

---

# ENERGIEVERBRAUCH IM KULTURZENTRUM NEUBAD LUZERN:

POTENZIALE, HERAUSFORDERUNGEN UND LÖSUNGSANSÄTZE ZUR REDUZIERUNG  
ODER EFFIZIENZSTEIGERUNG

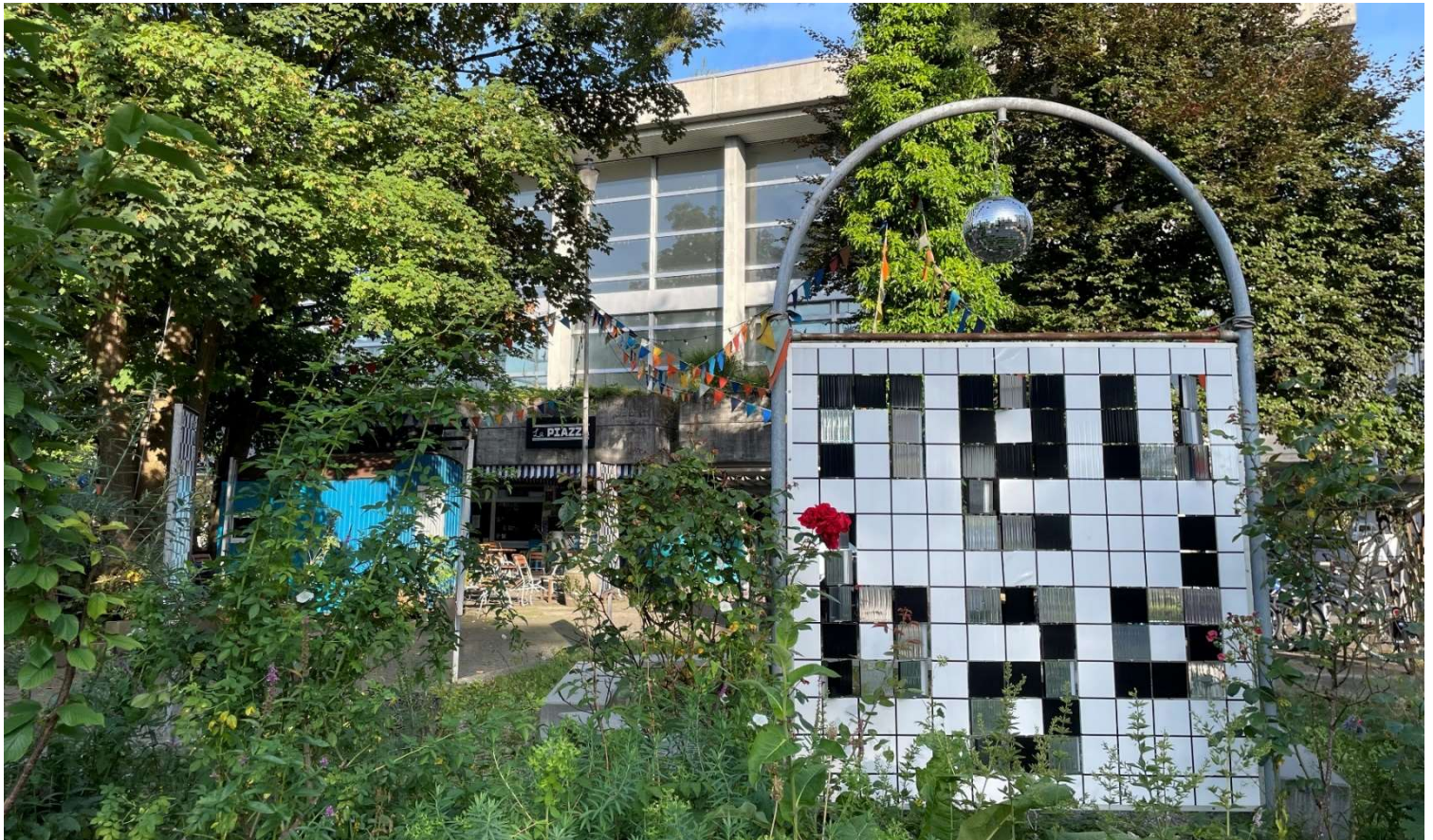


ABBILDUNG 1: VORPLATZ NEUBAD, EIGENE AUFNAHME

Diplomarbeit von Aurel Imfeld

Studiengang Dipl. Energie- und Umwelttechniker HF an der TEKO-Luzern im Jahr 2023

Betreuender Dozent: Jörg Schenker

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>MANAGEMENT SUMMARY .....</b>	<b>3</b>
<b>BERUFLICHER LEBENS LAUF .....</b>	<b>4</b>
<b>AUFGABENSTELLUNG UND ZIELDEFINITION.....</b>	<b>5</b>
<b>LÖSUNG DER AUFGABE.....</b>	<b>6</b>
<b>Einleitung.....</b>	<b>6</b>
<b>Vorgehen .....</b>	<b>6</b>
<b>Das Gebäude.....</b>	<b>8</b>
<b>Die Nutzung .....</b>	<b>9</b>
<b>Elektrische Verbraucher .....</b>	<b>10</b>
Ist-Situation.....	10
Soll-Situation und Massnahmen.....	21
<b>Optimierungsmöglichkeiten an Bausubstanz .....</b>	<b>34</b>
<b>EMPFEHLUNG WEITERES VORGEHEN.....</b>	<b>35</b>
<b>REFLEXION .....</b>	<b>35</b>
<b>LESSONS LEARNED.....</b>	<b>36</b>
<b>SCHLUSSWORT .....</b>	<b>38</b>
<b>VERDANKUNG .....</b>	<b>38</b>
<b>EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG.....</b>	<b>38</b>
<b>QUELLENANGABEN .....</b>	<b>39</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>40</b>

## MANAGEMENT SUMMARY

Diese Diplomarbeit widmet sich der Steigerung der Energieeffizienz im Neubad, einem wichtigen Kulturzentrum in Luzern und stellt einen ganzheitlichen Ansatz zur nachhaltigen Energieeinsparung dar. Das Hauptziel ist die signifikante Reduzierung des Energieverbrauchs bei gleichzeitiger Förderung eines energiebewussten Verhaltens. Dieser Aspekt wurde in vielen Gebäuden vernachlässigt und birgt erhebliches Einsparpotenzial. Die vorgeschlagenen Massnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz umfassen die Optimierung des Nutzerverhaltens, die Modernisierung der Beleuchtung, die Einführung eines Energiemanagementsystems und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen, wie die geplante Photovoltaikanlage auf dem Dach. Alle vorgeschlagenen Erneuerungen basieren zudem auf der Grundlage, dass diese sich in der befristeten Lebensdauer von etwa sieben Jahren amortisieren sollen, da das Projekt Neubad eine Zwischennutzung des ehemaligen Hallenbads darstellt. Zum aktuellen Zeitpunkt steht eine Weiterführung dieses Projektes nach dieser Nutzungsdauer noch nicht definitiv fest. Die Arbeit schliesst die Integration von praxisnahen Daten und die enge Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen des Neubads ein, um die Empfehlungen realitätsnah umzusetzen. Obwohl die Heizungs- und Lüftungstechnologie im Neubad aufgrund geplanter Massnahmen nicht im Detail behandelt wird, wird dennoch eine umfassende Betrachtung aller relevanten Energieeffizienz-Aspekte angestrebt. Die Empfehlungen für das weitere Vorgehen umfasst die Durchführung einer Energiesparwoche, in der alle vorgeschlagenen Massnahmen konsequent umgesetzt werden, um den tatsächlichen Einspareffekt zu quantifizieren und Verhaltensänderungen zu fördern. Die Erarbeitung dieser Diplomarbeit basiert auf einer gründlichen Recherche, einer vertieften Analyse des Energieverbrauchs im Neubad und der Integration bewährter Praktiken zur Steigerung der Energieeffizienz. Ziel ist es, das Neubad als Vorreiter in Sachen Energieeffizienz zu positionieren und gleichzeitig Kosten zu senken sowie einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten. Die Arbeit orientiert sich an den Empfehlungen der Broschüre "Gebäude erneuern – Energieverbrauch halbieren" von Energie Schweiz und berücksichtigt die spezifischen Gegebenheiten des Neubads. Die Planung und Integration einer Photovoltaikanlage auf dem Dach des Neubads zeigt das Engagement für erneuerbare Energien und die Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fussabdrucks. Zudem wurde auch der Spatenstich zur Erstellung der Photovoltaikanlage im Laufe dieser Arbeit getan. Die vorliegende Arbeit bietet eine solide Grundlage für eine umfassende Strategie zur nachhaltigen Energieeinsparung im Neubad und kann durch zusätzliche Schritte ergänzt werden, um das Ziel einer effizienteren und umweltfreundlicheren Betriebsweise im Neubad weiter zu verfolgen.

## BERUFLICHER LEBENSLAUF

<b>Anschrift</b>	Aurel Imfeld Stollberggrain 8 6003 Luzern	
<b>Geburtstag</b>	31.01.1993	
<b>Telefon Privat</b>	078 950 67 65	
<b>Geschäftlich</b>	041 319 00 42	
<b>E-Mail</b>	aurel.imfeld@outlook.com	
<b>Berufliche Erfahrung</b>	09/2019 – Heute	BE Netz AG Luzernerstrasse 131 6014 Luzern Techniker PV und Leiter technische Betriebsführung
	08/2019 – 06/2020	BE Netz AG Luzernerstrasse 131 6014 Luzern Elektroinstallateur EFZ
	09/2018 – 07/2019	Elektro Nottwil AG Kantonsstrasse 29 6207 Nottwil Projektleiter Elektro
	08/2017 – 07/2018	Frey + Cie Elektro AG Ringstrasse 25 6010 Kriens Sachbearbeiter Service-Abteilung
	01/2015 – 07/2017	Frey + Cie Elektro AG Ringstrasse 25 6010 Kriens Service-Elektroinstallateur
	08/2012 – 12/2014	Frey + Cie Elektro AG Ringstrasse 25 6010 Kriens Elektroinstallateur EFZ
<b>Ausbildungen</b>	09/20 – Heute	Dipl. Energie- und Umwelttechniker HF
	09/15 – 10/17	Technischer Kaufmann mir eidg. FA
	08/08 – 08/12	Elektroinstallateur EFZ
<b>Sprachkenntnisse</b>	Deutsch – Muttersprache Englisch – Niveau C1.2	

## AUFGABENSTELLUNG UND ZIELDEFINITION

Nachdem ich mich entschieden hatte, meine Diplomarbeit im Neubad zu verfassen, eröffneten sich mir schnell die faszinierenden Möglichkeiten und Herausforderungen dieses Projekts. Das Neubad ist nicht nur ein beeindruckendes Beispiel für die Umnutzung eines historischen Gebäudes, sondern es verkörpert auch ein spannendes Kapitel in Sachen städtischer Nachhaltigkeit. Die Tatsache, dass ich auf die Erfahrung und Unterstützung von Adrian Kottmann, dem technischen Leiter des Neubads, zurückgreifen konnte, ermöglichte mir tiefer in die Materie einzutau-chen.

Mein Hauptaugenmerk richtet sich auf den Energieverbrauch des Gebäudes, wobei in dieser Arbeit nicht nur elektrische Energie, sondern auch andere Energiequellen berücksichtigt werden. Eine besondere Herausforderung und Chance zugleich ergibt sich aus dem Stand-by-Verbrauch elektrischer Geräte, der in vielen Gebäuden oft unterschätzt wird und erhebliche finanzielle und ökologische Auswirkungen haben kann. In dieser Arbeit werden Lösungen und Strategien aufgezeigt, wie der Stand-by-Verbrauch im Neubad reduziert und optimiert werden kann. Wichtig ist zu betonen, dass das Neubad-Projekt eine Zwischennutzung des ehemaligen Hallenbads der Stadt Luzern darstellt und somit eine begrenzte Laufzeit von etwa sieben bis zehn Jahren vorliegt. Dies stellt eine zusätzliche Herausforderung dar, da die vorgeschlagenen Optimierungen nicht nur effektiv, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll sein müssen, um innerhalb dieses Zeitrahmens einen echten Nutzen zu erzielen. In den kommenden Kapiteln dieser Diplomarbeit wird sich ausführlich mit der Analyse des aktuellen Energieverbrauchs im Neubad beschäftigt und Potenziale für Effizienzsteigerungen aufgezeigt. Dabei werden nicht nur technische Lösungen in Betracht gezogen, sondern auch organisatorische und Verhaltensaspekte berücksichtigt, da diese eine entscheidende Rolle im Streben nach Energieeffizienz spielen können. Die enge Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen des Neubads und die Integration realer Daten in meine Analyse werden einen praxisnahen Ansatz ermöglichen. Ziel dieser Arbeit ist es, konkrete Handlungsempfehlungen zu entwickeln, die dem Neubad dabei helfen, seinen Energieverbrauch nachhaltig zu reduzieren und gleichzeitig seinen Status als einzigartiges kulturelles Zentrum in Luzern aufrechtzuerhalten. Die bevorstehende Forschungsarbeit verspricht spannende Erkenntnisse, auf die ich mich freue. Diese Arbeit legt den Schwerpunkt nicht auf die Heizungs- und Lüftungstechnik des Neubads. Diese Entscheidung wurde auf Grundlage mehrerer Faktoren getroffen, da bereits eine umfassende Heizungssanierung in Aussicht ist, die von Fachleuten geplant und umgesetzt wird. Da diese Massnahmen auch potenzielle Technologie- oder Systemänderungen beinhalten können, fällt dieser Bereich nicht in den Rahmen dieser Arbeit, sondern wird von den entsprechenden Experten behandelt. Zudem ist bekannt, dass Studenten der HSLU (Hochschule Luzern) eine Arbeit im Bereich Heizung, Lüftung und Klimatechnik (HLK) speziell für das Neubad durchführen. Um Doppelarbeit zu vermeiden und Ressourcen effizienter zu nutzen, wurde dieser Bereich bewusst ausgeschlossen. Durch die Fokussierung auf andere Aspekte der Energieeffizienz im Neubad können die begrenzten Ressourcen gezielter eingesetzt werden. Dies ermöglicht eine tiefere Analyse und praxisnahe Empfehlungen für Massnahmen, die in dieser Form noch nicht behandelt wurden. Gleichzeitig fördert dieser Ansatz die Zusammenarbeit mit Experten, die sich speziell mit Heizungs- und Lüftungsthemen befassen und gewährleistet eine umfassende Betrachtung aller relevanten Energieeffizienz-Aspekte im Neubad.

## LÖSUNG DER AUFGABE

### EINLEITUNG

Das Neubad ist ein hervorragendes Beispiel für die Umnutzung eines ehemaligen Hallenbads. Im September 2013 wurde das Gebäude offiziell vom Verein Neubad von der Stadt Luzern übernommen. Seitdem hat das Neubad zahlreiche Projekte und Nutzungen beherbergt, darunter ein Bistro, ein Club, gemeinsam genutzte Büroflächen im Erdgeschoss und im ersten Stock sowie kulturelle Veranstaltungen wie Workshops und Konzerte im ehemaligen Schwimmbecken. Mit der Zunahme dieser Nutzungen wurden im Laufe der Jahre immer mehr elektrische Geräte und Verbraucher in das Gebäude integriert. Oftmals konnten diese Geräte kostengünstig oder sogar kostenlos von Unternehmen oder Partnern übernommen werden, die sich in der Beschaffung von Neuware befanden. Gleichzeitig wurde auch bestehende Technologie aus der Zeit des Hallenbads weitergenutzt. Dadurch befindet sich heute viele veraltete Technik im Gebäude, deren Steuerung, Regulierung und mögliche Energieeinsparungen in der Vergangenheit zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Im Frühling 2023 wurde Adrian Kottmann als technischer Leiter eingestellt, um dieser technischen Entwicklung entgegenzuwirken. Er setzte bereits Veränderungen in Bezug auf die Lichtsteuerung im Gebäude um. In diesem Zusammenhang wurde auch nach weiterem Potenzial gesucht, um Energieeinsparungen zu realisieren. Aufgrund unserer gemeinsamen Tätigkeit bei der BE Netz AG wurde ich von Adrian Kottmann angesprochen, ob ich meine Diplomarbeit auf Basis des Neubads verfassen möchte. Nach kurzer Überlegung habe ich mich dafür entschieden. Im Jahr 2023 wird die Stadt Luzern mit dem Verein Neubad über die mögliche Weiterführung der Zwischennutzung des Neubads diskutieren. Dabei wird ein Zeithorizont festgelegt, bis wann das Neubad die Liegenschaft weiterhin nutzen darf. Zum jetzigen Zeitpunkt, im August 2023, sieht es so aus, als ob die Zwischennutzung um etwa sieben Jahre verlängert wird. Mit dieser Information können Investitionen in energieeffizientere Einrichtungen berechnet und auf ihre Wirtschaftlichkeit hin geprüft werden.

### VORGEHEN

Mit der Übernahme dieser spannenden Herausforderung setzte ich den ersten Schritt auf eine intensive Erkundungstour im Bereich der Energieeffizienz. Mein Weg führte mich in die Tiefen von Gebäudemanagement und nachhaltigen Methoden für öffentliche Institutionen. Es war mein Bestreben, ein allumfassendes Verständnis für diese Materie zu erlangen. Ich durchstöberte akribisch eine Vielzahl an wissenschaftlichen Publikationen, einschlägige Studien und erprobte Verfahren, um wertvolle Einsichten zu sammeln. Zeitgleich spürte ich verfügbaren Daten nach, die Aufschluss über den Energiekonsum im Neubad geben könnten. Eine präzise Betrachtung des derzeitigen Energieverbrauchs war von immenser Bedeutung, um Einsparpotenziale aufdecken zu können. Dazu analysierte ich diverse Aufzeichnungen über den Stromverbrauch im Neubad und wertete diese mit grösster Sorgfalt. Aufbauend auf diesen Daten und meinen Beobachtungen vor Ort erarbeitete ich gezielte Vorschläge, um die Energieeffizienz im Neubad zu verbessern. Die Palette meiner Empfehlungen reichte von technischen Verbesserungen bis hin zu organisatorischen Neuerungen, allesamt mit dem Ziel, das kulturelle Zentrum umweltfreundlicher zu gestalten. Innovative Konzepte, wie der Einsatz regenerativer Energien, die Optimierung der Gebäudeinfrastruktur sowie die Sensibilisierung der Nutzer für einen energiebewussten Verbrauch, standen im Fokus. Um die Wirksamkeit dieser Massnahmen zu beurteilen wurden verschiedene Bewertungskriterien herangezogen, darunter wirtschaftliche Aspekte, die praktische Durchführbarkeit sowie die prognostizierten Energieeinsparungen. Im Zuge meiner Tätigkeit legte ich grossen Wert auf den Dialog mit den Betreibenden des Neubads. Ihre Einsichten und

Erfahrungen waren unerlässlich, um die Vorschläge realitätsnah zu gestalten und sie effektiv im kulturellen Umfeld zu implementieren. Diese Kooperation war fundamental, um dem Neubad zu ermöglichen einen bedeutenden Beitrag zum Schutz unserer Umwelt zu leisten. Neben meiner Recherche und den Analysen bezog ich mich auch auf die Broschüre "Gebäude erneuern – Energieverbrauch halbieren" von Energie Schweiz. Obgleich sich diese primär auf Wohnhäuser bezieht, bot sie mir dennoch wichtige Richtlinien, die auch in der Optimierung des Neubads von Nutzen sein konnten. Diese Richtlinien boten einen wichtigen Orientierungsrahmen, um bei den anstehenden Massnahmen alle relevanten Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Gemäss der Broschüre sollten folgenden Punkten besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden:

### **1. Betriebsoptimierung**

Heizungen, Lüftungen und andere bestehende elektrische Verbraucher sollten nur zu Zeiten betrieben werden, wenn sie auch benötigt werden. Die meisten Heizungen und Lüftungen können entsprechend programmiert werden. Diesem Punkt werde ich in meiner Arbeit ein besonderes Augenmerk schenken, da bereits viel Technik im Einsatz steht und diese nun sinnvoll gesteuert und eingesetzt werden muss.

