Gesamtverbrauch (kWh)	Verbrauch Lastspitzen (kWh)	Anteil Grundlast am Gesamtverbrauch
3		110	2,64	2,90	0,26	91,0%
4	ja	750	18,00	18,86	0,86	95,4%
5		90	2,16	3,32	1,16	65,1%
6	ja	660	15,84	16,14	0,30	98,1%
7		10	0,24	1,23	0,99	19,5%
8		150	3,60	4,98	1,38	72,3%
9	ja	420	10,08	10,36	0,28	97,3%
10		50	1,20	1,28	0,08	93,8%
11	ja	460	11,04	13,20	2,16	83,6%
12		10	0,24	0,46	0,22	52,2%
13	ja	690	16,56	16,97	0,41	97,6%
14		70	1,68	1,83	0,15	91,8%
15		50	1,20	1,30	0,10	92,3%
16	ja	280	6,72	6,97	0,25	96,4%
17		300	7,20	9,12	1,92	78,9%
Summen			98,40	108,92	10,52	90,3%

Abbildung 26: Tabelle Grundlast an einem Wochentag (Sonntag, den 17.06.2018)

Ein Vergleich des Stromverbrauchs an Werktagen zeigt, dass die Grundlast selbst dann noch einen Anteil von durchschnittlich 33% des täglichen Stockwerksverbrauchs hat, wenn die üblichen Arbeitsgeräte wie Computer, Drucker Kopierer etc. eingeschaltet sind (Abbildung 27).

Grundlast in den Büroetagen Rathaus Lörrach						
Donnerstag, 21.06.2018						
Etage	Netzwerkverteiler	Grundlast (W)	Grundlastverbrauch (kWh)	Gesamtverbrauch (kWh)	Verbrauch Lastspitzen (kWh)	Anteil Grundlast am Gesamtverbrauch
3		110	2,64	31,55	28,91	8,4%
4	ja	750	18,00	36,45	18,45	49,4%
5		90	2,16	13,25	11,09	16,3%
6	ja	660	15,84	29,16	13,32	54,3%
7		10	0,24	17,01	16,77	1,4%
8		150	3,60	12,69	9,09	28,4%
9	ja	420	10,08	22,08	12,00	45,7%
10		50	1,20	11,51	10,31	10,4%
11	ja	460	11,04	23,66	12,62	46,7%
12		10	0,24	12,27	12,03	2,0%
13	ja	690	16,56	31,46	14,90	52,6%
14		70	1,68	13,53	11,85	12,4%
15		50	1,20	13,34	12,14	9,0%
16	ja	280	6,72	15,74	9,02	42,7%
17		300	7,20	18,18	10,98	39,6%
Summen			98,40	301,88	203,48	32,6%

Abbildung 27: Tabelle Grundlast an einem Werktag (Donnerstag, den 21.06.2018)

Der Verbrauch der Grundlast liegt hochgerechnet auf alle Wochentage und alle Etagen bei rund 35.000 kWh pro Jahr. Dies entspricht rund 10% des Gesamtverbrauchs und ist damit eine relevante Größe. Es stellt sich jedoch die Frage, ob bei der Grundlast Einsparungen möglich sind.

Da an Werktagen eine Vielzahl an Geräten eingeschaltet wird, lassen sich aus den Gesamtmessungen der einzelnen Stockwerke keine direkten Rückschlüsse auf einzelne Geräte ziehen. Unsichtbare Stromverbraucher an Werktagen sollen daher über die Bestandsanalyse gefunden werden. Die Auswertungen der Strommessungen können dabei helfen, den Verbrauch der gefundenen Stromverbraucher zu überprüfen und einzuordnen.

3.1.5 Verbrauchsanalyse EDV-Infrastruktur

Im Kapitel 3.1.2.3 wurde der Verbrauch der Server und Serverkühlung analysiert. Bei den Büroetagen konnte gezeigt werden, dass ein erheblicher Verbrauchsanteil auf die Netzwerkverteiler entfällt. Zur gesamten EDV-Infrastruktur kommen noch die EDV-Geräte wie PC's Monitore, Drucker und Kopierer hinzu. Die Verbrauchsdaten der EDV-Geräte konnten überschlägig anhand der Leistungen der Geräte, der Anzahl der Geräte und einer geschätzten Nutzungszeit abgeschätzt werden. Daraus ergibt sich, dass die gesamte EDV-Infrastruktur, die für die Arbeit in einem Rathaus selbstverständlich erforderlich ist, rund 35%, also gut ein Drittel des gesamten Stromverbrauchs ausmacht. Von diesem Stromverbrauch entfallen jeweils rund 40% auf die EDV-Geräte und die Server einschl. Kühlung. Die restlichen 20% steuern die Netzwerkverteiler bei.

Auch wenn diese Infrastruktur erforderlich ist, so erkennt man aufgrund des hohen Anteils am Gesamtverbrauch, dass bei der Auswahl der Komponenten und Systeme, bei der Standortwahl und bei der Nutzung ein besonderes Augenmerk auf eine hohe Energieeffizienz zu legen ist. Gerade in Bestandsbauten ist dies leider nur selten der Fall.

4 Bestandsanalyse Rathaus Lörrach

4.1 Bestandsanalyse Rathaus Lörrach

Um einen Überblick über die Vielzahl an Stromverbrauchern in den Büroetagen des Rathauses zu bekommen, wurde in ausgewählten Etagen eine Begehung gemacht und alle Stromverbraucher in Excel-Listen erfasst. Anhand von Typenschildern und einer Internet-Recherche wurden die Nennleistungen und Standby-Leistungen der Geräte ermittelt. Die Nutzungszeiten der einzelnen Geräte wurden anhand der üblichen Bürozeiten und Belegungszahlen geschätzt. Ein Abgleich mit den gemessenen Verbrauchswerten sollte Aufschluss darüber geben, welche Verbraucher einen relevanten Einfluss auf den Stromverbrauch im Rathaus Lörrach haben. Es wird davon ausgegangen, dass die ausgewählten Etagen repräsentativ für das gesamte Rathaus sind.

Nachfolgend sind einige Verbraucher dokumentiert, wobei insbesondere bei der Beleuchtung mehrere Besonderheiten aufgefallen sind.

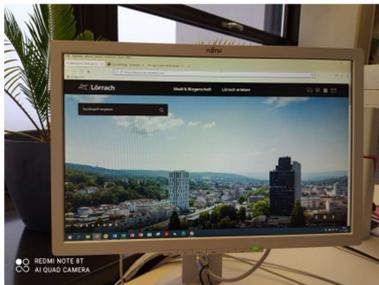


Abbildung 28: Moderner Flachbildschirm in einem Büro



Abbildung 29: Drucker im Flurbereich



Abbildung 30: Kopierer im Flurbereich



Abbildung 31: Teeküche mit Kühlschrank, Spülmaschine, Kaffeemaschine, Mikrowelle und Wasserkocher



Abbildung 32: Archivbeleuchtung im 1. UG



Abbildung 33: Beleuchtung Nottreppenhaus



Abbildung 34: Hinweisbeleuchtung



Abbildung 35: Beleuchtung vor Aufzug mit Hinweisbeleuchtung im Hintergrund



Abbildung 36: Beleuchtung Foyer 13. OG



Abbildung 37: Wasserspender im 13. OG



Abbildung 38: Verschiedene (Dauer-)Beleuchtungen im Flur 2. UG

4.2 Bestandsaufnahme der Stromverbraucher in ausgewählten Etagen

In einzelnen Etagen (4. / 13. / 15. / 17. OG) wurden aus der Bestandsaufnahme die Leistungswerte und die geschätzten Nutzungszeiten zusammengestellt, daraus die zu erwartenden jährlichen Verbrauchswerte hochgerechnet und mit den gemessenen Daten abgeglichen.

Bis auf das 17. OG ergab sich mit den gleichen Nutzungszeiten in allen Etagen eine plausible Übereinstimmung, so dass man standardmäßig von diesen Nutzungszeiten ausgehen kann. Im 17. OG war der errechnete Verbrauch mit diesen Nutzungszeiten geringer als der gemessene Verbrauch. Dies ist vermutlich auf längere Nutzungszeiten zurückzuführen. So befindet sich im 17. OG z.B. das Büro für den Gemeindevollzugsdienst, der dieses Büro auch regelmäßig samstags nutzt. Die Nutzungszeiten bei PC's, Bildschirmen und Bürobeleuchtung wurden im 17. OG dementsprechend so weit erhöht bis die errechneten Werte mit den gemessenen Werten nahezu übereinstimmten.

Bei der Leistung ergibt sich je nach Jahreszeit ein Gleichzeitigkeitsfaktor von ca. 0,15-0,40, d.h. dass deutlich weniger als die Hälfte der Geräte gleichzeitig im Maximalbetrieb arbeiten. Der Gleichzeitigkeitsfaktor ist das Verhältnis der gemessenen Maximalleistung zur Summe der Maximalleistungen aus der Bestandsaufnahme. Daraus lässt sich auch ableiten, dass die meisten Geräte effizient betrieben werden, da es sich bei den gemessenen Leistungswerten um monatliche Maximalwerte handelt, die meistens unterschritten werden.

Nachfolgend sind beispielhaft die Auswertungen für das 15.OG dargestellt. Die Auswertungen der übrigen Etagen sind im Anhang A dargestellt. Analog wurde auch eine Bestandsaufnahme und ein Abgleich mit den Messdaten für das 1. UG durchgeführt. Diese Auswertungen sind ebenfalls im Anhang A dargestellt.

15.OG								
15.OG Beleuchtung								
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche werktags	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Energie (kWh)	Bemerkungen
Beleuchtung Büros (T8)	60	71	5	0	260	4.260	1.108	hoher Anteil Homeoffice, Teilzeit und Außendienst
Beleuchtung Flur	40	7	25	0	1.300	280	364	LED, Schaltung manuell über Tableau Info-Theke
Hinweisbeleuchtung (T8)	2	71	90	0	4.680	142	665	
Notbeleuchtung	5	12	120	48	8.736	60	524	
Beleuchtung Tür Nottreppenhaus	1	12	120	48	8.736	12	105	2 vorhanden, nur in Schleuse an
Beleuchtung Kaffeeküche (2 LED)	2	5	10	0	520	10	5	
Beleuchtung WC (T8)	1	71	25	0	1.300	71	92	
Beleuchtung WC (LED)	2	5	25	0	1.300	10	13	
						Watt (W)	kWh	
Summe Beleuchtung						4.845	2.876	
15.OG elektrische Verbraucher								
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Energie (kWh)	Bemerkungen
PC	16	80	15	0	780	1.280	998	hoher Anteil Homeoffice, Teilzeit und Außendienst
Bildschirm	16	25	15	0	780	400	312	hoher Anteil Homeoffice, Teilzeit und Außendienst
Drucker klein (Ecosys P2040 dn)	2	620	1	0	52	1.240	64	
Kopierer (Task Alfa 5053 ci)	1	733	3	0	156	733	114	
Notebook	1	50	10	0	520	50	26	ggf. Standby
Laminiergerät	1	100	1	0	52	100	5	
"Parkuhrdrucker" (Schlagenhauf)	1	100	1	0	52	100	5	
W-Lan-Router (Cisco)	2	10	120	48	8.736	20	175	Dauerbetrieb
Kaffeeküche:								
Kühlschrank	1	50	27	11	1.976	50	99	Dauerbetrieb
Kaffeemaschine	1	1.500	4	0	208	1.500	312	ggf. Standby
Spülmaschine	1	2.200	1	0	52	2.200	114	
Mikrowelle	1	800	1	0	26	800	21	
Wasserkocher	1	2.200	2	0	104	2.200	229	
kWh						Watt (W)	kWh	
						10.673	2.475	
15.OG Standby								
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Energie (kWh)	Bemerkungen
PC	16	1	90	48	7.176	16	115	
Bildschirm	16	1	90	48	7.176	16	115	
Drucker klein (Ecosys P2040 dn)	2	1	119	48	8.684	2	14	
Kopierer (Task Alfa 5053 ci)	1	1	117	48	8.580	1	9	
Notebook	1	1	110	48	8.216	1	8	
Laminiergerät	1	1	119	48	8.684	1	9	
"Parkuhrdrucker" (Schlagenhauf)	1	1	119	48	8.684	1	9	
Kaffeeküche:								
Kaffeemaschine	1	5	70	0	3.640	5	18	
Mikrowelle	1	2	70	0	3.640	2	7	
kWh						Watt (W)	kWh	
						45	303	
Summe Leistung Beleuchtung und Geräte						15.518		
Summe Arbeit Beleuchtung, Geräte und Standby							5.654	

