

Abschlussbericht

Energieeffizienz-Potenzialanalyse



Industrie Service

**Mehr Sicherheit.
Mehr Wert.**

**Anlage /
Objekt:** Stadthalle
Germering

**System /
Komponenten:** Zwei variable Veranstaltungssäle, zwei Tagungs-
räume, ein Restaurant sowie ein Kino

Auftraggeber: Stadthalle Germering
Landsberger Str. 39
82110 Germering

Auftragsdatum: 04.12.2012

TÜV Berichts-Nr.: 1934760

Abteilungen: IS-EG2-MUC / IS-EG-MUC / IS-TAK-MUC

Datum / Fassung: 15.07.2013 / Rev. 01

Niederlassung München
Abteilung Gebäudetechnik

Dipl.-Ing. (FH) Johannes Rehlau

Dipl.-Ing. (FH) Albert Mühlberger

Datum: 15.07.2013

Unsere Zeichen:
IS-EG2-MUC/mb

Dokument:
2013_07_15_Abschlussbericht_
Stadthalle_Germering-Rev01_zi-
sp-mb.docx

Das Dokument besteht aus
66 Seiten.
Seite 1 von 66

Die auszugsweise Wiedergabe des
Dokumentes und die Verwendung
zu Werbezwecken bedürfen der
schriftlichen Genehmigung der
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen
sich ausschließlich auf die
untersuchten Prüfgegenstände..

Sitz: München
Amtsgericht München HRB 96 869
USt-IdNr. DE129484218
Informationen gemäß § 2 Abs. 1 DL-InfoV
unter www.tuev-sued.de/impressum

Aufsichtsrat:
Karsten Xander (Vorsitzender)
Geschäftsführer:
Ferdinand Neuwieser (Sprecher),
Dr. Ulrich Klotz, Thomas Kainz

Telefon: +49 89 5190-1035
Telefax: +49 89 5190-1076
www.tuev-sued.de/is



TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Niederlassung München
Abteilung Gebäudetechnik
Ridlerstraße 65
80339 München
Deutschland



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
1. Ausgangssituation	3
2. Aufgabenstellung und Betrachtungsumfang	3
3. Methodik und Vorgehensweise	5
3.1. Methodik.....	6
3.2. Vorgehensweise	6
4. Zusammenstellung der Ergebnisse	8
4.1. Energiebilanzen	8
4.2. Einsparpotenziale	13
4.3. Modernisierungsstufenplan.....	17
5. Einzelergebnisse aus den Gewerken	19
5.1. Heizungsanlage	19
5.2. Trinkwarmwasserversorgung	28
5.3. Kältetechnik	31
5.4. Raumluftechnik	42
5.5. Allgemeine Stromverbraucher.....	56
5.6. Gebäudehülle.....	60
6. Zusammenfassung	65

1. Ausgangssituation

Die Stadthalle Germering wurde im Jahr 1992 als Veranstaltungsort für Tagungen, Kongresse, Seminare u.v.m. im Stadtzentrum von Germering erbaut. Die Inbetriebnahme erfolgte 1993. Für die unterschiedlichen Veranstaltungen stehen zwei variable Veranstaltungssäle und zwei Tagungsräume zur Verfügung. Zudem beherbergt das Bauwerk die Stadtbibliothek, ein Kino sowie eine Gastronomie. Das Gebäude ist charakterisiert durch eine baujahrtypische transparente Architektur mit Pfosten-Riegel-Konstruktion in Stahlbauweise mit sehr großen Glasflächen speziell im Eingangs- und Veranstaltungsbereich und 4 Wohnungen.

Die Stadt Germering möchte die Liegenschaft langfristig und nachhaltig weiterentwickeln und hinsichtlich des Energieverbrauchs optimieren. Es wurden bereits Untersuchungen und Überlegungen angestellt, wie der Energieverbrauch der Stadthalle reduziert werden kann. Zu nennen sind hierbei insbesondere die Untersuchungen zweier Ingenieurbüros. Im Zuge jüngster Überlegungen war z.B. beabsichtigt, die beiden bestehenden Gas-Heizkessel durch modernere, effizientere Geräte zu ersetzen. TÜV SÜD wurde in die Entscheidungsfindung einbezogen und riet von einer isolierten Maßnahme ab, zumal die Bestandsanlagen in einem sehr guten Zustand sind, regelmäßig gewartet wurden und insofern noch eine Restlebensdauer von 5-10 Jahren aufweisen. Aufgrund dieser Überlegungen kam der Gedanke auf, die gesamte Liegenschaft zunächst insgesamt und mit einem mittel- bis langfristigen Ansatz zu analysieren. Damit sollte eine Grundlage geschaffen werden, auf der energetische Optimierungsmaßnahmen im Kontext betrachtet werden können.

2. Aufgabenstellung und Betrachtungsumfang

Mit Bestellung vom 26.11.2012 wurde die TÜV SÜD Industrie Service GmbH (im Folgenden mit TÜV SÜD bezeichnet) beauftragt, die Stadthalle Germering (im Folgenden mit Stadthalle bezeichnet) der Stadt Germering, energetisch zu analysieren. Grundlage war das TÜV SÜD Angebot vom 24.10.2012 über eine Energieeffizienz-Potenzialanalyse.

Die energetische Analyse der Stadthalle erfolgt ganzheitlich unter Berücksichtigung der bisher vorliegenden Erkenntnisse und Untersuchungen sowie aller relevanter Gewerke und Wechselwirkungen. Der Stadthalle wird mit Hilfe dieser Energieeffizienz-Potenzialanalyse ein Maßnahmenkatalog vorgeschlagen, der die wesentlichen energetischen Optimierungsmaßnahmen in den einzelnen Gewerken enthält.

Die Zielsetzung der Energieeffizienz-Potenzialanalyse enthält drei wesentliche Aspekte:

1. Betrachtung und Zusammenfassung der momentanen Ist-Situation
2. Energetische Bewertung der momentanen Ist-Situation
3. Erarbeitung und Ausformulierung von Optimierungsvorschlägen / Maßnahmenkatalog

Der laut o.g. Bestellung vereinbarte Betrachtungsumfang umfasst die

- § Heizungsanlage,
- § Trinkwarmwasserversorgung,
- § Raumluftechnik (Heizung/Kälte),
- § Stromverbraucher,
- § Regelungstechnik und
- § Gebäudehülle

der Stadthalle. Die Regelungstechnik wird in den jeweiligen Gewerken (RLT, Heizung) berücksichtigt und nicht als eigenes Kapitel aufgenommen.

In Tabelle 1 sind die einzelnen Bearbeitungsschritte zusammengefasst.