### **2. Fenster**

Veraltete Fenster können rund 5 – 10 % mehr Heizenergie zur Folge haben. Da der Ersatz der riesigen Fensterfronten des Neubads jedoch wirtschaftlich vermutlich nicht recht zu fertigen ist, werde ich mich diesem Thema nur am Rande annehmen.

### **3. Fassadenerneuerung**

Ähnlich wie bei den Fenstern werde ich auch die Fassade in dieser Arbeit eher knapp bearbeiten. Einerseits kann die Fassade nicht so einfach erneuert werden, da es sich um Sichtbeton handelt, andererseits ist eine solche Sanierung für die Nutzung von fünf bis zehn Jahren ökologisch nicht sinnvoll, auch wenn hierbei grössere Mengen Energie gespart werden könnten.

### **4. Dämmung Boden / Kellerdecke**

Gemäss Broschüre können mit einer solchen Massnahme etwa 5-10% Energie eingespart werden. Diese Massnahme kann vor Ort geprüft werden.

### **5. Dämmung Dach / Estrichboden**

In vielen Gebäuden entweicht über das Dach die im Gebäude erzeugte Wärme. Um diesem Punkt Abhilfe zu schaffen kann die Isolierung des Daches vorgenommen werden.

Das Neubad verfügt über keinen Estrich. Da die Räume im Obergeschoss jedoch über sechs Meter hoch sind und an den Wänden aus alten Glasfronten bestehen, macht eine Deckendämmung in diesen Bereichen wenig Sinn.

### **6. Einbau kontrollierter Lüftung**

Der Einbau einer kontrollierten Lüftung kann sinnvoll sein, wenn dadurch unkontrolliertes Lüften entfällt. Es ist bereits eine Lüftung im Gebäude integriert. Diese wird auf ihre Funktionalität und auf Ihre Einstellungen überprüft, eine detaillierte Analyse der Steuerung und des Energieverbrauchs findet jedoch gemäss der Abgrenzung nicht statt.

## 7. Heizung und Warmwasser

Die Heizung in einem Gebäude muss genau reguliert und eingestellt werden, um nicht zu Energieschleuder zu verkommen.

Die bestehende Ölheizung des Neubads ist bald am Ende ihres Lebenszyklus angekommen. Die Installation einer neuen Heizung ist in Planung und wurde in gewissen Bereichen bereits umgesetzt. Diese Arbeit geht nicht detailliert auf den Wärmeverbrauch der Heizung ein.

## 8. Solarwärme

Thermische Solaranlagen können einen grossen Teil der Heizkosten sparen, vor allem das Warmwasser, welches für Duschen und andere Anwendungen genutzt wird, kann mit der Sonne erzeugt werden.

Eine Installation einer thermischen Solaranlage wird nicht näher geprüft, da eine Nutzung für maximal zehn Jahre einer solchen Anlage nicht ausreicht.

## 9. Elektrizität

In jedem Haushalt kann der Stromverbrauch analysiert und geprüft werden. Auch beim Neubad gehen wir auf den Stromverbrauch ein und prüfen, welche Verbraucher entfernt werden müssen oder welche ersetzt werden sollten.

## 10. Solarstrom

Durch die Erzeugung von Sonnenstrom vor Ort mittels Photovoltaik-Anlage kann ein Gebäude den Netzbezug senken und seinerseits Strom in das öffentliche Netz einspeisen. Auf dem Dach des Neubads soll eine «Second-Hand» Photovoltaik-anlage entstehen. Im Rahmen dieser Arbeit werden gewisse Planungsarbeiten und Dokumentationen für die Erstellung dieser Anlage übernommen.

Die Ergebnisse meiner Analysen und meine Ratschläge sind in diesem Dokument zusammengefasst. Zur vereinfachten Verständlichkeit komplexer Daten habe ich attraktive Visualisierungen integriert. Ein besonderes Augenmerk lag darauf, dass meine Empfehlungen ethischen Grundsätzen entsprechen und nachhaltig gestaltet sind, um langfristig positive Effekte zu erzielen und die laufende Zwischennutzung des Gebäudes zu berücksichtigen.

## DAS GEBÄUDE

Das ehemalige Hallenbad in Luzern, gelegen an der Bireggstrasse 36, wurde in den Jahren 1962 bis 1969 geplant und errichtet. Das architektonische Konzept verfolgte den brutalistischen Stil, der durch markante Sichtbetonelemente geprägt ist. Bereits beim Betreten des Gebäudes vermitteln die überhängenden massiven Betonplatten über dem Haupteingang den Eindruck der enormen Kräfte, die erforderlich waren, um die grossen Wassermassen in den Schwimm-

becken im ersten Stock zu halten. Der Grossteil der Schwimmbereiche sowie der ehemaligen Umkleideräume ist von doppelt verglasten Fenstern umgeben. Diese grossflächigen Fenster lassen viel Tageslicht in das Gebäude, sind jedoch auch für einen hohen Wärmeaustausch verantwortlich, da sie im Laufe der Jahre gealtert sind.



ABBILDUNG 2: SÜDANSICHT VOM NEUBAD, QUELLE 1

Die Heizung des Gebäudes erfolgte in der Vergangenheit über eine grosse Ölheizung. Eine umfangreiche Lüftungsanlage sowie weitere technische Einrichtungen sind ebenfalls vorhanden. Das Gebäude erstreckt sich über vier Stockwerke: Im Erdgeschoss befinden sich ein Bistro mit rund 90 Sitzplätzen, ein grosses Atelier und einige kleinere Räume. Das erste Obergeschoss beherbergt den für Veranstaltungen genutzten Open-Pool, einen Co-Working Space, mehrere Seminarräume sowie eine Cateringküche für Veranstaltungen. Im zweiten Obergeschoss befindet sich eine Wohnung, die früher vom Bademeister bewohnt wurde, später als Wohngemeinschaft diente und nun Unterkunft für Bands und Gäste des Neubads bietet. Das Untergeschoss wird hauptsächlich für die technische Infrastruktur genutzt, beherbergt jedoch seit einigen Jahren auch einen Club, der an den Wochenenden geöffnet ist.



ABBILDUNG 3: DAS ERDGESCHOSS DES NEUBAD, QUELLE 3

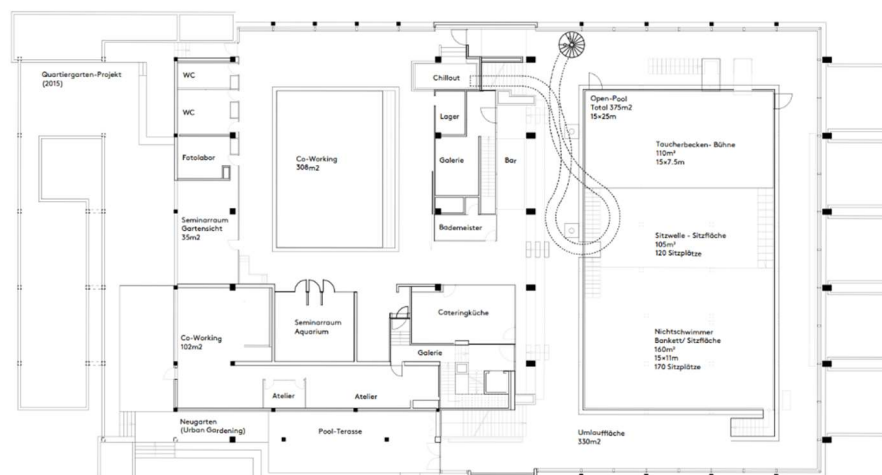


ABBILDUNG 4: DAS OBERGESCHOSS DES NEUBAD, QUELLE 3

## DIE NUTZUNG

Die Verantwortung für die Nutzung des Gebäudes wurde dem Verein Netzwerk Neubad übertragen. Dieser Verein, gegründet am 21.11.2012 und bestehend aus rund 1000 Mitgliedern, hat sich seit der Übernahme des Gebäudes als Kulturzentrum zum Ziel gesetzt, einen offenen und sozialen Raum für alle Einwohnerinnen und Einwohner von Luzern zu schaffen. Das Neubad bietet eine breite Palette von Einrichtungen und Dienstleistungen, darunter ein Bistro im Erdge-

schoß, einen Nachtclub, ein gemeinsam nutzbares Atelier, einen Friseursalon, eine Fahrradwerkstatt und den Open-Pool-Bereich, der für vielfältige Veranstaltungen genutzt werden kann. Dies schafft zahlreiche Möglichkeiten für Kulturschaffende und die lokale Gemeinschaft, sei es zum Entspannen, Arbeiten oder für den sozialen Austausch.

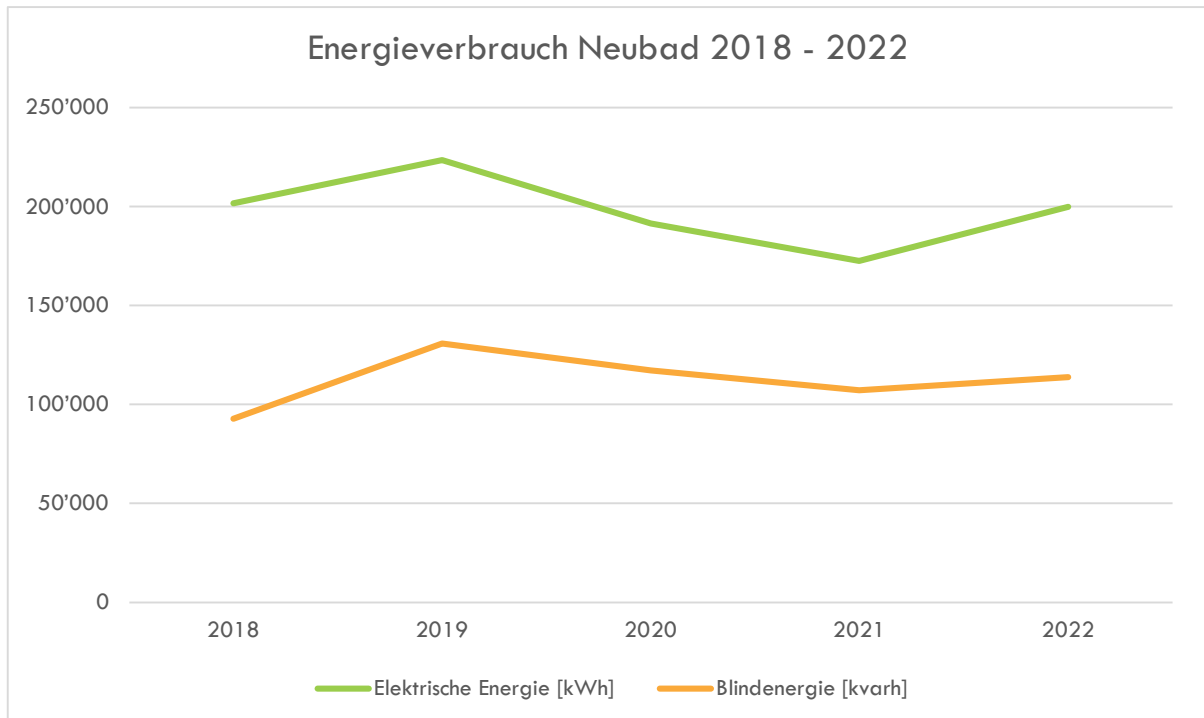
## **ELEKTRISCHE VERBRAUCHER**

Das Neubad wird von verschiedenen Firmen und Organisationen als vielseitiger Raum genutzt, was sich in einer breiten Palette von elektrischen Verbrauchern im gesamten Gebäude widerspiegelt. Um eine umfassende Analyse des Energieverbrauchs im Neubad durchzuführen, ist es von entscheidender Bedeutung, diese Verbraucher genauer zu betrachten und Möglichkeiten zur Energieeinsparung zu identifizieren.

### **IST-SITUATION**

#### **VERBRAUCH**

Um eine umfassende Analyse des Stromverbrauchs im Neubad durchzuführen, standen mir die Energiemessdaten der Jahre 2018 bis 2022 zur Verfügung. Während dieses Zeitraums war der elektrische Energieverbrauch im Wesentlichen konstant und bewegte sich um die Marke von 200.000 kWh pro Jahr. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass diese Stabilität durch externe Einflüsse beeinflusst wurde, insbesondere durch die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie. Die Tendenz, den Stromverbrauch als leicht steigend zu betrachten, basiert auf einer Analyse, die berücksichtigt, dass die Jahre 2020 bis 2022 von der Corona-Pandemie geprägt waren. In dieser Zeit wurde das Neubad teilweise monatelang nur in stark reduziertem Umfang genutzt, was sich deutlich auf den Energieverbrauch auswirkte. Ein besonders markantes Beispiel ist die Elektro-Statistik vom Frühjahr 2020, als der Stromverbrauch des Gebäudes um etwa zwei Drittel niedriger lag als während einer "normalen" Nutzung. Dieser signifikante Rückgang des Energieverbrauchs im Frühjahr 2020 verdeutlicht die Auswirkungen der Pandemie auf den Betrieb des Neubads. Während dieser Zeit wurden viele Aktivitäten ausgesetzt, Veranstaltungen verschoben und die Nutzung des Gebäudes stark eingeschränkt, was zu einer erheblichen Reduzierung des Stromverbrauchs führte. Mit Blick auf die Zukunft und die potenzielle Weiterführung des Neubads ist es entscheidend, den Einfluss von externen Faktoren wie der Pandemie auf den Energieverbrauch zu verstehen und in die langfristige Energieeffizienzstrategie einzubeziehen.


**ABBILDUNG 5: ENERGIEVERBRAUCH NEUBAD 2018 - 2022**

Dies ermöglicht eine realistische Einschätzung des zukünftigen Energiebedarfs und die Entwicklung von Massnahmen zur nachhaltigen Energieoptimierung im Neubad. Ein weiterer bemerkenswerter Aspekt ist der hohe Anteil an Blindenergie, der zu jedem Zeitpunkt der Nutzung etwa die Hälfte der elektrischen Energie ausmacht. Während meiner ersten Begehung vor Ort wurde mir mitgeteilt, dass die Kompensationsanlage des Neubads defekt ist und eine Reparatur aus wirtschaftlichen Gründen nicht durchgeführt wird.

### **BISTRO**

Das Bistro umfasst eine Vielzahl an elektrischen Komponenten und in diesem Kapitel wird auf jene Verbraucher eingegangen, welche einen grossen Energiebedarf aufweisen und bei welchen ein gewisses Einsparpotenzial vorhanden ist.

### **KAFFEEMASCHINE**


**ABBILDUNG 6: KAFFEEMASCHINE CIMBALI, QUELLE 2**

Im Neubad wird eine professionelle Industrie-Kaffeemaschine vom Typ Cimballi M26 TE-DT3 eingesetzt, wie es für ein professionelles Bistro angemessen ist. Diese Kaffeemaschine hat beeindruckende Energieanforderungen. Vor Ort wurden Testmessungen durchgeführt, die bestätigten, dass sie im Maximalbetrieb zwischen 6200W und 7300W Leistung aufnimmt. Diese Energie ist erforderlich, um hochwertige Heissgetränke zuzubereiten, was in einem gastronomischen Umfeld unerlässlich ist.

Was oft übersehen wird, ist jedoch der Standby-Verbrauch dieser Kaffeemaschine. Selbst im Standby-Modus zieht sie rund 0.3A Strom, um das Gerät betriebsbereit zu halten. Dieser kontinuierliche Standby-Stromverbrauch ergibt sich daraus, dass die Kaffeemaschine nie ausgeschaltet wird. Selbst während der Nachtstunden muss sie den internen Boiler bzw. Durch-

lauferhitzer auf Betriebstemperatur halten, um jederzeit einsatzbereit zu sein. Es ist entscheidend, den Standby-Verbrauch dieser Kaffeemaschine zu berücksichtigen, da er über die Zeit betrachtet einen erheblichen Energieaufwand darstellt. Besonders, wenn man bedenkt, dass im Neubad jährlich rund 150.000 Heissgetränke (einschliesslich Kaffee, Espresso, Tee und heisse Milch) an dieser Kaffeemaschine zubereitet werden. Die Zubereitung eines Kaffees dauert etwa 27 Sekunden, während ein Espresso in etwa 16 Sekunden aufgebracht wird. Diese Zahlen veranschaulichen, wie oft die Kaffeemaschine im Einsatz ist und wie sich der Standby-Verbrauch im Laufe eines Jahres summieren kann. In Anbetracht dieser Informationen wird es ein zentrales Ziel meiner Arbeit sein, Wege zur Reduzierung des Standby-Verbrauchs der Kaffeemaschine zu identifizieren, ohne dabei die Qualität der Heissgetränke oder die Betriebseffizienz des Bistros zu beeinträchtigen.

- Jahresproduktion an Heissgetränken: 150'000
- Betriebstage Bistro pro Jahr: 300
- Tagesschnitt Heissgetränke:  $150'000 / 300 = 500$
- Durchschnittliche Herstellungszeit:  $(27 \text{ s} + 16 \text{ s}) / 2 = 21.5 \text{ s} = 21 \text{ s}$
- Geschätzte aktive Betriebsdauer pro Tag:  $(500 \times 21 \text{ s}) / 60 \text{ s/min} = 175 \text{ min} = 2 \text{ h } 55 \text{ min} = 3 \text{ h}$
- Standby Modus Dauer pro Tag: 21
- Aktive Betriebsdauer pro Jahr:  $300 \text{ d} \times 3 \text{ h} = 900 \text{ h}$
- Standby Modus Dauer pro Jahr:  $(300 \text{ d} \times 21 \text{ h}) + (65 \text{ d} \times 24 \text{ h}) = 6300 \text{ h} + 1560 \text{ h} =$
- 7860 h
- Leistungsaufnahme im Standby Betrieb:  $P = U \times I = 400 \text{ V} \times 0.3 \text{ A} \times \sqrt{3} = 208 \text{ W}$
- Leistungsaufnahme im Brüh Betrieb:  $P = U \times I = 400 \text{ V} \times 9.6 \text{ A} \times \sqrt{3} = 6651 \text{ W}$
- Energieverbrauch pro Jahr:  $(900 \text{ h} \times 6.651 \text{ kW}) + (7860 \text{ h} \times 0.208 \text{ kW}) = 5986 \text{ kWh}$

#### EISWÜRFELMASCHINE

Die Eiswürfelmaschine ist aktuell rund um die Uhr eingeschaltet. Diese ist vom Typ NTF SL 90 A und hat einen Eisspeicher von 25kg. Dieser Typ hat eine Leistungsangabe von 450W. Die Tagesleistung ist mit 46kg Eis pro 24h angegeben somit können pro Stunde etwa 1.9kg Eis hergestellt werden. Diese Spezifikationen dürften ohne Probleme ausreichen, dass wenn die Maschine über Nacht ausgeschaltet wird und am Morgen kein Eis mehr vorhanden ist, dass bis zur Mittagzeit wieder mehr als genug Eis vorhanden ist.