Abbildung 39: Auswertungen der Bestandsaufnahme für das 15. OG

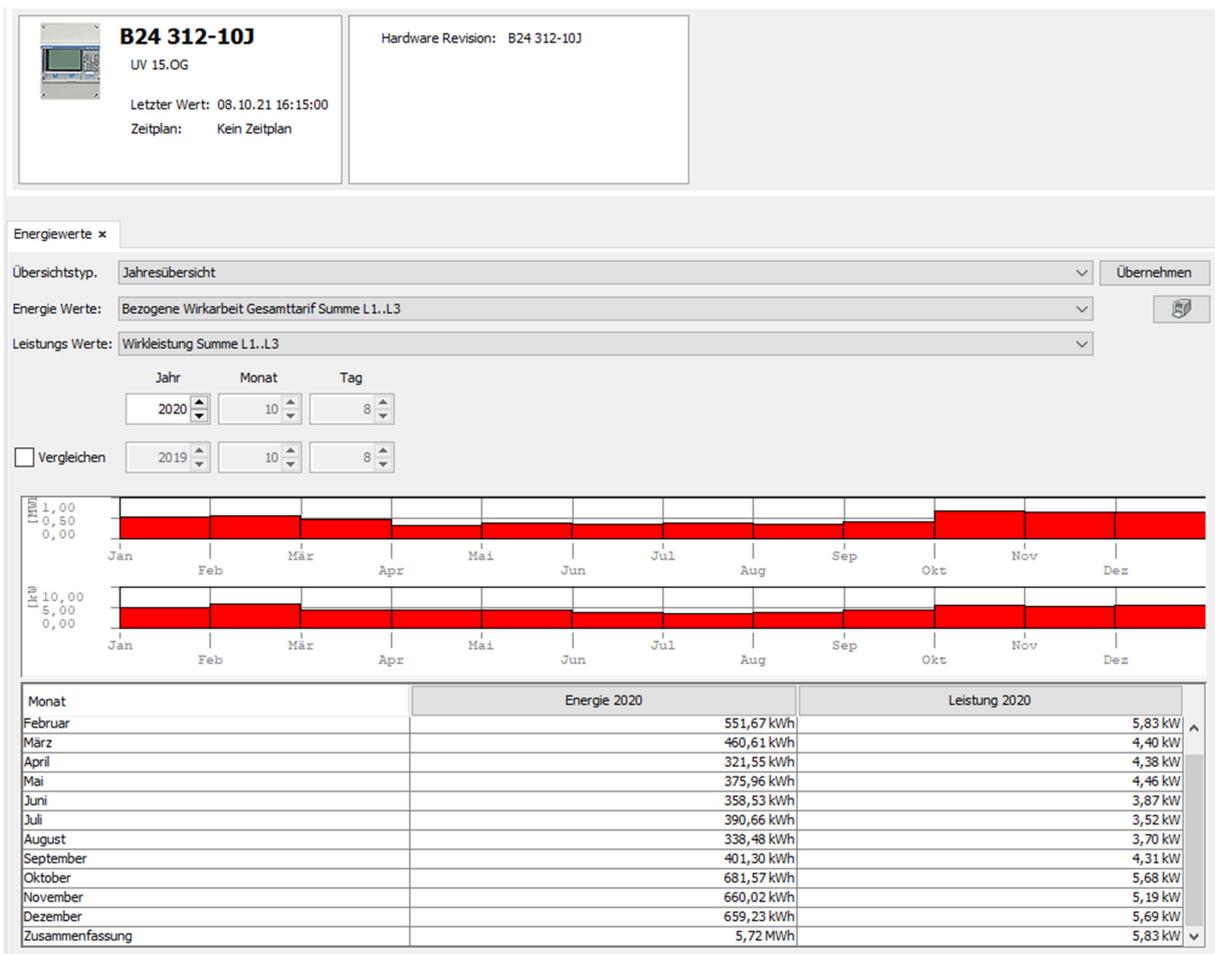


Abbildung 40: Auswertung des gemessenen Verbrauchs im 15. OG im Jahr 2020

Die Betrachtung der Standby-Verbraucher in der Bestandsaufnahme zeigt, dass aufgrund der Anzahl der Verbraucher die PC's und Bildschirme die hauptverantwortlichen Geräte für Standby-Verluste sein müssen. Außerdem ist im Vergleich mit den Messergebnissen (siehe 3.1.4) erkennbar, dass die Summe aller möglichen Standby-Leistungen ca. fünfmal größer ist als die gemessene Leistung, die für Standby-Verluste verantwortlich sein kann. Daraus lässt sich schließen, dass nur etwa jedes fünfte Gerät im Standby-Betrieb verbleibt und ca. 80% der Geräte komplett ausgeschaltet sein müssen. Auch hieraus wird ersichtlich, dass der Standby-Betrieb nur eine untergeordnete Bedeutung beim Stromverbrauch im Rathaus Lörrach spielt. Trotzdem sollte der verbleibende unnötige Standby-Verbrauch vermieden werden.

Hinweis: In den Tabellen (Abbildung 39 und Anhang A) sind für Standby die Maximalwerte angegeben, wenn sich alle Geräte im Standbybetrieb befinden. Aufgrund des geringen Verbrauchsanteils wurde auf eine Anpassung auf den tatsächlichen Standby-Verbrauch (20% des Maximalverbrauchs) in den Tabellen verzichtet.

Die Bestandsaufnahme hat auch gezeigt, dass private Geräte nicht in allen Etagen vorhanden sind und wenn, dann in geringer Anzahl. Private Geräte spielen daher nur eine untergeordnete Rolle für den Stromverbrauch im Rathaus Lörrach, sollten aber ebenfalls vermieden werden.

4.3 Nicht gemessene Stromverbraucher

Da aus Kostengründen nicht alle Bereiche im Rathaus Lörrach mit Messgeräten erfasst wurden, erfolgt an dieser Stelle eine Auflistung von nicht gemessenen Verbrauchern. Diese Liste erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Neben vereinzelt Beleuchtungen dürften vor allem mehrere kleinere Lüftungsanlagen, das Parkleitsystem und die Druckerhöhungsanlage für das Trinkwasser wesentlich zum nicht gemessenen Stromverbrauch beitragen. Da es sich ausschließlich um erforderliche Verbraucher und Sicherheitseinrichtungen handelt, können Einsparungen bestenfalls über eine effizientere Technologie erreicht werden, d.h. mit effizienteren Lüftungsmotoren, Pumpen oder Leuchtmitteln.

Bei den Beleuchtungen wären Einsparungen durch Umstellung auf LED-Leuchtmittel möglich. Im 2. UG ist z.B. die Beleuchtung in den Flurbereichen dauerhaft eingeschaltet. Weitere Einsparungen wären dort durch den Einsatz von Bewegungs- oder Präsenzmeldern möglich.

Eine genauere Betrachtung der möglichen Einsparungen und Optimierungsmaßnahmen bei den nicht gemessenen Stromverbrauchern war im Rahmen des Projektzeitraums nicht mehr möglich.

Nicht gemessene Verbraucher	
Beleuchtungen	Beleuchtung und Steckdosen 2.UG
	Beleuchtung Fluchttreppenhaus
	Notbeleuchtung
Lüftungsanlagen	Entlüftung Tiefgarage
	Lüftung Aufzüge
	Lüftung Dachaufbau Technik
Wasser- und Abwasser	Warmwasserbereiter 2.UG
	Hebeanlage Tiefgarage
	Druckerhöhungsanlage Wasser
Sicherheitseinrichtungen	Gaswarnanlage
	Brandmeldezentrale
	Sirenen
	Brandschutztor
	Sprinkleranlage
Sonstiges	Parkleitsystem
	Enteisungssystem Tiefgarageneinfahrt

Abbildung 41: Übersicht über die nicht gemessenen Verbraucher im Rathaus Lörrach

Neben diesen Verbrauchern dürfte auch die Notbatterie für zusätzlichen Stromverbrauch sorgen. Die Notbatterie soll im Falle eines Stromausfalls dafür sorgen, dass die EDV-Systeme kurzfristig weiterbetrieben werden können und ggf. sicher ausgeschaltet werden können. Auch der Weiterbetrieb der für die Sicherheit erforderlichen Einrichtungen wird dadurch gewährleistet. Die Batterie hat jedoch auch „Stillstandsverluste“. Da sie in der Regel nicht benötigt, aber immer vollgeladen sein muss, fällt für das ständige Nachladen ein Stromverbrauch an. Dieser konnte im Rahmen dieses Projekts jedoch nicht untersucht und quantifiziert werden.

4.4 Erkenntnisse zu „unsichtbaren“ Stromverbrauchern

Aus den Auswertungen der Messdaten und der Bestandsanalyse haben sich folgende Erkenntnisse zu „unsichtbarem Stromverbrauch“ bzw. zu „unsichtbaren“ Stromverbrauchern ergeben:

1. Private Geräte haben keinen relevanten Einfluss auf den Stromverbrauch im Rathaus Lörrach, sollten aber vermieden werden.
2. Standby-Verluste haben keinen relevanten Einfluss auf den Stromverbrauch im Rathaus Lörrach, sollten aber vermieden werden.
3. Stromverbraucher mit dem höchsten Anteil am Stromverbrauch sind
 - a) Zentrale EDV-Anlagen (Server mit Kühlung, Netzwerkverteiler)
Ineffiziente Kühlung der Serveranlage.
 - b) Lüftungsanlagen
Aufgrund des manuellen Betriebs werden die Anlagen oft nicht ausgeschaltet.
 - c) Aufzüge
Hoher Stromverbrauch der Aufzüge an Wochenendtagen.
4. Ein zu hoher Stromverbrauch ergibt sich oft bei Beleuchtungen in Sonderbereichen
 - a) Foyerbeleuchtung
Beleuchtung in Foyers wird nur zeitweise benötigt. Gibt es nur einen Ein-/Aus-Schalter, wird das Ausschalten oft vergessen und die Beleuchtung brennt unnötig lange.
 - b) Archivbeleuchtung
Beleuchtung in Archiven wird nur zeitweise benötigt. Gibt es nur einen Ein-/Aus-Schalter, wird das Ausschalten oft vergessen und die Beleuchtung brennt unnötig lange.
 - c) Hinweisbeleuchtung
Hinweisbeleuchtung, z.B. zur Stockwerkskennzeichnung brennt meist dauerhaft. Sind alte Leuchtmittel verbaut, ergibt sich damit ein deutlicher Stromverbrauch.
 - d) Kellerbeleuchtung
Beleuchtungen im 2. UG brennen z.T. dauerhaft.
5. In den Stockwerken sind die größten Verbraucher aufgrund ihrer Anzahl die Bürobeleuchtung und die PC's.
Die PC's werden im Leasing alle 3 Jahre erneuert und haben daher so gut wie kein Einsparpotenzial.
Bei der Bürobeleuchtung wären Einsparungen durch LED-Leuchten möglich.
6. Besondere Stromverbraucher werden in der Regel für bestimmte Arbeitsabläufe unbedingt benötigt und haben so gut wie kein Einsparpotenzial. Diese Geräte sind auch nur vereinzelt vorhanden (z.B. Dokumentenscanner, Ladegeräte für „Strafzettelgeräte“, Laminiergeräte, „Parkuhrdrucker“, Ladegeräte für E-Bikes)

7. Geräte für das Wohlergehen der Mitarbeiter*innen (Kaffeemaschine, Wasserkocher, Kühlschränke, Mikrowelle) befinden sich in der Regel zentral in relativ neu eingerichteten Teeküchen und haben so gut wie kein Einsparpotenzial.

Lüftungsanlagen und Aufzüge sind im eigentlichen Sinn zwar keine „unsichtbaren Stromverbraucher“, aber sie haben aufgrund der oft nicht sichtbaren Betriebseinstellungen einen erheblichen und oft unnötigen Stromverbrauch. Ähnliches gilt aufgrund der meist unklaren Zuständigkeiten für das Ein- und Ausschalten auch für spezielle Beleuchtungen. Daher werden diese Anlagen in der Folge mitbetrachtet.

Im Gegensatz dazu weist z.B. der Stromverbrauch der Heizung keine Auffälligkeiten auf und wird daher nicht weiter betrachtet, auch wenn vereinzelt Stromeinsparungen möglich wären.

4.5 Antworten auf die allgemeinen Fragen zu den Stromverbrauchern

Um die eingangs gestellten Fragen zu den relevanten Stromverbrauchern zu beantworten, wurde für jeden der relevantesten Verbraucher ein eigener Steckbrief erstellt. Am Beispiel der Lüftung ist nachfolgend ein solcher Steckbrief dargestellt. Weitere Steckbriefe sind im Anhang B zusammengefasst.

Nr.	Frage	Lüftungsanlagen
1	Welche Geräte sind vorhanden?	7 Einzelanlagen mit Zu- und Abluft für die Sitzungssäle
2	Wie alt sind die Geräte?	Baujahr 1975
3	Wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im Betrieb?	20-180 kWh pro Tag
4	Wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im "Schein aus / Stand-by" - Betrieb?	kein Standby-Verbrauch
5	Wie hoch sind die Benutzungsstunden?	abhängig von der Nutzung der belüfteten Sitzungssäle
6	Wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" am Gesamtstromverbrauch?	Unsichtbarer Anteil ist der Stromverbrauch außerhalb der Nutzungszeiten. Dieser entsteht, wenn das manuelle Abschalten der Lüftungsgeräte vergessen wird. Der geschätzte Anteil liegt bei ca. 4200 kWh/a (10 % des Jahresverbrauchs der Lüftungsanlagen bzw. ca. 1,2% des Gesamtstromverbrauchs)
7	Wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" an der Spitzenlast?	ca. 10% (13 KW von 130 KW)
8	Werden die Geräte überhaupt benötigt?	ja
9	Abgleich zwischen den Anforderung des Nutzers und des gemessenen Betriebszustandes	Häufiger Betrieb auch ohne Nutzung, da manuelles Ein- und Ausschalten
10	Wie effizient sind die Geräte in Bezug auf die Energieeffizienz ("Vergleich mit Toprunner-Geräten")	sehr ineffizient
11	Lässt sich der Gerätebetrieb optimieren?	Einbau bzw. Programmierung einer Abschaltautomatik, um nächtlichen Betrieb oder Betrieb an Wochenenden zu vermeiden. Optimal wäre eine komplett automatische Steuerung der Lüftungsanlagen mit Präsenzmeldern und CO2-Sensoren in den belüfteten Räumen.
12	Wie lässt sich der Gerätebetrieb unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimieren?	Eine Einschätzung der Wirtschaftlichkeit kann erst erfolgen, wenn verlässliche Kosten für die Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen vorliegen. Dies ist erst nach Ablauf des Projektzeitraums möglich.
13	Lässt sich die Geräteeffizienz optimieren?	Da die gesamten Anlagen fast 50 Jahre alt sind, müssten die Anlagen einschließlich Steuerung komplett erneuert werden. Diese Maßnahme lässt sich alleine mit den Stromkosteneinsparungen nicht finanzieren.

Abbildung 42: Steckbrief zum Verbraucher „Lüftungsanlagen“

5 Optimierungsmaßnahmen Rathaus Lörrach

5.1 Maßnahmenplanung

Für den erkannten unsichtbaren Stromverbrauch (siehe 4.4) wurden Maßnahmenvorschläge erstellt, um den Stromverbrauch an diesen Stellen zu verringern. Die Maßnahmenvorschläge wurden in der Projektgruppe vorgestellt und die Aufgaben zur Umsetzung der Maßnahmen bzw. zur Prüfung der Realisierbarkeit verteilt.

Der Maßnahmenvorschlag 14, die Heizlüfter und Ventilatoren aus dem Rathaus zu entfernen, wurde aufgrund der schlechten Bausubstanz verworfen. Die Fürsorgepflicht, den Mitarbeitern ein akzeptables Arbeitsklima zur Verfügung zu stellen, wurde höher bewertet als die ohnehin nur geringen Energieeinsparungen durch diese Maßnahme.

