

# SMART RAILWAY STATION WELS

In einer Machbarkeitsstudie wird anhand des Bahnhofs Wels als mittelgroßen Standort aufgezeigt, inwieweit es möglich ist, Bahnhöfe zu energieeffizienten und vernetzten Standorten umzuwandeln.

Seit 2001 modernisieren die ÖBB im Rahmen der Bahnhofsoffensive ihre frequenzstärksten Bahnhöfe. In diesem Zusammenhang ist der Bedarf nach mehr Energieeffizienz, dem Einsatz alternativer Energiekonzepte und intelligenter Systeme zur Optimierung des Standortes Bahnhof entstanden.

Anhand des Standortes Wels wurden Möglichkeiten und Herausforderungen für die Umsetzung eines energieeffizienten, vernetzten Bahnhofes abgeschätzt. Dazu wurde zunächst eine Bestandsaufnahme durchgeführt, gefolgt von einer aktiven energetischen Bewertung und einer Effizienzanalyse. Das energetische Optimierungspotential und das wirtschaftlich realisierbare Potential wurden erhoben. Mit effizienzsteigernden Maßnahmen, wie dem Einsatz verlustarmer Transformatoren, Einführung einer verbesserten Beleuchtungsregelung, Anpassung der Fernwärme-Anschlussleistung, Einführung einer Regelung für die Kältemaschine, Abwärmenutzung der Kältemaschine zur Warmwasserbereitung, Optimierung der Lüftungsanlage und einem geeigneten Energiecontrolling lassen sich Amortisationszeiten von unter 5 Jahren erzielen. Das zukünftige Solarpotential am Bahnhof Wels und den umliegenden aktivierbaren Flächen wurde mit 384 kWp und einem Ertrag von über 370.000 kWh festgestellt.



ABB 1. Hauptbahnhof Wels

Ein neuer Index, der „Smart Railway Station Index“ (SRSI) ermöglicht einen Vergleich von einzelnen Bahnhöfen und darüber hinaus eine Umlegung der „Smart Railway Station“ auf andere Bahnhöfe.

Der smarte Bahnhof wird durch die CO<sub>2</sub>-Einsparung umweltrelevant und erfährt durch die starke öffentliche Sichtbarkeit und gesteigerte Wahrnehmung vermehrte gesellschaftliche Akzeptanz.

## Fakten:

- **Laufzeit:** 06/2015-02/2016

- **Auftraggeber:**

### BMVIT

#### ÖBB Infrastruktur AG:

DI Dr. Michaela Haberler-Weber

Michaela.haberler-weber@oebb.at

DI (FH) Michael Amri

Michael.Amri@oebb.at

- **Auftragnehmer:**

#### Austrian Institute of Technology GmbH

DI Dr. Marcus Rennhofer

Marcus.rennhofer@ait.ac.at

Ing. Thomas Schlager BSc.

Thomas.schlager@ait.ac.at

#### Sattler Energie Consulting GmbH

DI Julia Rachbauer

J.rachbauer@energie-consulting.at

DI (FH) Mario Hebesberger

M.hebesberger@energie-consulting.at

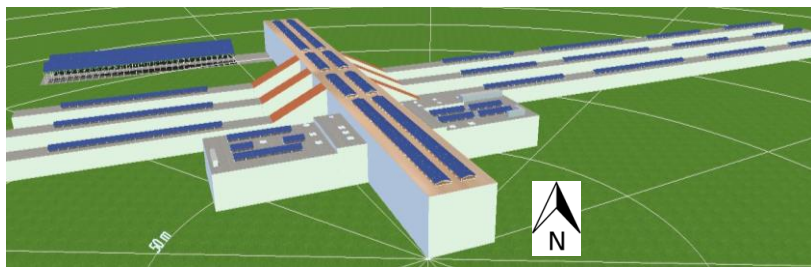


ABB 2. Anlagensimulation Hauptbahnhof Wels.

### Problem

Der Bahnhof Wels wurde in den letzten Jahren umgehend saniert und modernisiert, wodurch ein hohes technisches Niveau der Bestandsanlage erwartbar ist. Der Status des Bahnhofs als „Smart Railway Station“ (SRS) soll bewertet und seine weiteren energetischen Optimierungspotentiale aufgezeigt werden. Aktive Energieaufbringungsmöglichkeiten mittels Photovoltaik sind auszuarbeiten. Die Einordnung des Bahnhofs nach dem Energieeffizienzgesetz wird durch ein Energieaudit bewertet. Die „SRS“ wird als Referenzstandort definiert und kann auf andere Bahnhöfe umgelegt werden.

### Gewählte Methodik

Zunächst wurden die Bestandszahlen (Ist-Zustand) erfasst und danach hinsichtlich verschiedener Kriterien evaluiert. Um die bestehende Qualität des Bahnhofs Wels zu bewerten, wurde ein Energieaudit durchgeführt. Dabei wurden die einzelnen Maßnahmen in ihrer Relevanz hinsichtlich Energie- und Kosteneffizienz gereiht und ihre Auswirkungen geprüft.

### Ergebnisse

Die ÖBB ist auf einem guten Weg, die Energiekosten weiterhin zu senken und dabei die insgesamt eingesetzte Energiemenge zu reduzieren. Durch die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen werden sowohl ökologische als auch ökonomische Einsparungen möglich. Aus der Studie lässt sich auf einige konkrete Energieeffizienzpotentiale schließen. Diese betreffen beispielsweise die Einbindung erneuerbarer Energieträger, das Effizienz-Monitoring einzelner Anlagen, die Anlagenauslegung und Kühlung. Das Photovoltaikpotential am Bahnhof Wels wurde aufgezeigt und ein Maßnahmenkatalog zur Qualitätsverbesserung für künftige Photovoltaikanlagen erarbeitet. Das Berechnungsprogramm „Smart Railway Station Index“ ermöglicht eine Umlegung auf vergleichbare Bahnhöfe.

### Schlussfolgerungen

Anhand der Studie können Chancen und Risiken der Umwandlung in einen energieeffizienten Standort dargestellt und das zu erwartende energetische Optimierungspotenzial abgeschätzt werden.

### English Abstract

In the Austrian Federal Railway's (ÖBB) General Refurbishment Program of railway stations, the so-called „Bahnhofsoffensive“ requirements for more energy efficiency, the introduction of alternative energy concepts and intelligent systems to optimize the site railway station were defined. At the example of the recently refurbished railway station Wels, the use of control systems, energy reduction potentials, solar potentials and energy visualization tools were analyzed. The calculation tool „Smart Railway Station Index“ was established to enable the scalability to comparable railway stations.

### Impressum:

#### Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

DI Dr. Johann Horvatiits,  
Abt. IV/ST 2 Technik und  
Verkehrssicherheit  
johann.horvatiits@bmvit.gv.at

DI (FH) Andreas Blust,  
Abt. III/14 Mobilitäts- und  
Verkehrstechnologien  
andreas.blust@bmvit.gv.at  
www.bmvit.gv.at

#### ÖBB-Infrastruktur AG

DI Dr. Thomas Petraschek  
Streckenmanagement und Anlagenent-  
wicklung, Stab LCM und Innovationen  
thomas.petraschek@oebb.at  
www.oebb.at

#### ASFINAG

DI Eva Hackl,  
Manager International Relations  
und Innovation  
eva.hackl@asfinag.at

DI (FH) René Moser, Leiter Strategie,  
Internationales und Innovation  
rene.moser@asfinag.at,  
www.asfinag.at

#### Österreichische Forschungs- förderungsgesellschaft mbH

DI Dr. Christian Pecharda,  
Programmleitung Mobilität  
christian.pecharda@ffg.at  
www.ffg.at

Februar 2016

# Smart Railway Station Wels

## SRS-Wels

### AP 4 Energieaudit

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung 2014  
(VIF2014)

Februar 2016



## Inhaltsverzeichnis

1.	Hintergrund .....	4
1.1.	Gesetzliche normative Vorgaben .....	4
1.2.	Beschreibung des Betriebes .....	4
1.3.	Energieauditor/in .....	5
1.4.	Methodik .....	6
1.4.1.	Auftaktgespräch .....	6
1.4.2.	Datenerfassung .....	6
1.4.3.	Außeneinsatz .....	6
1.4.4.	Analyse .....	7
1.4.5.	Bericht/Präsentation der Ergebnisse .....	7
1.4.6.	Relevante Normen und Vorschriften .....	7
1.5.	Beschreibung des Energieaudits .....	7
1.5.1.	Ausgangslage .....	7
1.5.2.	Ziele .....	8
2.	Maßnahmen .....	9
2.1.	Energiepreise .....	9
2.2.	Zusammenfassung der Potentiale .....	9
2.2.1.	TOP-Potentiale .....	9
2.3.	Vorgeschlagenes Umsetzungsprogramm .....	10
2.4.	Gebäude .....	11
2.4.1.	Gebäudehülle .....	11
2.4.2.	Netztransformatoren .....	13
2.4.3.	Beleuchtung .....	14
2.4.4.	Heizungssystem .....	17
2.4.5.	Kühlsysteme .....	19
2.4.6.	Lüftung .....	23
2.4.7.	Energiecontrolling .....	24
2.5.	Methodenvalidierung .....	25
2.6.	Fördermöglichkeiten .....	25
2.7.	Wechselwirkungen .....	26

2.8.	Maßnahmenverifizierung.....	26
3.	Kennzahlen .....	26

## 1. Hintergrund

In diesem Kapitel werden allgemeine Informationen über die auditierte Organisation, gesetzlich-normative Vorgaben und die angewandte Methodik erläutert.