Tabelle 1: Betrachtungsumfang der vereinbarten Arbeitspakete WP 1 und WP 2

WP 1	Aufnahme und Bewertung des energetischen Ist-Zustands	
	Schritte:	- þ Sichtung und Bewertung der verfügbaren Unterlagen - þ Projektauftragsbesprechung - þ Vor-Ort-Begehungen
	Betrachtungsumfang:	- þ Heizungsanlage - þ Trinkwarmwasserversorgung - þ Raumluftechnik (Heizung/Klima) - þ Stromverbraucher - þ Regelungstechnik - þ Gebäudehülle
	Mitwirkung Stadthalle Germering:	- þ Bereitstellung von verfügbaren Informationen zu den o.g. Gewerken, z.B. - Bisher durchgeführte Untersuchungen und Analyseberichte - Wesentliche installierte Komponenten und Auslegungsdaten - Endenergieverbräuche (Erdgas, Strom) der Gebäude und techn. Anlagen mind. der letzten 3 Jahre als Jahressummenwerte (z.B. Energiekostenabrechnungen) - Falls vorhanden: Jahreslastgang des letzten Jahres - Typische Energieverbräuche sowie Betriebsweisen bzw. Betriebszeiten der Hauptverbraucher; Hauptnutzungen
	Output TÜV SÜD:	þ Bewertung des Ist-Zustands der Liegenschaft

WP 2	Energieeffizienz-Potenzialanalyse	
	Schritte:	↳ Identifizierung von Optimierungspotentialen auf Ebene der Einzelgewerke und Gewerke übergreifend, z.B. Einsatz fortschrittlicher Verfahren zum effizienten Einsatz von Energien (z.B. BHKW) ↳ Erstellung des Optimierungskonzepts in Form eines 10-jährigen Stufenplans zur Umsetzung der Maßnahmen ↳ Erstellung des Abschlussberichts
	Mitwirkung Stadthalle Germering:	↳ Zur Verfügung stellen der kompetenten Ansprechpartner für die jeweiligen Themen (Architekt, Ingenieurbüros, FM-Betriebspersonal, Fachfirmen)
	Output TÜV SÜD:	↳ Optimierungspotenziale für die jeweiligen Gewerke unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen und Wirtschaftlichkeit ↳ Modernisierungs-Stufenplan ↳ Abschlussbericht (deutsch)

Unter der Stadthalle werden alle Räumlichkeiten der Liegenschaft verstanden, die direkt dem Nutzer Stadthalle zugeordnet werden können. Diese beinhalten nicht das Restaurant, die Bibliothek, das Kino und den Kindergarten. Obwohl diese Bauteile und ihre spezifischen Anlagen (z.B. Lüftungsanlagen) im Umfang der vorliegenden Analyse bezüglich ihrer energetischen Ist-Situation nicht enthalten sind, wird deren Energiebedarf im Rahmen von Vorschlägen zur künftigen Energieversorgung und –optimierung der Liegenschaft insgesamt berücksichtigt, soweit dies aufgrund der vorliegenden Informationen möglich ist.

Im Rahmen des vorliegenden Abschlussberichts ist als Ergebnis die Identifikation von wirtschaftlichen Optimierungsmaßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz aufzuzeigen.

3. Methodik und Vorgehensweise

Die TÜV SÜD Energieeffizienz-Potenzialanalyse stellt eine ganzheitliche Betrachtung der einzelnen Gewerke in den Vordergrund. Es werden die aktuellen Verbräuche analysiert und ihren jeweiligen Verursachern zugeordnet.

Der TÜV SÜD EME Standard (EME: Energy and Media efficiency, Environmental sustainability) wird im vorliegenden Fall nur in Bezug auf die Energieeffizienz angewendet (s. unter Kapitel 2. Aufgabenstellung und Betrachtungsumfang). Der TÜV SÜD EME Standard gibt die im Folgenden dargestellte Methodik vor, aus der sich die systematische und ganzheitliche Vorgehensweise bei der Identifizierung von Energieeinspar- und Energieeffizienzpotenzialen ableitet.

3.1. Methodik

Grundsätzlich stellt die Energieeffizienz – Potenzialanalyse eine übersichtliche, objektive Darstellung der momentanen energetischen Situation der Liegenschaft dar. Darüber hinaus werden die einzelnen Gewerke auf ihre einzelnen energetischen Optimierungspotenziale hin analysiert. Die erarbeiteten Maßnahmen stehen jeweils in dem Kontext eines nachhaltigen, ökologischen sowie ökonomischen Energieeinsatzes. Dadurch sollen Ressourcen geschont und eine energieeffiziente Versorgung der Liegenschaft eine zentrale Rolle spielen. Ziel der Potenzialanalyse ist die Erstellung eines Maßnahmenkatalogs anhand dessen die zukünftigen Entscheidungen in Bezug auf die energetische Optimierung der Stadthalle unterstützt werden sollen.

3.2. Vorgehensweise

3.2.1. Aufnahme des Ist-Zustandes

Zunächst sind die Strom- und Gasverbräuche der Stadthalle in Vor-Ort-Begehungen und auf Datenbasis untersucht worden. Als Bezugsjahr wurde das Jahr 2012 gewählt. Dadurch konnten die einzelnen Verbräuche den unterschiedlichen Anlagen bzw. Nutzern zugeordnet werden. Die Energieverbräuche werden dabei – je nach Datenlage – anhand von dokumentierten oder bei den Begehungen erhobenen Anschlussleistungen, zugehörigen Betriebsstunden und – wo nicht vorhanden - eigenen Plausibilitätsbetrachtungen und Annahmen ermittelt. Durch diese Zuordnung wird eine detaillierte Untersuchung der Verbrauchsstruktur der jeweiligen Nutzer ermöglicht.

3.2.2. Potentialanalyse

Grundsätzlich erfolgt die Analyse immer in einer Top-Down Vorgehensweise, d.h. die wesentlichen Verbraucher werden zuerst analysiert. Im Allgemeinen kann davon ausgegangen werden, dass die Analyse von ca. 20 % der Verbraucher, welche 80 % des Energieverbrauches ausmachen (80:20-Ansatz bzw. Pareto-Prinzip), im ersten Schritt ausreichende Ergebnisse für die Energieoptimierung liefert.

Zusammenfassend werden bei der Bewertung der Energieeffizienz folgende grundlegende Punkte betrachtet:

- § Minimierung von Verlusten
- § Effiziente Erzeugung, Verteilung und Nutzung der erforderlichen Energien und Medien
- § Energie- und Medienverbrauch in den verschiedenen Betriebszuständen, Art der Energieübertragung und –bereitstellung
- § Mehrfachnutzung bzw. Maßnahmen zur Energie- und Medienrückgewinnung
- § Nutzung fortschrittlicher Verfahren und Methoden zum effizienten Energieeinsatz

	TÜV SÜD Energieeffizienz - Potenzialanalyse			
		Seite:	7 von 66	
		Rev.01	15.07.2013	

Neben der Komponentenebene (z.B. Energieeffizienz der verwendeten Antriebe) und der Systemebene (z.B. Energieeffizienz der Wärme- und Kälteversorgung) ist der zentrale Aspekt, ob der derzeitige Energieverbrauch der Liegenschaft dem erwarteten Verbrauch vergleichbarer Gebäude mit ähnlicher Nutzung entspricht (Auskunft hierüber gibt der vorliegende Energiepass, der im vorliegenden Fall auf Basis der Verbräuche von 2006-2008 erstellt wurde).

Neben der Optimierung einzelner Komponenten in den einzelnen Gewerken, werden im Folgenden Ansätze für die künftige Energieversorgung (i.W. Strom und Wärme) diskutiert. Vorab sei bemerkt, dass im Rahmen dieser Untersuchung keine detaillierte Betrachtung einzelner denkbarer Varianten erfolgt. Vielmehr soll eine Orientierung gegeben werden, in welche Richtungen unter Berücksichtigung möglicher Wechselwirkungen überlegt werden kann.