Nr.	Maßnahmenbeschreibung
1	Änderung der Lüftungssteuerung: Einbau einer automatischen Abschaltung der Lüftung in den späten Abendstunden, um ein Durchlaufen der Lüftung zu vermeiden
2	EDV: Temperatur der Serverkühlung im 2. OG auf 23-25°C einstellen
3	EDV: Einbau einer verbesserten Kühlung für die Serveranlage im 2. OG
4	Beleuchtung im Archiv auf LED umrüsten und ggf. mit Präsenzmeldern ausstatten
5	Hinweisbeleuchtung in allen Etagen auf LED umrüsten
6	Beleuchtung in den Büros auf LED umrüsten
7	WC-Beleuchtung in allen Etagen auf LED umrüsten
8	Beleuchtung Türen Nottreppenhaus / Schleuse in allen Etagen auf LED umrüsten
9	Flurbeleuchtung 1. UG auf LED umstellen
10	Beleuchtung Foyer 13. OG: Tageslichtsensor, Präsenzmelder und/oder Taster mit Zeitnachlauf
11	Flurbeleuchtung 2. UG mit Bewegungsmeldern ausstatten
12	Beleuchtung Flure: Einstellung Dämmerungsschalter in allen Etagen anpassen
13	Private Kühlschränke im 17. OG entsorgen
14	Private Heizlüfter und Ventilatoren verhindern
15	Standby / Schein-Aus bei Drucker, Scanner, PC's etc. verhindern (z.B. abschaltbare Steckdosenleisten)

Abbildung 43: Übersicht über die möglichen Optimierungsmaßnahmen im Rathaus Lörrach

5.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Optimierungsmaßnahmen

Damit die Optimierungsmaßnahmen auch umgesetzt werden können und die erforderlichen Investitionsmittel bereitgestellt werden, muss eine Umsetzung der Maßnahmen wirtschaftlich darstellbar sein. Zunächst wurden überschlägig die Energie- und Kosteneinsparungen ermittelt. Um die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen abschätzen zu können, müssen die Kosten der einzelnen Maßnahmen ermittelt bzw. Angebote eingeholt werden und den Einsparungen gegenübergestellt werden. Dies war leider im Projektzeitraum nicht möglich.

Nr.	Maßnahmenbeschreibung	Energie-einsparung [kWh/a]	Kosten-einsparung [€/a]	Kosten [€]	Amortisation [a]
1	Änderung der Lüftungssteuerung	4.000	800	muss noch geprüft werden	
2	EDV: Temperatur der Serverkühlung im 2. OG auf 23-25°C einstellen	1.000	200	0	0
3	EDV: Einbau einer verbesserten Kühlung für die Serveranlage im 2. OG	3.000	600	muss noch geprüft werden	
4	Beleuchtung im Archiv auf LED umrüsten und ggf. mit Präsenzmeldern ausstatten	6.500	1.300	muss noch geprüft werden	
5	Hinweisbeleuchtung in allen Etagen auf LED umrüsten	8.000	1.600	muss noch geprüft werden	
6	Beleuchtung in den Büros auf LED umrüsten	10.000	2.000	muss noch geprüft werden	
7	WC-Beleuchtung in allen Etagen auf LED umrüsten	2.000	400	muss noch geprüft werden	
8	Beleuchtung Türen Nottreppenhaus / Schleuse in allen Etagen auf LED umrüsten	2.500	500	muss noch geprüft werden	
9	Flurbeleuchtung 1. UG auf LED umstellen	1.100	220	muss noch geprüft werden	
10	Beleuchtung Foyer 13. OG: Tageslichtsensor, Präsenzmelder und/oder Taster mit Zeitnachlauf	100	20	muss noch geprüft werden	
11	Flurbeleuchtung 2. UG mit Bewegungsmeldern ausstatten	450	90	muss noch geprüft werden	
12	Beleuchtung Flure: Einstellung Dämmerungsschalter in allen Etagen anpassen	150	30	0	0
13	Privaten Kühlschrank im 17. OG entsorgen	250	50	0	0
14	Private Heizlüfter und Ventilatoren verhindern	1.000	200	wurde aufgrund der schlechten Bausubstanz verworfen	
15	Standby / Schein-Aus bei Drucker, Scanner, PC's etc. verhindern (z.B. abschaltbare Steckdosenleisten)	2.000	400	4.000	10
	Summen	42.050	8.410		

Abbildung 44_ Übersicht über die möglichen Einsparungen der Optimierungsmaßnahmen

5.3 Ergebnisse der Optimierungsmaßnahmen

Im Rahmen des Projektzeitraumes konnten erste Optimierungsmaßnahmen lediglich auf den Weg gebracht, aber noch nicht vollständig umgesetzt und verifiziert werden. Die Ergebnisse der Optimierungsmaßnahmen sind daher (noch) nicht darstellbar.

6 Messergebnisse und Verbrauchsanalyse Hans-Thoma-Gymnasium

Im Hans-Thoma-Gymnasium (HTG) konnte erst das Jahr 2020 als komplettes Jahr ausgewertet werden. Dieses Jahr stand allerdings unter dem Einfluss der Corona-Einschränkungen, so dass die Ergebnisse nicht in allen Belangen als repräsentativ angesehen werden konnten.

Aufgrund der knappen Personalsituation, der Corona-Einschränkungen und eines längeren Ausfalls des Enit Agent aufgrund einer Netzwerkkumstellung konnten die Messergebnisse im Hans-Thoma-Gymnasium im Projektzeitraum nicht in der gleichen Detailtiefe ausgewertet werden wie im Rathaus Lörrach. Es sind daher an dieser Stelle nur erste Ergebnisse dargestellt. Eine weitergehende Analyse kann erst nach dem Projektzeitraum erfolgen.

Aus Kostengründen konnten nicht alle Verbrauchsstellen messtechnisch erfasst werden, so dass sich größere Lücken ergaben.

Erste Messergebnisse Hans-Thoma-Gymnasium:

Im Jahr 2020 wurde im Hans-Thoma-Gymnasium ein Stromverbrauch von insgesamt rund 175.000 kWh gemessen. Davon konnten messtechnisch nur rund 100.000 kWh detaillierter erfasst werden. Das entspricht rund 57%.

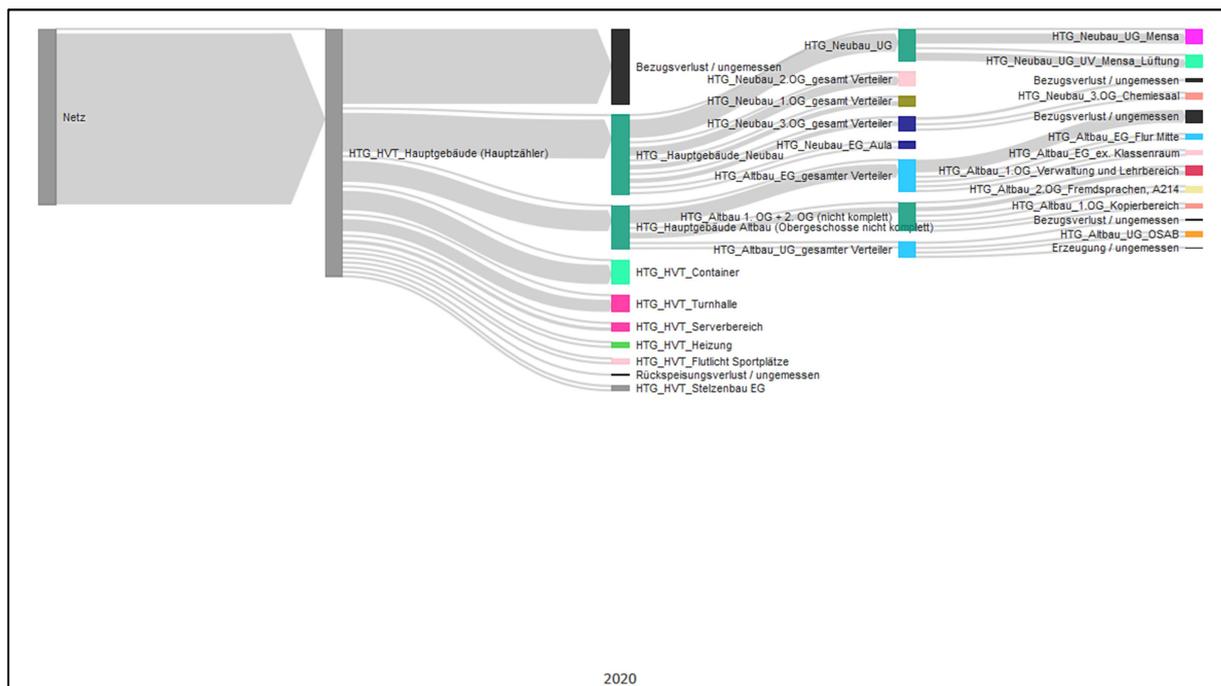


Abbildung 45: Verteilung des Stromverbrauchs im Hans-Thoma-Gymnasium 2020

Die größten Verbrauchsbereiche im HTG sind die strombeheizten Container-Klassenräume, der Mensabereich im Neubau, das Erdgeschoss im Altbau und die Turnhalle. Die Container-Klassenräume verbrauchen jährlich rund 20.000 kWh Strom, der Mensabereich durchschnittlich rund 17.500 kWh Strom, wobei zwischen 30 und 45% alleine auf die Lüftung entfallen. In der nachfolgenden Grafik (Abbildung 46) ist der Heizstrom in den Containern von bis zu 3.500 kWh pro Monat in den Wintermonaten deutlich zu erkennen.

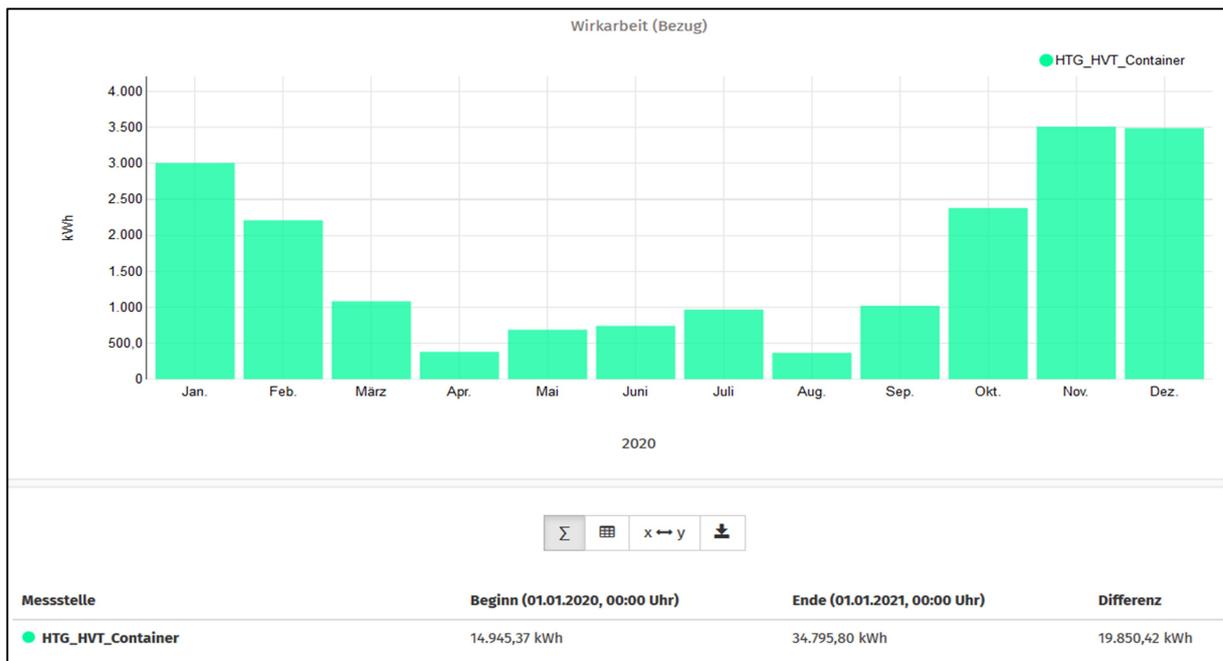


Abbildung 46: monatliche Verteilung des Stromverbrauchs der Klassenraum-Container am HTG

Wie in Abbildung 47 ersichtlich, zeigen sich bei den einzelnen Geschossen der Schule sehr unterschiedliche Stromverbräuche. Insbesondere das Erdgeschoss im Altbau verbraucht fast genauso viel Strom wie die drei Obergeschosse des Neubaus. Hier sollten die Ursachen noch genauer untersucht werden. Auch das 2.OG des Neubaus verbraucht deutlich mehr Strom als die anderen Obergeschosse im Neubau.

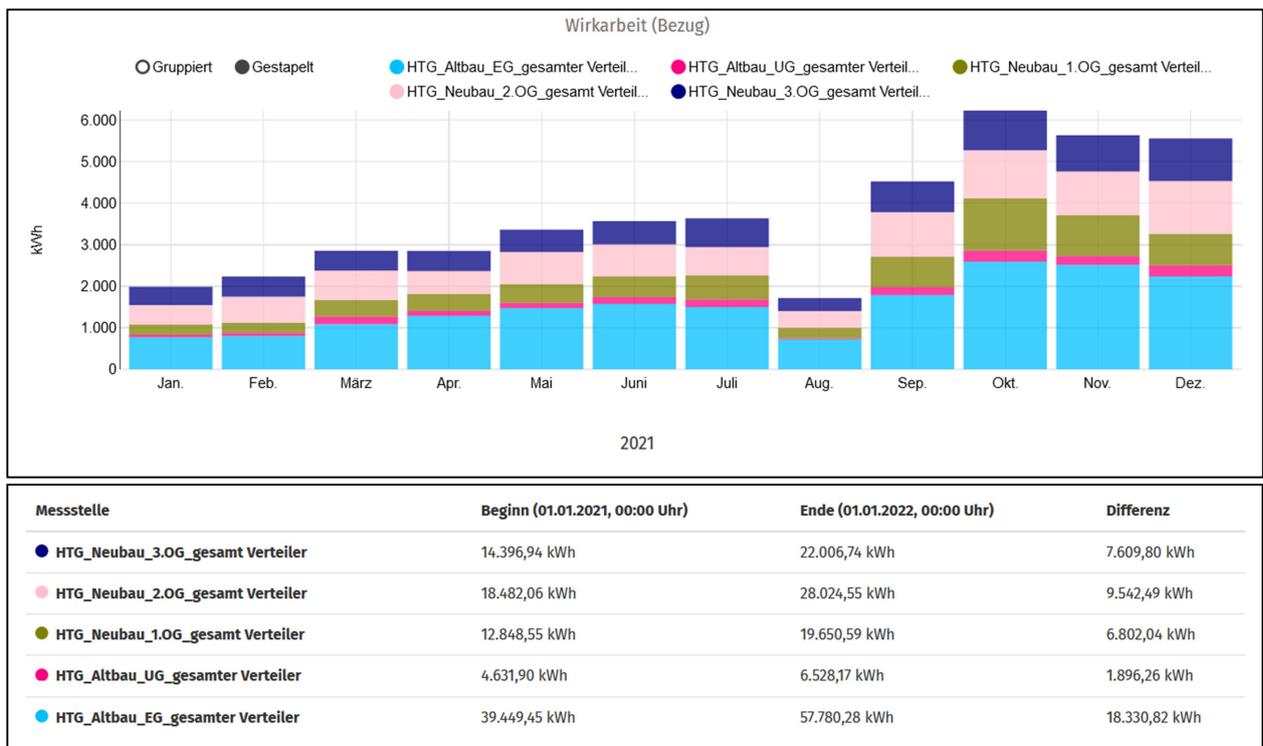


Abbildung 47: Stromverbrauch der komplett gemessenen Obergeschosse im HTG 2021

Der Serverbereich hat ebenfalls einen relevanten Verbrauch von rund 6.000 kWh/a (in 2021). Auffällig ist, dass sich der Verbrauch ab März 2021 in diesem Bereich auf 500-550 kWh/Monat nahezu verdoppelt hat (Abbildung 48).