### 1.1. Gesetzliche normative Vorgaben

Das Energieeffizienzgesetz des Bundes 2014 verpflichtet große Unternehmen mit mehr als 249 Beschäftigten und mit einem Umsatz von mehr als 50 Mio. € oder einer Bilanzsumme von mehr als 43 Mio. € in regelmäßigen Abständen, zumindest aber alle vier Jahre, ein externes Energieaudit durchzuführen oder ein zertifiziertes Energiemanagementsystem nach EN 16001 oder ISO 50001 oder ein zertifiziertes Umweltmanagementsystem gemäß ISO 14001 bzw. ein gleichwertiges anerkanntes Energiemanagementsystem einzuführen, das auch ein regelmäßiges internes oder externes Energieaudit umfassen muss (§5; §9; §17; §18; 72. BGBL).

Ein Energieaudit ist ein systematisches Verfahren zur Erlangung ausreichender Informationen über das bestehende Energieverbrauchsprofil eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe, eines Betriebsablaufs in der Industrie und/oder einer Industrieanlage oder privater oder öffentlicher Dienstleistungen. Zur Ermittlung und Quantifizierung der Möglichkeiten für kostenwirksame Energieeinsparungen und Erfassung der Ergebnisse ist ein Bericht zu erstellen. Ein Energieaudit ist ein wichtiger Schritt für eine Organisation von welcher Größe oder welchem Typ auch immer, die ihre Energieeffizienz verbessern, den Energieverbrauch verringern und dadurch Vorteile für die Umwelt erreichen möchte. (ÖNORM EN 16247)

### 1.2. Beschreibung des Betriebes

Die ÖBB Infrastruktur AB schafft die Voraussetzungen für attraktive Mobilität. Entscheidend dafür ist eine kundenorientierte und zuverlässige Bahn-Infrastruktur, die in der benötigten Qualität, zu angemessenen Kosten und diskriminierungsfrei angeboten wird.

Auditiertes Unternehmen ist die ÖBB Infrastruktur AG.

<b>Auditiertes Unternehmen</b>	ÖBB Infrastruktur AG
<b>Straße, Nr.</b>	Praterstern 3
<b>PLZ, Ort</b>	1020 Wien

Das Energieaudit wird auf den Standort Hauptbahnhof Wels bezogen.

<b>Auditiertes Standort</b>	Hauptbahnhof Wels
<b>Straße, Nr.</b>	Bahnhofstraße 31
<b>PLZ, Ort</b>	4600 Wels

### 1.3. Energieauditor/in

Sattler energie consulting ist ein unabhängiges Dienstleistungs- und Beratungsunternehmen. Als Experten für die Optimierung Ihres Energiesystems bieten wir Ihnen clevere Gesamtlösungen für alle Energiefragen in Ihrem Betrieb mit dem Ziel, Energie wirtschaftlicher einzusetzen und somit Kosten einzusparen.

Industrie und Großverbraucher sind unsere Hauptzielgruppen, unser Kundenkreis erstreckt sich quer durch alle Branchen und Bundesländer. Wir messen, analysieren, beraten und bieten technische Lösungskompetenz. Mit unserer langjährigen praktischen Erfahrung und spezialisierter technischer Ausrüstung sowie speziellem Know-how garantieren wir Ihnen optimale Energieeffizienz.

<b>Energieauditor</b>	<b>DI Peter Sattler</b>
Im Unternehmen seit	Unternehmensgründer, 04/1995
Berufsausbildung	Technische Universität Graz: Elektrotechnik
Gelistet als Energieauditor seit	01/2015
In den Bereichen	Anhang III lit. C (Gebäude) Anhang III lit. D (Prozesse)

<b>Energieauditor</b>	<b>DI (FH) Martin Hinterndorfer</b>
Im Unternehmen seit	12/2008
Berufsausbildung	Fachhochschule Pinkafeld, Burgenland Diplomstudiengang Energie- und Umweltmanagement
Gelistet als Energieauditor seit	01/2015
In den Bereichen	Anhang III lit. C (Gebäude) Anhang III lit. D (Prozesse)

<b>Energieauditorin</b>	<b>DI Julia Rachbauer</b>
Im Unternehmen seit	02/2012

<b>Energieauditorin</b>	<b>DI Julia Rachbauer</b>
Berufsausbildung	09/2009 bis 08/2011 FH Pinkafeld, Studiengang Energie- und Umweltmanagement, 10/2006 bis 08/2009 FH Kufstein, Europäische Energiewirtschaft,
Gelistet als Energieauditorin seit	03/2015
In den Bereichen	Anhang III lit. C (Gebäude) Anhang III lit. D (Prozesse) Anhang III lit. E (Transport)

<b>Co-Auditor</b>	<b>Mario Hebesberger</b>
Im Unternehmen seit	07/2007
Berufsausbildung	Europäischer Energiemanager

## 1.4. Methodik

Das Energieaudit wurde nach der Energieauditmethodik EN 16247 –Teil I abgewickelt:

### 1.4.1. Auftaktgespräch

- Sammlung von bestehenden technischen Daten, Konzepten, Pläne etc.
- Analyse der bestehenden Unterlagen / Vorbereitung Betriebsbesuch
- Gemeinsame Definition der Kriterien für die Beurteilung der Maßnahmenvorschläge
- Erstellung der Vorgehensweise des Energieaudits mit Ressourcen und Zeitplan

### 1.4.2. Datenerfassung

- Die Datenerfassung wird in Kooperation mit dem Unternehmen durchgeführt

### 1.4.3. Außeneinsatz

- Besichtigung der relevanten Betriebsbereiche und Klärung innerbetrieblicher Abläufen
- Gemeinsame Analyse der gesammelten Daten in Hinblick auf die Zielsetzung
- Beurteilung der Ist-Situation (technisch und wirtschaftlich)
- Beurteilung der Anlagen und der Betriebsweise
- Ermittlung der Verbräuche nach Bereichen
- Diskussion über Problembereiche und Ausbaupläne
- Untersuchung Verluste, Verbraucher, Verteilung und Erzeugung



- Zusammenführung betrieblicher und energietechnischer Fakten
- gezielte Suche nach Optimierungsmöglichkeiten

#### **1.4.4. Analyse**

- Einsparungspotentiale ermitteln
- Erstellung von energiebezogenen Leistungskennzahlen
- Ökonomische Faktoren auf Basis von Erfahrungswerten ermitteln und mit einem dynamischen Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung Maßnahmen untersuchen
- Erarbeiten von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz

#### **1.4.5. Bericht/Präsentation der Ergebnisse**

- Visualisierung der Ist-Situation, Energieeffizienzpotentialen sowie der damit verbundenen Lösungsvorschläge in den verschiedenen Bereichen
- Die Ergebnisse sowie eine Empfehlung der weiteren Vorgehensweise werden in einem Bericht dokumentiert
- Vorabstimmung der Ergebnisse mit dem technischen Projektverantwortlichen
- Präsentation der Ergebnisse vor Ort mit Entscheidungsträgern und technischen Projektmitarbeitern.

#### **1.4.6. Relevante Normen und Vorschriften**

Die für die Energieauditierung relevanten Normen und Vorschriften können dem Anhang entnommen werden.