Energieverbrauch pro Jahr:  $8760 \text{ h} \times 0.45 \text{ kW} = 3942 \text{ kWh}$

#### DECKENBELEUCHTUNG

Die Deckenbeleuchtung im Bistro des Neubads zeichnet sich durch einen charmanten Retro-Stil aus. Über der Bar und an den einzelnen Tischen sind heruntergehängte Halogen-Spots in Milchglas-Kugeln angebracht. Diese Gestaltung verleiht dem gesamten Ambiente eine heimelige und warme Atmosphäre, die die Gäste anspricht und zum Verweilen einlädt. Die Wahl dieses Retro-

Designs ist nicht nur ästhetisch ansprechend, sondern trägt auch zur Schaffung eines einladenden und gemütlichen Umfelds bei. Es ist jedoch zu beachten, dass die Verwendung von Halogenlampen in dieser Art von Leuchten mit gewissen Herausforderungen verbunden ist. Die erzeugte Hitze kann im Laufe der Zeit dazu führen, dass die Glühlampen-Fassungen spröde werden und sich die Lebensdauer der Lampen verkürzt. Dies kann nicht nur zu erhöhten Wartungskosten



ABBILDUNG 7: SITZPLÄTZE BISTRO, EIGENE AUFNAHME

führen, sondern auch den Energieverbrauch durch den häufigeren Austausch der Lampen erhöhen.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen und die Energieeffizienz zu steigern, wurde bereits ein Teil der Deckenbeleuchtung auf LED umgerüstet. LED-Leuchten sind bekannt für ihre geringere Wärmeerzeugung und ihre längere Lebensdauer im Vergleich zu Halogenlampen. Diese Umrüstung auf LED-Beleuchtungstechnologie ist nicht nur energieeffizienter, sondern reduziert auch die Wartungskosten erheblich.

Bei den 44 Leuchten und fünf Scheinwerfern ergeben sich folgende Verbrauchszahlen:

- Deckenleuchten: Halogen 33W
- Scheinwerfer Leistung: 300W
- Totale Beleuchtungsleistung:  $(44 \times 33W) + (5 \times 300W) = 2952W$
- Geschätzte Leuchtdauer pro Tag: 14 h
- Leuchtdauer pro Jahr:  $300d \times 14h = 4200h$
- Energieverbrauch pro Jahr:  $4200h \times 2.952kW = 12398 \text{ kWh}$
- Kosten pro Jahr:  $12398 \text{ kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 2727.65 \text{ CHF}$

Allein für die Beleuchtung des Bistros werden mehr als 2700 CHF pro Jahr ausgegeben. Mit einer Anpassung auf LED-Leuchtmittel können diese Kosten massiv gesenkt werden.

### TRINKWASSERSPENDER



ABBILDUNG 8: DATENSCHILD TRINKWASSERSPENDER, EIGENE AUFNAHME

Der Trinkwasserspender von blupura im Bistro, der kontinuierlich in Betrieb ist, leistet einen wichtigen Beitrag zur Kundenzufriedenheit, indem er sowohl gekühltes stilles Wasser als auch Sprudelwasser zur Verfügung stellt. Mit einer beträchtlichen Leistungsaufnahme von 530 Watt und einem Strombedarf von 2,3 Ampere im aktiven Modus stellt dieser Wasserspender jedoch einen nicht unerheblichen Energieverbraucher dar. Eine Möglichkeit zur Effizienzsteigerung bietet der Standbybetrieb, in dem der Spender nur etwa ein Ampere verbraucht. Hier könnten die Betriebsstunden angepasst werden, um den Energieverbrauch zu senken, ohne die Verfügbarkeit von gekühltem Wasser für die Gäste einzuschränken. Die Reduzierung der aktiven Betriebszeit und die effektive Nutzung des Standby-Modus könnten zu einer erheblichen Verringerung des Energieverbrauchs und somit auch der Betriebskosten führen.

- Geschätzte aktive Betriebsdauer pro Tag: 1h
- Standby Modus Dauer pro Tag: 23h
- Aktive Betriebsdauer pro Jahr: 250d x 1h = 250h
- Standby Modus Dauer pro Jahr: (250d x 23h) + (115d x 24h) = 5750h + 2760h = 8510h
- Leistungsaufnahme im Standby Betrieb:  $P = U \times I = 230V \times 1A = 230W$
- Energieverbrauch pro Jahr:
- $(250h \times 0.53kW) + (8510h \times 0.23kW) = 132.5kWh + 1957.3kWh = 2089.8kWh$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Kosten pro Jahr:  $2089.8 kWh \times 0.22 Fr./kWh = 459.75 CHF$

### KÜHLGERÄTE

Das Bistro, strategisch platziert nahe dem Haupteingang des Neubads, bietet grosszügige Sitzgelegenheiten sowohl im Innen- als auch im Aussenbereich, wo täglich mittags und abends Speisen und Getränke serviert werden. Für einen solchen Gastronomiebetrieb sind diverse Kühl- und Gefriergeräte unabdingbar. Die derzeitige Aufstellung der Kühlgeräte im gesamten Gebäude, mit einem Grossteil direkt im Bistro und weiteren Einheiten im Unter- und Obergeschoss, führt zu einer komplizierten Logistik in der Handhabung von Lebensmitteln und Getränken. Diese räumliche Verteilung der Kühlgeräte verursacht einen erhöhten Arbeitsaufwand und ist in der Konsequenz auch mit höheren Kosten verbunden, sowohl in Bezug auf die Arbeitszeit als auch auf die Energieeffizienz. Eine Optimierung der Standorte der Kühlgeräte könnte daher zu einer Effizienzsteigerung und Kostensenkung beitragen. Bei der Begehung am 03.11.2023



ABBILDUNG 9: KÜHLSCHRÄNKE BISTRO, EIGENE AUFNAHME

waren insgesamt 14 Kühl- oder Gefrierschränke in der Küche oder dem Untergeschoss für das Bistro im Einsatz – in dieser Zahl sind die fünf Tiefkühlschränke in der Cateringküche noch nicht eingerechnet! Wenn man für jedes dieser Geräte, eher konservativ, mit 200 W Leistungsaufnahme im Betrieb rechnet, kommt man auf folgende Werte:

- Aktive Betriebsdauer pro Jahr:  $250\text{d} \times 24\text{h} = 6000\text{ h}$
- Leistungsaufnahme im Betrieb: 200 W
- Energieverbrauch pro Jahr:  $6000\text{ h} \times 0.2\text{ kW} \times 14\text{ Stk.} = 16800\text{ kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Kosten pro Jahr:  $16800\text{ kWh} \times 0.22\text{ Fr./kWh} = 3696\text{ CHF}$

### **BISTRO-BÜHNE**

Die Bühne des Bistros, die primär als Durchgang genutzt wird, erfüllt gelegentlich auch den Zweck eines Veranstaltungsortes für Ausstellungen und Konzerte. Deshalb sind Scheinwerfer installiert, die allerdings auch dann eingeschaltet werden, wenn eigentlich nur eine einfache Durchgangsbeleuchtung nötig wäre. Durch die gleichzeitige Schaltung verschiedener Beleuchtungselemente entsteht der Eindruck einer übermäßigen Helligkeit in diesem Bereich. Es wäre also sinnvoll, die Beleuchtungssteuerung zu überdenken



ABBILDUNG 10: BISTRO-BÜHNE RICHTUNG BISTRO, EIGENE AUFNAHME

- Anzahl Scheinwerfer: 5
- Leistung Scheinwerfer: 30W
- Anzahl Deckenleuchten: 9
- Leistung Deckenleuchten: 33W
- Anzahl Einbauleuchten: 7
- Leistung Einbauleuchten: 36W
- Betriebsdauer pro Tag: 12h
- Betriebsdauer pro Jahr:  $300\text{d} \times 12\text{h} = 3600\text{h}$
- Energieverbrauch pro Jahr:
- $3600\text{h} \times ((5 \times 0.03\text{kW}) + (9 \times 0.033\text{kW}) + (7 \times 0.036\text{kW})) = 2516\text{kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Kosten pro Jahr:  $2516\text{ kWh} \times 0.22\text{ Fr./kWh} = 553.60\text{ CHF}$

und anzupassen, sodass die Intensität der Beleuchtung je nach tatsächlichem Bedarf reguliert werden kann. Dies würde nicht nur zur Atmosphäre beitragen, sondern auch die Energieeffizienz verbessern und Kosten sparen.

### **SPIELRAUM**

Der Spielraum im Neubad, der momentan mit einer Tischtennisplatte und einigen Stühlen ausgestattet ist, wird tagsüber nur eingeschränkt genutzt. Trotz dieser begrenzten Nutzung ist eine dauerhafte Beleuchtung vorhanden, die durch vier Deckenscheinwerfer, die die Tischtennisplatte intensiv beleuchten, und zusätzliche LED-Leuchten an den Wänden, die den Raum mit stimmungsvollem farbigem Licht füllen, einen erheblichen Energieverbrauch darstellt. Es bietet sich an, die Beleuchtungssituation im Spielraum zu überprüfen und Strategien für Energieeinsparungen zu entwickeln. Solche Massnahmen könnten die Installation von Bewegungsmeldern, die Reduzierung der Lichtintensität entsprechend der tatsächlichen Raumnutzung oder die bessere Ausnutzung des Tageslichts umfassen. In der weiterführenden Analyse werden diese Möglichkeiten berücksichtigt, um eine energieeffiziente Beleuchtung zu gewährleisten, die gleichzeitig den Anforderungen und dem Wohlbefinden der Nutzer gerecht wird.



ABBILDUNG 11: SPIELRAUM, EIGENE AUFNAHME

- Anzahl Scheinwerfer: 4
- Leistung Scheinwerfer: 300W
- Betriebsdauer pro Tag: 10h
- Aktive Betriebsdauer pro Jahr:  $300\text{d} \times 10\text{h} = 3000\text{h}$
- Energieverbrauch pro Jahr:  $3000\text{h} \times (4 \times 0.3\text{kW}) = 3600\text{kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Kosten pro Jahr:  $3600\text{kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 792\text{CHF}$

### LICHT-STEUERUNG EG

Die Steuerung und somit das Herz der Beleuchtung im Erdgeschoss befinden sich in einer kleinen Abstellkammer zwischen Atelier und Bistro-Bühne. An diesem Beispiel ist am besten erkennbar, dass in den vergangenen Jahren immer weitere Verbraucher und Ansprüche hinzugekommen sind, die Steuerung von dieser jedoch stark vernachlässigt wurde. Einen aktuellen Energieverbrauch aus den aktuellen Installationen zu ermitteln oder herauszufinden, welche Kabel worfür genau sind, wäre mit einem grossen Effort verbunden und muss ausserhalb der Öffnungszeiten des Neubad geschehen. Ausserdem muss dies in Absprache mit den Nutzern des Atelier getan werden, da dieses theoretisch jederzeit genutzt werden kann.



ABBILDUNG 12: KABELSALAT, EIGENE AUFNAHME

### ATELIER

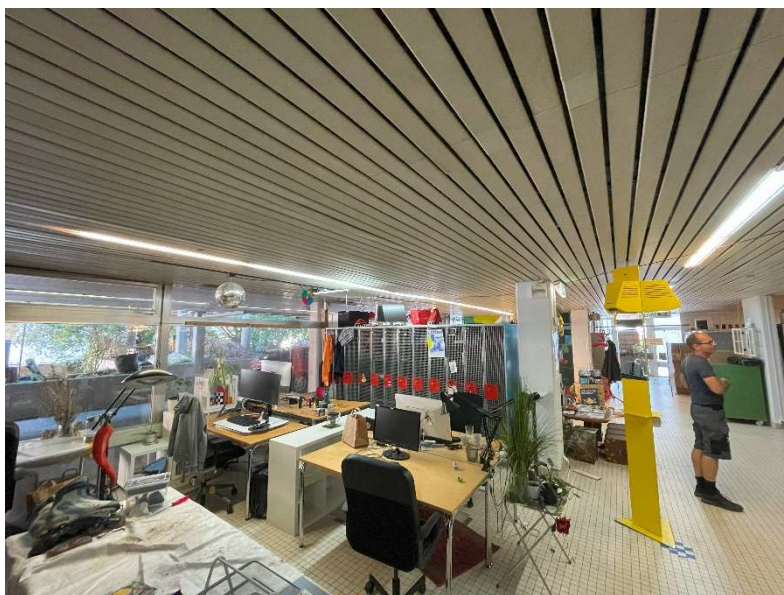


ABBILDUNG 13: ARBEITSPLÄTZE IM ATELIER, EIGENE AUFNAHME

Das Atelier im Neubad, das sich über eine beträchtliche Fläche im hinteren Teil des Erdgeschosses erstreckt und verschiedenen lokalen Unternehmen als Arbeitsplatz dient, verfügt über eine Beleuchtung, die aus der Zeit stammt, als dieser Bereich noch als Garderoben genutzt wurde. Aktuell beleuchten zahlreiche Fluoreszenzröhren mit je 36 Watt die gesamte Fläche, sobald das Licht eingeschaltet wird. Die bestehende Beleuchtung konnte jedoch die Arbeitsbereiche nicht adäquat ausleuchten, was zur Installation

zusätzlicher Deckenleuchten führte, von denen viele bereits auf LED-Technologie umgestellt wurden. Die zahlreichen Tischleuchten im Atelier haben aufgrund der bereits hohen Beleuchtungsintensität des Raumes nur geringe Betriebszeiten und werden deshalb in der Berechnung des Energieverbrauchs vernachlässigt. Es erscheint sinnvoll, die Beleuchtungsstrategie zu überdenken und eventuell die FL-Röhren durch effizientere Beleuchtung zu ersetzen oder zumindest die Beleuchtung so zu regulieren, dass sie den tatsächlichen Bedürfnissen der im Atelier arbeitenden Personen entspricht.

- Geschätzte Betriebsdauer pro Tag: 10h
- Betriebsdauer pro Jahr: 300d x 10h = 3000h
- Anzahl Einbauleuchten: 75
- Leistung Einbauleuchten: 36W
- Anzahl sonstige Deckenleuchten: 30
- Geschätzte Durchschnittliche Leistung sonstige Deckenleuchten: 8W
- Energieverbrauch pro Jahr: 3000h x ((0.036kW x 75) + (0.008kW x 30)) = 8820kWh
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Kosten pro Jahr: 8820kWh x 0.22 Fr./kWh = 1940.40CHF

### CO-WORKING

Im Co-Working Space des Obergeschosses, ähnlich wie im Atelier, wurde eine spezielle Beleuchtung im Rahmen eines Kunstprojektes installiert. Hierbei handelt es sich um Fluoreszenzröhren (FL-Röhren) mit einer Leistung von jeweils 36 Watt, die als Pendelleuchten über den Arbeitsplätzen angebracht sind. Diese Beleuchtung ist zentral steuerbar und dient als Hauptlichtquelle für die Arbeitstische. Aufgrund der grossen Fensterfronten im Obergeschoss, die viel Tageslicht einlassen, ist davon



ABBILDUNG 14: BELEUCHTUNG IM CO-WORKING, EIGENE AUFNAHME

auszugehen, dass die Betriebsdauer dieser Leuchten geringer ist als die der Beleuchtung im Erdgeschoss. Trotzdem wurden, um die teils zu generelle Ausleuchtung zu ergänzen, zusätzliche Tischleuchten im Raum platziert. Es könnte eine Überprüfung und Anpassung der Beleuchtungskonzeption sinnvoll sein, um die Energieeffizienz zu optimieren und eine bedarfsgerechte Ausleuchtung sicherzustellen, die sich gegebenenfalls automatisch an das vorhandene Tageslicht anpasst.

- Geschätzte aktive Betriebsdauer pro Tag: 8h
- Aktive Betriebsdauer pro Jahr: 250d x 8h = 2000h
- Anzahl Leuchten: 50
- Energieverbrauch pro Jahr: (2000h x 0.036kW x 50 Stk.) = 3600kWh
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Kosten pro Jahr: 3600kWh x 0.22 Fr./kWh = 792 CHF

### OPEN-POOL

Die Bühne im Neubad, welche sich im Bereich des ehemaligen grossen Schwimmbeckens befindet, dient als multifunktionaler Veranstaltungsort für Aufführungen, Diskussionsrunden und andere Events.

Die technische Ausstattung für die Bühne, einschliesslich der Beleuchtung, wurde teilweise gespendet oder zu sehr geringen Kosten erworben. Bei durchschnittlich zwei Veranstaltungen pro Woche und einer angenommenen Beleuchtungsdauer von vier Stunden pro Event ergeben sich bei 50 Veranstaltungswochen pro Jahr bestimmte Nutzungsmuster für die Bühnenbeleuchtung. Um eine Leistungsberechnung für die Beleuchtung anzustellen, müsste man die Anzahl der Leuchten, ihre jeweilige Leistung in Watt und die Betriebsstunden zusammenrechnen.



ABBILDUNG 15: TECHNIK IM OPEN-POOL, EIGENE AUFNAHME

Diese Daten geben Aufschluss über den Gesamtenergieverbrauch der Bühnenbeleuchtung im Laufe eines Jahres und ermöglichen es, potenzielle Energieeinsparungen zu identifizieren, etwa durch den Einsatz von Energiesparlampen oder durch die Anpassung der Beleuchtungsdauer an den tatsächlichen Bedarf.

- Geschätzte aktive Betriebsdauer pro Woche: 8h
- Betriebsdauer pro Jahr: 50W x 8h = 400h
- Anzahl Scheinwerfer «alt»: 15
- Leistung Scheinwerfer «alt»: 750W
- Anzahl Scheinwerfer «neu»: 6
- Leistung Scheinwerfer «neu»: 216W
- Anzahl Deckenstrahler: 2
- Leistung Deckenstrahler: 2500W
- Energieverbrauch pro Jahr:
- $400h ((0.75kW \times 15) + (0.216 \times 6) + (2.5kW \times 2)) = 7018kWh$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Kosten pro Jahr: 1125kWh x 0.22 Fr./kWh = 1544CHF

### CATERINGKÜCHE

Die Cateringküche im Obergeschoss des Neubads, die hauptsächlich zur Lagerung von Tiefkühlkost in fünf Kühltruhen genutzt wird, dient als unterstützende Einrichtung für die Küche im Erdgeschoss sowie für Catering-Events im Open-Pool. Die Kühltruhen sind essenziell für die Aufbewahrung von Lebensmitteln bei niedrigen Temperaturen, um die Qualität und Sicherheit der Speisen für die Gastronomie und das Catering zu gewährleisten. Bei der Einrichtung und dem Betrieb solcher Kühlgeräte ist es wichtig, sowohl die Effizienz als auch die Praktikabilität zu berücksichtigen, um Energieverbrauch und Kosten zu optimieren, während gleichzeitig die Anforderungen des Gastronomiebetriebs erfüllt werden.

- Aktive Betriebsdauer pro Jahr:  $365d \times 24h = 8760h$
- Anzahl Tiefkühlschränke: 5
- TK-Typen: 1x Scan Cool Chest Freezer SB551,  $P=135W$   
1x Electrolux HF 396,  $P=160W$   
1x AHT V23 SSU,  $P=210W$   
2x Gastro Hero KS-Eline,  $P=200W$
- Energieverbrauch pro Jahr:  $(8760 \times 0.905kW) = 7927.8kWh$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Kosten pro Jahr:  $7927.8kWh \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 1744.10 \text{ CHF}$

### LÜFTUNG

Nach der Umwidmung des ehemaligen Hallenbades wurden die Lüftungsanlagen bereits deutlich reduziert und steuerungstechnische Anpassungen vorgenommen, um den geänderten Nutzungsbedingungen gerecht zu werden. Dennoch ist eine Lüftungsanlage nach wie vor unerlässlich, insbesondere in Bereichen des Neubads, in denen keine direkte Zufuhr von Frischluft möglich ist, wie im Nachtclub und im Open-Pool Bereich. Diese sind für die Gewährleistung einer adäquaten Luftqualität und für das Wohlbefinden der Besucher und Mitarbeiter von Bedeutung. Obwohl die Lüftungsanlage für die vorliegende Arbeit nicht im Detail betrachtet wird, ist es wichtig, ihre Effizienz und Funktionalität im Kontext der gesamten Energieverwaltung und -nutzung des Gebäudes zu berücksichtigen.