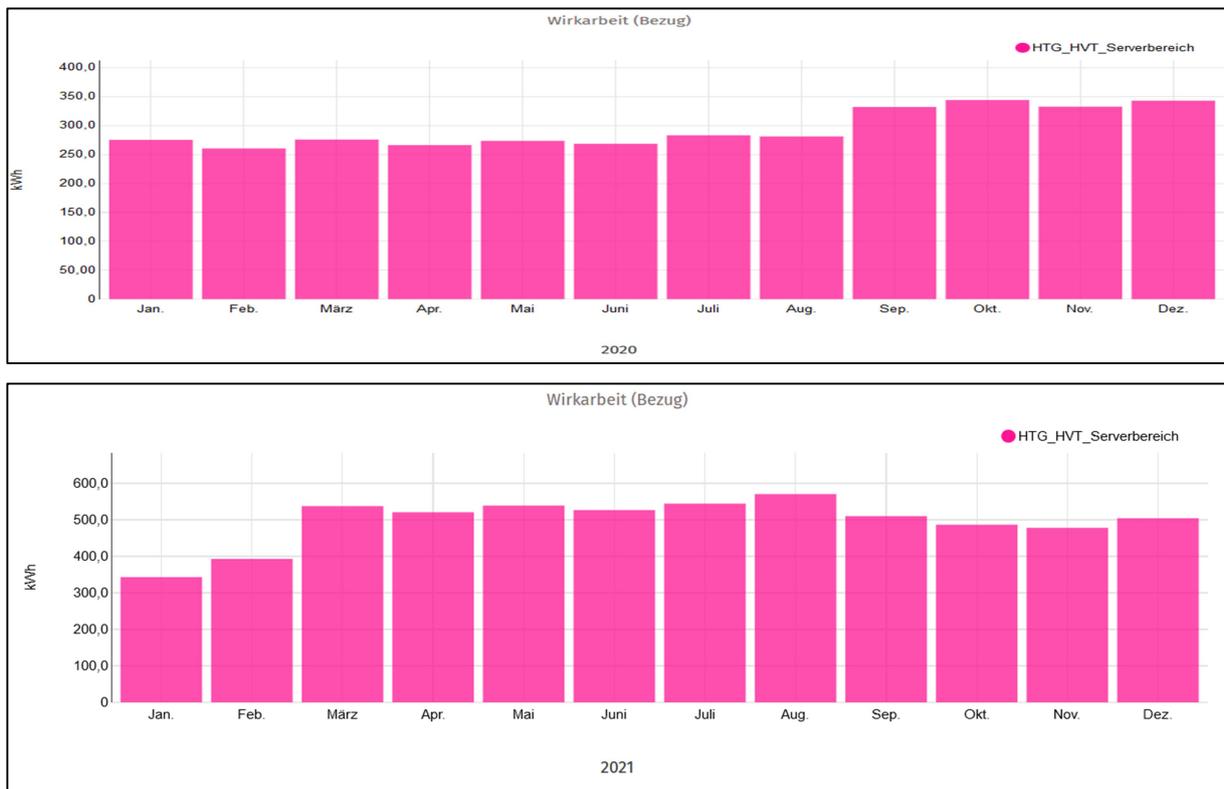


Abbildung 48: Anstieg des Verbrauchs im Serverbereich im HTG ab März 2021 (Vergleich mit 2020)

Betrachtet man kleinere räumliche Einheiten, so hat im Altbau der Bereich Verwaltung / Lehrerzimmer einen relativ hohen Verbrauch von rund 6.000 kWh/a, also genauso viel wie der Serverbereich (siehe Abbildung 49).

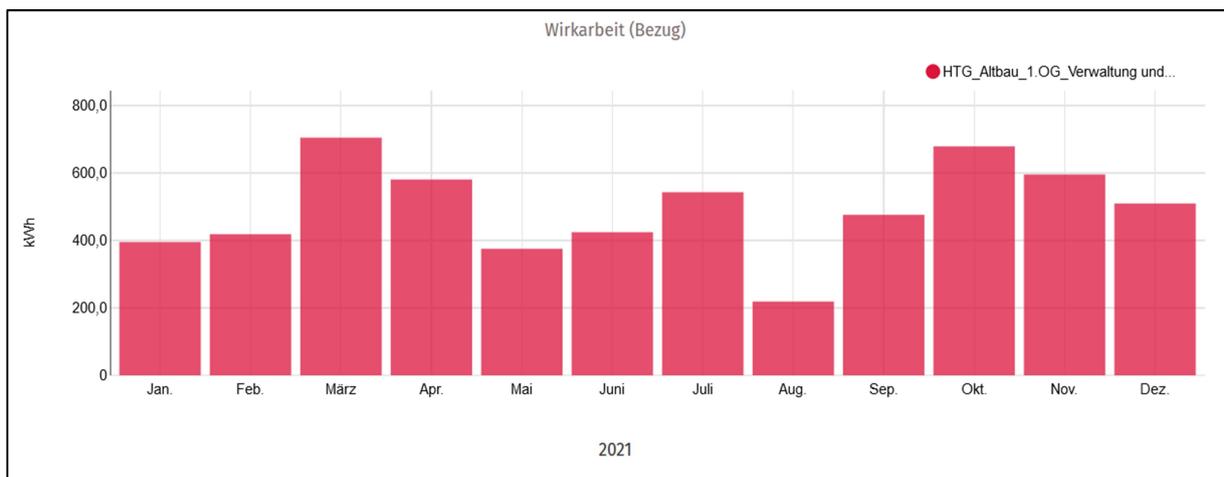


Abbildung 49: monatlicher Verbrauch des Bereichs Verwaltung / Lehrerzimmer im HTG 2021

Betrachtet man die Leistungskurven für den Mensabereich (Abbildung 50), so erkennt man in allen drei Phasen Intervalllasten, die auf Kühlgeräte hindeuten. Daneben ist eine konstante Grundlast von insgesamt knapp 1 kW vorhanden, die sich in der Zeit zwischen 12.00 und 20.00 Uhr um rund 700 W reduziert. Insbesondere bei Phase 3 geht die Grundlast in dieser Zeit auf Null zurück. Hier sollte noch näher untersucht werden, woher diese Grundlast stammt und ob sie in den übrigen Zeiten ggf. auch reduziert werden könnte.

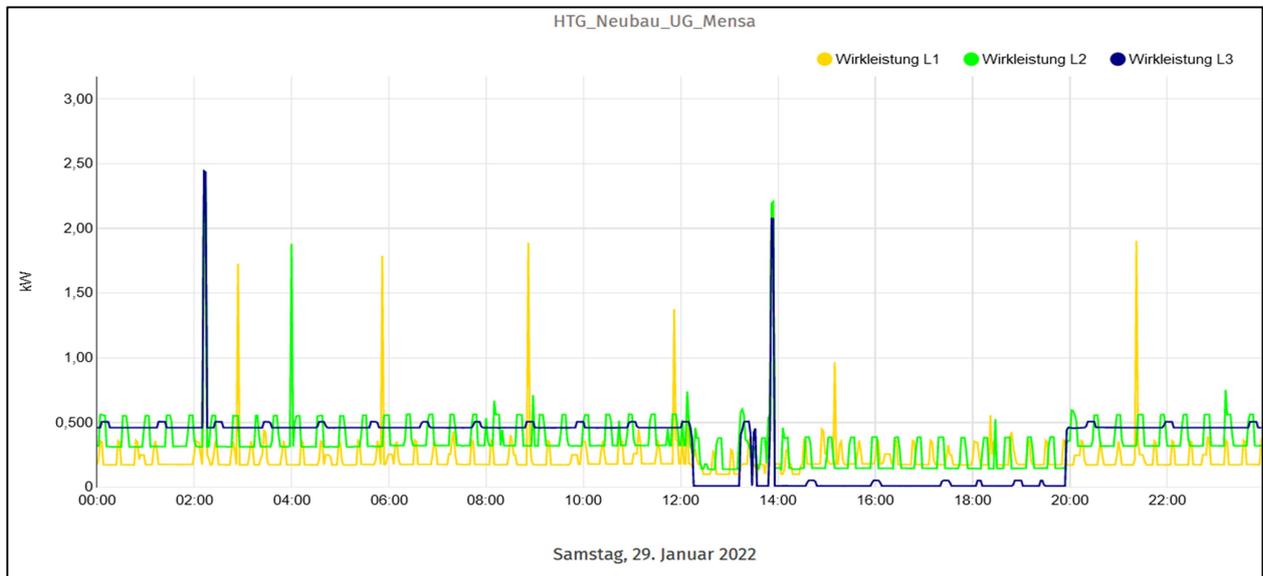


Abbildung 50: Beispielhafter Lastverlauf in der Mensa des HTG

Auch in den Obergeschossen des Neubaus fällt die relativ große Grundlast von 200 W (1.OG), 400 W (2. OG) und knapp 1 kW (3. OG) auf (siehe Abbildung 51). Ebenso im EG des Altbaus (900 W, Abbildung 52) sowie in anderen Teilbereichen, z.B. Verwaltung und Lehrerbereich (400 W), Fremdsprachenbereich (160 W) oder Turnhalle (400 W). Hinter diesen Grundlasten verbergen sich eventuell „unsichtbare“ Stromverbraucher. In all diesen Bereichen sollten daher die Ursachen und die Notwendigkeit dieser Grundlasten noch genauer untersucht werden.

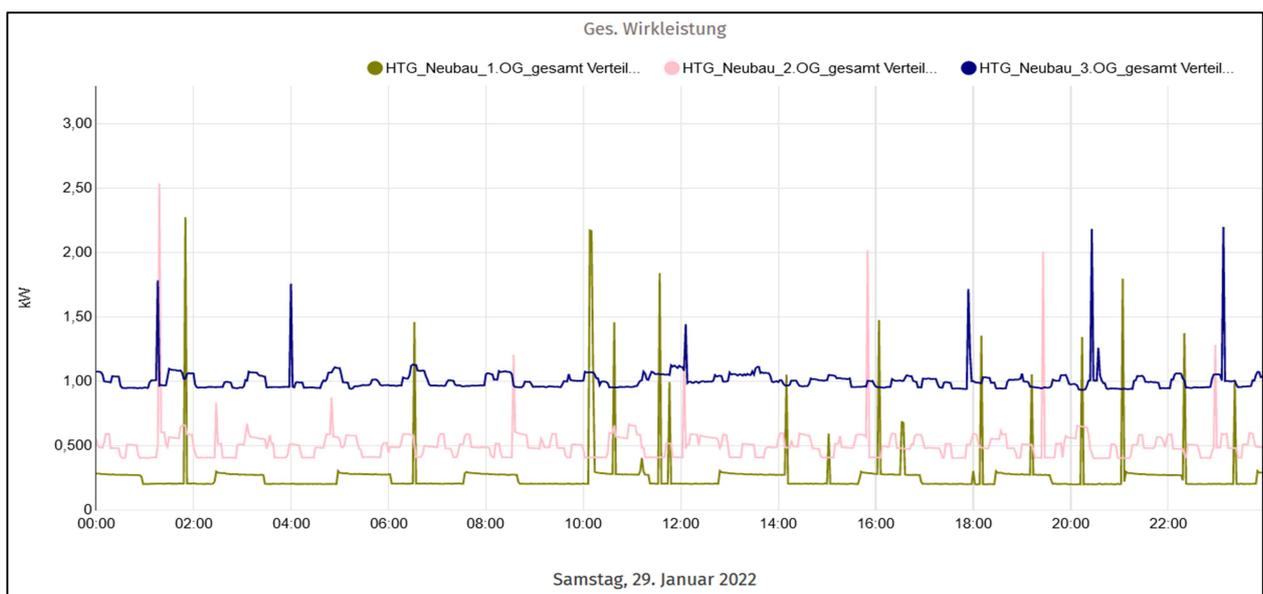


Abbildung 51: Lastverläufe in den Obergeschossen des Neubaus HTG an einem Wochenendtag

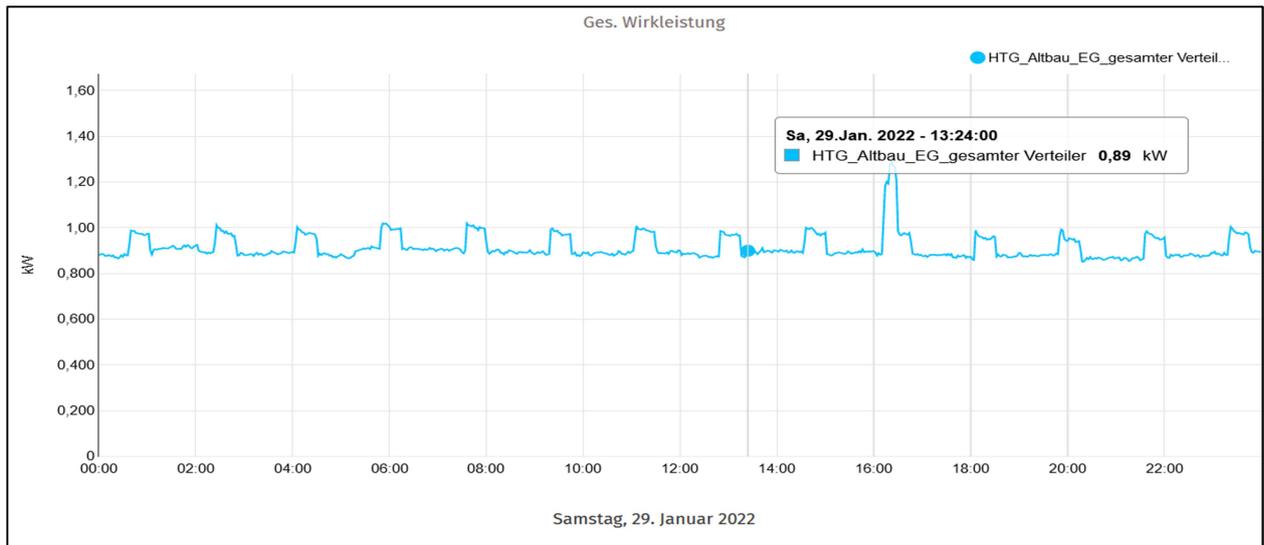


Abbildung 52: Lastverlauf im EG des Altbaus HTG an einem Samstag

Während zu den Hauptnutzungszeiten in den einzelnen Geschossen Leistungen von etwa 6 kW auftreten, weicht das EG des Altbaus mit rund 20-25 kW deutlich davon ab (Abbildung 53). Hier sollten unbedingt die Ursachen für diese hohen Leistungen und mögliche Einsparungen erforscht werden.