### **1.5. Beschreibung des Energieaudits**

#### **1.5.1. Ausgangslage**

Durch die seit 2001 im Rahmen der Bahnhofsoffensive gestartete Modernisierung der frequenzstärksten Bahnhöfe der ÖBB, steigen die Anforderungen nach mehr Energieeffizienz und dem Einsatz alternativer Energiekonzepte und intelligenter Systeme zur Optimierung dieser Bahnhöfe. Durch die Verwendung von Steuerungen, Smart Meters und einer Energievisualisierung soll sich der Bahnhof als modernes, intelligentes Gebäude mit dem städtischen Umfeld vernetzen und sich optimal eingliedern. Ebenfalls soll der Einsatz erneuerbarer Energien geprüft werden.

### **1.5.2. Ziele**

Primäres Ziel des geplanten Vorhabens ist eine grundlegende Abschätzung, welche die Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Umsetzung eines Konzeptes zur Optimierung der Energieeffizienz und zur Vernetzung eines Bahnhofes in der Dimension des Bahnhofes Wels, aufzeigt.

Das Endergebnis dieser Studie ist eine Darstellung der Chancen und Risiken bei der Umwandlung in einen energieeffizienten Standort und eine Abschätzung des zu erwartenden energetischen Optimierungspotenzials, was als wertvolle Grundlage für weiterführende Maßnahmen und Entscheidungen zur Umsetzung an weiteren Bahnhofstandorten ähnlicher Dimension dienen soll.

## 2. Maßnahmen

Hier werden die aus dem Energieaudit entstandenen Ergebnisse der Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt.

### 2.1. Energiepreise

Für die Betrachtung der Strom-Nettokosten wurden marktübliche Stromkosten von 0,1 €/kWh netto, inklusive Netznutzungskosten, Steuern und sonstiger Abgaben, angenommen um konzernspezifische Effekte der Preisgestaltung auszuschließen.

Für die Betrachtung der Fernwärme-Nettokosten wurden aus Erfahrungswerten 0,07 €/kWh festgelegt, um konzernspezifische Effekte der Preisgestaltung auszuschließen. Dieser Preis ist eine Nettoangabe inklusive Netznutzungskosten, Steuern und sonstiger Abgaben.

Die folgende Tabelle stellt die verwendeten Energiekosten dar.

Energieträger	Kosten [€/kWh]
Strom	0,10
Fernwärme	0,07

### 2.2. Zusammenfassung der Potentiale

#### 2.2.1. TOP-Potentiale

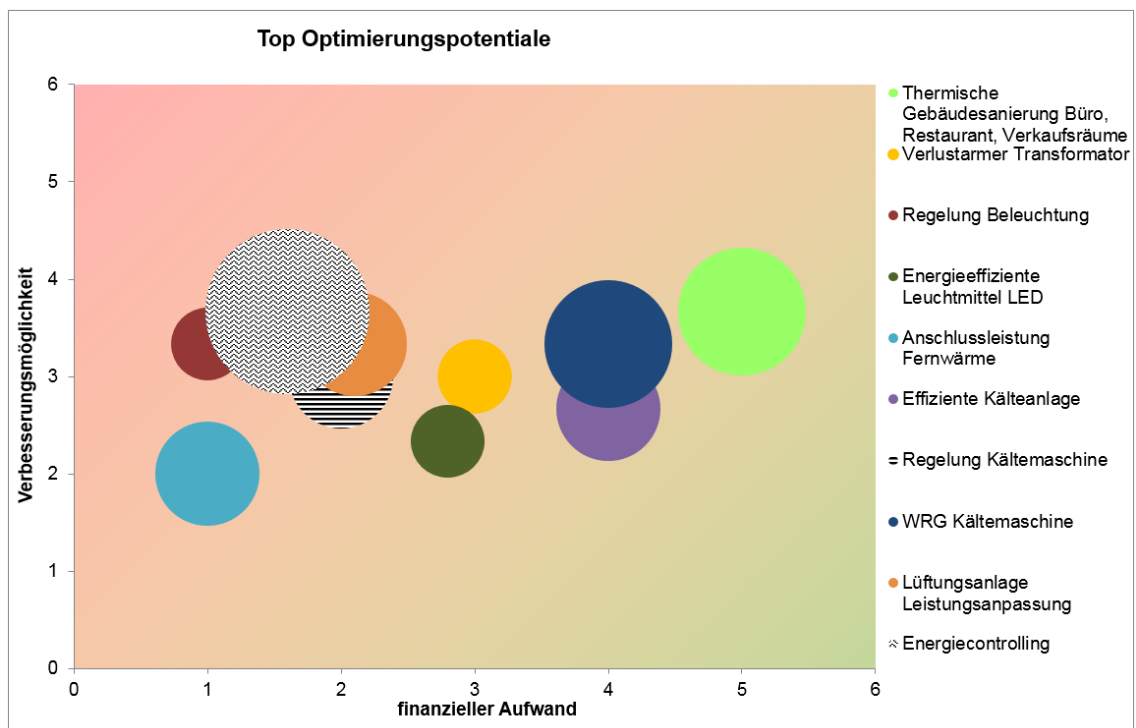
Die Ergebnisse und Handlungsempfehlungen aus dem Energieaudit sind im Folgenden beschrieben.

Zusammenfassend werden jene Potentiale aufgelistet, die im Rahmen des Energieaudits ermittelt wurden - gereiht nach der Dauer der Amortisation. Für die Darstellung der Maßnahmen wurden die Investitionskosten und das Einsparpotential berechnet.

Unten angeführte Angaben zur Wirtschaftlichkeit (dynamische Amortisationsdauer) beruhen auf der Kapitalwertmethode mit einem angenommenen Zinssatz von 5 %.

Ermittelte Maßnahmen	Investitionskosten [€]	Einsparpotential [kWh/a]	Energiekostenein- sparung [€/a]
Thermische Gebäudesanierung Büro, Restau- rant, Verkaufsräume	400.000	58.424	4.090
Wärmeabgabe Torluftschleier	Nicht berechenbar		
Verlustarmer Transformator	20.000	55.000	5.000
Regelung Beleuchtung	800	4.628	463
Energieeffiziente Leuchtmittel LED	18.200	31.760	3.176
Anpassung Fernwärme Anschlussleistung	0	0	Nicht be- wertbar
Effiziente Kälteanlage	40.000	35.000	3.500
Regelung Kältemaschine	3.000	18.790	1.879
WRG Kältemaschine für WW-Bereitung	45.000	184.764	12.933
Lüftungsanlage Leistungsanpassung	4.500	85.042	8.504
Energiecontrolling	1.500	106.841	9.679

### 2.3. Vorgeschlagenes Umsetzungsprogramm



Die X-Achse zeigt den (finanziellen) Aufwand für die Verbesserung des jeweiligen Energieaspektes und ist wie das österreichische Schulnotensystem eingeteilt. Die Y-Achse gibt die Größe der Verbesserungsmöglichkeit wieder, wobei sich die Werte ebenfalls wie bei der X-Achse in Noten zwischen Eins und Fünf einordnen lassen. Das gesamte Diagramm soll Aussagen darüber treffen, wie groß die Verbesserungsmöglichkeit des jeweiligen Energieaspektes ist und welcher Aufwand dafür notwendig ist. Der Durchmesser der Blasen weist auf die absoluten Kosten hin, welche der Energieaspekt/Verbraucher verursacht in Relation zu den anderen Energieaspekten. Je größer die Blase, desto größer ist der Einfluss auf die Gesamtenergiekosten.