3.2.3. Erstellung eines Modernisierungs-Stufenplanes

Ausgehend von den Ergebnissen der Potentialanalyse wurde ein Modernisierungs-Stufenplan für die nächsten 10 Jahre erstellt, welcher als Basis für die weitere Budget-Planung der Stadthalle dienen soll.

4. Zusammenstellung der Ergebnisse

Ausgangspunkt der Energiebilanzierung der Stadthalle sind vereinbarungsgemäß die Verbrauchswerte für den Strombezug und den Erdgasbezug des Jahres 2012.

§	Stromverbrauch 2012:	rd. 580 MWh
§	Erdgasverbrauch 2012:	rd. 1.700 MWh
(bezogen auf den Brennwert = 11,20 kWh/m³ nach Angabe GVG)		

Zur Überwachung der Wärmeverbräuche unterschiedlicher Jahre mit abweichenden Außentemperaturen wurde in der Heizungstechnik der Begriff der „Gradtagzahl“ eingeführt. Diese ist das Produkt aus der Zahl der Heiztage und dem Unterschied zwischen der mittleren Raumtemperatur und der mittleren Außentemperatur. Je höher die Gradtagzahl, desto höher der Wärmeverbrauch. Die Gradtagzahl des Jahres 2012 betrug für die Messstation München-Flughafen rd. 3800 Kd (Heizgrenztemperatur 15 °C, Raumtemperatur 20 °C). Das langjährige Mittel der Gradtagzahl (19 Jahre bis 2012) beträgt bei identischen Randbedingungen rd. 3850 Kd.

Da die Gradtagzahl von 2012 nahezu identisch ist mit dem langjährigen Mittel, ist das gewählte Referenzjahr 2012 repräsentativ für den Wärmeverbrauch der Stadthalle (Voraussetzung: unveränderte Raumtemperaturen, weitgehend gleichbleibende Nutzungszeiten, u.a.). Folglich wurde keine Witterungsbereinigung durchgeführt.

4.1. Energiebilanzen

4.1.1. Energiebilanz Strom

Die Verbrauchswerte der einzelnen Verbraucher sind in Abbildung 1 dargestellt. Teilweise konnten Verbrauchswerte einzelnen Verbrauchern direkt zugeordnet werden, da Unterzähler installiert sind. Dies ist bei der Kompressionskältemaschine sowie bei dem Verbraucher „Weihnachtsmarkt“ der Fall. Die beiden Zähler werden monatlich bzw. jährlich ausgelesen. Der Verbraucher „Weihnachtsmarkt“ steht als Synonym für den Therese-Giehse-Platz (Stadthallenvorplatz). Der Stromzähler für den Stadthallenvorplatz wurde im Mai 2012 in Betrieb genommen, um die Veranstaltungen auf diesem Platz nach Verbrauch abrechnen zu können. Der wesentliche Stromverbrauch findet während des jährlichen stattfindenden Christkindlmarktes statt.

Der betrachtete Stromverbrauch bezieht sich ausschließlich auf die Nutzeinheit Stadthalle. Die Bibliothek und der Kindergarten werden nicht explizit betrachtet.

Die Verteilung der Elektroenergie auf die einzelnen Verbraucher ist in Abbildung 1 dargestellt.

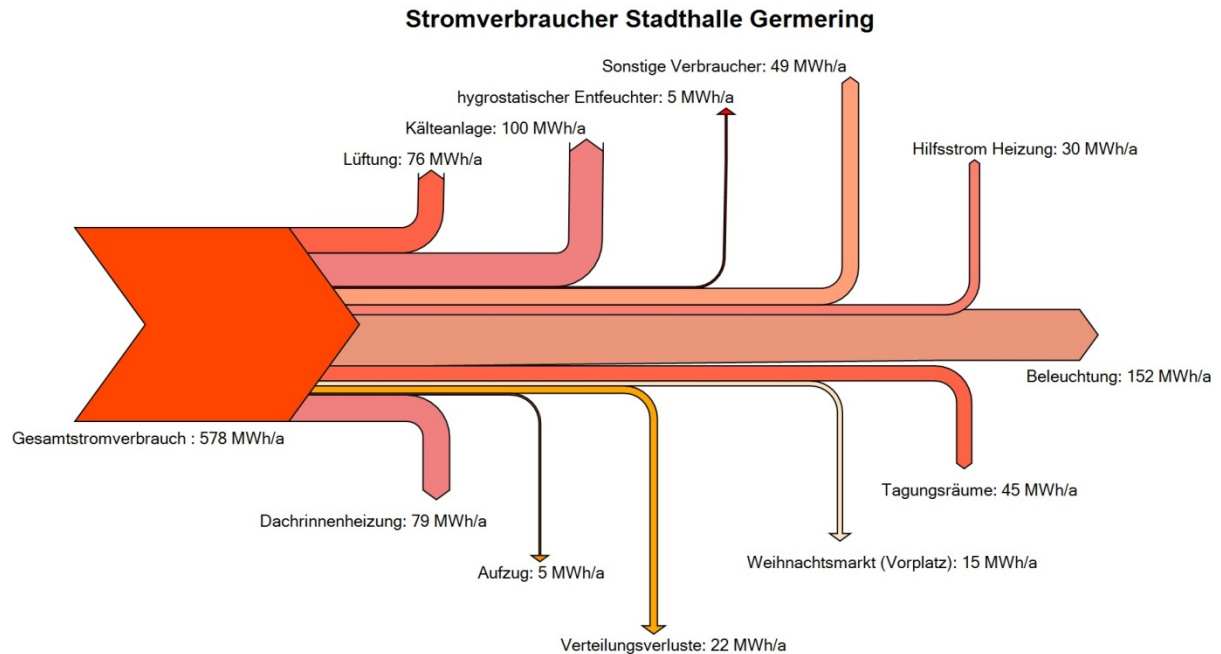


Abbildung 1: Energieflussdiagramm für Stromverbrauch

Die drei Stromverbraucher

- Beleuchtung
- Lüftungsanlagen und
- Kälteanlage

verursachen ca. 57 % des Gesamten Stromverbrauchs der Stadthalle.

Da sich die Kälteanlage im Laufe der Analyse als einer der Hauptverbraucher herausgestellt hat, wurde diese als eigenes Kapitel unter 5.3 aufgenommen.

Im Rahmen einer Studienarbeit wurden die Lüftungsanlagen der Stadthalle, und explizit des Orlandosaals einer genaueren Betrachtung unterzogen. Die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse sind in Kapitel 5.4 Raumluftechnik zusammengefasst.

Als weitere Stromverbraucher wurden die Dachrinnenheizung und ein hygrostatistischer Entfeuchter zur Raumlufthumidifizierung bei den Vor-Ort-Begehungen identifiziert.

Diese allgemeinen Stromverbraucher wie Beleuchtung, Dachrinnenheizung und hygrostatistischer Entfeuchter werden im Kapitel 5.5 Allgemeine Stromverbraucher behandelt.