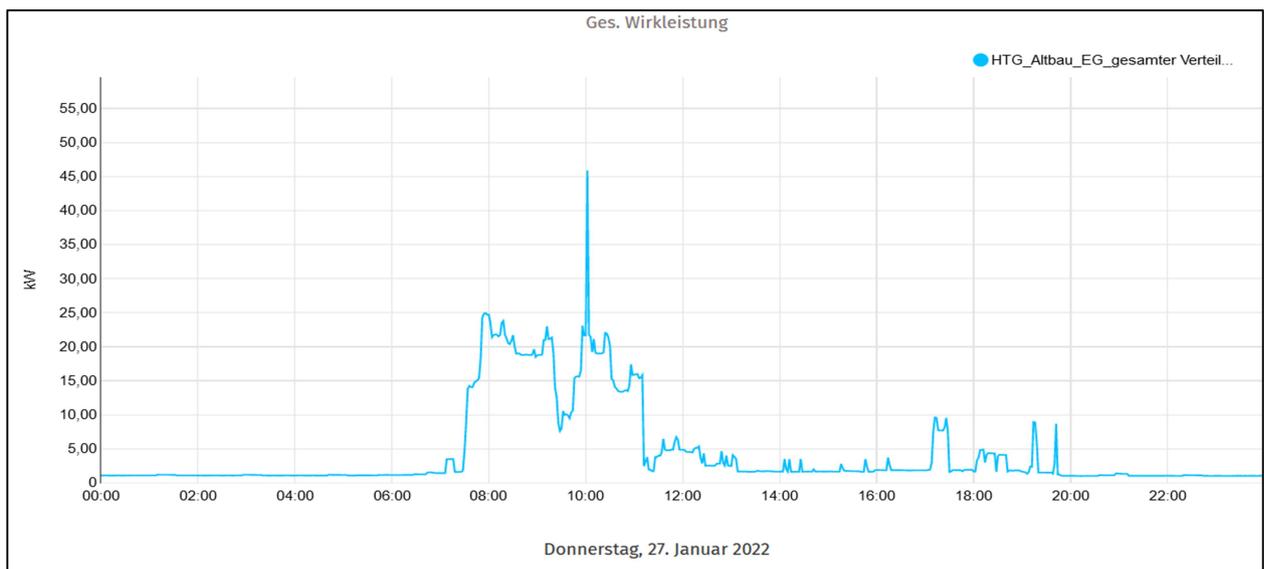


Abbildung 53: Leistungsverlauf im Altbau EG des HTG an einem Wochentag

Auffällig ist noch die große Leistung von 2-3 kW im Chemieraum in den Morgenstunden zwischen 7.30 und 9.30 Uhr, also in den ersten zwei Schulstunden (Abbildung 54). Diese deutet auf große Leistungen bei der Beleuchtung hin. Hier sollte geprüft werden, ob noch alte Leuchtmittel eingebaut sind und ob eine Umrüstung auf LED möglich ist.

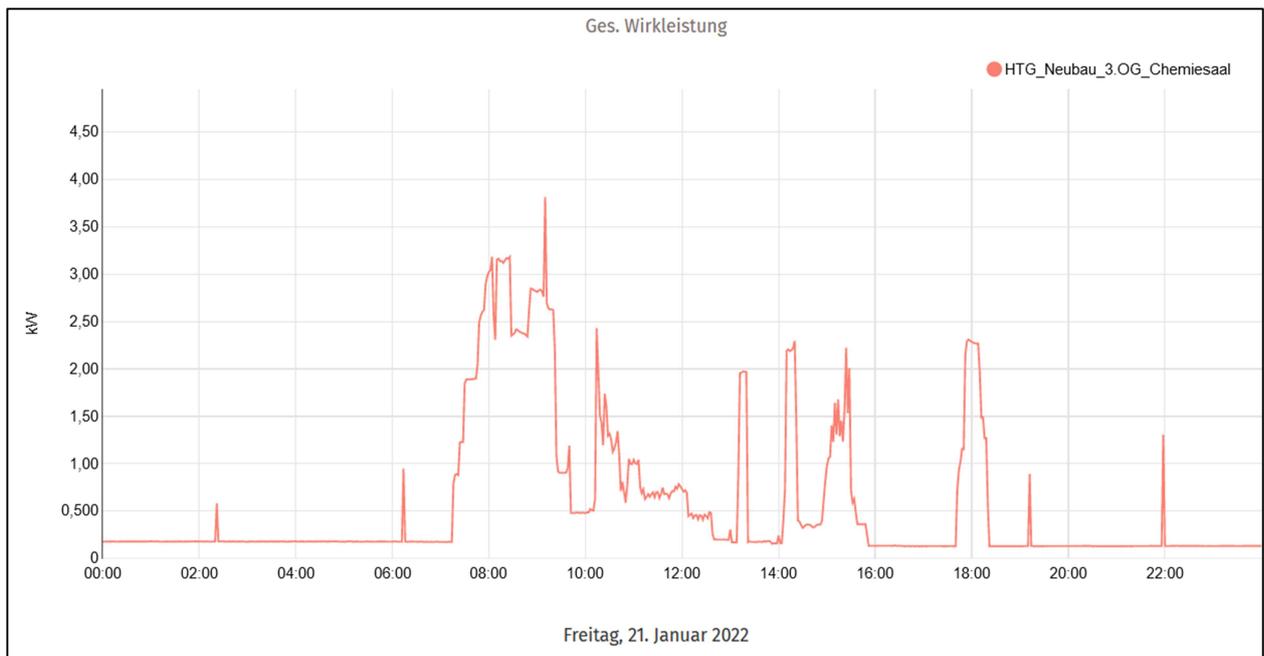


Abbildung 54: Leistungsverlauf im Chemiesaal des HTG an einem Wochentag

Der Serverbereich weist mit einer konstanten Last von rund 700 W keine weiteren Auffälligkeiten auf. Auch andere Bereiche wie Klassenräume, Flur, Heizung, oder Flutlicht (Sportplatz) zeigen keine Auffälligkeiten oder Hinweise auf „unsichtbare“ Stromverbraucher.

Das EG des Stelzenbaus und der Kopierbereich hatten im Messzeitraum seit 2020 keinen relevanten Stromverbrauch.

Sämtliche Messergebnisse fallen in den Zeitraum besonderer Corona-Regelungen. Im Normalbetrieb können sich daher ggf. noch andere Werte und Auffälligkeiten zeigen.

7 Schwierigkeiten und Probleme im Projekt

Schwierigkeiten haben sich im Projekt an mehreren Stellen ergeben:

- 1) Bei der Auswahl der Messgeräte konnte aufgrund des hohen Betonanteils und der Größe der Gebäude nicht wie ursprünglich geplant, auf Messadapter mit Funkverbindung zurückgegriffen werden. Die erforderliche neue Messsystematik über M-Bus war teurer, so dass trotz einer begrenzten Anzahl an Messgeräten höhere Kosten entstanden sind.
- 2) Für die Auswertungen der Messdaten haben sich erst im Laufe des Projekts unterschiedliche akzeptable Softwarelösungen ergeben. Problematisch waren in diesem Zusammenhang auch die strengen Vorgaben des Rechenzentrums für die Datenübertragung. Im Einsatz bewährt haben sich sowohl der Enit Agent im HTG (und anfangs im Rathaus) sowie die Software GridVis von Janitza (im Rathaus). Die Auswertungen mit der Energiemanagement-Software SanReno haben sich für die laufende Arbeit als ungeeignet herausgestellt, da damit keine Echtzeitverarbeitung der Daten möglich ist, sondern die Daten mittels csv-Datei erst importiert werden müssen.
- 3) Für sämtliche Arbeiten mit stromführenden Geräten ist Fachpersonal erforderlich. Durch die knappe Personalsituation und die dadurch bedingte hohe Arbeitsbelastung des städtischen Elektrosachverständigen haben sich in sämtlichen Projektschritten zeitliche Verzögerungen ergeben. Erschwerend kam hinzu, dass die Stelle des städtischen Elektrosachverständigen während des Projektzeitraums neu besetzt werden musste.
- 4) Durch Personalveränderungen im Fachbereich Umwelt und Klimaschutz der Stadt Lörrach hat sich zwischenzeitlich die Arbeitsbelastung des Projektverantwortlichen stark erhöht, was zu weiteren zeitlichen Verzögerungen geführt hat.
- 5) Am Hans-Thoma-Gymnasium konnte coronabedingt noch keine Bestandserfassung durchgeführt werden.
- 6) Aufgrund der teilweisen coronabedingten Schließung des Hans-Thoma-Gymnasiums waren die Messergebnisse am Gymnasium bisher nur bedingt aussagekräftig.

8 Erkenntnisse aus den Auswertungen

Bei der Formulierung der Projektaufgabe bestand die Vermutung, dass ein nicht unerheblicher Teil des Stromverbrauchs in öffentlichen Gebäuden auf die Nutzung privater Geräte am Arbeitsplatz oder durch Standby- bzw. Schein-Aus-Verbrauch entsteht. Diese Vermutung hat sich zumindest für das Rathaus Lörrach nicht bestätigt. Private Geräte sind eher die Ausnahme und der Standby- / Schein-Aus-Verbrauch macht im Vergleich zum Gesamtverbrauch nur einen sehr geringen Anteil aus.

Es hat sich auch gezeigt, dass in einem modernen Rathaus sehr viele unterschiedliche Stromverbraucher im Einsatz sind, die für den laufenden Betrieb zwingend erforderlich sind. Die meisten Geräte werden in der Regel nur dann benutzt, wenn sie tatsächlich benötigt werden. Außerdem wird auf moderne und energiesparende Endgeräte wie PC's, Bildschirme, Drucker und Kopierer geachtet.

Wesentlich stärker auf den Stromverbrauch wirken sich veraltete Beleuchtungen, Lüftungs- und Aufzugssteuerungen sowie der ständige Zuwachs an EDV-Infrastruktur aus. Bei der EDV stehen dabei nicht alleine die „sichtbaren“ Geräte wie PC's, Monitore, Drucker und Kopierer im Fokus, sondern insbesondere auch die „unsichtbaren“ Komponenten wie Server, Serverkühlung und Netzwerkverteiler. Besonders dieser EDV-Infrastruktur sollte eine größere Beachtung geschenkt werden. Durch die ständig wachsenden Anforderungen werden immer mehr und größere Komponenten eingebaut, die in vielen Fällen eine zusätzliche Kühlung benötigen. Wenn in älteren öffentlichen Gebäuden diese Komponenten irgendwo hingestellt oder eingebaut werden, ohne sich Gedanken über eine energieeffiziente Kühlung oder einen geordneten Ausbau der Infrastruktur zu machen, sind ineffiziente und energieintensive Lösungen vorprogrammiert. Sowohl die geeignete Standortwahl als auch ein modulares System für einen zukünftigen energieeffizienten Ausbau sind ebenso wichtig wie energieeffiziente Komponenten und ein energiesparendes Kühlsystem mit möglichst großem Anteil an freier Lüftung. Daneben ist natürlich auch die Zielvorgabe der Kühltemperatur für ein Serversystem wichtig. Wenn alle Komponenten optimiert sind, reichen in der Regel 25°C aus, um einen störungsfreien Serverbetrieb zu garantieren. Nicht optimierte Serversysteme müssen dagegen oft schon bei einer niedrigeren Temperatur gekühlt werden, um eine unzureichende Wärmeabfuhr zu kompensieren.

Neben der EDV ist es vor allem auch die Lüftung, die größeres Einsparpotenzial hat. Insbesondere die fehlenden regelungstechnischen Möglichkeiten sorgen immer wieder dafür, dass die Lüftungsanlagen unnötig lange Laufzeiten haben. Bei der Lüftung für das Sitzungsgeschoss gibt es zwar eine zentrale Steuerung an der Infotheke im Eingangsbereich des Rathauses, aber da das Personal mehrmals am Tag wechselt und die Bedienung der Lüftungssteuerung nicht die Hauptaufgabe der Mitarbeiterinnen an der Infotheke darstellt, wird gelegentlich vergessen, die Lüftung wieder auszustellen. Auch fehlt dem Personal, das mit dem Ein- und Ausschalten der Geräte betraut ist, oft das KnowHow für einen wirklich energieeffizienten Betrieb. Besser geeignet wäre hier der Einbau einer intelligenten Steuerung,

die z.B. mittels Präsenzmelder und CO₂-Sensoren die Lüftungsanlagen nach tatsächlichem Bedarf steuert.

Ähnlich verhält es sich bei Beleuchtungen, die nicht einem einzigen verantwortlichen Nutzer zugeordnet werden können. So hat sich z.B. im Archiv herausgestellt, dass die Beleuchtung oft dauerhaft eingeschaltet bleibt, weil „immer wieder jemand“ das Archiv nutzt. Das heißt, es gibt keine klaren Regeln für das Ausschalten der Beleuchtung und damit für einen optimalen Betrieb. In diesen Fällen wäre es besser, neben effizienteren Leuchtmitteln (LED) eine intelligente Beleuchtungssteuerung, z.B. mit Präsenzmeldern vorzusehen.

Bei älteren Beleuchtungen bietet sich eine Umrüstung auf LED-Lampen an. Dies ist jedoch je nach Alter der Leuchten nicht ohne weiteres realisierbar. Oft müssen für die Umrüstung die gesamten Leuchten getauscht werden, was mit hohem baulichen Aufwand und hohen Kosten verbunden ist. Bei Einbauleuchten ist dies eher eine Aufgabe für eine größere Sanierung als für eine schnell realisierbare Optimierungsmaßnahme. Überall dort, wo ein einfacher Tausch der Leuchtmittel möglich ist, sollte schnellstmöglich eine Umrüstung auf LED erfolgen.