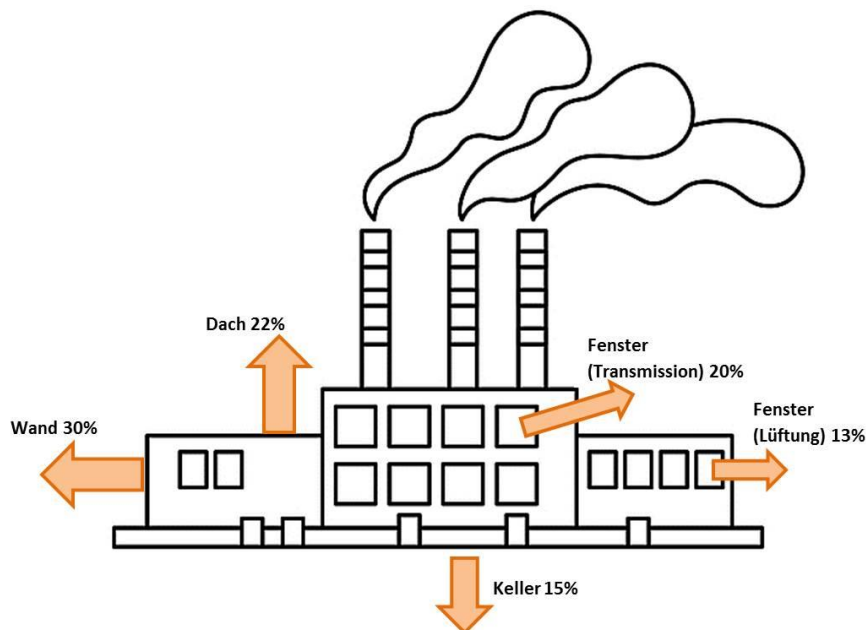
## 2.4. Gebäude

### 2.4.1. Gebäudehülle

Für den winterlichen Wärmeschutz gelten folgende Grundsätze:

1. Verhinderung der Wärmeabgabe (Dämmung)
2. Regelung der Wärmeabgabe
3. Einbindung des Nutzers






20 % der Verluste über die Gebäudehülle gehen durch die Fenster verloren.



Quelle: eigene Darstellung nach [www.clipproject.info](http://www.clipproject.info) und <http://www.liebmarkt.at/prospekte/27/files/assets/basic-html/page10.html>

Quelle: Leutgöb, Mag. Klemens/Benke, Dr. Georg (2000)

Der bauliche Wärmeschutz stellt die wichtigste Maßnahme für einen niedrigen Heizwärmebedarf dar. Die mögliche Einsparung hängt vom bereits vorhandenen Wärmestandard ab und kann nicht pauschal bewertet werden.

					
	<b>Dach</b>	<b>oberste Geschossdecke</b>	<b>Wand</b>	<b>Keller (Kellerdecke)</b>	<b>Fenster &amp; Türen</b>
<b>Wärmeverlust in %</b>	15 - 25 %	15 - 25 %	20 - 30 %	5 - 15 %	20 - 35 %
<b>Idealer Zeitpunkt bei</b>	Dachgeschoss- ausbau, Dacher- neuerung	sofort	Fassaden- renovierung	sofort	Fassaden- renovierung
<b>Dämmstärke</b>	15 - 30 cm	15 - 30 cm	10 - 20 cm	5 - 10 cm	-
<b>ca. Kosten/m<sup>2</sup></b>	8 - 45 €/m <sup>2</sup>	8 - 45 €/m <sup>2</sup>	70 - 300 €/m <sup>2</sup>	15 - 25 €/m <sup>2</sup>	100 - 300 €/m <sup>2</sup>

Die auf dieser Information angeführten Punkte sind die Hauptverlustquellen. Je nach Fall können noch weitere Wärmeverluste durch z.B. ungedämmte Heizungsrohre und Wärmebrücken entstehen.  
Bei der Umsetzung der Sanierungs- und Dämmarbeiten ist auf fachgerechte Umsetzung zu achten, da es bei nicht sachgemäßer Ausführung zu Kondensatbildung und darüberhinaus zu Bauschäden kommen kann!

Quelle: [http://www.vonbank-bau.at/pages\\_file/de/1/2008-07-04-Waermeverlustbroschuere.pdf](http://www.vonbank-bau.at/pages_file/de/1/2008-07-04-Waermeverlustbroschuere.pdf)

Einen Anhaltspunkt für das Verbesserungspotential des Gebäudes gibt der Heizwärmebedarf. Das HBF Wels Büro hat einen Heizwärmebedarf von 58,1 kWh/m<sup>2</sup>a, das HBF Wels Restaurant einen Heizwärmebedarf von 49,2 kWh/m<sup>2</sup>a und die HBF Wels Verkaufsräume einen Heizwärmebedarf von 66,5 kWh/m<sup>2</sup>a. Für den Gebäudeteil HBF Wels sonstige wurde kein Heizwärmebedarf berechnet. Diese Gebäude entsprechen der aktuellen OIB-Richtlinie 6. Die effizientesten Gebäude sind Passivhäuser mit einem Heizwärmebedarf von 10 kWh/m<sup>2</sup>a.

Dieser Standard ist generell bei bestehenden Gebäuden nur mit sehr großer Anstrengung zu erreichen. Die Verbesserung bei den drei Gebäudeteilen Büro, Restaurant, Verkaufsräume mit bekanntem Heizwärmebedarf beträgt 58.424 kWh/a oder 4.090,- €/a. Die Amortisationszeit für die Erreichung des Passivhaus-Standards überschreitet die Anlagenlebensdauer.

<b>Gebäudeteil</b>	<b>HWB Ist [kWh/m<sup>2</sup>a]</b>	<b>HWB optimiert [kWh/m<sup>2</sup>a]</b>	<b>Verbesserung [kWh/a]</b>
HBF Wels Büro	58,1	10	17.371
HBF Wels Restaurant	49,2	10	11.840

Gebäudeteil	HWB Ist [kWh/m <sup>2</sup> a]	HWB optimiert [kWh/m <sup>2</sup> a]	Verbesserung [kWh/a]
HBF Wels Verkaufsräume	66,5	10	29.212
Summe			58.424

Die U-Werte sind nur für den Gebäudeteil HBF Wels sonstig bekannt. Die U-Werte insbesondere der Decken unterschreiten nur knapp den Soll U-Wert, der U-Wert der Türen liegt weiter vom Soll-Wert entfernt. Hier wird jedoch eine Anpassung auf die geltenden Mindest-U-Werte laut OIB-Richtlinie 6 aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten wenig sinnvoll sein.

Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)				
Dach 004-2		0,25	0,20	nicht erfüllt
Dach 005-2		0,25	0,20	nicht erfüllt
Dach 003-2		0,25	0,20	nicht erfüllt
Dach 004-1		0,25	0,20	nicht erfüllt
Dach 005-1		0,25	0,20	nicht erfüllt
Dach 003-1		0,25	0,20	nicht erfüllt
Decken innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten				
Wände gegen andere Bauwerke an Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenzen				
Decken gegen unbeheizte Gebäudeteile				
Decke Keller-8		0,45	0,40	nicht erfüllt
Türen unverglast gegen Außenluft				
AT 109		1,90	1,70	nicht erfüllt
AT 108		1,90	1,70	nicht erfüllt

## 2.4.2. Netztransformatoren

Die Leistung der Trafos ist auf jeweils 630 kVA ausgelegt. Laut dem Lastprofil 2015 liegt die höchste bezogene Leistung bei 135 kW bei Trafo 1 und bei 138 kW bei Trafo 2. Dies entspricht einer maximalen Auslastung von 21 %.

Laut Auskunft der ÖBB gibt es die Anweisung an die Planer, die Anlagen großzügig zu dimensionieren. Trotzdem sollte überlegt werden, ob eine 5-fache Überdimensionierung wirklich nötig ist.

Jeder Trafo ist mit Verlusten behaftet. Diese bestehen aus Leerlauf- und Kupferverlusten. Besondere Aufmerksamkeit kommt den Kupferverlusten zu, weil diese mit der Belastung des Transformators steigen.

Es könnte der Einsatz eines verlustarmen Trafos angedacht werden. Dieser reduziert die Verluste auf etwa 50.000 bis 60.000 kWh/a, also um etwa 5.000,- bis 6.000,- €/a. In der Leistungsstufe der derzeit eingesetzten Trafos entstehen Mehrkosten für den verlustarmen Trafo von 20.000,- €.

### **2.4.3. Beleuchtung**

#### **2.4.3.1. Beleuchtungsregelung**

Eine tageslichtabhängige Dimmung ist eine ausgezeichnete Möglichkeit, in frequentierten Bereichen die Beleuchtungsenergie zu reduzieren. Im Gebäudeinnenbereich gibt es zwei Schaltstufen, wobei Stufe 1 die Hälfte der Leuchten aktiviert und immer eingeschaltet ist. In Stufe 2 sind alle Leuchten eingeschaltet. Auch im Außenbereich werden zwei Stufen geschaltet, halbe und volle Beleuchtung. Der Dämmerungsschalter wird derzeit nach Gefühl eingeschaltet, es sind aber digitale Zähler in Planung. Die Außenbeleuchtung wird bereits eine Stunde bevor es dunkel wird eingeschaltet.