### ZIRKULATIONSPUMPE HEIZUNG

Während der Erstbegehung im Juli 2023 wurde auch die Heizungsanlage inspiziert, wobei festgestellt wurde, dass eine Zirkulationspumpe merklich Wasser verliert. Bei genauerer Untersuchung kam heraus, dass diese im Dauerbetrieb befindliche Pumpe eine Stromaufnahme von neun Ampere aufweist. Diese Pumpe, die bereits einige

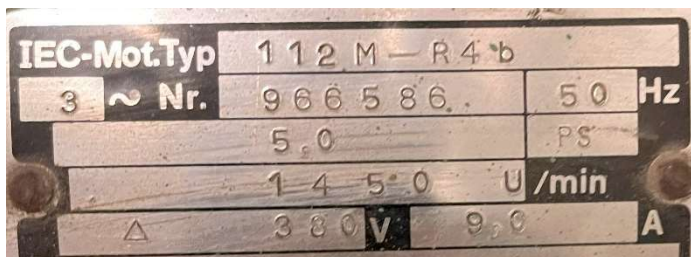


ABBILDUNG 16: TYPENSCHILD ZIRKULATIONSPUMPE, EIGENE AUFNAHME

Jahre in Betrieb ist, hat die Aufgabe das Wasser in den Heizungskreisläufen in Bewegung zu halten, um ein Absetzen des Wassers und die Bildung von Ablagerungen in den Rohren zu verhindern. Angesichts ihrer hohen Betriebszeiten ist eine regelmässige Wartung und Überprüfung essenziell, was in der jüngeren Vergangenheit vernachlässigt zu sein scheint. Eine undichte und

ineffiziente Pumpe kann nicht nur den Energieverbrauch erhöhen, sondern auch zu Wasserschäden und potenziellen Betriebsunterbrechungen führen. Daher ist es empfehlenswert, die Pumpe umgehend zu reparieren oder zu ersetzen, um eine zuverlässige und energieeffiziente Heizungsanlage zu gewährleisten.

- Aktive Betriebsdauer pro Tag: 24h
- Aktive Betriebsdauer pro Jahr: 365d x 24h = 8760h
- Leistungsaufnahme:  $P = PS \times 0.735499 = 5PS \times 0.735499 = 3.67kW$
- Energieverbrauch pro Jahr:  $(8760h \times 3.67kW) = 32192kWh$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Kosten pro Jahr:  $32192kWh \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 7082.35CHF$

## SOLL-SITUATION UND MASSNAHMEN

### VERBRAUCH

Dieses Kapitel konzentriert sich auf die essenzielle Aufgabe der Steigerung der Energieeffizienz im Neubad Luzern. Nachhaltigkeit zu fördern und den Energieverbrauch zu minimieren, sind hier von kritischer Wichtigkeit. Das primäre Anliegen ist, einen detaillierten Überblick über die verschiedenen Massnahmen und Strategien zu geben, die zur Verbesserung der Energieeffizienz im Neubad umgesetzt werden.

Mit einem aktuellen Jahresverbrauch von circa 200.000 kWh elektrischer Energie steht das Neubad vor der Aufgabe, diesen signifikant zu reduzieren. In diesem Kapitel werden diverse Herangehensweisen und Lösungsvorschläge präsentiert, die ein breites Spektrum von technischen Innovationen bis hin zur Förderung eines energiebewussten Nutzerverhaltens abdecken. Es werden umfassende Massnahmen besprochen, die bereits implementiert wurden oder sich in Planung befinden, welche allesamt darauf abzielen, den Energiekonsum im Neubad dauerhaft zu senken. Von der Aktualisierung der technischen Anlagen über die Förderung eines umweltbewussten Verhaltens bis hin zu intelligenten Steuerungssystemen - all diese Elemente spielen eine entscheidende Rolle auf dem Weg zu einem energieeffizienten Kulturzentrum.

Die Einsichten aus diesem Kapitel dienen nicht nur dazu, die Fortschritte des Neubads zu dokumentieren, sondern auch als Inspiration und Wissensressource für vergleichbare Einrichtungen, die ähnliche Ziele verfolgen. Energieeffizienz ist ein wesentlicher Bestandteil einer nachhaltigen Zukunft, und das Neubad ist ein exemplarisches Modell dafür, wie durch kreative und engagierte Massnahmen eine solche Zukunft gestaltet werden kann.

### BISTRO

#### KAFFEEMASCHINE

Die Praxis, die grosse Kaffeemaschine im Bistro des Neubads über Nacht im Standby-Modus zu belassen, soll künftig geändert werden. Es ist geplant, dass die Kaffeemaschine immer ausgeschaltet wird, sobald das Bistro schliesst. Diese Änderung ist besonders relevant, da die Maschine bisher anscheinend auch während der Betriebsferien im Standby-Modus verblieben ist. Durch das vollständige Ausschalten der Kaffeemaschine ausserhalb der Betriebszeiten, besonders über Nacht und während der Betriebsferien, können erhebliche Energieeinsparungen realisiert werden. Dieser Schritt ist ein einfaches, aber effektives Mittel, um den Gesamtenergieverbrauch im

Bistro zu reduzieren und trägt zur Steigerung der Energieeffizienz im gesamten Neubad bei. Durch diese simple Massnahme können bereits folgenden Einsparungen erzielt werden:

- Vermiedener Standby Modus Dauer pro Tag: 14 h
- Vermiedener Standby Modus Dauer pro Jahr:  $(250d \times 14h) + (115d \times 24h) = 3500 h + 2760 h = 6260 h$
- Leistungsaufnahme im Standby Betrieb:  $P = U \times I = 400V \times 0.3A \times \sqrt{3} = 208 W$
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr:  $6260h \times 0.208kW = 1302 kWh$
- Vermiedene Kosten pro Jahr:  $1302kWh \times 0.22 Fr./kWh = 286.45 CHF$

Die Implementierung einer Massnahme, bei der die grosse Kaffeemaschine im Bistro des Neubads ausserhalb der Betriebszeiten ausgeschaltet wird, kann entweder durch eine automatische Schaltuhr oder durch manuelles Ausschalten erfolgen. Diese relativ simple Verfahrensweise hat das Potenzial, den Energieverbrauch und damit die Stromkosten der Kaffeemaschine um etwa 26% zu reduzieren. Ein wesentlicher Vorteil dieser Massnahme ist, dass sie keine Komforteinbussen für die Mitarbeiter oder Gäste des Bistros mit sich bringt. Die Nutzung einer automatischen Schaltuhr würde zusätzlich die Zuverlässigkeit der Umsetzung dieser Massnahme erhöhen und menschliches Versäumnis ausschliessen.

#### EISWÜRFELMASCHINE

Die aktuelle Praxis, die Eiswürfelmaschine im Neubad ständig eingeschaltet zu lassen, so dass sie durchgehend Eiswürfel kühlt oder produziert, könnte durch das Ausschalten über Nacht und ausserhalb der Betriebszeiten optimiert werden. Dies würde eine deutliche Reduzierung des Energieverbrauchs ermöglichen, da die Maschine nicht ununterbrochen in Betrieb sein muss, besonders in Zeiten geringer oder keiner Nutzung. Die Annahme, dass die Eiswürfelmaschine während der Betriebsferien bereits ausgeschaltet wird, deutet darauf hin, dass das Bewusstsein für Energieeinsparungen im Betrieb vorhanden ist. Das konsequente Ausschalten der Maschine über Nacht würde diesen Ansatz weiterführen und zu zusätzlichen Energieeinsparungen führen. Solche Anpassungen in der Nutzung von Geräten, die nicht rund um die Uhr in Betrieb sein müssen, sind einfache, aber effektive Schritte, um die Energieeffizienz im Neubad weiter zu verbessern.

- Vermiedene Betriebs-Dauer pro Tag: 14 h
- Vermiedene Betriebs-Dauer pro Jahr:  $250d \times 14h = 3500 h$
- Leistungsaufnahme im Betrieb: 0.45 kW
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr:  $3500h \times 0.45kW = 1575 kWh$
- Vermiedene Kosten pro Jahr:  $1575kWh \times 0.22 Fr./kWh = 346.5 CHF$

### DECKENBELEUCHTUNG

Der Ersatz der Halogen-Deckenbeleuchtung durch moderne LED-Leuchten im Neubad ist eine wichtige Massnahme zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Reduzierung des Energieverbrauchs. LEDs sind bekannt für ihre längere Lebensdauer, geringeren Energieverbrauch und geringere Wärmeentwicklung im Vergleich zu Halogenlampen. Untenstehend die Berechnung, nach welcher Zeit die LED-Leuchten bereits amortisiert sind.

- Alte Deckenleuchten: Halogen 33 W
- Neue Leuchtmittel: LED 4.2W
- Leistungs-Einsparung pro Leuchte:  $33 \text{ W} - 4.2 \text{ W} = 28.8 \text{ W}$
- Leistungs-Einsparung gesamt:  $44 \text{ Stk.} \times 28.8 \text{ W} = 1267.2 \text{ W}$
- Geschätzte Leuchtdauer pro Tag: 12 h
- Leuchtdauer pro Jahr:  $250 \text{ d} \times 12 \text{ h} = 3000 \text{ h}$
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr:  $3000\text{h} \times 1.2672 \text{ kW} = 3801.6 \text{ kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Kosten pro Jahr:  $3801.6\text{kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 836.35 \text{ CHF}$
- Anschaffung 5W LED: 6.95 CHF (beleuchtungdirekt.ch, 02.10.2023)
- Amortisationsdauer der Anschaffung in Jahren:  $(44 \text{ Stk.} \times 6.95 \text{ CHF}) / 836.35 \text{ CHF} = 0.36$

Die Amortisationsdauer der LED-Leuchten beträgt somit weniger als fünf Monate. Da die LED-Leuchten auch eine wesentlich längere Lebensdauer haben als Halogen-Leuchten und diese die Fassungen aufgrund der niedrigeren Betriebstemperatur nicht ausbrennen, ist noch deutlich mehr Einsparpotenzial vorhanden.

Nun sind im Bistro auch noch Halogen Scheinwerfer installiert, für welche sich mit einem möglich Ersatzprodukt folgende Werte ergeben können:

- Alte Scheinwerfer Leistung: 300 W
- Mögliche neue Scheinwerfer: 26 W
- Leistungs-Einsparung pro Leuchte:  $300 \text{ W} - 26 \text{ W} = 274 \text{ W}$
- Leistungs-Einsparung gesamt:  $5 \text{ Stk.} \times 274 \text{ W} = 1370 \text{ W}$
- Geschätzte Leuchtdauer pro Tag: 12 h
- Leuchtdauer pro Jahr:  $250 \text{ d} \times 12 \text{ h} = 3000 \text{ h}$
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr:  $3000 \text{ h} \times 1.37 \text{ kW} = 4110 \text{ kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Vermiedene Kosten pro Jahr:  $4110 \text{ kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 904.2 \text{ CHF}$
- Anschaffung 26 W LED: 66.25 CHF (amazon.de, 02.10.2023)
- Amortisationsdauer der Anschaffung in Jahren:  $(5 \text{ Stk.} \times 66.25 \text{ CHF}) / 904.2 \text{ CHF} = 0.36$

Obwohl es sich bei den Scheinwerfern um einen speziellen Leuchtentyp handelt, welche in der Beschaffung sehr teuer sind, können auch diese Investitionen in weniger als Monaten amortisiert werden, da die alten Scheinwerfer einen massiv höheren Stromverbrauch aufweisen.

#### TRINKWASSERSPENDER

Die geplante Massnahme, den Trinkwasserspender im Neubad ausserhalb der Öffnungszeiten auszuschalten, ähnlich wie bei der Kaffeemaschine, stellt einen weiteren Schritt zur Reduzierung des Energieverbrauchs dar. Das regelmässige Ausschalten des Wasserspenders jeden Morgen und Abend ist eine einfache, aber wirkungsvolle Methode, um Energie zu sparen. Diese Vorgehensweise ist nicht nur effizient in Bezug auf Energieverbrauch und Kosten, sondern trägt auch zur Umsetzung von nachhaltigen Praktiken im Neubad bei. Der geringe Aufwand für das tägliche Ein- und Ausschalten des Geräts ist angesichts des potenziellen Ertrags an Energie- und Kosteneinsparungen ein kleiner, aber bedeutender Schritt in Richtung eines energieeffizienteren Betriebs.

- Vermiedener Standby Modus Dauer pro Tag: 16 h
- Vermiedener Standby Modus Dauer pro Jahr:  $(250 \text{ d} \times 16 \text{ h}) + (115 \text{ d} \times 24 \text{ h}) = 4000 \text{ h} + 2760 \text{ h} = 6760 \text{ h}$
- Leistungsaufnahme im Standby Betrieb:  $P = U \times I = 230 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 230 \text{ W}$
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr:  $6760 \text{ h} \times 0.23 \text{ kW} = 1554.8 \text{ kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Vermiedene Kosten pro Jahr:  $1554.8 \text{ kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 342 \text{ CHF}$

Da der Trinkwasserspender vergleichsweise kurze aktive Zeiten aufweist, ergibt sich durch die vielen eingesparten Standby-Zeiten ein enormes Einsparpotenzial von etwa 74% der Energie und somit der Kosten. Dies ist eine Massnahme, die unbedingt durchgeführt werden muss.

#### KÜHLGERÄTE

Die Kühlgeräte in der Küche könnten künftig auf ein Minimum reduziert werden. Aktuell sind im Bistro, im Bistro-Lager im UG sowie in der Bistroküche, 19 Kühl- und Gefrierschränke installiert. Die Nutzung dieser zahlreichen Verbraucher ist zu hinterfragen und auf den effektiven Nutzen zu prüfen. Bereits die Reduzierung um vier Kühlschränke könnte die folgende jährliche Ersparnis einbringen:

- Betriebs-Dauer pro Tag: 24h
- Betriebs-Dauer pro Jahr:  $365 \text{ d} \times 24 \text{ h} \times 4 \text{ Stk.} = 35040 \text{ h}$
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr:  $35040 \text{ h} \times 0,2 \text{ kW} = 7008 \text{ kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Vermiedene Kosten pro Jahr:  $7008 \text{ kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 1541.75 \text{ CHF}$

#### BISTRO-BÜHNE

Die Umgestaltung der Beleuchtung bei der Bistro-Bühne im Neubad bietet mehrere Ansätze zur Steigerung der Energieeffizienz und Flexibilität. Ein wichtiger Schritt ist die Umrüstung der vorhandenen Scheinwerfer auf LED-Scheinwerfer. Diese zeichnen sich durch eine höhere Effizienz

im Betrieb aus und sind in der Anschaffung nicht kostspielig. Ein zusätzlicher Vorteil der LED-Scheinwerfer ist ihre Fähigkeit, die Farbe des Lichts zu ändern (Rot, Grün, Blau, Weiss - RGBW), was sie vielseitiger einsetzbar macht als die aktuellen Scheinwerfer. Zusätzlich zu den Scheinwerfern gibt es zwei Deckenleuchten, die ähnlich wie im Bistro sind. Da diese Leuchten im Durchgangs- oder Konzertbereich nicht passend erscheinen, wird empfohlen, sie vollständig zu entfernen. Ein weiterer Vorschlag bezieht sich auf die Reduzierung der allgemeinen Beleuchtung in diesem Bereich. Um eine Überbeleuchtung zu vermeiden, sollte mehr Wert auf eine gezielte und angemessene Ausleuchtung des Durchgangs und der Verkaufsregale gelegt werden. Dies könnte durch die Reduzierung der FL-Einbauleuchten auf drei Stück und die Demontage aller Deckenleuchten erreicht werden. Die Scheinwerfer, die für Konzerte verwendet werden, können aufgrund ihrer geringen Leistungsaufnahme beibehalten werden. Diese Massnahmen tragen dazu bei, den Energieverbrauch zu senken, während gleichzeitig die Beleuchtungsqualität verbessert und an die spezifischen Anforderungen des Raumes angepasst wird.

- Betriebsdauer pro Tag: 12 h
- Aktive Betriebsdauer pro Jahr: 300 d x 12 h = 3600 h
- Energieverbrauch pro Jahr bisher:
- $3600 \text{ h} \times ((5 \times 0.03 \text{ kW}) + (9 \times 0.033 \text{ kW}) + (7 \times 0.036 \text{ kW})) = 2516 \text{ kWh}$
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr:
- $3600 \times ((4 \times 0.036 \text{ kW}) + (9 \times 0.033 \text{ kW})) = 1587.6$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Vermiedene Kosten pro Jahr:  $1587.6 \text{ kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 349.25 \text{ CHF}$

Mit diesen Massnahmen kann man in diesem Bereich gänzlich auf neue Leuchten oder Leuchtmittel verzichten. Dies senkt die Investitionskosten und zugleich die laufenden Kosten für die Energie. Ausserdem können die demontierten Leuchten an Lager genommen werden, um diese als Ersatzteile zu verwenden, da einige dieser Leuchtentypen noch an diversen anderen Stellen im Gebäude verbaut sind. Alternativ können diese online oder auf einem Flohmarkt verkauft werden, um Lagerplatz einzusparen und auch noch einen kleinen Ertrag aus den Leuchten zu generieren.

### **SPIELRAUM**

Die **Durchgangsbeleuchtung**: Die bestehende direkte und indirekte Beleuchtung an den Wänden, die für mehrere Stunden am Tag genutzt wird, könnte durch den Einsatz von Bewegungsmeldern effizienter gestaltet werden. Ein schnell reagierender Bewegungsmelder würde sicherstellen, dass die Beleuchtung nur dann aktiv ist, wenn sie tatsächlich benötigt wird, wodurch der Energieverbrauch erheblich reduziert werden kann.

**Hauptbeleuchtung mit Scheinwerfern**: Die bestehenden 300-Watt-Halogen-Scheinwerfer, die die Hauptbeleuchtung des Raumes ausmachen, sollten über einen separaten Lichtschalter gesteuert werden. Dies ermöglicht es, sie nur dann einzuschalten, wenn sie wirklich gebraucht werden. Darüber hinaus wäre der Austausch der Halogen-Scheinwerfer durch energieeffiziente LED-Scheinwerfer eine wichtige Massnahme. LEDs verbrauchen deutlich weniger Energie und haben eine längere Lebensdauer, was zu weiteren Einsparungen bei den Betriebs- und Wartungskosten führt.

Durch diese Änderungen kann nicht nur der Energieverbrauch im Spielraum deutlich reduziert, sondern auch die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Beleuchtung an die jeweiligen Bedürfnisse verbessert werden. Diese Massnahmen unterstützen das übergeordnete Ziel, das Neubad zu einem energieeffizienteren und nachhaltigeren Kulturzentrum zu machen.

- Energieverbrauch [kWh] pro Jahr bisher:  $3000 \text{ h} \times (4 \times 0.3 \text{ kW}) = 3600 \text{ kWh}$
- Betriebsdauer pro Tag Neu: 5 h
- Aktive Betriebsdauer pro Jahr:  $300 \text{ d} \times 5 \text{ h} = 1500 \text{ h}$
- Energieverbrauch pro Jahr Neu:  $1500 \text{ h} \times (2 \times 0.027 \text{ kW}) = 810 \text{ kWh}$
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr:  $3600 \text{ kWh} - 810 \text{ kWh} = 2790 \text{ kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Vermiedene Kosten pro Jahr:  $2790 \text{ kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 613.80 \text{ CHF}$
- Anschaffung 27W LED-Strahler: 65 CHF (red-carparts.de, 05.11.2023)
- Amortisationsdauer der Anschaffung in Jahren:  $(2 \text{ Stk.} \times 65 \text{ CHF}) / 613.80 \text{ CHF} = 0.2$

Die Anschaffung dieser neuen LED-Leuchten für den Ping-Pong Tisch wäre in weniger als drei Monaten amortisiert. Hinzu kommt noch die Installation eines neuen Lichtschalters. Da diese Kosten jedoch gering sind können diese vernachlässigt werden.