Zuordnung der Stromverbräuche zu den RLT-Anlagen

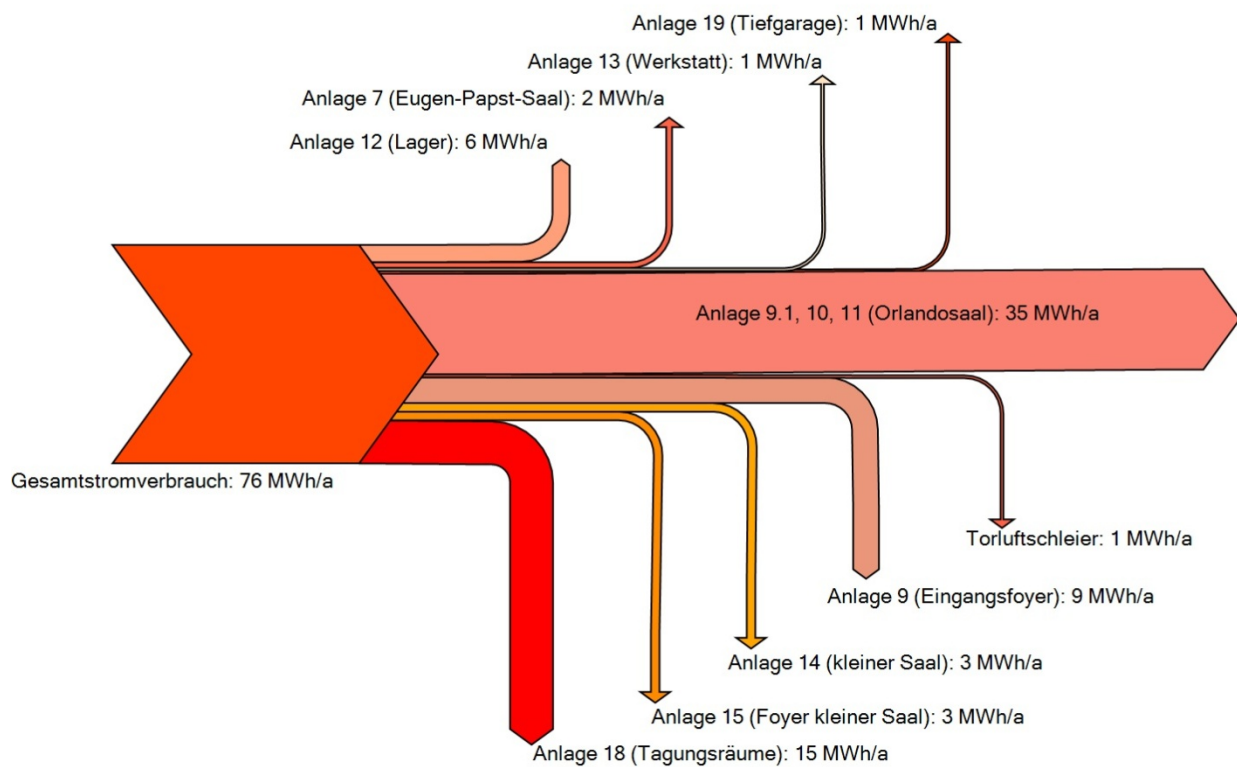


Abbildung 2: Aufteilung des Stromverbrauchs auf die einzelnen Lüftungsanlagen

Die Aufteilung des Stromverbrauches auf die einzelnen Lüftungsanlagen kann oben stehender Abbildung entnommen werden. Als Hauptverbraucher werden die Anlagen 9.1, 10 und 11 des Orlandosaales im Rahmen dieser Analyse genauer betrachtet.

Die Werte wurden anhand von dokumentierten / übermittelten Anschlussleistungen, Betriebsstunden und – wo nicht vorhanden – eigenen Plausibilitätsbetrachtungen und Annahmen ermittelt.

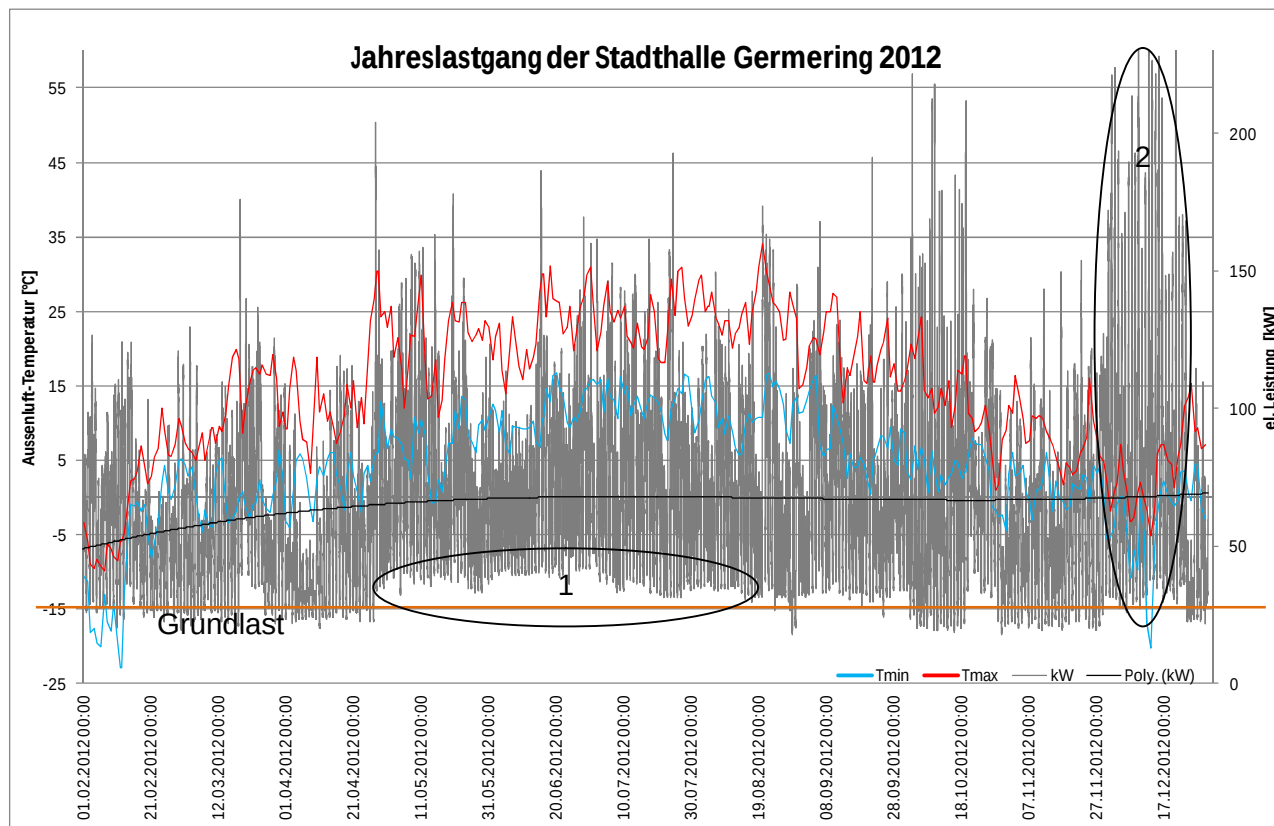


Abbildung 3: Jahreslastgang der elektr. Leistung 2012

Die Auswertung des Jahreslastganges in Abbildung 3 zeigt eine permanente Grundlast von ca. 25 kW. Diese steigt in den Sommermonaten (1) auf ca. 40 kW, was der Kälteanlage zuzuschreiben ist. Ein ebenso deutlicher Verbraucher ist der Weihnachtsmarkt (2) auf dem Therese-Giehse-Platz, auf welchen jedoch kein direkter Einfluss genommen werden kann.