Es könnte angedacht werden, bei der Umstellung auf die digitalen Zähler die Einschaltzeit der Außenbeleuchtung so einzustellen, dass die Leuchtkörper erst dann eingeschaltet werden, wenn sie benötigt werden. Es wird angenommen, dass die Beleuchtungszeit durch diese Anpassung täglich um eine Stunde reduziert werden kann (30 min in der Früh und 30 min Abends).

Leider ist die Beleuchtungsenergie auf Zählerbasis nicht erfassbar, daher muss die Wirkung der Maßnahme abgeschätzt werden. Auf den Bahnsteigen werden überwiegend Feuchtraum-Leuchtstoffröhren mit einer Leistung von 58 W je Leuchtmittel eingesetzt, am Bahnhofsvorplatz Stadtseitig Downlights. Mit dieser Maßnahme könnten 4.628 kWh/a oder 463,- €/a gespart werden.

Die Investitionskosten für die Lichtsensoren werden auf etwa 800,- € geschätzt.

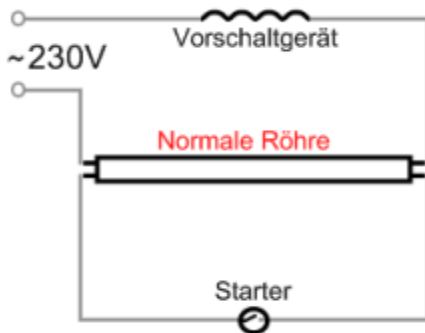


Standort	Leuchtmittel	Anzahl	Leistung je Leuchtmittel [W]	Reduktion Einschalt-dauer [h/a]	Einsparung [kWh/a]
Vorplatz unten	Downlights	24	18	365	197
Vorplatz oben	Downlights	24	18	365	197
Bahnsteig 1	Leuchtstoff-röhren	50	58	365	1.059
Bahnsteig 2+3	Leuchtstoff-röhren	50	58	365	1.059
Bahnsteig 4+5	Leuchtstoff-röhren	50	58	365	1.059
Bahnsteig 6+7	Leuchtstoff-röhren	50	58	365	1.059
<b>Summe</b>					<b>4.628</b>

### 2.4.3.2. Einsatz von LEDs

Für ein innovatives Unternehmen ist auch die Installation von LEDs eine Möglichkeit, Strom zu sparen. Vorteile der LEDs:

- LED Leuchtstoffröhre benötigen keinen Starter und kein Vorschaltgerät, sondern lassen sich direkt an das Stromnetz anschließen und betreiben.



Quelle:

<http://www.led-shop-austria.at/LED-Technik-Tipps-tube.htm>



Quelle:

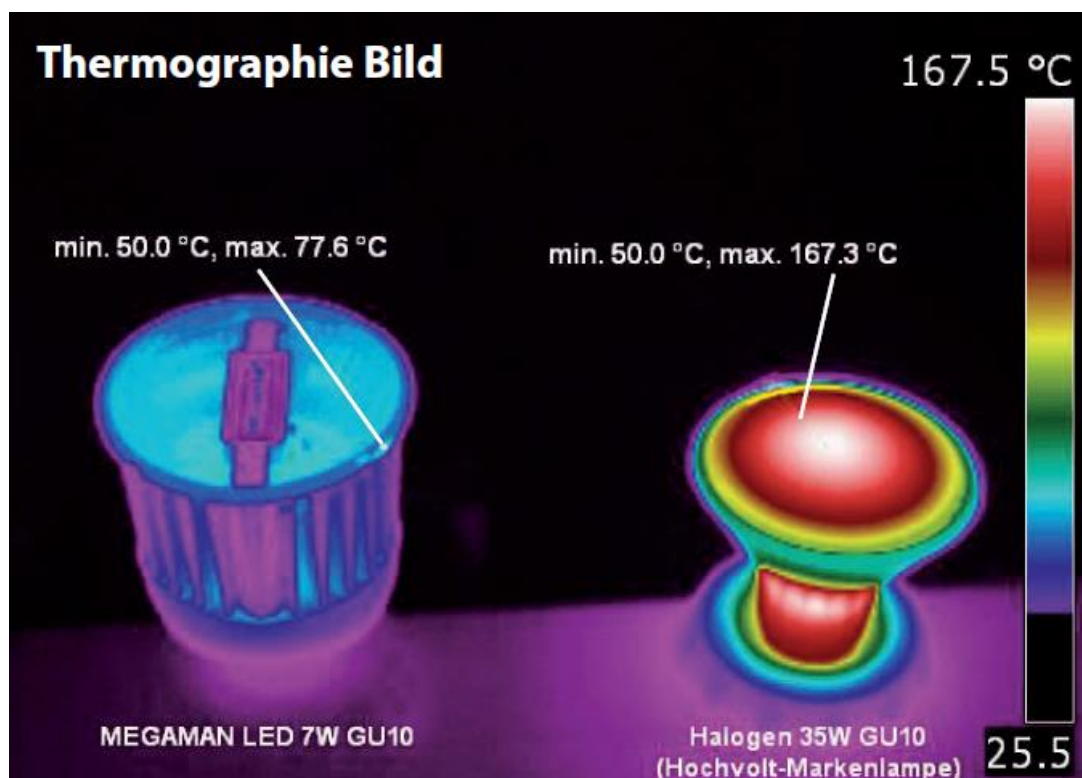
[http://ledplanet.at/de/home/led\\_roehren\\_montage\\_anleitung/](http://ledplanet.at/de/home/led_roehren_montage_anleitung/)

- Minimale Hitzeentwicklung

Aufgrund der raschen Entwicklung der LED-Technologie gibt es mittlerweile energieeffiziente Leuchtkörper, welche eine herkömmliche Beleuchtung ablösen können. So ist es heute bereits möglich, Halogenlampen durch LED-Technologie zu ersetzen (Beispiel hierfür sind etwa die LED-Reflektoren der Firma MEGAMAN).

### Eigenschaften von LEDs:

- Echte Farben durch den hohen Farbwiedergabeindex von Ra85 bzw. Ra92. Selbst die Farben Rot und Weiß werden natürlich wiedergegeben.
- Vernachlässigbare UVA- und UVB-Strahlung, dadurch wird ein Ausbleichen der angestrahlten Ware verhindert.
- Reduzierung der Wärmelast um bis zu 70 % gegenüber Halogenbeleuchtung.
- Durch die geringe Wärmeentwicklung reduzieren sich auch die Klimatisierungskosten stark.
- Hohe Lebensdauer von 20.000 h bei mehr als 90 % Lichtausbeute
- Bis zu 80 % Energieeinsparung
- Enger Abstrahlwinkel (von 10° bis 35°)
- Quecksilberfrei
- Sofortiger Start mit 100 % Anfangshelligkeit



Durch die TCH –Technologie wird die Wärme kontrolliert und von den LED´s abgeleitet. Die maximale Wärmeentwicklung liegt in obigem Beispiel nur bei 77,6°C, während die vergleichbare Halogenlampe bis zu 167,3°C aufweist.

Durch die Umrüstung auf LEDs sinkt die Leistung bei den Downlights auf etwa 9 W und die Leistung bei den Röhren auf etwa 21 W. Die Leistungsreduktion beträgt damit bei den Downlights 9 W und bei den Leuchtstoffröhren 37 W. Bei gleichbleibenden Beleuchtungsstunden beträgt die Einsparung 31.760 kWh/a oder 3.176,- €/a.

Die Investitionskosten betragen bei 70,- € pro LED-Röhre (nur Anschaffungskosten) 18.200,- €. Wie bereits in den neu zu arbeitenden Konzernrichtlinien treffend beschrieben ist, ist eine Umrüstung auf LED-Leuchtmittel in den Außenbereichen wirtschaftlich denkbar.