### **LICHT-STEUERUNG EG**

Die Licht-Steuerung für den EG-Bereich ist in die Jahre gekommen, wird jedoch durch den technischen Leiter angepasst und auf den laufenden Betrieb zugeschnitten. Die Zusammenlegung des Schaltschranks im Zwischengang und der Steuerung wäre zu empfehlen. Diese Arbeiten müssten jedoch durch Elektro-Fachkräfte durchgeführt und abgenommen werden. Dies treibt die Kosten für entsprechende Anpassungen stark in die Höhe und der Verbrauch würde dadurch auch nur wenig, wenn überhaupt, gesenkt. Die aktuelle Lösung ist zweckmässig, wenn auch nicht komfortabel und kann fortgeführt werden, bis über den Weiterbetrieb des Neubads entschieden wurde.

### **ATELIER**

Die Modernisierung der Beleuchtung im Atelierbereich des Neubads durch den Ersatz der 75 veralteten Fluoreszenzleuchten (FL-Leuchten) mit 23 energieeffizienten LED-Stehleuchten des Typs Lana (erhältlich auf Gonser.ch zu einem Preis von 349 CHF pro Stück) ist eine wichtige Massnahme zur Steigerung der Energieeffizienz und Verbesserung der Arbeitsatmosphäre.

Die LED-Stehleuchten verbrauchen zwar 60 Watt pro Leuchte, was auf den ersten Blick höher erscheint als die Leistung einzelner FL-Leuchten. Jedoch bieten die LED-Leuchten in Verbindung mit Bewegungsmeldern und Tageslichterkennung erhebliche Vorteile:

**Reduzierte Betriebszeiten:** Durch die Integration von Bewegungsmeldern und Tageslichterkennung wird sichergestellt, dass die Leuchten nur dann in Betrieb sind, wenn sie benötigt werden. Dies reduziert die Gesamtbetriebszeit erheblich und führt zu Energieeinsparungen.

**Höhere Effizienz:** Trotz der höheren Leistung pro Leuchte sind LEDs effizienter im Umgang mit Energie und haben eine längere Lebensdauer, was die Wartungs- und Ersatzkosten senkt.

**Verbesserter Komfort:** LED-Stehleuchten bieten eine qualitativ hochwertigere und komfortablere Beleuchtung, was die Arbeitsumgebung im Atelierbereich verbessert. Insgesamt kann durch diese Umstellung, trotz der anfänglichen Investitionskosten, eine signifikante Reduzierung des Energieverbrauchs erreicht werden, während gleichzeitig der Komfort und die Arbeitsbedingungen im Atelierbereich verbessert werden. Diese Massnahme ist ein weiterer Schritt in Richtung eines energieeffizienten und nachhaltigen Betriebs des Neubads.

- Geschätzte aktive Zeit neu: 5 h
- Geschätzte aktive Zeit pro Jahr neu: 300 d x 5 h = 1500 h
- Energieverbrauch pro Jahr bisher:
- $3000 \text{ h} \times ((0.036 \text{ kW} \times 75) + (0.008 \text{ kW} \times 30)) = 8820 \text{ kWh}$
- Energieverbrauch pro Jahr Neu:  $1500 \text{ h} \times (23 \times 0.06 \text{ kW}) = 2070 \text{ kWh}$
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr:  $8820 \text{ kWh} - 2070 \text{ kWh} = 6750 \text{ kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Vermiedene Kosten pro Jahr:  $6750 \text{ kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 1485 \text{ CHF}$
- Anschaffung 60 W LED-Stehlampe: 349 CHF (Gonser.ch, 02.09.2023)
- Amortisationsdauer der Anschaffung in Jahren:  $(23 \text{ Stk.} \times 349 \text{ CHF}) / 1485 \text{ CHF} = 5.4$
- Möglicher Verkaufspreis von Stehleuchte: 75 CHF
- Erlös aus Verkauf aller Leuchten:  $23 \text{ Stk} \times 75 \text{ CHF} = 1725 \text{ CHF}$
- Amortisation inkl. Verkauf:  $((23 \text{ Stk.} \times 349 \text{ CHF}) - (23 \text{ Stk.} \times 75 \text{ CHF})) / 1485 \text{ CHF} = 4.24$

Eine Amortisation der neuen Beleuchtung wäre somit bereits nach rund fünfeneinhalb Jahren erfolgt. Wenn man jedoch einen möglichen Verkauf der LED-Leuchten nach dem Ende des Neubads wiederum einrechnet, kann eine solche Investition ebenfalls in Betracht gezogen werden. Mit einem geschätzten Verkaufspreis von 75 CHF pro Leuchte läge die Amortisationsdauer immerhin noch bei etwas mehr als vier Jahren. Je länger die Diskussionen um das Neubad jedoch andauern, desto mehr zeichnet sich ab, dass dieses auch nach Ablauf der nächsten sieben Jahre noch in einer ähnlichen Form weiterbetrieben wird. Selbstverständlich könnten solche neuen Leuchten auch an einem neuen Standort weiterverwendet werden und würden somit vom ersten Betriebstag an einen positive Klimabilanz aufweisen.

Hier könnten auch günstigere Leuchten angeschafft werden, womit die Amortisationsdauer wiederum kürzer wäre. Wenn die Stehleuchten jedoch durch Second-Hand Leuchten ersetzt würden, sieht die Amortisationsdauer folgendermassen aus:

- Anschaffung Second-Hand LED-Stehlampe: 150 CHF (von Tutti.ch, 02.10.2023)
- Amortisationsdauer der Anschaffung in Jahren:  $(23 \text{ Stk.} \times 150 \text{ CHF}) / 1485 \text{ CHF} = 2.3$

Die Anschaffung von gebrauchten Stehleuchten wäre somit nach rund zwei Jahren amortisiert. Hierbei ist jedoch auch zu erwähnen, dass auf gebrauchte Materialien keine Garantien bestehen

und somit möglicherweise auch bald wieder neue Investitionen getätigt werden müssten. Ich würde somit klar zur Beschaffung von neuen Stehleuchten raten.

### CO-WORKING

Die Umstellung der Atelierbeleuchtung auf LED-Stehleuchten ist eine praktikable Lösung, um den Energieverbrauch zu reduzieren und die Nachhaltigkeit im Neubad zu erhöhen. Obwohl die bestehende Beleuchtung Teil eines Kunstprojektes war, ist die Priorisierung von Ressourcenschonung und Energieeffizienz in der heutigen Zeit von grosser Bedeutung. Dieser Schritt symbolisiert nicht nur ein Engagement für Nachhaltigkeit, sondern auch eine Anpassung an zeitgemässe Standards. Die demontierten FL-Leuchten könnten zudem als Ersatzteile für diverse andere Beleuchtungen genutzt werden oder durch einen Verkauf wiederum Geld in die Kassen des Neubads spielen.

- Geschätzte Betriebsdauer pro Tag neu: 3 h
- Aktive Betriebsdauer pro Jahr neu: 250 d x 3 h = 750 h
- Anzahl neue Stehleuchten: 13
- Energieverbrauch pro Jahr bisher: 2000 h x 0.036 kW x 50 Stk) = 3600 kWh
- Energieverbrauch pro Jahr Neu: 750 h x 0.06 kW x 13 = 585 kWh
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr: 3600 kWh – 585 kWh = 3015 kWh
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Vermiedene Kosten pro Jahr: 3015 kWh x 0.22 Fr./kWh = 663.30 CHF
- Anschaffung 60 W LED-Stehlampe: 349 CHF (Gonser.ch, 02.09.2023)
- Amortisationsdauer der Anschaffung in Jahren: (13Stk. X 349 CHF) / 663.30 CHF = 6.84
- Möglicher Verkaufspreis von Stehleuchte: 75 CHF
- Erlös aus Verkauf aller Leuchten: 13 Stk x 75 CHF = 975 CHF
- Amortisation inkl. Verkauf: ((13 Stk. X 349 CHF) – (13 Stk. X 75 CHF)) / 663.30 CHF = 5.37

Selbst durch die deutlich kürzere Betriebsdauer pro Tag von dieser Beleuchtung wird es wirtschaftlich Sinn machen diese Beleuchtung zu ersetzen. Nach spätestens knapp sieben Jahren (exkl. Wieder-Verkauf der Stehleuchten) respektive knapp fünfeinhalb Jahren (inkl. Wieder-Verkauf der Stehleuchten) Betrieb haben sich die Stehleuchten amortisiert. Auch diese Leuchten können an einem neuen Neubad-Standort weiterverwendet werden und somit noch viele weitere Jahre eingesetzt werden. Mit diesem Wissen kann das Beleuchtungsprojekt mit FL-Röhren durchaus weiterbetrieben werden.

Die Rechnung würde mit Second-Hand Leuchten auch hier noch eindeutiger ausfallen:

- Anschaffung Second-Hand LED-Stehlampe: 150CHF (von Tutti.ch, 02.10.2023)
- Amortisationsdauer der Anschaffung in Jahren: (13Stk. X 150 CHF) / 663.30CHF = 2.9

Diese Beleuchtung könnte somit nach weniger als drei Jahren amortisiert sein und würde somit noch mindestens die doppelte Dauer am bestehenden Standort verbleiben. Die Nachteile zu einer Second-Hand Beleuchtung habe ich jedoch auch bereits aufgeführt und somit würde ich auch hier zu neuen Leuchten raten.

### **OPEN-POOL**

Die Scheinwerfer mit ihren 750W Leistung sind im wahrsten Sinne des Wortes Stromfresser. Die Betriebsdauern basieren auf Einschätzungen der Mitarbeiter des Neubads. In der untenstehenden Berechnung wird die Umstellung auf eine nachhaltige LED-Beleuchtung aufgezeigt.

- Geschätzte aktive Betriebsdauer pro Woche: 8 h
- Betriebsdauer pro Jahr: 50 Wochen x 8 h = 400 h
- Energieverbrauch pro Jahr bisher:
- $400 \text{ h } ((0.75 \text{ kW} \times 15) + (0.216 \text{ kW} \times 6) + (2.5 \text{ kW} \times 2)) = 7018 \text{ kWh}$
- Energieverbrauch pro Jahr Neu:  $400 \text{ h} \times ((0.216 \text{ kW} \times 21 \text{ Stk.}) + (2.5 \text{ kW} \times 2 \text{ Stk.})) = 3814.4 \text{ kWh}$
- Vermiedener Energieverbrauch pro Jahr:  $7018 \text{ kWh} - 3814.4 \text{ kWh} = 3203.6 \text{ kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Vermiedene Kosten pro Jahr:  $3203.6 \text{ kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 704.80 \text{ CHF}$
- Anschaffung LED-Scheinwerfer 216 W: 172 CHF (musicstore.ch, 03.09.2023)
- Amortisationsdauer der Anschaffung in Jahren:  $(15 \text{ Stk.} \times 172 \text{ CHF}) / 704.80 \text{ CHF} = 3.66$

In weniger als vier Jahren wäre die Investition für neue LED-Scheinwerfer amortisiert. Zudem stehen mit neuen Scheinwerfern auch andere Beleuchtungsmöglichkeiten zur Verfügung, da der neue Typ RGBWA-UV fähig ist. Dieser Typ wurde ausgewählt, da die restlichen, bisher ersetzten, Bühnen-Scheinwerfer bereits dieselben Scheinwerfer sind.

### **CATERINGKÜCHE**

Die bisherigen Gefriertruhen dienen hauptsächlich der Lagerung der Speisen für das Bistro im EG. Die Lebensmittel werden in der Cateringküche aufbewahrt, da im Erdgeschoss kein Platz für die diversen Kühltruhen vorhanden ist. Nach Abklärungen mit Adrian Kottmann haben wir jedoch zum Schluss gekommen, dass die Räumlichkeiten der aktuellen Velo-Werkstatt der ideale Standort für eine fest-installierte Kühlzelle wären. Der Velomechaniker könnte seine Werkstatt umziehen und der Raum, der direkt vis-a-vis des Bistro liegt könnte zur Tiefkühl- oder Kühlzelle umgebaut werden. Von einer Installationsfirma, welche ich bezüglich einer Montage angefragt habe, habe ich leider keine Rückmeldung erhalten. Eine solche Investition könnte sich jedoch auch in der kurzen Zeitspanne von sieben Jahren amortisieren, wenn die Mehraufwendungen für die zusätzlichen Hol- und Bringzeiten in die Rechnung eingerechnet werden. Somit sollte eine solche Massnahme weiter geprüft werden.

### ZIRKULATIONSPUMPE HEIZUNG

Die Zirkulationspumpe musste so schnell wie möglich ersetzt werden, dies ist auch im September 2023 umgesetzt worden. Die neue Pumpe weist einen deutlich niedrigeren Stromverbrauch als die bestehende Pumpe aus. Diese einfache Veränderung hat bereits folgende Wirkung erzielt:

- Aktive Betriebsdauer pro Tag: 24h
- Aktive Betriebsdauer pro Jahr:  $365\text{d} \times 24\text{h} = 8760\text{h}$
- Leistungsaufnahme bisher:  $P = PS \times 0.735499 = 5PS \times 0.735499 = 3.67\text{kW}$
- Leistungsaufnahme neu:  $P = 580\text{W}$
- Energieverbrauch pro Jahr bisher:  $(8760\text{h} \times 3.67\text{kW}) = 32192\text{ kWh}$
- Energieverbrauch pro Jahr neu:  $(8760\text{h} \times 0.58\text{ kW}) = 5081\text{ kWh}$
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Eingesparte Energie pro Jahr:  $32192\text{ kWh} - 5081\text{ kWh} = 27111\text{ kWh}$
- Eingesparte Kosten pro Jahr:  $27111\text{ kWh} \times 0.22\text{ Fr./kWh} = 5964.45\text{ CHF}$

Wenn nun auch noch die Steuerung der Zirkulationspumpe angepasst wird und diese nicht im Dauerbetrieb sein muss, dann könnten die Einsparungen an elektrischer Energie und somit an Kosten noch höher liegen als anhin.

### PHOTOVOLTAIK-ANLAGE

Mit dem Bau einer Photovoltaik-Anlage (PVA) könnte eine Menge der genutzten elektrischen Energie direkt vor Ort erzeugt werden. Durch den Einsatz von Second-Hand Modulen können zudem die Investitionskosten tief gehalten werden und die graue Energie der PVA würde wiederum sinken.

Im September 2023 haben wir die Planung der PVA begonnen. Da Adrian Kottmann und ich beide bei der BE Netz AG tätig sind, ist es uns möglich die Realisierung einer PVA zu planen. Für die Umsetzung ist geplant, dass 180 Module vom Typ Kyocera GHT200 eingesetzt werden, da diese Module bei einer anderen Anlage demontiert werden und somit ohne anfallende Kosten noch ein zweites Leben erhalten. Zudem wird beim Bau der PVA ebenfalls ein künstlerischer Aspekt eingebracht, indem ein Teil der Module mit weisser Folie beklebt werden. Zusammen mit speziell angeordneten weissen Gartenplatten soll so künftig das Logo des Neubads aus der Luft ersichtlich sein. Ebenfalls stand im Raum, die ganze PVA in Form des Neubad Logos zu erstellen, diese Idee wurde jedoch verworfen, da der Bau einer solchen Anlage sehr aufwändig wäre.

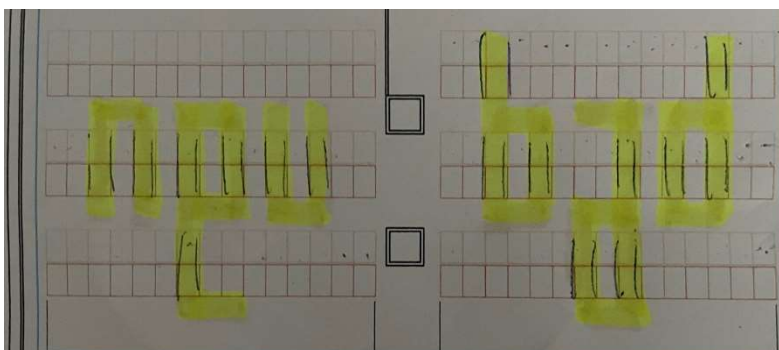


ABBILDUNG 17: LAYOUT PV-ANLAGE, EIGENE AUFNAHME

Als Wechselrichter soll ein Huawei Sun 2000 KTL-30-M3 eingesetzt werden. Hierbei handelt es sich um einen Wechselrichter mit vier MPP-Trackern. Die Module werden entsprechend auf die vier verschiedenen MPP-Tracker aufgeteilt, wobei darauf geachtet wird, dass die überklebten Module alle auf denselben MPP-Tracker angeschlossen werden. Diese Massnahme dient dazu die Leistung und den Wirkungsgrad der anderen Modulstränge nicht negativ zu beeinflussen.

Der jährliche Energieertrag von den am Huawei Wechselrichter angeschlossenen Modulen soll laut Berechnungstool von Huawei rund 28'010 kWh betragen – somit würden rund 14% des aktuellen Strombedarfs durch die PVA abgedeckt werden.

- Berechnete theoretisch produzierte Energie pro Jahr: 28'010 kWh
- Tarif pro kWh: 22 Rp.
- Jährlich Eingesparte Energiekosten:  $28010 \text{ kWh} \times 0.22 \text{ Fr./kWh} = 6162.20 \text{ Fr.}$

Da die Anlage vor allem durch freiwilligen-Arbeit erstellt wird liegen die Investitionskosten in einem tiefen 5-stelligen Bereich. Einzig die Kosten für das Baugerüst, sowie die Elektroinstallationen und die behördlichen Abnahmen müssen durch das Neubad getragen werden oder können durch allfällige Spenden abgedeckt werden.

Die Arbeiten für die Erstellung der Photovoltaik Anlage haben am 04.11.2023 gestartet und ich habe hierbei selbstverständlich ebenfalls mitgeholfen. Untenstehend finden sich einige Impressionen des Spatenstichs.

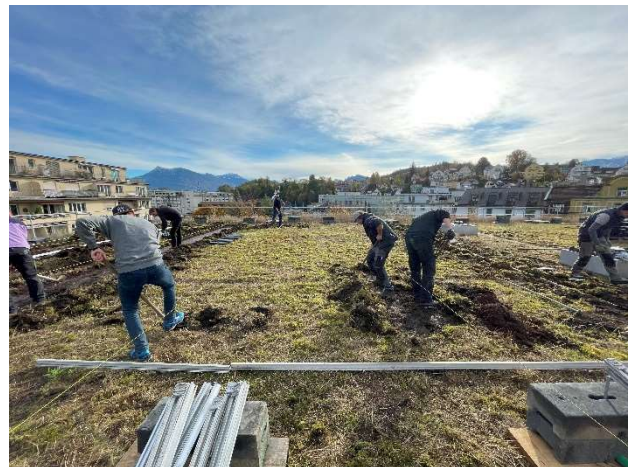


ABBILDUNG 18: BAU DER PHOTOVOLTAIKANLAGE, EIGENE ABBILDUNGEN

**BLINDENERGIE**

Blindleistung ist ein Begriff aus der Elektrotechnik, der eine wichtige Rolle im Zusammenhang mit Wechselstromsystemen spielt. Sie ist eine spezielle Art von elektrischer Leistung, die nicht unmittelbar zur Durchführung von Arbeit genutzt wird, sondern vielmehr mit der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung in Wechselstromkreisen zusammenhängt.