Ein Großteil der Grundlast wird durch die Beleuchtung mit ca. 8-14 kW (Tag/Nacht) verursacht.

4.1.2. Energiebilanz Wärme / Erdgas

Nachstehend ist die Energiebilanz bezüglich Erdgas dargestellt. Die Werte wurden anhand von dokumentierten / übermittelten Anschlussleistungen, Betriebsstunden und – wo nicht vorhanden – eigenen Plausibilitätsbetrachtungen und Annahmen ermittelt. Zum Teil lagen auch Abschnittsmessungen vor.

Für die Wärmeabnahmemengen Raumheizung und Warmwasserbereitung der einzelnen Nutzer wurden jeweils die Jahresabrechnungswerte des Jahres 2012 verwendet. Auf Basis der o.g. Angaben ergibt sich folgendes Energieflussdiagramm, siehe Abbildung 4:

Gasverbraucher der gesamten Liegenschaft Stadthalle

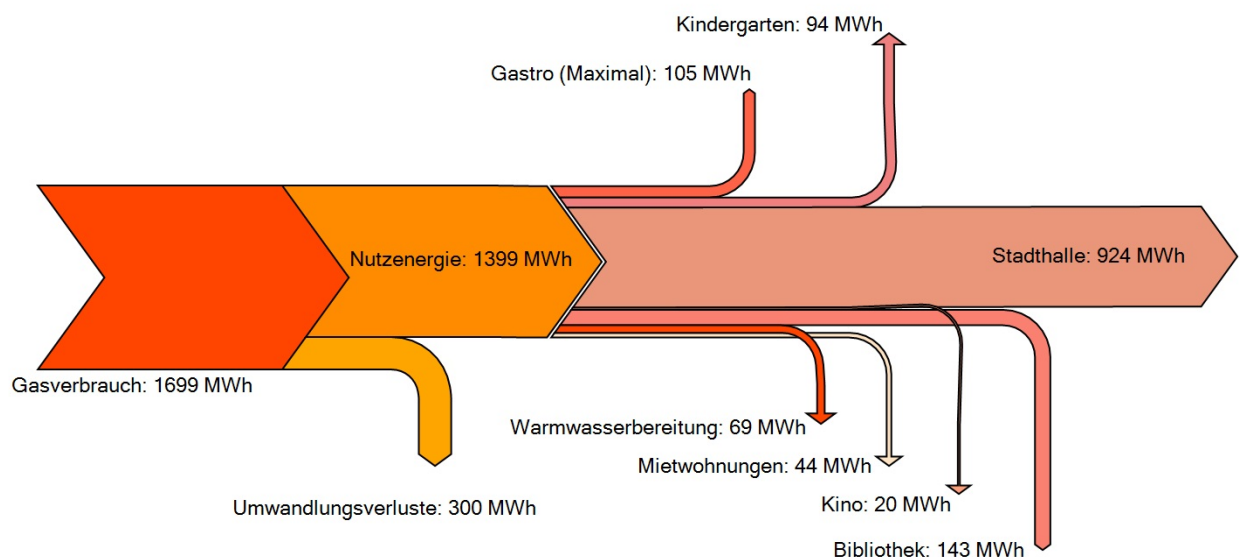


Abbildung 4: Energieflussdiagramm Wärme / Erdgas

Im Rahmen dieser Untersuchung werden die Wärmeversorgung der Stadthalle unter Kapitel 5.1 und die Warmwasserbereitung unter Kapitel 5.2 untersucht. Kino, Bibliothek, Kindergarten, Gastronomie und die Mietwohnungen werden nicht untersucht. Allerdings fließen diese indirekt in die Heizungs Betrachtung der Wärmeerzeugung mit ein.

4.2. Einsparpotenziale

Es wurden Einsparpotenziale für Strom und Erdgas ermittelt. Die Genauigkeit der vorgenommenen Berechnungen und Abschätzungen liegt bei ca. +/- 25 %.

4.2.1. Bewertung der Optimierungspotenziale

Im Folgenden werden für die beschriebenen Potenziale die Amortisationszeiten grob abgeschätzt. Weiter wird für die Umsetzbarkeit eine Einschätzung abgegeben.

4.2.1.1. Amortisation

Die Amortisation wird in 3 Stufen angegeben.

Stufe 1

- § Die Amortisationszeit ist kleiner als 5 Jahre

Stufe 2

- § Die Amortisationszeit ist kleiner als 10 Jahre

Stufe 3

- § Die Amortisationszeit ist größer als 10 Jahre

Die Amortisationszeit wurde auf Basis folgender aus den Jahresabrechnungen 2012 ermittelten Energiekosten abgeschätzt:

Strom: 14 ct/kWh (netto, inkl. in 2012 anteiligen Leistungspreis, Stromsteuer, Netznutzung etc.)

Erdgas: 3,9 ct/kWh (netto, inkl. in 2012 anteiligen Leistungspreis, Energiesteuer etc.)

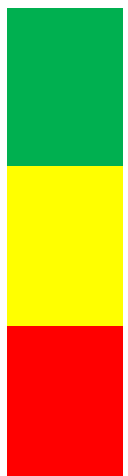
4.2.1.2. Umsetzbarkeit

Die Umsetzbarkeit wird in 3 Gruppen unterteilt.

- § Sofort und ohne nennenswerte konstruktive Maßnahmen und / oder Investitionen umsetzbar.
- § Organisatorische Maßnahmen sind ggf. erforderlich.

- § Konstruktive Maßnahmen und / oder Investitionen sind erforderlich.
- § Organisatorische Maßnahmen sind ggf. erforderlich.

- § Erhebliche konstruktive Maßnahmen und erhebliche Investitionen sind erforderlich.
- § Organisatorische Maßnahmen sind erforderlich.