Standort	Leuchtmittel Bestand	Anzahl	Reduzierte Leistung je Leuchtmittel [W]	Einschalt-dauer [h/a]	Einspa-rung [kWh/a]	Einspa-rung [€/a]	Invest-kosten [€]	Amor-tisati-on [a]
Innen-raum	Downlights	50	9	8.760	3.942	394	3.500	8,88
Innen-raum	Downlights	50	9	4.000	1.800	180	3.500	19,44
Vorplatz unten	Downlights	30	9	4.000	1.080	108	2.100	19,44
Vorplatz oben	Downlights	30	9	4.000	1.080	108	2.100	19,44
Bahnsteig 1	Leucht-stoffröhren	50	37	4.000	7.400	740	3.500	4,73
Bahnsteig 2+3	Leucht-stoffröhren	50	37	4.000	7.400	740	3.500	4,73
Bahnsteig 4+5	Leucht-stoffröhren	50	37	4.000	7.400	740	3.500	4,73
Bahnsteig 6+7	Leucht-stoffröhren	50	37	4.000	7.400	740	3.500	4,73
<b>Summe</b>					<b>31.760</b>	<b>3.176</b>	<b>18.200</b>	<b>5,73</b>

## 2.4.4. Heizungssystem

### 2.4.4.1. Wärmeabgabesystem

ÖBB-intern wird die Verwendung von Torluftschleiern kontroversiell diskutiert. Die Torluftschleier sind mit rund  $\frac{3}{4}$  des Heizenergiebedarfs die größten Wärmeverbraucher. Speziell der Bahnhof Wels weist sehr viele Ein- und Ausgänge auf, was unter Umständen in einem überproportional hohen Wärmeverbrauch der Torluftschleier resultiert. Um den Gesamtwärmebedarf zu senken, könnte angedacht werden, die Wärmeabga-

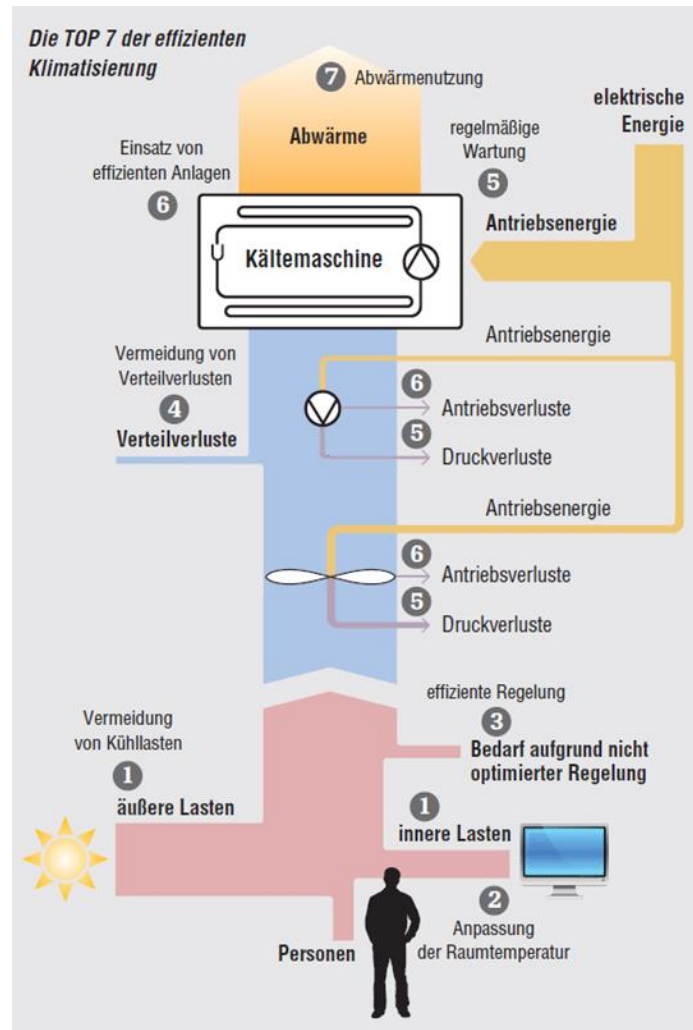
be über die Fußbodenheizung zu steigern und dafür die Wärmeabgabe über die Torluftschleier zu senken. Ein Einsparpotential ist schwierig zu berechnen und sollte Schritt für Schritt ausprobiert werden. Zu beachten ist auch, das zumutbare Temperaturniveau. Damit ist gemeint, dass die Raumtemperaturen in der Bahnhofshalle von jenen Räumen abweichen können, in denen sich Menschen dauerhaft aufhalten.

#### **2.4.4.2. Leistung Wärmetauscher**

Die Raumwärmeversorgung hat einen eigenen Wärmetauscher (Fernwärme West) mit einer Leistung von 810 kW. Bei einem Fernwärmeverbrauch von 670.000 kWh/a beträgt die ideale Leistung des Wärmetauschers 335 kW. Es sollte daher geprüft werden, ob die Leistung des Wärmetauschers gesenkt werden kann. Dies reduziert zwar keine Wärmemenge, die Leistungskosten für den Fernwärmeanschluss werden jedoch gesenkt.

Da die Leistungskosten je Fernwärmebetreiber sehr unterschiedlich sind, wird keine monetäre Bewertung des Maßnahmenvorschlags vorgenommen.