Blindleistung besteht aus zwei Komponenten: induktive Blindleistung und kapazitive Blindleistung.

**Induktive Blindleistung:**

In induktiven Bauelementen wie Spulen entsteht eine Phasenverschiebung zwischen dem Strom und der Spannung. Der Strom eilt der Spannung nach. Diese Phasenverschiebung erzeugt Blindleistung. Induktive Blindleistung ist wichtig in Geräten wie Elektromotoren.

**Kapazitive Blindleistung:**

In kapazitiven Bauelementen wie Kondensatoren hingegen eilt der Strom der Spannung voraus. Auch hier entsteht eine Phasenverschiebung und somit kapazitive Blindleistung. Diese ist beispielsweise in Energiesparlampen zu finden.

Blindleistung wird in der Einheit "Volt-Ampere-Reactive" (VAR) gemessen. Sie hat keinen direkten Effekt auf die tatsächliche Leistungsfähigkeit eines Geräts oder Systems, trägt jedoch zur Belastung der Stromversorgung bei. Grosse Mengen an Blindleistung können zu einer ineffizienten Nutzung der Energieinfrastruktur führen und müssen oft durch zusätzliche Einrichtungen wie Kompensatoren reguliert werden, um den Energieverbrauch zu optimieren. Dies ist im Neubad ebenfalls der Fall, die Kompensationsanlage ist jedoch defekt und müsste repariert werden.

Die defekte Kompensationsanlage befindet sich hinter der Hauptverteilung im Untergeschoss. Eine Reparatur dieser Anlage wird aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr in Betracht gezogen, zudem werden in den kommenden Monaten und Jahren immer mehr Verbraucher ausser Betrieb gesetzt, welche grosse Blindleistungen aufwenden. Dies sind im Neubad insbesondere FL-Röhren. Ausserdem kann der Bereich, in welchem die Kompensationsanlage stand, genutzt werden, um die neue UV PVA unterzubringen.

**SENSIBILISIERUNG**

Aufholbedarf besteht auch in der Sensibilisierung der Mitarbeiter und der Gäste des Neubads. Bisher wurde die Ressource Energie in Form von Licht, Wärme und Kälte als selbstverständlich und vermutlich auch als kostenlos wahrgenommen. Da das Neubad jedoch die eigenen Energiekosten selbst finanzieren muss kann die Sensibilisierung und Schulung der Mitarbeiter nicht nur einen wirtschaftlichen Vorteil bringen, sondern kann aufzeigen, dass an vielen Orten im Alltag noch Energie eingespart werden kann. Allein durch die Schulung von Mitarbeitern können bis zu 5% Energie in einem Unternehmen gespart werden. Diese können auf folgenden Wegen sensibilisiert werden:

**Kommunikation und Information:**

Es soll eine klare Kommunikation über den Energieverbrauch im Neubad hergestellt werden. Es ist wichtig, dass alle verstehen, warum dieses Thema von Bedeutung ist und wie es die Arbeit sowie den Verein beeinflusst.

**Schulungen und Workshops:**

Die Organisation von Schulungen und Workshops ist entscheidend, um das Umfeld des Neubads mit dem nötigen Wissen auszustatten. Interaktive Sessions können das Engagement erhöhen und das Verständnis vertiefen.

**Anschauliche Beispiele:**

Es soll aufgezeigt werden, wie spezifische Verhaltensweisen oder Entscheidungen Auswirkungen auf das Neubad, die Umwelt oder andere Aspekte haben können. Beispielsweise können Mitarbeiter oder andere Interessierte dafür gewonnen werden, das Neubad beim Bau der Photovoltaik-Anlage zu unterstützen.

**Klare Richtlinien und Zielsetzungen:**

Es werden klare Richtlinien und Ziele im Kontext des Themas definiert. Menschen sind eher geneigt, diese zu erfüllen, wenn sie verstehen, welche Erwartungen an sie gestellt werden und wenn Ziele fassbar gemacht werden. So kann sich das Neubad beispielsweise das Ziel setzen: «Bis 2025 kaufen wir weniger als 100'000 kWh elektrischer Energie pro Jahr ein.»

**Unterstützung durch Führungskräfte:**

Führungskräfte sollten das Thema aktiv unterstützen und als Vorbilder vorangehen. Oft orientieren sich Mitarbeiter an den Verhaltensweisen ihrer Vorgesetzten. Auch wenn ich die Hierarchien im Neubad als flach einschätze, ist es doch glaubwürdiger gegen aussen, wenn diese Werte auch durch den Vorstand gelebt werden.

**Vielfältige Kommunikationsmittel:**

Es können verschiedene Kommunikationskanäle genutzt werden, wie interne Newsletter, Plakate oder E-Mails, um Informationen zu verbreiten. Wiederholte Erinnerungen können besonders wirkungsvoll sein. Ausserdem kann zur Feier einer grösseren Energiesparmassnahme eine Party organisiert werden. Dies generiert Einnahmen und macht auf dieses wichtige Thema aufmerksam.

**Positive Anreize:**

Positive Verhaltensweisen oder Initiativen, die im Zusammenhang mit dem sensibilisierten Thema stehen, belohnen. Anerkennung in der Öffentlichkeit oder materielle Anreize können motivieren.

**Partizipation ermöglichen:**

Die Mitarbeiter und Gäste erhalten die Gelegenheit, ihre Gedanken und Ideen einzubringen. Das Gefühl, gehört zu werden, steigert oft das Engagement.

**Fortlaufende Kontrolle und Feedback:**

Die Fortschritte sollten durch den technischen Leiter im Auge behalten werden und dieser sucht den Austausch bei besonderen Vorkommnissen. Dies darf jedoch nicht in eine Überwachung überborden und den Mitarbeitern das Gefühl geben stetig kontrolliert zu werden.

**Vorbildliche Praktiken demonstrieren:**

Beispiele von anderen Organisationen oder Individuen präsentieren, die erfolgreich in Bezug auf das Thema sensibilisiert wurden. Besonders kreative oder grossartige Ideen können direkt übernommen werden.

### Verbindung zu Vereinswerten herstellen:

Aufzeigen, wie das Thema mit den Werten und der Mission des Vereins in Einklang steht. Gerade im Neubad sollte man hier auf grosses Gehör bei den Menschen stossen, da im Neubad viele offene und Umweltfreundliche Personen verkehren.

### GESAMTEINSPARUNGEN VON ELEKTRISCHEN VERBRAUCHERN

Wenn alle Massnahmen wie in dieser Arbeit ausgearbeitet umgesetzt würden könnten jährlich etwa 90264 kWh an elektrischer Energie eingespart werden. Diese Zahl basiert auf allen Messungen und Berechnungen, welche ich im Zuge dieser Arbeit durchgeführt habe. Es ist anzunehmen, dass die Energieeinsparungen noch deutlich grösser ausfallen können, wenn die Heizungs- und Lüftungssysteme optimal auf die jeweiligen Einsatzgebiete abgestimmt werden. Zudem können auch bei den Beleuchtungs- oder den Kühlkonzepten wesentlich drastischere Massnahmen ergriffen werden als in dieser Arbeit vorgeschlagen. Somit wäre man dem Ziel, weniger als 100'000 kWh Strom pro Jahr vom Netz zu beziehen schon einen grossen Schritt näher und hätte das Neubad energetisch optimal auf die kommenden Jahre ausgerichtet.

### OPTIMIERUNGSMÖGLICHKEITEN AN BAUSUBSTANZ

#### FASSADE UND FENSTER

Wie zu erwarten ist verliert das Gebäude eine Menge Energie über die grossen Glasfronten im Erd- und Obergeschoss. Besonders bei Türen und Fenstern, welche mit Bewegbaren Teilen und Dichtungen versehen sind, ist auf den Thermografie Aufnahmen der Wärmeverlust deutlich sichtbar. Dieser Thematik muss im Falle einer Sanierung ein Hauptaugenmerk gewidmet werden, im aktuellen Betrieb kann dieser Umstand nicht geändert werden.

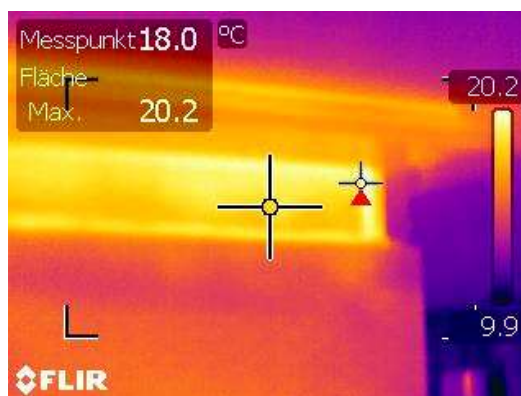


ABBILDUNG 19: WÄRMEVERLUST BEI FENSTER, EIGENE AUFNAHME

#### KELLERDECKE UG/ BODEN EG

Die Feststellung, dass durch den Boden im Erdgeschoss (EG) des Neubads keine Kälte eindringt, ist eine positive Erkenntnis hinsichtlich der Energieeffizienz des Gebäudes. Die bereits vorhandene Isolation an einigen Stellen und die Tatsache, dass die Temperatur im Untergeschoss in etwa der des Erdgeschosses entspricht, tragen dazu bei, Wärmeverluste zu verhindern. Dass diese Beobachtungen durch Thermografie Aufnahmen bestätigt wurden, stärkt das Vertrauen in die Wirksamkeit der bestehenden Isoliermassnahmen. Thermografische Untersuchungen sind ein wertvolles Werkzeug, um potenzielle Schwachstellen in der Gebäudehülle zu identifizieren und zu beurteilen, wie effektiv die Isolation ist. Insgesamt deutet dies darauf hin, dass der Bodenbereich im EG des Neubads hinsichtlich der Isolation gut aufgestellt ist, was ein wichtiger Aspekt für die Aufrechterhaltung einer angenehmen Innentemperatur und die Minimierung des Energiebedarfs für die Heizung ist.



ABBILDUNG 20: BODENTEMPERATUR EG, EIGENE AUFNAHME

## **EMPFEHLUNG WEITERES VORGEHEN**

Um die Energieeffizienz im Neubad nachhaltig zu steigern, sind mehrere Schritte erforderlich, die sowohl technische als auch verhaltensorientierte Massnahmen umfassen. Beginnt man damit, die vorgeschlagenen Massnahmen nach ihrer Umsetzbarkeit und ihrem erwarteten Nutzen zu priorisieren, hilft das dabei, diejenigen Lösungen zu identifizieren, die den grössten Einfluss auf die Energieeffizienz haben und schnell umgesetzt werden können. Ein wichtiger Schwerpunkt sollte auf der Modernisierung der Beleuchtungssysteme im Neubad liegen. Der Umstieg auf energieeffiziente LED-Beleuchtung kann den Energieverbrauch erheblich senken und gleichzeitig die Qualität der Beleuchtung verbessern. Ergänzt wird dies durch Bewegungssensoren und intelligente Beleuchtungssysteme, um die Effizienz weiter zu steigern. Es ist ebenso entscheidend, Mitarbeiter und Besucher des Neubads für das Thema Energieeffizienz zu sensibilisieren. Schulungen, Informationskampagnen und regelmässige Erinnerungen können dazu beitragen, ein Bewusstsein für den sparsamen Umgang mit Energie zu schaffen. Ermutigt man Mitarbeiter, Geräte auszuschalten, wenn sie nicht benötigt werden, können ohne Komforteinbusse bereits beträchtliche Mengen an elektrischer Energie eingespart werden. Eine konsequente Praxis sollte darin bestehen alle elektrischen Geräte, die nicht benötigt werden, auszuschalten, insbesondere nach Betriebschluss. Dies schliesst die Kaffeemaschine im Bistro mit ein. Installiert man ein Energiemanagementsystem, um den Energieverbrauch im Neubad genau zu überwachen und Berichte zu erstellen, ermöglicht das, den Fortschritt zu verfolgen und bei Bedarf Anpassungen vorzunehmen. Um die Wirksamkeit dieser Massnahmen zu bewerten und einen klaren Vergleich mit dem herkömmlichen Energieverbrauch anzustellen, empfiehlt sich die Durchführung einer speziellen Energiesparwoche im Neubad. Während dieser Woche sollten alle vorgeschlagenen Massnahmen konsequent umgesetzt werden, angefangen beim gezielten Ausschalten von Geräten im Standby-Modus bis hin zur optimalen Nutzung der Beleuchtung und der Sensibilisierung von Mitarbeitern und Besuchern. Während dieser Woche ist es wichtig, den Energieverbrauch sorgfältig zu überwachen und zu dokumentieren. Dies ermöglicht eine genaue Quantifizierung der tatsächlichen Einsparungen im Vergleich zu einem normalen Betriebszeitraum. Die gewonnenen Erkenntnisse können dann genutzt werden, um die Energieeffizienzmassnahmen im Neubad gezielt anzupassen und zu optimieren. Die Energiesparwoche bietet nicht nur die Möglichkeit, den Energieverbrauch zu reduzieren, sondern auch das Bewusstsein für Energieeffizienz im Neubad zu stärken und langfristige Verhaltensänderungen zu fördern. Sie kann als wichtiger Schritt auf dem Weg zu einer nachhaltigeren und energieeffizienteren Zukunft des Neubads dienen.

## **REFLEXION**

Die Arbeit an diesem Projekt zur Steigerung der Energieeffizienz im Neubad war eine äusserst bereichernde Erfahrung. Sie ermöglichte es mir, tief in das Thema der nachhaltigen Energieeinsparung einzutauchen und gleichzeitig die Herausforderungen und Chancen eines Kulturzentrums in Luzern besser zu verstehen. Hier sind einige Schlüsselerkenntnisse und Reflexionen:

Positives Lernumfeld: Das Neubad ist ein einzigartiger Ort, der mir die Möglichkeit bot, mein Wissen in der Praxis anzuwenden und zu erweitern. Die Unterstützung von Adrian Kottmann, dem technischen Leiter des Neubads, war von unschätzbarem Wert. Seine Erfahrung und sein Engagement haben es mir ermöglicht, tiefer in die Materie einzutauchen.

**Fokus auf Energieverbrauch:** Der Schwerpunkt auf den Stand-by-Verbrauch von elektrischen Geräten erwies sich als äusserst relevant. Dieser Aspekt wird oft unterschätzt, kann aber erhebliche Auswirkungen auf die finanzielle Situation und die Umweltbilanz haben. Die Identifizierung dieses Potenzials und die Entwicklung von Lösungen waren daher ein wichtiger Schritt.

**Ganzheitlicher Ansatz:** Die vorgeschlagenen Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz waren vielseitig und umfassten technische, organisatorische und Verhaltensaspekte. Dieser ganzheitliche Ansatz berücksichtigte die Tatsache, dass Energieeffizienz nicht nur von Technologie, sondern auch von Menschen abhängt.

**Zusammenarbeit und Integration:** Die enge Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen des Neubads war ein Schlüsselaspekt. Die Integration von realen Daten und die Berücksichtigung der praktischen Umsetzbarkeit haben meine Empfehlungen praxisnah und effektiv gemacht.

**Engagement für erneuerbare Energien:** Die Planung und Integration einer Photovoltaikanlage auf dem Dach des Neubads war ein spannender Schritt. Dies zeigt das Engagement des Neubads für erneuerbare Energien und die Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fussabdrucks.

**Fehler als Lernmöglichkeiten:** Natürlich gab es auch Fehler und Herausforderungen auf dem Weg. Zum Beispiel hätte ich die Datenerfassung zu Beginn des Projekts genauer durchführen können. Diese Fehler sehe ich jedoch nicht als Rückschlag, sondern als Lernmöglichkeiten, die meine zukünftige Arbeit verbessern werden.

Insgesamt war diese Arbeit ein wichtiger Schritt in meiner beruflichen Entwicklung. Sie hat mir nicht nur ein tieferes Verständnis für Energieeffizienz vermittelt, sondern auch gezeigt, wie ich mein Wissen in konkreten Projekten anwenden kann. Ich freue mich auf zukünftige Herausforderungen und die Möglichkeit, weiterhin einen Beitrag zur nachhaltigen Energieeinsparung zu leisten.

## LESSONS LEARNED

Während meiner Arbeit an diesem Projekt zur Steigerung der Energieeffizienz im Neubad habe ich wertvolle Erfahrungen gesammelt und wichtige Lektionen gelernt, die meine zukünftige Arbeit beeinflussen werden. Die Bedeutung einer präzisen Datenerfassung kann nicht genug betont werden. In meinem Projekt hätte ich zu Beginn mehr Zeit darauf verwenden sollen, genaue und umfassende Daten über den Energieverbrauch zu sammeln. Diese Daten bilden die Grundlage für fundierte Entscheidungen und Massnahmen. Die enge Zusammenarbeit und Kommunikation mit den Verantwortlichen des Neubads war ein entscheidender Erfolgsfaktor. In Zukunft werde ich noch mehr Wert darauflegen, die Bedürfnisse und Erwartungen aller Beteiligten vollständig zu verstehen, um Lösungen zu entwickeln, die für alle akzeptabel sind. Projekte in der realen Welt können unerwartete Wendungen nehmen. Es ist wichtig, flexibel zu sein und sich an veränderte Umstände anzupassen. Dies erfordert nicht nur technisches Wissen, sondern auch die Fähigkeit, kreative Lösungen zu finden. Das Projekt hat mir gezeigt, wie wichtig Nachhaltigkeit und Umweltaspekte in der heutigen Zeit sind. Die Integration erneuerbarer Energien wie Photovoltaik ist ein Schritt in die richtige Richtung und sollte in zukünftigen Projekten verstärkt berücksichtigt werden. Energieeffizienz und Nachhaltigkeit sind sich ständig weiterentwickelnde Gebiete. Dieses Projekt hat betont, wie wichtig es ist, kontinuierlich zu lernen und auf dem neuesten Stand zu bleiben. Das Streben nach Wissen und die Bereitschaft zur Weiterbildung sind entscheidend.

Schliesslich habe ich gelernt, dass Fehler nicht als Hindernisse, sondern als Chancen betrachtet werden sollten. Sie bieten die Möglichkeit, aus ihnen zu lernen und in zukünftigen Projekten besser zu werden. Diese Lehren werden meine zukünftige Arbeit beeinflussen und mir dabei helfen, effektiver und effizienter in der Umsetzung von Energieeffizienzprojekten zu sein. Ich bin dankbar für die Erfahrungen, die ich während dieses Projekts gesammelt habe und freue mich darauf sie in zukünftigen Projekten anzuwenden.

## SCHLUSSWORT

Abschliessend möchte ich betonen, dass das Neubad nicht nur ein Ort der Kreativität und Kultur ist, sondern auch ein Ort an dem Nachhaltigkeit und verantwortungsbewusster Umgang mit Energie eine zentrale Rolle spielen sollten. Gerade angesichts der aktuellen Diskussionen über die Zukunft des Neubads ist es von entscheidender Bedeutung, dass dieses kulturelle Zentrum mit gutem Vorbild vorangeht und eine effizientere Nutzung seiner Ressourcen anstrebt.

Die Ergebnisse meiner Diplomarbeit werden nicht nur dazu beitragen, die Betriebskosten zu senken und die Umweltauswirkungen zu reduzieren, sondern auch sicherstellen, dass das Neubad als nachhaltige Einrichtung weiterhin einen wertvollen Beitrag zur kulturellen Vielfalt in Luzern leisten kann.