4.2.2. Einsparpotenziale Strom

Tabelle 2: Zusammenfassung Einsparpotenziale Strom

Gewerk	Maßnahme	Einspar- potenzial [MWh/a]	Amortisationszeit [Jahre]			Um- setz- barkeit
			< 5	< 10	> 10	
Lüftung	Einbau druckverlustarmer Komponenten, Reduzierung des Strömungswiderstandes	1			x	
	Anpassung Volumenstrom an Sollluftmenge	5	x			
	Änderung der Antriebsart von Keilriemen auf Flachriemen	1	x			
	Direkter Ventilatorantrieb ohne Keilriemen	(4)			x	
	Reduzierung und Anpassung der Abschalttemperatur bzw. Laufzeit der KVS Pumpe	0,5	x			
Kälte	Stilllegung Verdichter Kältemaschine	1,9	x			
	Automatisierung des Sonnenschutzes	20	x			
	Anhebung Kaltwasser-Vorlauftemperatur	10	x			
	Einsatz geregelter Verdichter	5	x			
	Neukonzeption Kälteanlage	20			x	
	Adiabate Kühlung mit Kälterückgewinnung	9		x		
	Optimierung Speicherbeladung	n.n.	x			
	Optimierung Kälteübergabe (Kühlsegel)	n.n.			x	
Elektro- technik, MSR	Anpassung des Volumenstroms an Nutzung Orlandosaal durch Integration einer CO ₂ -Steuerung	7	x			
	Reduzierung der Laufzeiten der RLT Anlagen	6	x			
Heizung / TWW	Pumpentausch Heizung	5	x			

Gewerk	Maßnahme	Einspar- potenzial [MWh/a]	Amortisationszeit [Jahre]			Um- setz- barkeit
			< 5	< 10	> 10	
	Nahwärmenutzung	n.n.				
	Einbindung BHKW (+Absorptionskälte)	n.n.				
	Reduktion Betriebszeiten Zirkulati- onspumpen	0,4	x			
Dachrinnen- heizung	Optimierung der Einschaltzeiten	43 _{el}	x			
Hygrostati- scher Ent- feuchter	Stilllegung	5 _{el}		x		
Beleuchtung	Umrüstung auf LED in der Tiefgara- ge	17 _{el}	x			
	Reduktion der Beleuchtung / Umrüs- tung der Glasfuge	12 _{el}	x			
	Umrüstung der Flurbeleuchtung auf LED	1 _{el}			x	
Potenzial	Summe elektrisch	169,8	133,8	14	22	

4.2.3. Einsparpotenziale Wärme / Erdgas

Tabelle 3: Zusammenfassung Einsparpotentiale Wärme / Erdgas

Gewerk	Maßnahme	Einspar- potenzial [MWh/a]	Amortisationszeit [Jahre]			Um- setz- barkeit
			< 5	< 10	>10	
Lüftung	Anpassung des Volumenstroms an Nutzung Orlandosaal durch Integration einer CO ₂ -Steuerung	40	x			
	Erhöhung des Umluftanteils Orlandosaal durch Integration einer CO ₂ -Steuerung	(40)	x			
	Reduzierung der Laufzeiten der RLT-Anlagen	0,5	x			
	Anpassung Volumenströme an Soll-luftmenge	1	x			
	Einbau eines hocheffizienten WRG-Systems Orlandosaal	(30)		x		
Heizung / TWW	Optimierung Vorlauftemperatur	1		x		
	Thermostatventile Behördenausführung	15	x			
	Steuerung Rippenrohre Fassade	45		x		
	Reduzierung Raumtemperatur	20	x			
	Verschluss Aufzugsschachtentrauchung A1 + A2	25		x		
	Nahwärmenutzung	n.n.				
	Einbindung BHKW (+Absorptionskälte)	n.n.				
	Umstellung auf dezentrale Warmwasserbereitung	5			x	
Gebäudehülle	Verminderung der Wärmeverluste	n.n.			x	
Potenzial	Summe thermisch	152,5	76,5	71	5	

4.3. Modernisierungsstufenplan

Zur Umsetzung der Modernisierungsmaßnahmen wird folgender Stufenplan empfohlen:

Jahr	Energieeffizienz-Maßnahmen	Aufwand [€]
2013/2014	§ Automatisierung des Sonnenschutzes § Optimierung der Beleuchtungsanlage § Installation Kältemengenzähler an der Kältemaschine § Anpassung der Volumenströme an die Solluftmengen § Nachrüstung CO ₂ -Steuerung Orlandosaal § Anpassung / Änderung DDC § Austausch Heizkörperthermostate durch Behördenmodelle oder durch elektronische Heizkörperregler	60.000
2014	§ Kontinuierlicher Austausch veralteter Pumpentechnik § Optimierung Kältemaschine und Kälteversorgung § Verschluss Aufzugsschachtentrauchung A1 + A2	40.000
2015	§ Entscheidung der Stadtwerke Germering bzgl. Nutzung Geothermie	
2016/2017	§ Untersuchung wirtschaftlicher und energetischer Aspekte der zukünftigen Wärme-/Kälteversorgung sowie der Warmwasserbereitung	50.000
ab 2020	§ Partielle Erneuerung von RLT-Anlagen / Ertüchtigung Wärmerückgewinnung	100.000
2021	§ Erneuerung/Anpassung der Warmwasserbereitung Dezentralisierung, partielle Änderung Energieträger § Anpassung/Änderung DDC	100.000
2022	§ Erneuerung der Wärmeversorgung (Wärmeerzeuger und der Installationen in der Heizzentrale) § Anpassung/Änderung DDC § Durchführung von Maßnahmen zum hydraulischen Abgleich	400.000
2023	§ Erneuerung der Kälteversorgung (Kälteerzeugung und Installationen in der Kältezentrale) § Anpassung/Änderung DDC	250.000
2024	§ Nachrüstung einer stillen Kühlung (z.B. Orlandosaal)	200.000

Bei den angegebenen Kosten handelt es sich um sehr grobe Schätzungen (netto ohne Preissteigerungen), da die Entscheidung über die zukünftige Wärme-/Kälteversorgung noch nicht gefallen bzw. noch nicht möglich ist.

	TÜV SÜD Energieeffizienz - Potenzialanalyse			
		Seite:	18 von 66	
		Rev.01	15.07.2013	

Jahr	Ökologische Maßnahmen	Aufwand [€]
2013	§ Ökologischer Aspekt außerhalb der Energieeffizienz-Potenzialanalyse: Installation PV-Anlage (Auf Basis Angebot Dachdeckerei Knodel vom 18.4.2013). Dadurch wird spätere Nutzung Solarthermie weitgehend ausgeschlossen. Falls die Option eines späteren Einbaus eines BHKW aufrechterhalten werden soll, sollte die PV-Anlage für Direkteinspeisung konzipiert werden. Es wird empfohlen, die PV-Anlage vor Ausführung einer detaillierten Planung und Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Berücksichtigung sämtlicher Kosten (Elektroinstallation, event. Speichermodule) zu unterziehen. In den detaillierten Untersuchungen sollten auch die Auswirkungen der PV-Anlage auf die Optionen der zukünftigen Energieversorgung der Stadthalle (insbes. Wärmeversorgung) einbezogen werden.	140.000 plus zus. Kosten für Elektroin- stallation etc.