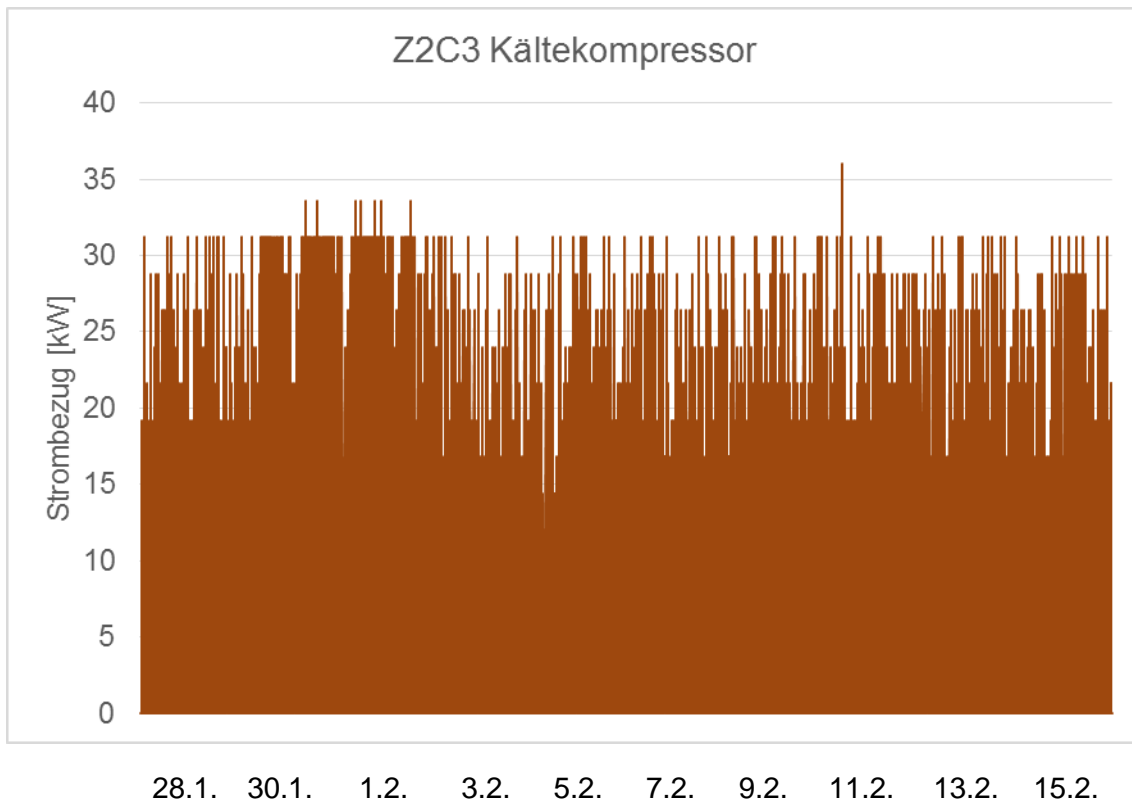
## 2.4.5. Kühlsysteme



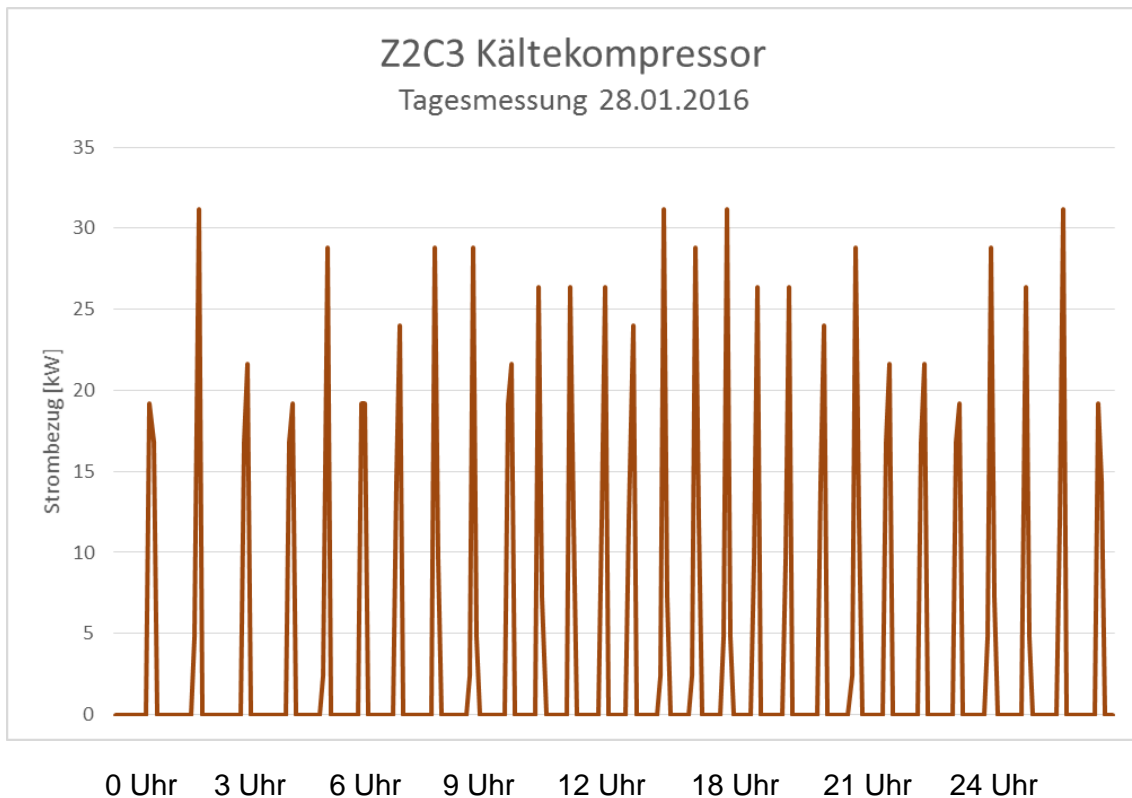
Quelle: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/energieplanung/sep/pdf/klimaanlagen-folder.pdf>

### 2.4.5.1. Regelung Kältemaschine

Laut Strommessung (siehe Arbeitspaket 3, Kapitel 1.3) wird die Kältemaschine auch in der kalten Jahreszeit nicht abgeschaltet. Die Folge sind Leistungsspitzen mit bis zu 36 kW. Im Messzeitraum wurde die Kältemaschine mit durchschnittlich 4,29 kW betrieben.



Es wird angenommen, dass die Kältemaschine etwa von Oktober bis März wie in der Messung dargestellt betrieben wird. Es sollte dringend evaluiert werden, ob wirklich eine Kühlanforderung besteht, oder die Regelung zu sensibel eingestellt ist. Zum besseren Verständnis der aktuell eingestellten Regelung wurde ein Messtag (24 Stunden) herausgegriffen und in der untenstehenden Grafik dargestellt. Eine Kälteanforderung tritt etwa alle 45 min für 10 min auf. Dies ist als Spitze in der Grafik erkennbar.



Ist die Regelung zu sensibel eingestellt, so sollte diese überprüft werden. Im Idealfall wird das Anlaufen der Kältemaschine unter einem bestimmten Temperaturniveau durch die Regelung gesperrt. Im Normalfall ist die Temperaturgrenze bei Verkaufsräumen 15°C. Dies muss jedoch individuell für jedes Gebäude ermittelt werden und richtet sich auch nach den internen Wärmelasten. Besteht wirklich eine Kühlanforderung, so könnte diese auch direkt über die kalte Außenluft (Free Cooling) gedeckt werden. Unbedingt muss über die Regelung verhindert werden, dass Heiz- und Kühlregister zeitgleich die Luft konditionieren! Dies sollte bei der bestehenden Regelung überprüft werden.

Es wird angenommen, dass die Kältemaschine für sechs Monate jährlich abgeschaltet werden kann. Bei einer Hochrechnung mit der gemessenen Leistung von 4,29 kW besteht ein Potential zur Stromeinsparung von 18.790 kWh/a bzw. zur Kosteneinsparung von 1.879,- €/a.

Die Investitionskosten betragen bei einer Umrüstung auf Free Cooling etwa 3.000,- €, da der Anschluss laut den Planungsunterlagen bereits vorbereitet ist. Bei einer Umstellung der Regelung ist mit keinerlei Investitionskosten zu rechnen.

### **2.4.5.2. Einsatz von effizienten Anlagen**

Die Effizienz von Kälteanlagen wird durch die „Leistungszahl“ (COP) bestimmt: Je größer die Kennzahl, desto mehr Kälte wird aus der gleichen eingesetzten Energie erzeugt. Auch die Effizienz von Antriebsmotoren und Pumpen ist ausschlaggebend für die Gesamteffizienz des Systems.

Der theoretische COP liegt bei ca. 4, was ein guter Wert ist. Neue effiziente Anlagen weisen einen COP von 5 bis 6 auf.

Für die Berechnung des Potentials der COP-Verbesserung von 4 auf 5 wird von einem Kälteenergiebedarf von 700.000 kWh/a ausgegangen. Bei einem COP von 4 beträgt der Stromverbrauch 175.081 kWh/a. Bei einer effizienten Kältemaschine würde der Stromverbrauch nur mehr 140.000 kWh/a betragen. Dies entspricht einer Reduktion von 35.000 kWh/a bzw. 3.500,- €/a.

Die Investitionskosten für eine Kältemaschine mit einem COP von 5 betragen etwa 40.000,- €.

### **2.4.5.3. Abwärmenutzung**

Kompressoren und Kondensatoren erzeugen große Mengen an meistens ungenutzter Abwärme, welche oft auch noch künstlich abgeführt werden muss. Daher kann es sinnvoll sein, diese Abwärme zur Erwärmung von Brauchwasser zu verwenden.

Jährlich kann theoretisch eine Abwärmemenge von 746.455 kWh/a ausgekoppelt werden.

Unter Berücksichtigung der saisonalen Betriebsweise der Kältemaschine und des Warmwasserverbrauchs von 184.764 kWh/a kann davon ausgegangen werden, dass die Deckung des Warmwasserverbrauchs das maximal wirtschaftlich ausschöpfbare Potential abbildet. Die Abwärme wird bei einem Temperaturniveau von 30-45°C ausgekoppelt. Dies entspricht einer Reduktion der Fernwärmekosten von 12.933,- €/a.

Die Kosten für die Installation einer Wärmerückgewinnung aus der Kältemaschine belaufen sich auf rund 45.000,- €.



## 2.4.6. Lüftung

### 2.4.6.1. Antrieb und Riemen

95 % aller Ventilatoren werden zurzeit über einen Riemenantrieb mit dem Motor verbunden, wobei der Keilriemen den größten Anteil ausmacht. Bei Direktantrieben ist der Energieverlust, der durch die Kraftübertragung auftritt, am geringsten, bei Keilriemen am größten. Deshalb soll, wenn möglich, der direkte Antrieb bevorzugt werden.

Riemenantriebe haben aber auch Vorteile gegenüber Direktantrieben. Durch den Wechsel des Übersetzungsverhältnisses kann schnell auf einen geänderten Volumenstrombedarf eingegangen werden. Außerdem werden Überlasten durch kurzes Durchrutschen leicht abgebaut. Nachteile sind die Verluste, die bei der Übertragung entstehen, sowie die höheren Wartungsintervalle. Die auftretenden Verluste werden durch die Wahl eines stärkeren Motors kompensiert.

Beim Verkauf Ost – Abluft ist nicht ersichtlich, wieso für die Bewegung eines gegenüber der Zuluft 37 % geringeren Luftvolumenstroms ein Ventilator mit einer 37 % höheren Leistung verwendet wurde. Die erhöhte Ventilatorleistung bei der Abluft Gastro kann durch die Druckwiderstände der verwendeten Filter erklärt werden. Bei beiden Anlagen sollte versucht werden, die Nennleistung des Motors zu reduzieren. Die Reduktion des Stromverbrauchs beträgt 85.042 kWh/a. Dies entspricht einer Kostenreduktion von 8.504,- €/a.