Welche von diesen Erkenntnissen auf andere Kommunen übertragbar sind, lässt sich nicht genau sagen. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass in Rathäusern, die älter als 30 Jahre sind und die eine ähnliche technische Ausstattung haben, auch ähnliche Schwerpunkte bei den Verbrauchern und den Stromsparmöglichkeiten vorhanden sind.

9 Fazit

9.1 Beurteilung der Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der Messungen und Analysen sind zumindest zum Teil überraschend. Vor dem Projekt wurde der Stromverbrauchsanteil von privaten Geräten und vom Standby-Betrieb überschätzt, und der Verbrauchsanteil der EDV nicht in dieser Größenordnung erwartet. Vor allem der große Verbrauchsanteil der Netzwerkverteiler im Rathaus hat überrascht, da man bei der EDV zuerst an die PC's und Monitore und danach an die Server denkt. Die restliche EDV-Infrastruktur wird im allgemeinen nicht mit einem größeren Stromverbrauch in Verbindung gebracht.

Es wurde auch nicht mit einer solchen Vielzahl an (versteckten) stromverbrauchenden Geräten gerechnet. Separate Scanner, Laminiergeräte, Akkuladegeräte, Kühlschränke, Wasserspender, W-Lan-Router oder die Geräteausstattung in den Teeküchen, um nur einige zu nennen. Die meisten dieser Geräte werden grundsätzlich benötigt, viele allerdings nur selten oder die Geräte haben einen geringen Stromverbrauch, so dass der Einfluss auf den Gesamtverbrauch gering ist. Der Aufwand für die Verbrauchsüberwachung solcher Geräte steht daher in keinem Verhältnis zum Nutzen, erschwert aber die Analyse des Stromverbrauchs enorm. Gleiches gilt für die Stromverbraucher, die nicht mit den Messgeräten erfasst wurden und daher nicht einzeln analysiert werden konnten.

Auch der hohe Verbrauchsanteil der Lüftung, die im Grunde nur für das Sitzungsgeschoss benötigt wird, hat überrascht. Ebenso ist der Einfluss des „Handbetriebs“ bei der Lüftungssteuerung und bei größeren Beleuchtungsbereichen wie dem Archiv erschreckend hoch.

Die Hoffnung, mit einem einfachen Monitoring einzelne „unsichtbare“ Stromverbraucher mit einem unnötigen oder unnötig hohen Stromverbrauch identifizieren und den unnötigen Verbrauch abstellen zu können, hat sich zumindest in den großen Liegenschaften, die in diesem Projekt untersucht wurden, leider nicht erfüllt. Eine Überwachung oder ein jederzeit optimaler Betrieb für alle Stromverbraucher lässt sich angesichts der Vielzahl an unterschiedlichen Verbrauchern kaum realisieren. Wichtig erscheint hier einerseits, alle wesentlichen zentralen Großverbraucher möglichst mit einer intelligenten Steuerung zu versehen und einen Handbetrieb zu vermeiden sowie andererseits mindestens die Großverbraucher mit einer modernen effizienten Technik auszustatten.

9.2 Beurteilung der Strategie

Die in diesem Projekt eingesetzte Strategie zur Entdeckung der „unsichtbaren“ Stromverbraucher hat teilweise gute Ergebnisse gebracht, ist teilweise aber auch an Grenzen gestoßen.

Gut funktioniert haben:

- 1) In klar zugeordneten Bereichen, wie z.B. Lüftung, können mit den Messungen Verbrauchsschwankungen gut zugeordnet und entsprechende Betriebsoptimierungen auf den Weg gebracht werden.
- 2) Die Messergebnisse haben eine erste Sortierung des Stromverbrauchs und einen Vergleich ähnlicher Bereiche, z.B. Büroetagen, ermöglicht, um in einem großen Gebäude die Suche nach den „unsichtbaren“ Stromverbrauchern auf die wesentlichen Bereiche einzugrenzen.
- 3) Betrachtungen der Lastverläufe an Wochenenden haben Aufschluss über Grundlasten und einzelne Verbraucher im Dauerbetrieb gebracht.
- 4) Der Abgleich mit der Bestandserfassung hat teilweise zu anderen Ergebnissen geführt, als man zuvor abgeschätzt hat und dadurch eine weitere Eingrenzung der relevanten Verbraucher ermöglicht.

Grenzen der Strategie:

- 1) Die Messung von ganzen Bereichen ergibt immer eine Summengrafik, aus der sich nicht direkt einzelne Verbraucher zuordnen lassen. Selbst wenn man Standardgrafiken wie z.B. eine Intervallgrafik für Kühlschränke herausrechnen würde, lassen sich allein mit den Bereichsmessungen nur wenige „unsichtbare“ Stromverbraucher direkt identifizieren. Bereichsmessungen müssen daher immer in Kombination mit einer Begehung des Bereichs und einer Bestandsaufnahme aller angeschlossenen Verbraucher erfolgen, um „unsichtbare“ Stromverbraucher identifizieren zu können.

- 2) In großen Gebäuden lassen sich aus Kostengründen oft nicht alle Bereiche messen. Die nicht gemessenen Bereiche können ggf. einen sehr großen Teil des Stromverbrauchs ausmachen.
- 3) Vor allem in älteren Gebäuden kommt es häufig vor, dass nachträglich Änderungen an den Stromverteilungen durchgeführt werden oder zusätzliche Geräte irgendwo angehängt werden. Dadurch können Verbraucher übersehen und Messergebnisse ggf. falsch interpretiert werden.
- 4) Das Verfahren ist insgesamt noch sehr zeitaufwändig.
- 5) Die Kosten für eine Vielzahl an Messgeräten und für eine geeignete Software zur Auswertung der Messungen sind im Vergleich zu den möglichen Kosteneinsparungen durch Optimierungsmaßnahmen sehr hoch. Diese Vorgehensweise ist daher wirtschaftlich nur dort darstellbar, wo eine überschaubare Anzahl Verbraucher mit wenigen Messstellen erfasst werden kann.

Wenn man davon ausgeht, dass in ähnlichen Gebäuden eine ähnliche Grundverteilung des Stromverbrauchs zu finden ist, könnte man die Anzahl der eingesetzten Messgeräte auf die relevantesten Bereiche aus diesem Projekt reduzieren und dadurch die Kosten überschaubar halten.

9.3 Beurteilung der Software

Es sind im Rahmen des Projekts drei verschiedene Software-Produkte zum Einsatz gekommen, mit denen die Messergebnisse tabellarisch und grafisch dargestellt werden können. Für die Auswertungen mit der Energiemanagement-Software SanReno ist ein vorheriger Export der Messdaten in eine csv-Datei erforderlich, die anschließend in die Software importiert werden kann. Die Software GridVis von Janitza und von Enit Systems verarbeiten die Messdaten direkt und sind daher für den laufenden Betrieb besser geeignet.

Das Handling mit dem Enit Agent über ein Dashboard, in dem viele grafische Auswertungen schnell zusammengestellt werden können, hat sich dabei als praktikabelste Lösung herausgestellt. Allerdings kann mit dem Enit Agent nur ein Gebäude in Echtzeit betrachtet werden. Auswertungen weiterer Gebäude sind mit dem Enit Agent zwar prinzipiell möglich, jedoch nur zeitverzögert mittels Import der Daten über eine csv-Datei.

Umgekehrt können mit der Software GridVis von Janitza Daten von mehreren Gebäuden in Echtzeit verwaltet werden, die Auswertungen sind jedoch weniger komfortabel als mit dem Enit Agent.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnis Frage 3 der Umfrage der Akzeptanzanalyse.....	7
Abbildung 2: Ergebnis Frage 6 der Umfrage der Akzeptanzanalyse.....	8
Abbildung 3: Ergebnis Frage 8 der Umfrage der Akzeptanzanalyse.....	8
Abbildung 4: Schema Stromzähler des Messkonzepts Rathaus Lörrach.....	13
Abbildung 5: Verbrauchsübersicht Rathaus Lörrach Zeitraum November 2019 bis Oktober 2020	15
Abbildung 6: Verteilung des Stromverbrauchs im Rathaus Lörrach im November 2018.....	16
Abbildung 7: Verteilung des Stromverbrauchs im Rathaus Lörrach im Juli 2018.....	17
Abbildung 8: Stromverbrauch in verschiedenen Stockwerken im September 2018 in kWh	18
Abbildung 9: Stromverbrauch der Lüftungsanlagen im Juli 2018.....	19
Abbildung 10: Stromverbrauch der Lüftungsanlagen im August 2018	20
Abbildung 11: Stromverbrauch der Aufzugsanlage im Juni 2018.....	21
Abbildung 12: Lastkurven der Aufzugsanlage an einem Sonntag im September 2018.....	21
Abbildung 13: Lastkurven der Aufzugsanlage an einem Montag im September 2018.....	22
Abbildung 14: Stromverbrauch der Serveranlage im April 2018.....	22
Abbildung 15: Stromverbrauch der Serveranlage im Juni 2018.....	23
Abbildung 16: Stromverbrauch der Serveranlage im Juli 2018.....	23
Abbildung 17: Stromverbrauch im 1. UG im Mai 2018.....	25
Abbildung 18: Lastkurven im 1. UG am Samstag, den 5. Mai 2018 (ohne hohe Lastspitzen).....	25
Abbildung 19: Lastkurven im 1. UG am Samstag, den 12. Mai 2018 (mit zwei hohen Lastspitzen)	25
Abbildung 20: Lastkurven im 1. UG an einem Werktag (Montag, den 7. Mai 2018)	26
Abbildung 21: Darstellung der Grundlast an einem Sonntag im 4., 6. und 9. OG	27
Abbildung 22: Darstellung der Grundlast an einem Sonntag im 11., 13. und 16. OG.....	27
Abbildung 23: Netzwerkverteiler in der Verkleidung hinter dem Aufzugsschacht	28
Abbildung 24: Darstellung der einzelnen Lastphasen an einem Sonntag im 4. OG.....	29
Abbildung 25: Darstellung der einzelnen Lastphasen an einem Sonntag im 11. OG.....	29
Abbildung 26: Tabelle Grundlast an einem Wochenendtag (Sonntag, den 17.06.2018).....	30
Abbildung 27: Tabelle Grundlast an einem Werktag (Donnerstag, den 21.06.2018)	31
Abbildung 28: Moderner Flachbildschirm in einem Büro.....	32
Abbildung 29: Drucker im Flurbereich.....	32
Abbildung 30: Kopierer im Flurbereich.....	32
Abbildung 31: Teeküche mit Kühlschrank, Spülmaschine, Kaffeemaschine, Mikrowelle und Wasserkocher.....	33
Abbildung 32: Archivbeleuchtung im 1. UG.....	33
Abbildung 33: Beleuchtung Nottreppenhaus.....	33
Abbildung 34: Hinweisbeleuchtung.....	33
Abbildung 35: Beleuchtung vor Aufzug mit Hinweisbeleuchtung im Hintergrund	34
Abbildung 36: Beleuchtung Foyer 13. OG.....	34
Abbildung 37: Wasserspender im 13. OG	34
Abbildung 38: Verschiedene (Dauer-)Beleuchtungen im Flur 2. UG.....	34
Abbildung 39: Auswertungen der Bestandsaufnahme für das 15. OG.....	36
Abbildung 40: Auswertung des gemessenen Verbrauchs im 15. OG im Jahr 2020.....	37
Abbildung 41: Übersicht über die nicht gemessenen Verbraucher im Rathaus Lörrach	38
Abbildung 42: Steckbrief zum Verbraucher „Lüftungsanlagen“	40
Abbildung 43: Übersicht über die möglichen Optimierungsmaßnahmen im Rathaus Lörrach	41
Abbildung 44_ Übersicht über die möglichen Einsparungen der Optimierungsmaßnahmen.....	42
Abbildung 45: Verteilung des Stromverbrauchs im Hans-Thoma-Gymnasium 2020	43

Abbildung 46: monatliche Verteilung des Stromverbrauchs der Klassenraum-Container am HTG	44
Abbildung 47: Stromverbrauch der komplett gemessenen Obergeschosse im HTG 2021	44
Abbildung 48: Anstieg des Verbrauchs im Serverbereich im HTG ab März 2021 (Vergleich mit 2020)	45
Abbildung 49: monatlicher Verbrauch des Bereichs Verwaltung / Lehrerzimmer im HTG 2021	45
Abbildung 50: Beispielhafter Lastverlauf in der Mensa des HTG.....	46
Abbildung 51: Lastverläufe in den Obergeschossen des Neubaus HTG an einem Wochenende.....	46
Abbildung 52: Lastverlauf im EG des Altbaus HTG an einem Samstag.....	47
Abbildung 53: Leistungsverlauf im Altbau EG des HTG an einem Wochentag.....	47
Abbildung 54: Leistungsverlauf im Chemiesaal des HTG an einem Wochentag.....	48

Anhang

A) Bestandsaufnahme der Stromverbraucher in ausgewählten Etagen (1. UG, 4. OG, 13. OG, 17. OG) und zum Vergleich Auswertungen aus GridVis für 2020

1.UG								
1. UG		Beleuchtung						
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche werktags	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Arbeit (kWh)	Bemerkungen
Beleuchtung Büros (T5 kurz)	72	14	30	0	1.560	1.008	1.572	
Beleuchtung Flur	9	40	88	0	4.576	360	1.647	
Notbeleuchtung	4	12	120	48	8.736	48	419	
Beleuchtung Tür Nottreppenhaus	1	12	120	48	8.736	12	105	2 vorhanden, nur in Schleuse an
Beleuchtung Archiv	68	71	35	0	1.820	4.828	8.787	
Beleuchtung WC (T8)	2	71	5	0	260	142	37	
Beleuchtung Putzraum (T8 kurz)	1	18	2	0	104	18	2	
						Watt (W)	kWh	
Summe Beleuchtung						6.416	12.570	
1. UG		elektrische Verbraucher						
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Arbeit (kWh)	Bemerkungen
PC	7	80	30	0	1.560	560	874	ggf. Standby
Bildschirm	7	25	30	0	1.560	175	273	ggf. Standby
Drucker klein (Ecosys P2040 dn)	1	620	1	0	52	620	32	
Notebook	1	50	10	0	520	50	26	ggf. Standby
Scanner (Fujitsu Fi 7260)	2	40	1	0	52	80	4	
Kopierer (Task Alfa 5053 ci)	1	733	3	0	156	733	114	
Entfeuchtungsgeräte (AxAir)	4	600	5	0	260	2.400	624	
Kühlschrank Siemens QC358	1	80	27	11	1.976	80	158	Sektkühlung
Kühlschrank alt	1	90	27	11	1.976	90	178	Dauerbetrieb
Kühlschrank alt (nicht in Betrieb)	1							
Elektrische Aktenschränke	2	100	1	0	52	200	10	Motoren + Regelung
Durchlauferhitzer								
Private Geräte:								
Kaffeemaschine	2	100	5	0	260	200	52	
kWh						Watt (W)	kWh	
						5.188	2.346	
1. UG		Standby						
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Arbeit (kWh)	Bemerkungen
PC	7	1	90	48	7.176	7	50	
Bildschirm	7	1	90	48	7.176	7	50	
Drucker klein (Ecosys P2040 dn)	1	1	119	48	8.684	1	7	
Notebook	1	1	110	48	8.216	1	8	
Scanner (Fujitsu Fi 7260)	2	1	119	48	8.684	2	17	
Kopierer (Task Alfa 5053 ci)	1	1	117	48	8.580	1	9	
kWh						Watt (W)	kWh	
						19	142	
Summe Leistung Beleuchtung und Geräte						11.604		
Summe Arbeit Beleuchtung, Geräte und Standby							15.057	