Es ist meine Überzeugung, dass das Neubad nicht nur ein Ort der Vielfalt, sondern auch ein Ort der Nachhaltigkeit sein kann. Diese Arbeit hat das Ziel, diese Vision Wirklichkeit werden zu lassen und das Neubad als Leuchtturmprojekt für Nachhaltigkeit und Energieeffizienz in der Region zu etablieren.

## VERDANKUNG

Ich möchte die Gelegenheit nutzen, um all denen meine aufrichtige Dankbarkeit auszusprechen, die mich während meiner Diplomarbeit unterstützt haben. Besonders möchte ich mich bei Adrian Kottmann bedanken, dessen unermüdliche Anleitung und fachliche einen entscheidenden Beitrag zur erfolgreichen Durchführung dieser Arbeit geleistet haben. Seine inspirierenden Ideen und konstruktiven Rückmeldungen waren von unschätzbarem Wert und haben dazu beigetragen, dass diese Arbeit ihren vollen Umfang erreichen konnte.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an meine Familie und Freunde, die mich während dieser Reise stets unterstützt und ermutigt haben. Ihre Geduld, Motivation und Liebe haben mir die Kraft gegeben, die Herausforderungen dieser Arbeit zu meistern.

## EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, Aurel Imfeld, dass die vorliegende Diplomarbeit unter meiner eigenen Verantwortung angefertigt wurde. Soweit ich Informationen anderer Autoren verwendet habe, sind diese im Literaturverzeichnis ordnungsgemäss zitiert und gekennzeichnet. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Luzern, 12. November 2023



## QUELLENANGABEN

Quelle 1: <https://www.architekturbibliothek.ch/bauwerk/hallenbad-neubad/>

Quelle 2: <https://www.cimbali.de/produkte/siebtragermaschinen/m26-te-re#gam>

Quelle 3: [https://neubad.org/sites/default/files/2022-09/A\\_Neubad\\_Dokumentation\\_2022.pdf](https://neubad.org/sites/default/files/2022-09/A_Neubad_Dokumentation_2022.pdf)

<https://neubad.org/index.php/verein-netzwerk-neubad>

<https://www.architekturbibliothek.ch/bauwerk/hallenbad-neubad/>

<https://betonsuisse.ch/Wissen/Betonwissen/Geschichte/Brutalismus-in-der-Architektur/#:~:text=Anfang%20der%201950er%20Jahre%20geriet,auf%20die%20Fahren%20geschrieben%20hatte>

<https://www.tutti.ch/de/vi/led-stehleuchten/60769262>

[https://shop.maagtechnic.ch/de/motoren-getriebe-und-frequenzumrichter-elektromotoren-dreiphasen-ac-motoren/3-phasen-motor-4kw-1500t-m-4p-b3t-ie3-400-690v-50hz-fm4-iec-112-aluminium-15866633/?itemFacet=ads\\_f274046\\_ntk\\_cs%253A%25224%2522&itemFacet=adi\\_f37501%253A%25221500%2522&itemFacet=adf\\_f146135%253A%25224.0%2522](https://shop.maagtechnic.ch/de/motoren-getriebe-und-frequenzumrichter-elektromotoren-dreiphasen-ac-motoren/3-phasen-motor-4kw-1500t-m-4p-b3t-ie3-400-690v-50hz-fm4-iec-112-aluminium-15866633/?itemFacet=ads_f274046_ntk_cs%253A%25224%2522&itemFacet=adi_f37501%253A%25221500%2522&itemFacet=adf_f146135%253A%25224.0%2522)

<https://hausertschan.ch/kuehlen/kuehlzellen-und-tiefkuehlzellen/>

<https://www.amazon.de/BAOMING-Leuchtmittel-Entspricht-Abstrahlwinkel-Innenbeleuchtung/dp/B01MZB1Q8A>

<https://energie.ch/kaelteanlagen/>

[https://www.thomannmusic.ch/eurolite\\_led\\_par\\_30\\_3ct\\_black.htm](https://www.thomannmusic.ch/eurolite_led_par_30_3ct_black.htm)

[https://www.thomannmusic.ch/stairville\\_mini\\_stage\\_par\\_7x4w\\_rgbw.htm](https://www.thomannmusic.ch/stairville_mini_stage_par_7x4w_rgbw.htm)

<https://www.gonser.ch/led-stehlampe-lana-dimmbar-mit-bewegungsmelder/a-18804/>

[https://www.musicstore.com/de\\_CH/CHF/lightmaXX-VEGA-ARC-Pro-II-MKII/art-LIG0018596-000](https://www.musicstore.com/de_CH/CHF/lightmaXX-VEGA-ARC-Pro-II-MKII/art-LIG0018596-000)

<https://www.limon-gmbh.de/management/energiemanagement/mitarbeiter-sensibilisieren/#:~:text=Mitarbeitersensibilisierung%20im%20Energiemanagement&text=Durch%20Mitarbeitersensibilisierung%20k%C3%B6nnen%20bis%20zu,Durchf%C3%BChrung%20von%20Effizienztagen>

<https://www.galaxus.ch/de/s2/product/ntf-sl-90-a-eisherstellung-zubehoer-9854487>

<https://www.beleuchtungdirekt.ch/de/osram-parathom-led-pin-g9-4-2w-470lm-840-kaltweiss-ersatz-fur-40w-4058075626102>

<https://www.red-carparts.de/zubehoer/licht-technik/led-strahler-rund-arbeitslicht-flutlicht-2500lm-6500k-27w>

<https://www.energieschweiz.ch/search/?searchInput=Geb%C3%A4ude+erneuern+%E2%80%93+Energieverbrauch+halbieren>

<https://www.mittelstand-energiewende.de/unsere-angebote/leitfaeden.html>

<https://www.zentralplus.ch/politik/chance-fuer-das-neubad-kleinmatt-soll-kein-zweites-himmelreich-werden-2003911/>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNG 1: VORPLATZ NEUBAD, EIGENE AUFNAHME	1
ABBILDUNG 2: SÜDANSICHT VOM NEUBAD, QUELLE 1	8
ABBILDUNG 3: DAS ERDGESCHOSS DES NEUBAD, QUELLE 3	9
ABBILDUNG 4: DAS OBERGESCHOSS DES NEUBAD, QUELLE 3	9
ABBILDUNG 5: ENERGIEVERBRAUCH NEUBAD 2018 - 2022	11
ABBILDUNG 6: KAFFEEMASCHINE CIMBALI, QUELLE 2	11
ABBILDUNG 7: SITZPLÄTZE BISTRO, EIGENE AUFNAHME	13
ABBILDUNG 8: DATENSCHILD TRINKWASSERSPENDER, EIGENE AUFNAHME	14
ABBILDUNG 9: KÜHLSCHRÄNKE BISTRO, EIGENE AUFNAHME	14
ABBILDUNG 10: BISTRO-BÜHNE RICHTUNG BISTRO, EIGENE AUFNAHME	15
ABBILDUNG 11: SPIELRAUM, EIGENE AUFNAHME	16
ABBILDUNG 12: KABELSAT, EIGENE AUFNAHME	17
ABBILDUNG 13: ARBEITSPLÄTZE IM ATELIER, EIGENE AUFNAHME	17
ABBILDUNG 14: BELEUCHTUNG IM CO-WORKING, EIGENE AUFNAHME	18
ABBILDUNG 15: TECHNIK IM OPEN-POOL, EIGENE AUFNAHME	19
ABBILDUNG 16: TYPENSCHILD ZIRKULATIONSPUMPE, EIGENE AUFNAHME	20
ABBILDUNG 17: LAYOUT PV-ANLAGE, EIGENE AUFNAHME	30
ABBILDUNG 18: BAU DER PHOTOVOLTAIKANLAGE, EIGENE AUFNAHMEN	31
ABBILDUNG 19: WÄRMEVERLUST BEI FENSTER, EIGENE AUFNAHME	34
ABBILDUNG 20: BODENTEMPERATUR EG, EIGENE AUFNAHME	34













## Themeneingabe Diplomarbeit

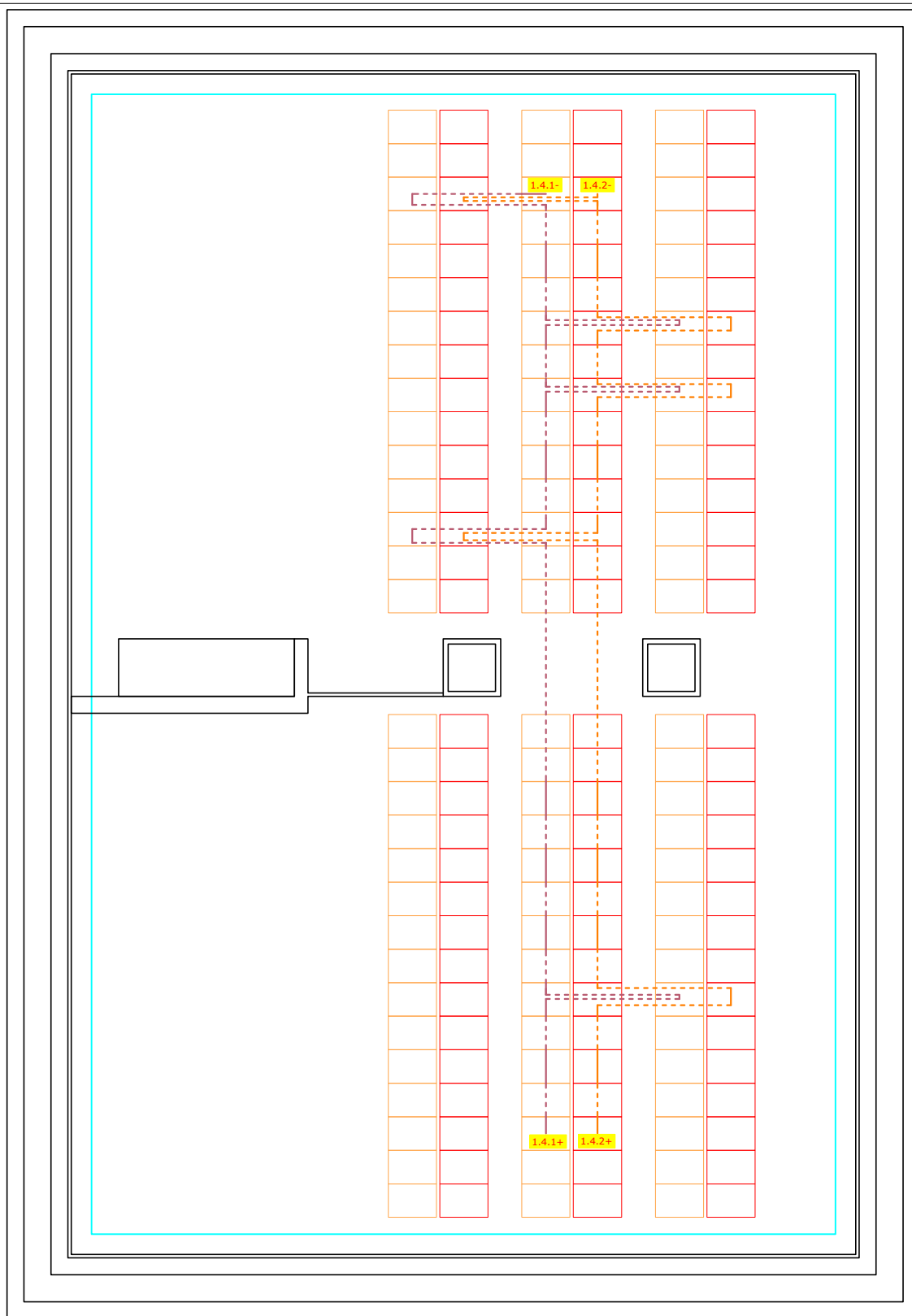
**Name** Imfeld  
**Vorname** Aurel  
**Adresse, Ort** Sentimattstrasse 9, 6003 Luzern  
**Tel: P, G** 078 950 67 65 / 041 319 00 42  
**E-Mail** aurel.imfeld@edu.teko.ch  
**Klasse** L-TEU-20-Fr-a  
**Fachgebiet** Dipl. Energie- und Umwelttechniker/in HF  
**Auftraggeber**

**Thema** Energieverbrauch im Kulturzentrum Neubad Luzern: Potenziale, Herausforderungen und Lösungsansätze zur Reduzierung oder Effizienzsteigerung

**Kurzbeschreibung** Diese Arbeit befasst sich mit dem Energieverbrauch des Kulturzentrums Neubad in Luzern. Ich werde mich mit dem elektrischen und dem wärmetechnischen Energieverbrauch des Gebäudes auseinandersetzen. Das Ziel ist es, den Stand-by Verbrauch zu ermitteln, Messdaten abzufragen und Optimierungspotenzial aufzuzeigen. Die Optimierungen, welche aufgrund der erhobenen Daten vorgeschlagen werden, können technischer wie auch organisatorischer Natur sein. In dieser Arbeit werden konkrete Massnahmen erarbeitet, welche als Diskussionsgrundlage für Erneuerungen mit dem Besitzer der Immobilie, der Stadt Luzern, dienen sollen. All die erarbeiteten Vorschläge und Ideen stehen vor dem Hintergrund, dass das Neubad lediglich eine Zwischennutzung des Gebäudes darstellt und noch eine voraussichtliche Laufzeit von 5-10 Jahren aufweist. Die erarbeiteten Massnahmen werden nach Fertigstellung an Adrian Kottmann, technischer Leiter Neubad, übergeben und gemeinsam besprochen.

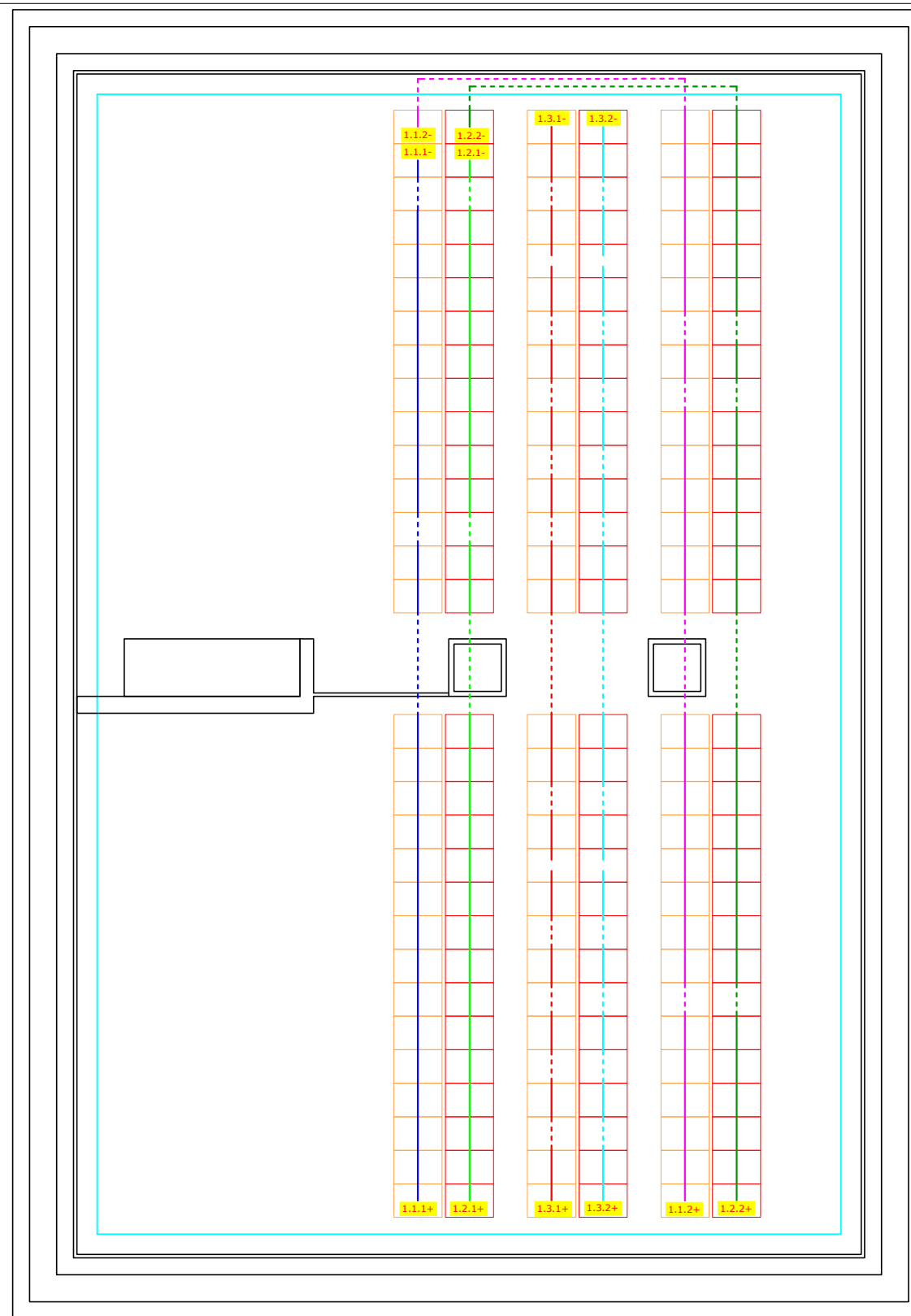
**Erfolgskriterien**

- Ermittlung des aktuellen Energieverbrauchs im Neubad
- Identifizierung von Einsparpotenzialen
- Entwicklung konkreter Lösungsansätze zur Steigerung der Energieeffizienz
- Evaluation der Massnahmen hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Energieeinsparung
- Dokumentation der Ergebnisse und Empfehlungen für das Neubad zur weiteren Umsetzung der Massnahmen
- Übergabe des Massnahmenkatalog an Adrian Kottmann



180 Solarmodule - 200 Wp  
 KC 200GHT-2 200 Wp  
 Modulmass: 1'425x990x36 mm  
 Unterkonstruktion: AluStand Butterfly  
 Neigung/ Orientierung: 20° Ost/West  
 DC-Leistung: 36.000 kWp  
 Permanente Dachsickeit bauseits

WR1:  
 Huawei SUN2000-30KTL-M3  
 MPPT4: Strang 1.4.1 à 16 Module = 3.2 kWp  
 Strang 1.4.2 à 16 Module = 3.2 kWp