5. Einzelergebnisse aus den Gewerken

5.1. Heizungsanlage

5.1.1. Beschreibung der Anlagen und Systeme

Die zentrale Wärmeerzeugung erfolgt durch zwei gasbefeuerte Niedertemperatur-Heizkessel und einem Pufferspeicher mit 7.000 ltr. Inhalt. Der Pufferspeicher ist vermutlich seit 2010 stillgelegt. Die Anlagen sind in der Heizzentrale im Untergeschoss installiert. Die Heizungsanlage dient der Warmwasserbereitung und versorgt sowohl die statischen Heizflächen als auch die Heizregister der Lüftungsanlagen. Die Anlagendaten können Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4: Anlagendaten Heizkessel

Kesselanlage		Kessel 1	Kessel 2
Fabrikat		Viessmann	Viessmann
Typ		Paromat-Triplex	Paromat-Triplex
Herstell-Nummer		730649200179	7306492001758
Baujahr		1991	1991
Leistung	kW	780-895	780-895
Kesselwasserinhalt	ltr.	1250	1250
zul. Vorlauftemperatur	°C	120	120
Nennleistungsaufnahme	W (220 V/ 50 Hz)	max. 1000	max. 1000
VL / RL	°C	65/45	~70
Brenner			
Fabrikat		Weishaupt	Weishaupt
Typ		G5/1-D	G5/1-D
Fabrik-Nr.		3594819	3594818
Baujahr		1991	1991
Leistung		175-940	175-940

Ausgehend von der Heizzentrale wird das Heizungswasser in die Unterstationen der Versorgungsbereiche A, B, C, D, Bibliothek und Kindergarten geführt (siehe Tabelle 5 und Abbildung 5). In jeder Unterstation sind ein Heizungsverteiler sowie ein Speicher-Warmwasserbereiter angeordnet. Die Wärmeverbräuche werden in den Unterstationen mit Wärmemengenzählern erfasst.

Tabelle 5: Versorgungsbereiche Heizung*

Bezeichnung	Versorgte Bereiche	Warmwasserbereitung	Heizregister RLT	statische Heizflächen
A	Saal, Foyer, Proben, Verwaltung, Fußbodenheizung (FBH), RLT-Anlagen	500 ltr.	580	163 kW 15,6 kW (FBH)
B	Kino, Jugendbistro, kleiner Saal, RLT-Anlagen	200 ltr.	158 kW	63 kW
C	Stat. Heizung Wohnungen + Tagung, RLT-Anlagen,	160 ltr.	74 kW	34 kW
D	stat. Heizung Gastronomie, RLT-Anlagen Gastronomie	500 ltr.	186 kW	38 kW
Bibliothek	Stat. Heizung Wohnungen + Bibliothek, RLT Bibliothek, Warmwasserbereitung Wohnungen und Bibliothek	300 ltr. (Wohnungen) 160 ltr. (Bibliothek)	78,6 kW	143 kW
Kinder-garten	Stat. Heizung, Warmwasserbereitung		-	max. ca. 15 kW
Summe			1.076,6 kW	471,6 kW
			1.548,2 kW	

* Ermittelt aus Vor-Ort-Begehungen und Anlagenschemata

Da die Warmwasserbereitung dezentral in den Unterzentralen der jeweiligen Versorgungsbereiche erfolgt, kann die Vorlauftemperatur der Hauptleitung nicht entsprechend der Außentemperatur abgesenkt werden. Die Hauptleitung bzw. das Heizungssystem muss immer (auch im Sommer) mit einer Vorlauftemperatur von ca. 65 °C betrieben werden.

Aktuell wird die Anlage mit einer höheren Vorlauftemperatur (ca. 70 °C) betrieben, da Beschwerden von Mitarbeitern der Verwaltung bezüglich zu geringer Raumtemperaturen vorlagen.

In den Windfängen des Haupteingangs und der Tiefgarage sowie am Eingang der Verwaltung sind Luftschleieranlagen installiert. Die Anlagen werden über Raumtemperaturfühler gesteuert. Aktuell ist der Sollwert auf +20 °C eingestellt.

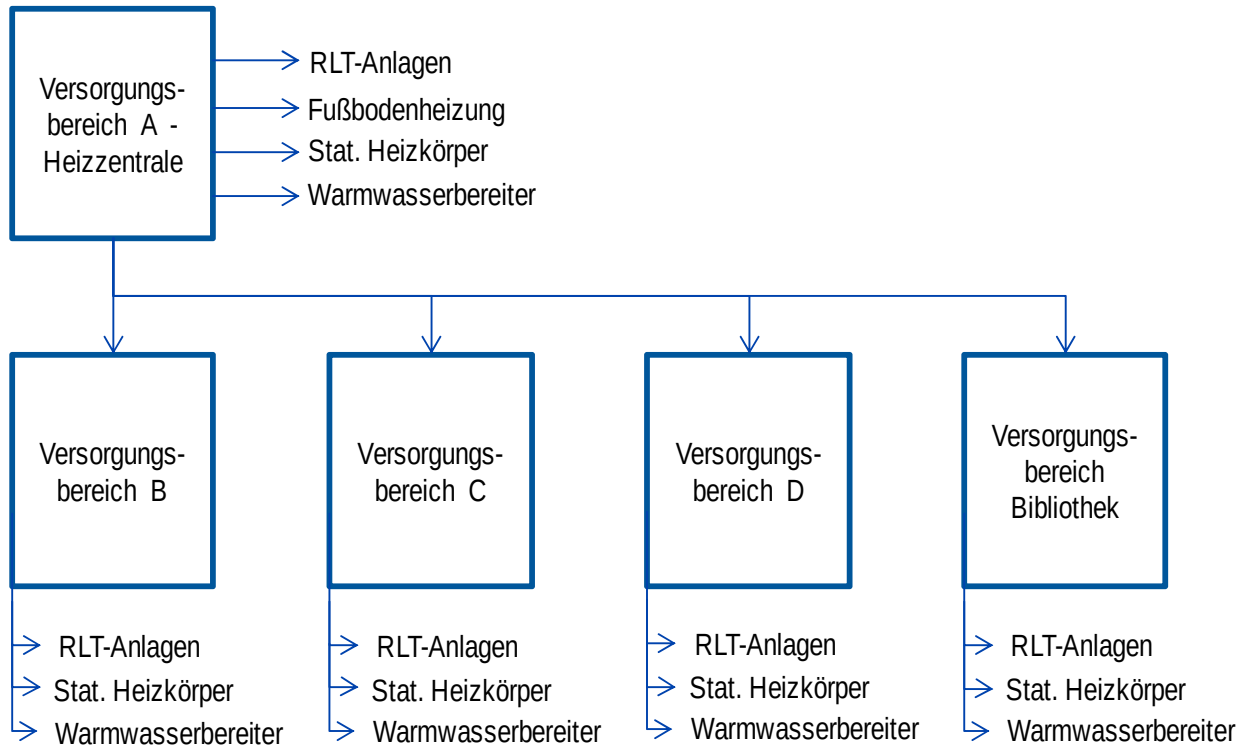


Abbildung 5: Prinzip-Schema der Unterverteilung zu den Versorgungsbereichen

Jeder Versorgungsbereich verfügt über seine eigene Unterverteilung zu den RLT-Anlagen, statischen Heizflächen sowie zur Warmwasserbereitung.

5.1.2. Energetische Ist-Situation

Im Jahr 2012 wurden 1.699 MWh (bez. auf Brennwert Erdgas 11,2 kWh/m³) an Heizenergie verbraucht. Die Aufteilung der Energieverbräuche ist Abbildung 4 zu entnehmen.

Bei den beiden Heizkesseln handelt es sich um Niedertemperaturkessel Baujahr 1991 (siehe Tabelle 4) mit einer Nennwärmeleistung von je 780 bis 895 kW. Die mittlere Jahres-Heizleistung betrug 2012 ca. 280 kW (1.699 MWh / 260 Heiztage bei 15°C Grenztemperatur). Das höchste Monatsmittel trat 2012 im Februar mit einer mittleren Heizleistung von ca. 430 kW auf.