Die Kosten für einen neuen Antrieb betragen etwa 900,- € je Antrieb, das heißt insgesamt 4.500,- €.

Bezeichnung	Spezifische Energie IST	Spezifische Energie SOLL	Abweichung	Einsparung Leistungsanpassung	
	[Wh/m <sup>3</sup> ]	[Wh/m <sup>3</sup> ]		[kWh/a]	[€/a]
Verkauf West - Zuluft	0,87	0,50	173 %	17.944	1.794,-
Verkauf West - Abluft	0,85	0,50	171 %	18.186	1.819,-
Verkauf Ost - Zuluft	0,72	0,50	145 %	17.591	1.759,-
Verkauf Ost - Abluft	0,75	0,50	151 %	16.896	1.690,-
Gastro - Abluft	0,82	0,50	163 %	14.426	1.443,-
<b>Summe</b>				<b>85.042</b>	<b>8.504,-</b>

### 2.4.6.2. Filter

Dem Filter sollte besondere Aufmerksamkeit entgegen gebracht werden. Sie haben nicht nur die Aufgabe, die Verschmutzung aus dem Gas zu entfernen, sondern schützen durch die Reinigung gleichzeitig alle nachfolgenden Geräte (z.B. Ventilator oder Wärmetauscher) sowie die Umwelt.

Die Reinigung der Filter ist ein wesentlicher Punkt der Energieeffizienz. Die Verstopfung der Filter durch Verunreinigungen erhöht den Druck, den die Absaugung überwinden muss und dadurch auch die Leistungsaufnahme des Motors. Regelmäßiges Tauschen der Filter und Wartung hilft Energie zu sparen.

Bei bestehenden Anlagen sollte ein Zwei-Filter-System überlegt werden. Dabei ist vor dem eigentlichen Feinfilter ein Grobfilter eingebaut, um größere Verunreinigungen abzufangen. Dadurch werden die Laufzeiten der Feinfilter verlängert.

### 2.4.7. Energiecontrolling

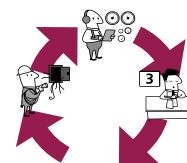
Es sind sehr viele Zähler für die Energieträger Strom und Wärme vorhanden. Diese werden hauptsächlich als Verrechnungszähler genutzt. Wir empfehlen, diese Zähler auch für ein internes Effizienzmonitoring der gebäudetechnischen Anlagen zu nutzen. Gemeinsam mit anderen Energiedaten bietet eine regelmäßige Zählerablesung und Energiedatenanalyse eine sehr gute Ausgangslage.

Überlegt werden sollte die Installation eines Zählers für den Warmwasserverbrauch. Ebenso kann die Effizienz der Kältemaschine nicht analysiert werden, da die erzeugte Kältemenge nicht vollständig erfasst wird. Wir empfehlen die Installation eines Zählers direkt an der Kältemaschine.

Damit lassen sich einerseits Aussagen zu den Verbräuchen und Kosten der einzelnen Bereiche machen und andererseits Trends und eventuelle Problembereiche frühzeitig erkennen.

#### Wirksames Energiecontrolling besteht aus:

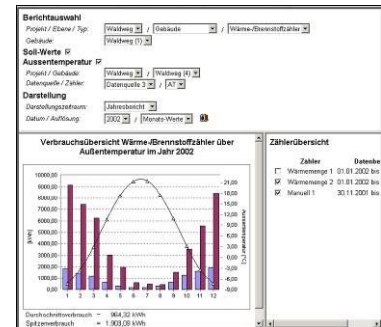
- Daten erfassen
- Daten auswerten und analysieren
- Maßnahmen finden
- Maßnahmen umsetzen



Die wesentliche Basis für Analyse und Maßnahmenfindung ist eine detaillierte Datenerfassung und die konsequente Analyse dieser Daten. Da diese Aufgaben üblicherweise eher zeitaufwändig sind, wird gerne darauf verzichtet oder sie werden nur halbherzig durchgeführt.

### Energiecontrolling bietet viele Vorteile:

- vollautomatische Energiedatenerfassung und -verarbeitung
- Transparente Energiesituation, Kennzahlen-Vergleiche
- leichteres Auffinden von Einsparpotentialen
- Versand einer Alarmmeldung bei überhöhten Werten
- Eindeutige Zuordnung von Verbräuchen zu Kostenstellen
- Zugriff auf die Energiedaten von jedem PC aus



*Energiecontrolling* spart Zeit, weil sowohl die Erfassung als auch die Auswertung vollkommen automatisch erfolgen, *Energiecontrolling* spart Energiekosten, denn konsequentes Controlling reduziert die Energiekosten - auch ohne Investitionen!

Eine Reduktion von 5 % entspricht 106.841 kWh/a bzw. 9.679,- €/a. Als Investitionen sind ein zwei Wärmemengenzähler mit insgesamt 1.500,- € zu erwarten.

## 2.5. Methodvalidierung

Die ermittelten Werte beziehen sich grundsätzlich auf die Nennleistungen und teilweise abgeschätzte bzw. aus der allgemeinen Betriebsweise entnommenen Betriebszeiten. Die empfohlenen und festgestellten Maßnahmen sind technisch realisierbare Potentiale, die sich zumeist auf das Nennlastlevel beziehen.

Im vorliegenden Bericht sind Schätzungen mit [S], Nennwertdaten mit [N] und Messwerte mit [M] gekennzeichnet.

## 2.6. Fördermöglichkeiten

Für Energieeffizienzmaßnahmen können Investförderungen in Anspruch genommen werden. Der Standardfördersatz liegt bei 30 % der umweltrelevanten Kosten. Die Förderwürdigkeit ist im Detail für jedes Projekt zu prüfen.

Weitere Informationen dazu finden Sie unter: [www.umweltfoerderung.at](http://www.umweltfoerderung.at).

Folgende Maßnahmen können gefördert werden:

- Thermische Gebäudesanierung
- Beleuchtung
  - Regelung
  - Einsatz von LED
- Abwärmenutzung Kältemaschine

sattler energie consulting bietet im Rahmen der Dienstleistung Fördermanagement die professionelle Auswahl und Abwicklung von Förderanträgen an.

## **2.7. Wechselwirkungen**

Wechselwirkungen sind bei der Realisierung von Potentialen der Wärmerückgewinnung mit der Anschlussleistung der Wärmeversorgung zu erwarten.

## **2.8. Maßnahmenverifizierung**

Messwerte sind für die wichtigsten Anlagen bzw. Bereiche vorhanden. Insbesondere im Bereich Kälte sollten Zähler ergänzt werden, welche auch den ÖBB-Internen Verbrauch messen oder ein Wärmemengenzähler direkt an der Kältemaschine installiert werden. Der Bereich Beleuchtung kann technisch nicht extra gezählt werden. Die Zähler sollten regelmäßig ausgelesen werden, um die Wirkung der bereits gesetzten Maßnahmen zu überprüfen.

## **3. Kennzahlen**

Werden im Arbeitspaket 5 behandelt.

**Impressum:**

**Herausgeber und Programmverantwortung:**

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien  
Radetzkystraße 2  
A - 1030 Wien



ÖBB-Infrastruktur AG  
Praterstern 3  
A - 1020 Wien



Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs  
Aktiengesellschaft  
Rotenturmstraße 5-9  
A - 1010 Wien



**Für den Inhalt verantwortlich:**

AIT Austrian Institute of Technology GmbH  
Giefinggasse 2  
A - 1210 Wien



Sattler Energie consulting GmbH  
Krottenseestraße 45  
A - 4810 Gmunden



**Programmmanagement:**

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH  
Bereich Thematische Programme  
Sensengasse 1  
A – 1090 Wien



# Smart Railway Station Wels

## SRS-Wels

### AP 4 Energieaudit

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung  
(VIF2014)

**AutorInnen:**

DI Julia RACHBAUER

Mario HEBESBERGER

Mag. Dr. Marcus RENNHOFFER

**Auftraggeber:**

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

ÖBB-Infrastruktur AG

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft

**Auftragnehmer:**

sattler energie consulting gmbh

AIT Austrian Institute of Technology GmbH