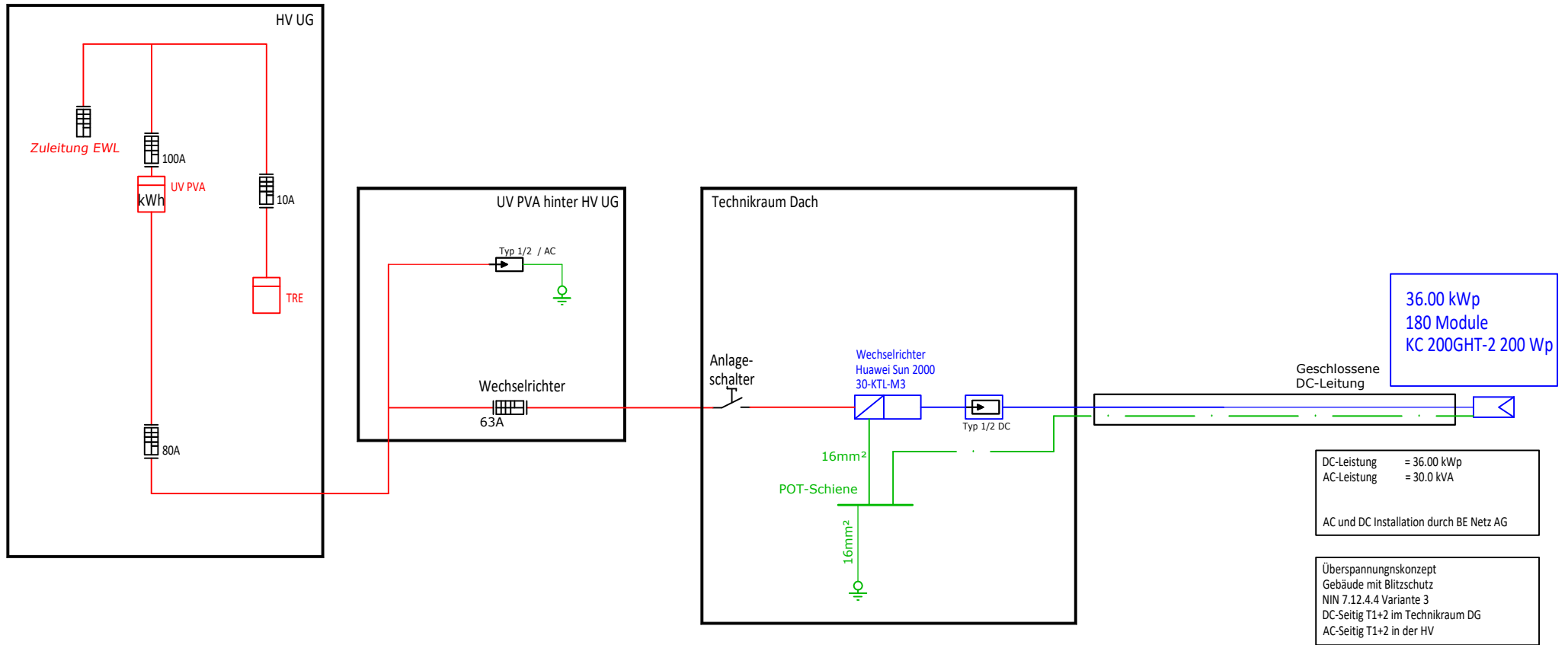


180 Solarmodule - 200 Wp  
 KC 200GHT-2 200 Wp  
 Modulmass: 1'425x990x36 mm  
 Unterkonstruktion: AluStand Butterfly  
 Neigung/ Orientierung: 20° Ost/West  
 DC-Leistung: 36.000 kWp  
 Permanente Dachsickeit bauseits

WR1:  
 Huawei SUN2000-30KTL-M3  
 MPPT1: Strang 1.1.1 à 28 Module = 5.6 kWp  
 Strang 1.1.2 à 28 Module = 5.6 kWp  
 MPPT2: Strang 1.2.1 à 28 Module = 5.6 kWp  
 Strang 1.2.2 à 28 Module = 5.6 kWp  
 MPPT3: Strang 1.3.1 à 18 Module = 3.6 kWp  
 Strang 1.3.2 à 18 Module = 3.6 kWp

Alle Masse in cm

<b>Photovoltaik-Anlage</b>			
<b>Objekt, Ort</b>			
Flachdachaufbau mit Schweizer MSP (Ost-West)			
Gez.	Datum	Rev.	Datum
takr	05.01.23		
<b>BE NETZ</b> Bau und Energie		BE Netz AG Luzernerstrasse 131 6014 Luzern Tel 041 319 00 00 Fax 041 319 00 01 www.benetz.ch info@benetz.ch	
Layout		Projekt Nr. 1023xxx	



Alle Masse in cm

Gez.		Datum		Rev.		Datum	
auim		23.09.23					
<b>Photovoltaik-Anlage</b> Hallenbad Bireggstrasse 36 6003 Luzern Flachdachaufbau mit AluStand Butterfly (Ost-West)				BE   NETZ Bau und Energie BE Netz AG Luzernerstrasse 131 6014 Luzern Tel 041 319 00 00 Fax 041 319 00 01 www.benetz.ch info@benetz.ch			
Layout				Projekt Nr. 1023149			

Projektname : Neubad Luzern  
Projektnr. :

Standort : Europe/Switzerland/Luzern  
Spannung des Stromnetzes : 400V(230V/400V)

## Systemübersicht

72 × Kyocera KC 200 GHT-2(West)  
Azimut : 114°, Kippen : 20°, Spitzenleistung : 14,4kWp  
72 × Kyocera KC 200 GHT-2(Ost)  
Azimut : -66°, Kippen : 20°, Spitzenleistung : 14,4kWp  
1 × SUN2000-30KTL-M3

## Technische Daten

Gesamtzahl PV-Module:	144	Jährlicher Energieertrag(ca.):	28,01MWh
Spitzenleistung:	28,8kWp	Anzahl Wechselrichter:	1
Leistungsverhältnis(ca.):	85,44%	AC-Nennleistung:	30,0kW
Spezifische Energie(ca.):	972,74kWh/kWp/year	DC/AC:	0,87
Kabelverlust(in % der PV-Energie):	0,32%		

# Designbewertung

## Gruppe1

### 1XSUN2000-30KTL-M3

Spitzenleistung:	28,8kWp
Gesamtzahl PV-Module:	144
Anzahl Wechselrichter:	1
Max. AC-Wirkleistung(cosφ=1):	33,0kW
Spannung des Stromnetzes:	400V(230V/400V)
DC/AC:	0,87



SUN2000-30KTL-M3

#### Eingang MPPT A : West

54 × Kyocera KC 200 GHT-2, Azimut : 114°, Kippen : 20°

#### Eingang MPPT B : West

18 × Kyocera KC 200 GHT-2, Azimut : 114°, Kippen : 20°

#### Eingang MPPT C : Ost

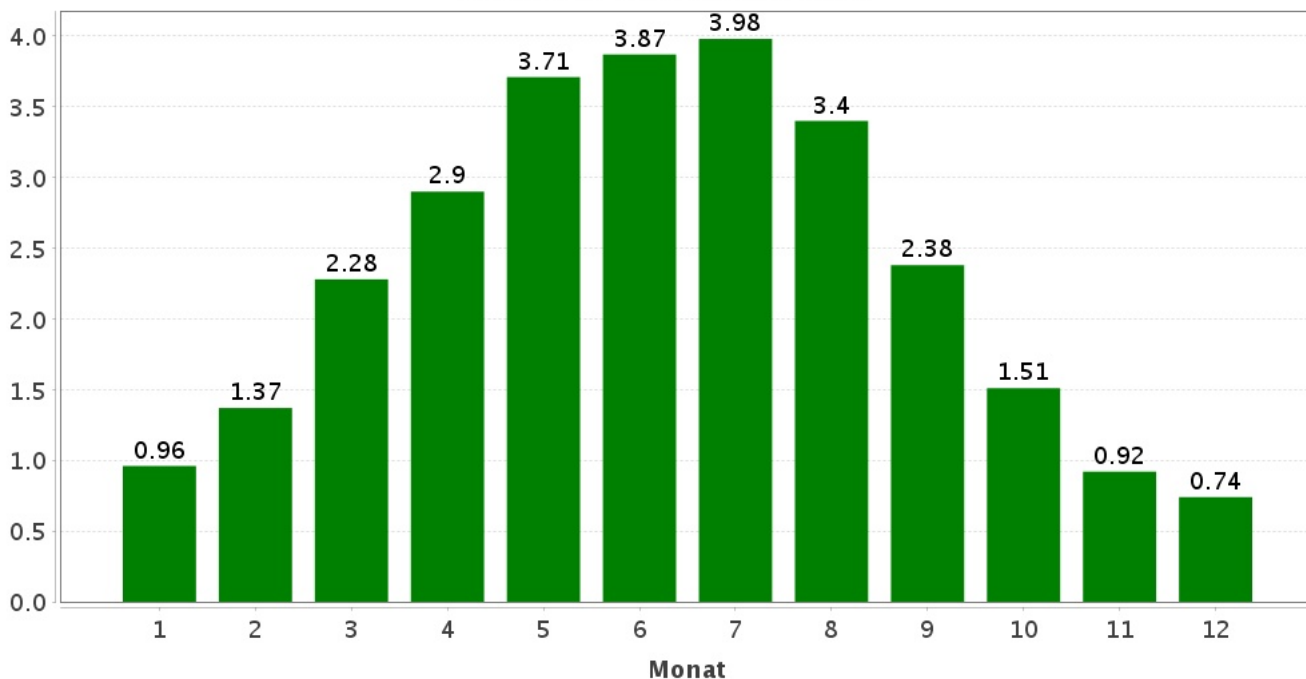
54 × Kyocera KC 200 GHT-2, Azimut : -66°, Kippen : 20°

#### Eingang MPPT D : Ost

18 × Kyocera KC 200 GHT-2, Azimut : -66°, Kippen : 20°

	MPPT A	MPPT B	MPPT C	MPPT D
Anzahl PV-Strings:	2	1	2	1
PV-Module pro String:	27	18	27	18
PV-String-Spitzenleistung(Eingang):	10,8kWp	3,6kWp	10,8kWp	3,6kWp
Normale PV-String-Spannung:	710,1V	473,4V	710,1V	473,4V
PV String String Voltage:	✔ 200,0V	✔ 200,0V	✔ 200,0V	✔ 200,0V
Wechselspannung des Wechselrichters:	200,0V	200,0V	200,0V	200,0V
Max. PV-String-Spannung:	✔ 933,2V	✔ 622,1V	✔ 933,2V	✔ 622,1V
Max. Gleichspannung:	1100,0V	1100,0V	1100,0V	1100,0V
Max. PV-String-Stromstärke:	✔ 15,22A	✔ 7,61A	✔ 15,22A	✔ 7,61A
Max. Wechselrichter-Gleichspannungsstromstärke:	26,0A	26,0A	26,0A	26,0A

Monatlicher Energieertrag(MWh)



	Anzahl PV-Wechselrichter	AC-Nennleistung PV-Wechselrichter	Gesamtzahl PV-Module	Spitzenleistung
Neubad Luzern	1	30,0 kW	144	28,8 kWp
Stromerzeugungseinheit	1	30,0 kW	144	28,8 kWp
Gruppe1	1	30,0 kW	144	28,8 kWp

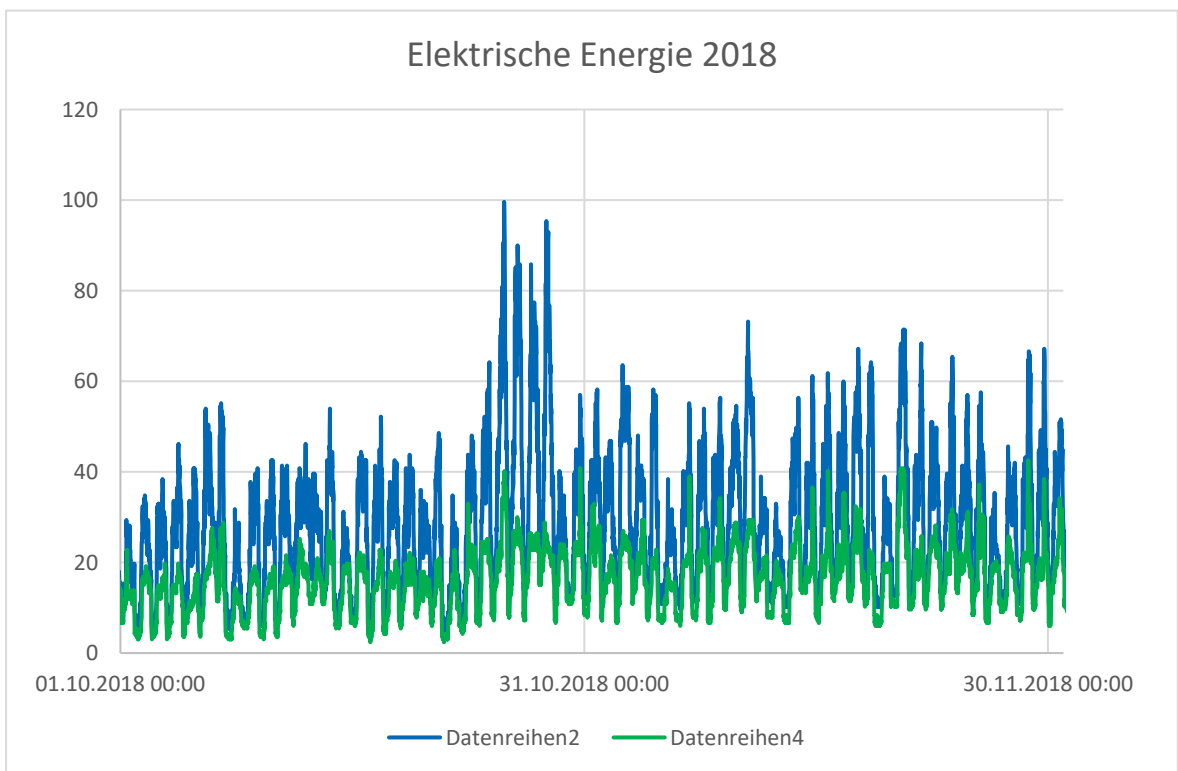
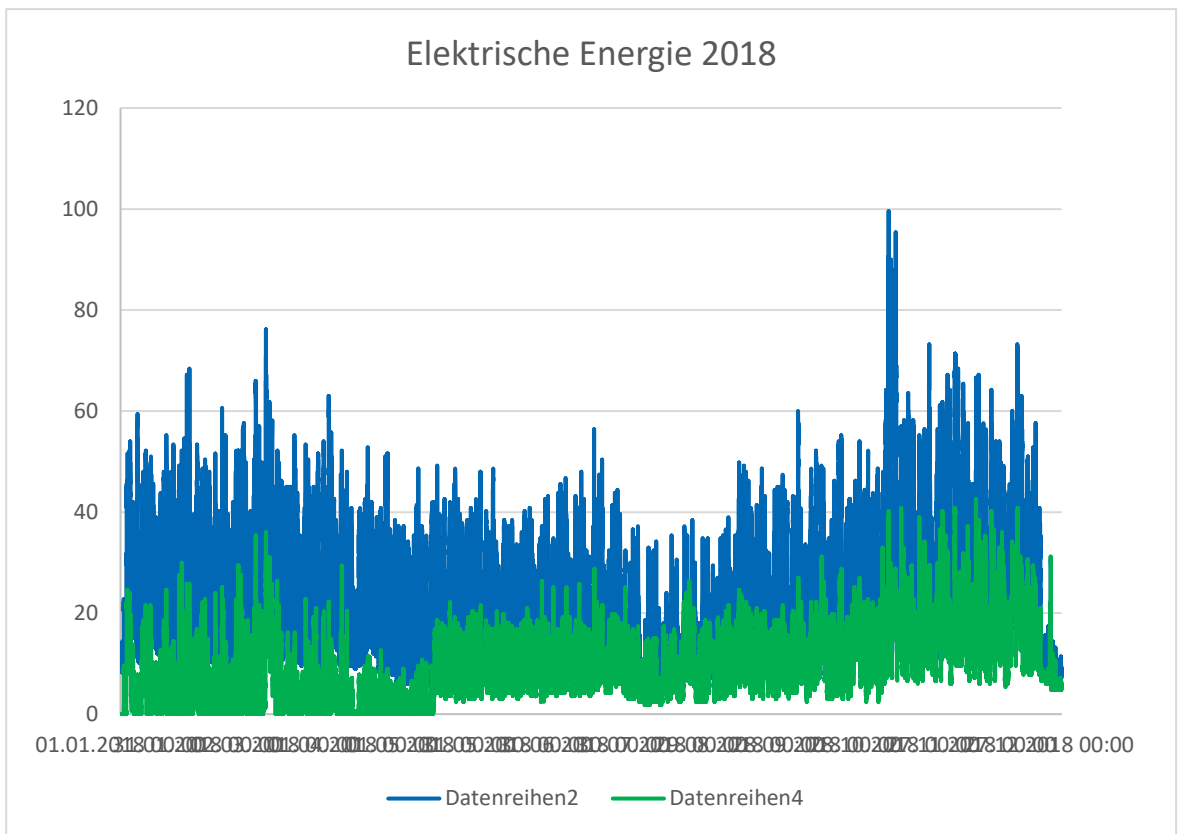
	✓ DC-Stromversorgungskabel	✓ Wechselstromkabel	Gesamt
Leistungsverlust unter Nennbedingungen	30,4W	61,53W	91,93W
Relativer Leistungsverlust bei Nennspannung	0,11 %	0,21 %	0,32 %
Kabelquerschnitt/Länge	4mm <sup>2</sup> /40,0 m	16mm <sup>2</sup> /10,0 m	

Signatur: \_\_\_\_\_

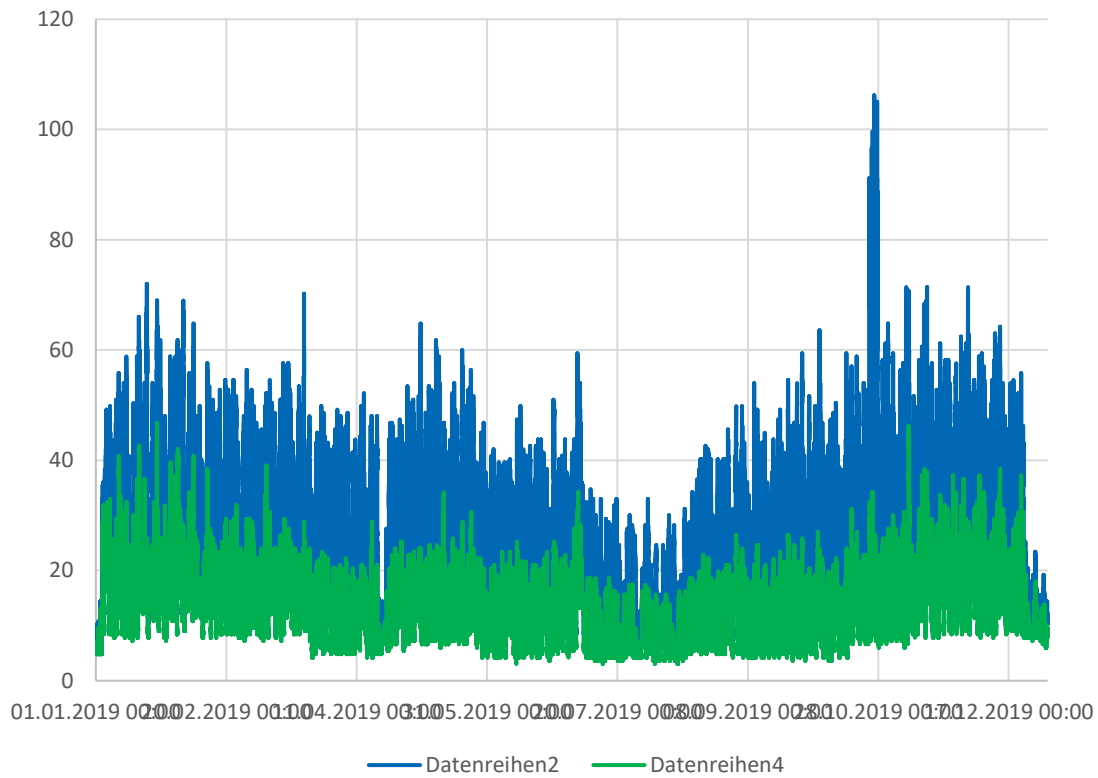
\*Hinweis: Der angezeigte Energieertrag ist ein anhand einer Formel berechneter Schätzwert. SmartDesign haftet nicht für Unterschiede zwischen dem tatsächlichen Energieertrag und dem angezeigten Wert. Etwaige Unterschiede sind von verschiedenen Faktoren abhängig, beispielsweise Flecken am PV-Modul oder Effizienzschwankungen.

**neubad - Energiestatistik (elektrische Energie)**

	2018	2019	2020	2021	2022
Elektrische Energie [kWh]	201'555	223'526	191'356	172'629	199'760
Blindenergie [kvarh]	92'865	130'924	117'270	107'104	113'741



### Elektrische Energie 2019



### Elektrische Energie 2020