B24 312-10J

UV 1.UG

Letzter Wert: 08.10.21 16:45:00

Zeitplan: Kein Zeitplan

Hardware Revision: B24 312-10J

Energiewerte x

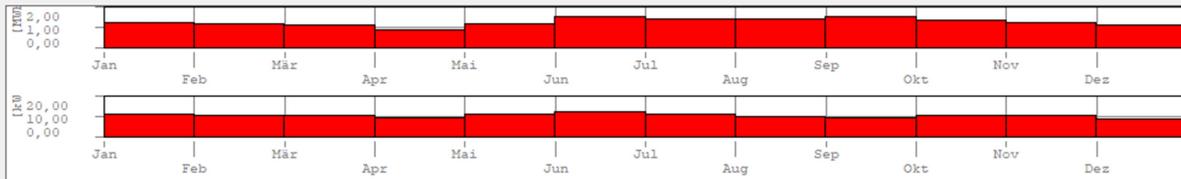
Übersichtstyp: Jahresübersicht Übernehmen

Energie Werte: Bezogene Wirkarbeit Gesamttarif Summe L1..L3 🔍

Leistungs Werte: Wirkleistung Summe L1..L3

Jahr: 2020 Monat: 10 Tag: 8

Vergleichen 2020 10 8



Monat	Energie 2020	Leistung 2020
Februar	1,19 MWh	10,50 kW
März	1,11 MWh	10,57 kW
April	892,27 kWh	9,66 kW
Mai	1,17 MWh	11,39 kW
Juni	1,52 MWh	12,16 kW
Juli	1,42 MWh	11,36 kW
August	1,41 MWh	10,04 kW
September	1,53 MWh	9,41 kW
Oktober	1,37 MWh	10,36 kW
November	1,25 MWh	10,71 kW
Dezember	1,09 MWh	9,07 kW
Zusammenfassung	15,22 MWh	12,16 kW

4.OG								
4.OG Beleuchtung								
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche werktags	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Arbeit (kWh)	Bemerkungen
Beleuchtung Büros (T8)	60	71	5	0	260	4.260	1.108	
Beleuchtung Flur	40	7	45	0	2.340	280	655	LED, Schaltung manuell über Tableau Info-Theke
Hinweisbeleuchtung (T8)	2	71	90	0	4.680	142	665	
Notbeleuchtung	5	12	120	48	8.736	60	524	
Beleuchtung Tür Nottreppenhaus	2	12	120	48	8.736	24	210	
Beleuchtung Kaffeeküche (2 LED)	2	5	10	0	520	10	5	
Beleuchtung WC (T8)	1	71	25	0	1.300	71	92	
Beleuchtung WC (LED)	2	5	25	0	1.300	10	13	
						Watt (W)	kWh	
Summe Beleuchtung						4.857	3.272	
4.OG elektrische Verbraucher								
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Arbeit (kWh)	Bemerkungen
PC	22	80	15	0	780	1.760	1.373	ggf. Standby
Bildschirm	25	25	15	0	780	625	488	ggf. Standby
Drucker klein (Ecosys P2040 dn)	6	620	1	0	52	3.720	193	
Kopierer (Task Alfa 5053 ci)	1	733	3	0	156	733	114	
Notebook	1	50	10	0	520	50	26	ggf. Standby
Scanner (Fujitsu Fi 7260)	1	40	1	0	52	40	2	
Faxgerät	1	40	1	0	52	40	2	
W-Lan-Router (Cisco)	2	10	120	48	8.736	20	175	Dauerbetrieb
Zusatzleuchten LED	1	5	30	0	1.560	5	8	
Zusatzleuchte Kopierer	1	20	5	0	260	20	5	
TV-Bildschirm Besprechungszimmer	1	80	1	0	52	80	4	
Drucker für Submissionen	1	620	1	0	26	620	16	
Akkuladegerät für Fahrrad	1	250	2	0	104	250	26	
Kaffeküche:								
Kühlschrank	1	50	27	11	1.976	50	99	Dauerbetrieb
Kaffeemaschine	1	1.500	4	0	208	1.500	312	ggf. Standby
Spülmaschine	1	2.200	1	0	52	2.200	114	
Wasserkocher	1	2.200	2	0	104	2.200	229	
Private Geräte:								
Heizlüfter	1	2.000	1	0	52	2.000	104	punktuell im Winter
Ventilator	3	25	1	0	52	75	4	Punktuell im Sommer
EDV: Netzwerkverteiler	1	750	120	48	8.736	750	6.552	
						Watt (W)	kWh	
kWh						16.738	9.846	
4.OG Standby								
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Arbeit (kWh)	Bemerkungen
PC	22	1	90	48	7.176	22	158	
Bildschirm	25	1	90	48	7.176	25	179	
Drucker klein (Ecosys P2040 dn)	6	1	119	48	8.684	5	42	
Kopierer (Task Alfa 5053 ci)	1	1	117	48	8.580	1	9	
Notebook	1	1	110	48	8.216	1	8	
Scanner (Fujitsu Fi 7260)	1	1	119	48	8.684	1	9	
Faxgerät	1	1	119	48	8.684	1	9	
Kaffeküche:								
Kaffeemaschine	1	5	70	0	3.640	5	18	
						Watt (W)	kWh	
kWh						61	431	
Summe Leistung Beleuchtung und Geräte						21.595		
Summe Arbeit Beleuchtung, Geräte und Standby							13.549	



B24 312-10J

UV 4.OG

Letzter Wert: 08.10.21 16:45:00

Zeitplan: Kein Zeitplan

Hardware Revision: B24 312-10J

Energiewerte x

Übersichtstyp: Jahresübersicht

Übernehmen

Energie Werte: Bezogene Wirkarbeit Gesamttarif Summe L1..L3

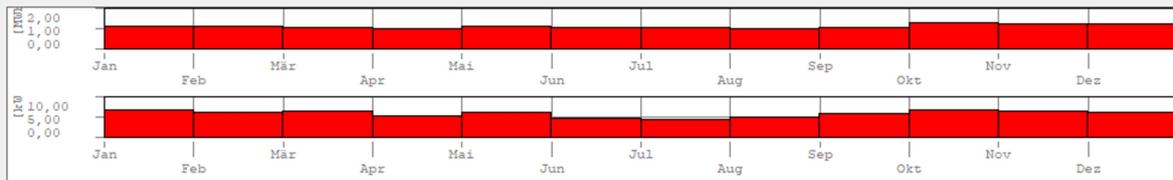


Leistungs Werte: Wirkleistung Summe L1..L3

Jahr: 2020
 Monat: 10
 Tag: 8

Vergleichen

Jahr: 2020
 Monat: 10
 Tag: 8



Monat	Energie 2020	Leistung 2020
Februar	1,09 MWh	6,20 kW
März	1,08 MWh	6,34 kW
April	1,01 MWh	5,41 kW
Mai	1,14 MWh	6,23 kW
Juni	1,07 MWh	4,75 kW
Juli	1,08 MWh	4,52 kW
August	1,02 MWh	5,06 kW
September	1,09 MWh	5,83 kW
Oktober	1,29 MWh	6,77 kW
November	1,26 MWh	6,42 kW
Dezember	1,23 MWh	6,08 kW
Zusammenfassung	13,48 MWh	6,87 kW

13.OG								
13.OG Beleuchtung								
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche werktags	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Arbeit (kWh)	Bemerkungen
Beleuchtung Büros (T8)	42	71	5	0	260	2.982	775	
Beleuchtung Flur (LED)	22	7	45	0	2.340	154	360	LED, Schaltung manuell über Tableau Info-Theke
Beleuchtung Foyer (LED)	15	7	40	0	2.080	105	218	
Hinweisbeleuchtung (T8)	2	71	90	0	4.680	142	665	
Notbeleuchtung	5	12	120	48	8.736	60	524	
Beleuchtung Tür Nottreppenhaus	2	12	120	48	8.736	24	210	
Beleuchtung Kaffeeküche								
Beleuchtung WC (T8)	2	71	25	0	1.300	142	185	
						Watt (W)	kWh	
Summe Beleuchtung						3.609	2.937	
13.OG elektrische Verbraucher								
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Arbeit (kWh)	Bemerkungen
PC	14	80	15	0	780	1.120	874	ggf. Standby
Bildschirm	17	25	15	0	780	425	332	ggf. Standby
Drucker klein (Ecosys P2040 dn)	1	620	1	0	52	620	32	
Kopierer (Task Alfa 5053 ci)	1	733	3	0	156	733	114	
Plotter HP Designjet T1300	1	120	5	0	260	120	31	Dauerstandby ("nicht ausschalten")
Wasserspender Isit Elite	1	150	5	0	260	150	39	ggf. Standby
W-Lan-Router (Cisco)	2	10	120	48	8.736	20	175	Dauerbetrieb
Durchlauferhitzer	1	1.800	5	0	260	1.800	468	
Zusatzleuchten T5	2	54	30	0	1.560	108	168	
Zusatzleuchten LED	1	5	30	0	1.560	5	8	
Zusatzleuchten Leuchtstoff	1	15	30	0	1.560	15	23	
keine Kaffeeküche								
Private Geräte:								
Heizlüfter	1	2.000	1	0	52	2.000	104	punktuell im Winter
Ventilator	2	25	1	0	52	50	3	Punktuell im Sommer
EDV: Netzwerkverteiler	1	690	120	48	8.736	690	6.028	
						Watt (W)	kWh	
						7.856	8.399	
13.OG Standby								
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Arbeit (kWh)	Bemerkungen
PC	14	1	90	48	7.176	14	100	ggf. Standby
Bildschirm	17	1	90	48	7.176	17	122	ggf. Standby
Drucker klein (Ecosys P2040 dn)	1	1	119	48	8.684	1	7	
Kopierer (Task Alfa 5053 ci)	1	1	117	48	8.580	1	9	
Plotter HP Designjet T1300	1	1	115	48	8.476	1	8	Dauerstandby ("nicht ausschalten")
Wasserspender Isit Elite	1	1	5	0	260	1	0	ggf. Standby
kWh						Watt (W)	kWh	
						35	247	
Summe Leistung Beleuchtung und Geräte						11.465		
Summe Arbeit Beleuchtung, Geräte und Standby							11.583	



B24 312-10J

UV 13.0G

Letzter Wert: 08.10.21 16:45:00

Zeitplan: Kein Zeitplan

Hardware Revision: B24 312-10J

Energiewerte x

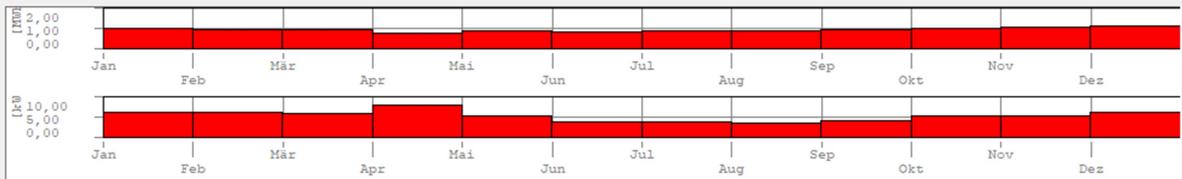
Übersichtstyp: Jahresübersicht Übernehmen

Energie Werte: Bezogene Wirkarbeit Gesamttarif Summe L1..L3 📄

Leistungs Werte: Wirkleistung Summe L1..L3

Jahr: 2020 | Monat: 10 | Tag: 8

Vergleichen | 2020 | 10 | 8



Monat	Energie 2020	Leistung 2020
Februar	964,11 kWh	6,13 kW
März	936,59 kWh	5,97 kW
April	766,26 kWh	7,93 kW
Mai	856,80 kWh	5,38 kW
Juni	846,12 kWh	3,79 kW
Juli	901,28 kWh	3,79 kW
August	869,07 kWh	3,52 kW
September	912,41 kWh	4,19 kW
Oktober	1,01 MWh	5,23 kW
November	1,06 MWh	5,30 kW
Dezember	1,11 MWh	6,20 kW
Zusammenfassung	11,24 MWh	7,93 kW

17.OG								
17.OG		Beleuchtung						
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche werktags	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Energie (kWh)	Bemerkungen
Beleuchtung Büros (T8)	28	71	9	0	468	1.988	930	
Beleuchtung Flur	29	7	25	0	1.300	203	264	LED, Schaltung manuell über Tableau Info-Theke
Hinweisbeleuchtung (T8)	1	71	90	0	4.680	71	332	
Notbeleuchtung	3	12	120	48	8.736	36	314	
Beleuchtung Tür Notreppenhaus	2	12	120	48	8.736	24	210	
Beleuchtung Kaffeeküche (2 LED)	2	5	10	0	520	10	5	
Beleuchtung WC (T8)	1	71	25	0	1.300	71	92	
Beleuchtung WC (LED)	2	5	25	0	1.300	10	13	
						Watt (W)	kWh	
Summe Beleuchtung						2.413	2.161	
17.OG		elektrische Verbraucher						
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Energie (kWh)	Bemerkungen
PC	11	80	30	0	1.560	880	1.373	ggf. Standby
Bildschirm	11	25	30	0	1.560	275	429	ggf. Standby
Drucker klein (Ecosys P2040 dn)	6	620	1	0	52	3.720	193	
Scanner (Fujitsu Fi 7260)	5	40	1	0	52	200	10	
Elektroheizkörper GVD (Jawo)	2	1.000	0	8	240	2.000	480	
Ladegeräte f. Erfassungsgeräte GVD	12	5	5	1	312	60	19	Geräte werden auch an WE geladen
W-Lan-Router (Cisco)	1	10	120	48	8.736	10	87	Dauerbetrieb
Kaffeeküche:								
Kühlschrank	1	50	35	14	2.548	50	127	Dauerbetrieb
Kaffeemaschine	1	1.500	2	0	104	1.500	156	ggf. Standby
Spülmaschine	1	2.200	1	0	52	2.200	114	
Mikrowelle	1	800	1	0	26	800	21	
Wasserkocher	1	2.200	2	0	104	2.200	229	
Milchschaumer	1	500	1	0	52	500	26	nur punktuell im Einsatz
Private Geräte:								
Kühlschrank alt	1	70	48	19	3.458	70	242	Dauerbetrieb
Heizlüfter	1	2.000	1	0	52	2.000	104	punktuell im Winter
Ventilator	3	25	1	0	52	75	4	Punktuell im Sommer
Kaffeemaschine	1	1.000	3	0	156	1.000	156	nur punktuell im Einsatz
						Watt (W)	kWh	
						17.540	3.771	
17.OG		Standby						
Ort / Bezeichnung	Anzahl	Leistung (W)	Nutzungs- stunden pro Woche	Nutzungs- stunden pro Woche Wochenende	Nutzungs- stunden pro Jahr	Summe Leistung (W)	Summe Energie (kWh)	Bemerkungen
PC	11	1	90	48	7.176	11	79	
Bildschirm	11	1	90	48	7.176	11	79	
Drucker klein (Ecosys P2040 dn)	6	1	119	48	8.684	5	42	
Scanner (Fujitsu Fi 7260)	5	1	119	48	8.684	5	43	
Elektroheizkörper GVD (Jawo)	2	1	0	20	1.040	2	2	
Ladegeräte f. Erfassungsgeräte GVD	12	0	115	47	8.424	1	10	
Kaffeeküche:								
Kaffeemaschine	1	5	70	0	3.640	5	18	
						Watt (W)	kWh	
						40	273	
Summe Leistung Beleuchtung und Geräte						19.953		
Summe Arbeit Beleuchtung, Geräte und Standby							6.206	



B24 312-10J

UV 17.0G

Letzter Wert: 08.10.21 16:45:00

Zeitplan: Kein Zeitplan

Hardware Revision: B24 312-10J

Energiewerte x

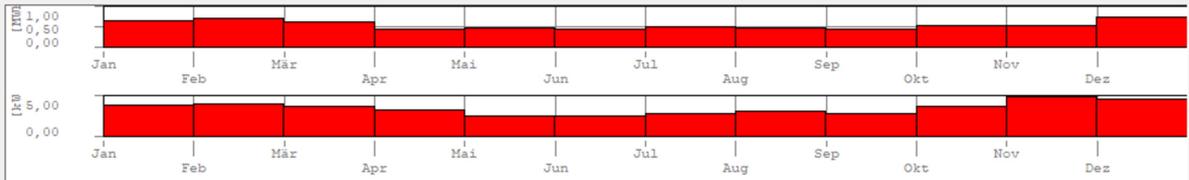
Übersichtstyp. Jahresübersicht Übernehmen

Energie Werte: Bezogene Wirkarbeit Gesamttarif Summe L1..L3 📄

Leistungs Werte: Wirkleistung Summe L1..L3

Jahr 2020 Monat 10 Tag 8

Vergleichen 2020 10 8



Monat	Energie 2020	Leistung 2020
Februar	697,21 kWh	3,95 kW
März	608,40 kWh	3,63 kW
April	440,45 kWh	3,31 kW
Mai	477,16 kWh	2,46 kW
Juni	452,81 kWh	2,44 kW
Juli	502,62 kWh	2,78 kW
August	481,52 kWh	3,09 kW
September	451,50 kWh	2,77 kW
Oktober	531,80 kWh	3,64 kW
November	536,61 kWh	4,89 kW
Dezember	725,75 kWh	4,59 kW
Zusammenfassung	6,56 MWh	4,89 kW

B) Steckbriefe der relevantesten Maßnahmen

Aufzüge:

Nr.	Frage	Aufzugsanlagen
1	Welche Geräte sind vorhanden?	4 Aufzüge (Motoren), 4 Steuerschränke, Lüftungsmotoren für Maschinenraumbelüftung
2	Wie alt sind die Geräte?	Aufzugsmotoren Baujahr 1975, Steuereinheiten ursprünglich Baujahr 1975, teilweise erneuert (genaues Einbaujahr der neuen Komponenten unbekannt)
3	Wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im Betrieb?	100-150 kWh pro Tag (Werktage), 40-50 kWh pro Tag (Wochenende)
4	Wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im "Schein aus / Stand-by" - Betrieb?	ca. 1,7 KW Grundlast (40 kWh pro Tag)
5	Wie hoch sind die Benutzungsstunden?	werktags ca. 14,5 Stunden pro Tag, Wochenende ca. 2-3 Stunden pro Tag
6	Wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" am Gesamtstromverbrauch?	Unsichtbarer Anteil ist der Stromverbrauch außerhalb der Nutzungszeiten, d.h. der Standby-Verbrauch. Der geschätzte Anteil liegt bei ca. 15.000 kWh/a (42,5 % des Jahresverbrauchs der Lüftungsanlagen bzw. ca. 4,2% des Gesamtstromverbrauchs)
7	Wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" an der Spitzenlast?	ca. 12% (16 KW von 130 KW)
8	Werden die Geräte überhaupt benötigt?	ja
9	Ableich zwischen den Anforderung des Nutzers und des gemessenen Betriebszustandes	Es gibt keine relevanten Abweichungen zwischen Nutzung und Betrieb. Es wäre jedoch abzuklären, warum die Aufzüge auch an Wochenendtagen genutzt werden.
10	Wie effizient sind die Geräte in Bezug auf die Energieeffizienz ("Vergleich mit Toprunner-Geräten")	Es gibt inzwischen effizientere Motoren und effizientere Steuereinheiten. Die alten Schränke für die Steuerung sind z.T. für eine ausreichende Belüftung (gegen zu hohe Wärmeentwicklung) nicht geeignet. Hier könnten neue Schränke für die Steuerelektronik Vorteile bringen.
11	Lässt sich der Gerätebetrieb optimieren?	nein
12	Wie lässt sich der Gerätebetrieb unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimieren?	keine Optimierung möglich
13	Lässt sich die Geräteeffizienz optimieren?	Es ist zu klären, woher der hohe Standby-Verbrauch stammt und ob es dafür Optimierungsmöglichkeiten gibt.

EDV-Anlagen:

Nr.	Frage	EDV-Anlagen
1	Welche Geräte sind vorhanden?	Serveranlage im 2. OG mit 2 Splitgeräten zur Raumkühlung 6 Netzwerkverteiler auf verschiedenen Stockwerken
2	Wie alt sind die Geräte?	Serveranlage: zum Zeitpunkt der Messungen Baujahr 2015 (erneuert 2020) Splitgeräte: eingebaut 2003 und 2009 Netzwerkverteiler: eingebaut 2015
3	Wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im Betrieb?	Server ca. 30.000 kWh pro Jahr und damit ca. 8% des gesamten Stromverbrauchs Splitgeräte ca. 26.000 kWh pro Jahr und damit ca. 6,5% des gesamten Stromverbrauchs Netzwerkverteiler ca. 26.000 kWh pro Jahr und damit ca. 7% des gesamten Stromverbrauchs
4	Wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im "Schein aus / Stand-by" - Betrieb?	kein Standby-Verbrauch
5	Wie hoch sind die Benutzungsstunden?	Server und Netzwerkverteiler 8760
6	Wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" am Gesamtstromverbrauch?	Splitgeräte ca. 26.000 kWh pro Jahr und damit ca. 6,5% des gesamten Stromverbrauchs Netzwerkverteiler ca. 26.000 kWh pro Jahr und damit ca. 7% des gesamten Stromverbrauchs
7	Wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" an der Spitzenlast?	ca. 9% (12 KW von 130 KW)
8	Werden die Geräte überhaupt benötigt?	ja
9	Abgleich zwischen den Anforderung des Nutzers und des gemessenen Betriebszustandes	Nutzungsanforderungen entsprechen den gemessenen Betriebszeiten
10	Wie effizient sind die Geräte in Bezug auf die Energieeffizienz ("Vergleich mit Toprunner-Geräten")	Es sind inzwischen effizientere Kühlgeräte auf dem Markt. Das Kühlsystem ist ineffizient (Serveranlage ohne Direktkühlung). Die Serveranlage wurde 2000 komplett erneuert und ist an sich effizient (es sollte aber geprüft werden, ob alle vorhandenen Stromsparmöglichkeiten genutzt werden)
11	Lässt sich der Gerätebetrieb optimieren?	Eine Optimierung ist durch den Einbau eines effizienteren Kühlsystems möglich.
12	Wie lässt sich der Gerätebetrieb unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimieren?	Eine Einschätzung der Wirtschaftlichkeit kann erst erfolgen, wenn verlässliche Kosten für die Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen vorliegen. Dies ist erst nach Ablauf des Projektzeitraums möglich.
13	Lässt sich die Geräteeffizienz optimieren?	Bei den Servern selbst wäre zu prüfen, ob softwareseitig noch Energieoptimierungs-Funktionen genutzt werden könnten. Die aktuell eingesetzten Kühlgeräte könnten gegen effizientere Geräte ausgetauscht werden. Sinnvoller ist es jedoch, das gesamte Kühlsystem so aufzubauen, dass die Warmluft von den Servern gezielt abgeführt wird und nur ein kleiner Teil der Zuluft gekühlt werden muss. Dazu wären grundsätzlich andere Geräte erforderlich, die in einem Rohr- bzw. Kanalsystem eingebaut werden können.

Archivbeleuchtung 1. UG:

Nr.	Frage	Archivbeleuchtung 1. UG
1	Welche Geräte sind vorhanden?	Leuchten mit 68 Lampen T8, 58 W mit Vorschaltgerät (gesamt 71W)
2	Wie alt sind die Geräte?	Leuchten von 1975, Leuchtmittel je nach Austauschdatum ca. 1-5 Jahre alt
3	Wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im Betrieb?	ca. 8.800 kWh pro Jahr
4	Wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im "Schein aus / Stand-by" - Betrieb?	kein Standby-Verbrauch
5	Wie hoch sind die Benutzungsstunden?	ca. 35 Std. pro Woche, d.h. ca. 1.800 Std. pro Jahr
6	Wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" am Gesamtstromverbrauch?	ca. 2,3% des gesamten Stromverbrauchs
7	Wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" an der Spitzenlast?	ca. 3,7% (4,8 KW von 130 KW)
8	Werden die Geräte überhaupt benötigt?	ja
9	Ableich zwischen den Anforderung des Nutzers und des gemessenen Betriebszustandes	Die Betriebszeiten sind deutlich größer als die tatsächlichen Nutzungszeiten. Eine Nutzung erfolgt zudem meist in Teilbereichen, aber es ist immer das gesamte Archiv beleuchtet.
10	Wie effizient sind die Geräte in Bezug auf die Energieeffizienz ("Vergleich mit Toprunner-Geräten")	Die vorhandenen Leuchtmittel sind inzwischen sehr ineffizient. Mit LED-Leuchtmitteln lassen sich ca. 75% des Stromverbrauchs einsparen. Mit einer intelligenten Steuerung (Präsenzmelder) kann der Stromverbrauch noch weiter reduziert werden.
11	Lässt sich der Gerätebetrieb optimieren?	Durch LED-Beleuchtung und Präsenzmelder
12	Wie lässt sich der Gerätebetrieb unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimieren?	Eine Einschätzung der Wirtschaftlichkeit kann erst erfolgen, wenn verlässliche Kosten für die Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen vorliegen. Dies ist erst nach Ablauf des Projektzeitraums möglich.
13	Lässt sich die Geräteeffizienz optimieren?	Bei einem Wechsel der Leuchtmittel auf LED müssen wahrscheinlich aufgrund des Leuchtenalters auch die ganzen Leuchten getauscht werden. Diese sind aber einfach und stellen nur geringe gestalterische Ansprüche. Eine Optimierung wäre also durch Leuchtentausch möglich.

Hinweisbeleuchtung in 18 Etagen:

Nr.	Frage	Hinweisbeleuchtung in 18 Etagen
1	Welche Geräte sind vorhanden?	Leuchten mit 36 Lampen T8, 58 W mit Vorschaltgerät (gesamt 71W)
2	Wie alt sind die Geräte?	Leuchten von 1975, Leuchtmittel je nach Austauschdatum ca. 1-5 Jahre alt
3	Wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im Betrieb?	ca. 12.000 kWh pro Jahr
4	Wie hoch ist der Verbrauch der Geräte im "Schein aus / Stand-by" - Betrieb?	kein Standby-Verbrauch
5	Wie hoch sind die Benutzungsstunden?	ca. 90 Std. pro Woche, d.h. ca. 4.700 Std. pro Jahr
6	Wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" am Gesamtstromverbrauch?	ca. 3,2% des gesamten Stromverbrauchs
7	Wie hoch ist der Verbrauchsanteil der "unsichtbaren Verbraucher" an der Spitzenlast?	ca. 2,5% (2,6 KW von 130 KW)
8	Werden die Geräte überhaupt benötigt?	ja
9	Ableich zwischen den Anforderung des Nutzers und des gemessenen Betriebszustandes	Die Betriebszeiten entsprechen den tatsächlichen Nutzungszeiten.
10	Wie effizient sind die Geräte in Bezug auf die Energieeffizienz ("Vergleich mit Toprunner-Geräten")	Die vorhandenen Leuchtmittel sind inzwischen sehr ineffizient. Mit LED-Leuchtmitteln lassen sich ca. 75% des Stromverbrauchs einsparen.
11	Lässt sich der Gerätebetrieb optimieren?	Durch LED-Beleuchtung
12	Wie lässt sich der Gerätebetrieb unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimieren?	Eine Einschätzung der Wirtschaftlichkeit kann erst erfolgen, wenn verlässliche Kosten für die Umsetzung der Optimierungsmaßnahmen vorliegen. Dies ist erst nach Ablauf des Projektzeitraums möglich.
13	Lässt sich die Geräteeffizienz optimieren?	Bei einem Wechsel der Leuchtmittel auf LED müssen wahrscheinlich aufgrund des Leuchtenalters auch die gesamten Halterungen der Leuchtmittel getauscht werden. Eine Optimierung wäre dadurch möglich.