Die maximale Heizlast (Außentemperatur -16 °C) bei Vollbenutzung der Stadthalle und Betrieb sämtlicher Lüftungsanlagen beträgt gemäß den Bestandsplänen Heizung rd. 1.550 kW.

Die nach VDI 2067 anzusetzende rechnerische Nutzungsdauer der Heizkessel (20 Jahre) ist zwar inzwischen abgelaufen. Da es bei der Betrachtung nach VDI 2067 um eine rechnerische Nutzungsdauer hinsichtlich Abschreibung handelt, und der Zustand der Heizkessel als gut zu bewerten ist, wird ein sofortiger Austausch der Kesselanlage nicht empfohlen. Es ist davon auszugehen, dass die Kessel noch für weitere 5 bis 10 Jahre betrieben werden können. Mittelfristig ist daher von einer notwendigen Erneuerung der Wärmeversorgung auszugehen.

Auf Basis der Heizkostenabrechnung von 2012 ergibt sich in Bezug auf den Brennwert ein sehr guter Jahresnutzungsgrad der Kesselanlage von rd. 82 %. D.h. von der eingesetzten Energie des Erdgases (Brennwert) gehen rd. 18 % als Verluste verloren (Umwandlungs-, Abgas-, Betriebsbereitschafts- und Verteilungsverluste). Wird der Jahresnutzungsgrad auf den Heizwert bezogen beträgt dieser rd. 92 %.

Im gesamten Heizungssystem sind überwiegend noch die zum Errichtungszeitpunkt eingebauten Heizungspumpen vorhanden. Mit Ausnahme von einigen wenigen Pumpen (z.B. Hauptversorgungspumpen in der Heizzentrale) werden diese unabhängig von der tatsächlichen Leistungsanforderung mit konstanter Drehzahl betrieben. Über die Versorgungsbereiche der Stadthalle (ohne Bibliothek, ohne Kindergarten) ist eine Gesamt-Pumpenleistung von rd. 11 kW installiert. Der Energieverbrauch der Pumpen beträgt rd. 21 MWh/a. Die nachstehende Tabelle gibt eine überschlägige Energieverbrauchsabschätzung aufgrund der abgeschätzten Betriebsstunden und installierten Anschlussleistungen wieder.

Tabelle 6: Auflistung Heizungspumpen*

Versorgungsbereich	Wärmeverbraucher	Pumpentyp	Leistungsaufnahme [Watt]	Betriebsstunden [h/a]	Energieverbrauch [kWh/a]
A	Vorlauf RLT (Saal Foyer)	Wilo P80/125R	710	3350	2.379
A	Stat. Heizung	Wilo Top-S50/4	330	5760	1.901
A	FB-Heizung	k.A.	118	5760	680
A	Warmwasserbereiter	Wilo Star RS 30/6	93	500	47
A	Rücklaufanhebung Kessel 2	Wilo S 64/125 R	300	2000	600
A	Rücklaufanhebung Kessel 1	Wilo S 64/125 R	300	2000	600
A	Kesselkreispumpe 2	Wilo P 80/125 R	480	0	0
A	Kesselkreispumpe 1	Wilo P 80/125 R	480	0	0
A	Netzpumpe 1	Wilo Ipn 65/160-0,75/4-K4b	750	8760	4.599
A	Netzpumpe 2	Wilo Ipn 65/160-0,75/4-K4b	750	2600	1.365
A	WW-Zirkulationspumpen	Wilo Z 30	111	8760	972
A	WW-Zirkulationspumpen	Wilo Z 30	111	0	0
A	Bypass Chorprobe 7	Wilo Top-S25/7	195	375	73
A	Bypass Foyer 9	Wilo S 40/80R	121	1020	123
A	Bypass Saalfoyer 9.1	Wilo RS 30/80R	139	956	133
A	Bypass Saal 10	Wilo S 50/60R	385	2649	1.020
A	WRG Saal 10	Wilo S 50/100R	560	3532	1.978
A	Bypass Bühne 11	Wilo Top-S30/7	130	574	75
A	WRG Bühne 11	Wilo Top-S30/10	395	765	302
A	Bypass Lager 12	Wilo Top-S25/7	175	2100	368
A	Bypass Werkst. 13	Wilo RS 25/60R	55	525	29

Versorgungs- bereich	Wärmeverbraucher	Pumpentyp	Leistungs- aufnahme [Watt]	Betriebs- stunden [h/a]	Energie- verbrauch [kWh/a]
B	Vorlauf RLT (Jugendbistro, kl. Saal)	Wilo S 50/80R	395	694	274
B	Warmwasserbereiter	Wilo RS 25/70R	99	500	50
B	Stat. Heizung (Saal, Kino, JuBistro)	Wilo Top-S30/7	200	5760	1.152
B	WW-Zirkulationspumpe	Wilo Top Z 30 RG	90	8760	788
B	WW-Zirkulationspumpe	Wilo Top Z 30 RG	90	0	0
B	Bypass kl. Saal 14	Wilo Star RS 25/4	48	480	23
B	Bypass Foyer kl. Saal 15	Wilo RS 25/60R	72	480	35
B	Bypass Foyer kl. Saal 15, Nacherh.	Wilo RS 30/100R	620	480	298
B	Bypass Kino 15.1	Wilo RS 25/60R	55	788	43
B	Bypass Ju-Bistro 16	Wilo RS 30/60R	85	214	18
C	Vorlauf RLT (Tagung, etc)	Wilo RS 30/ 80R	107	800	86
C	Stat. Hzg. Wohnungen	Wilo RS 25/70R	115	5760	662
C	Warmwasserbereiter	Wilo RS 25/70R	104	500	52
C	Stat. Heizung Tagung	Grundfoss UPS 25-60	100	5760	576
C	WW-Zirku Hausmeister	Wilo Z 20	25	8760	219
C	WW-Zirku Hausmeister	Wilo Z 20	25	0	0
C	Bypass Tagung 18	Wilo RS 30/80R	107	800	86
D	Stat. Hzg. Gastro	Wilo Top-E30/1-7	30	5760	576
D	RLT Vorlauf Gastro	Grundfoss UPS 40-120F	330	2888	953
D	Warmwasserbereiter	Grundfoss UPS 32-60 180	60	800	48
D	WW-Zirkulationspumpe	Wilo top Z-30	108	8760	946
D	WW-Zirkulationspumpe	Wilo top Z-30/7RG	90	0	0
D	Bypass Bierkeller 1	Wilo RS 25/60R	85	0	0
D	Bypass Lager 2	Wilo RS 25/60R	85	2888	245
D	WRG Lager 2	Wilo RS 25/80R	112	3850	431
D	Bypass Restaurant 4	Wilo RS 25/60R	72	2100	151
D	Bypass Küche 5	Wilo Top-S40/4	130	1050	137
	Summe		10.600 W		21.021 kWh/a

* von TÜV SÜD ermittelt aus Vor-Ort-Begehungen und Anlagenschemata

Die Beheizung der Windfänge mit Luftschleieranlagen ist verhältnismäßig energieaufwendig, da zusätzlich zur Heizenergie elektrische Energie zum Antrieb der Ventilatoren erforderlich ist. Energetisch sinnvoll sind diese Anlagen (und nur dann), wenn bei starker Frequentierung der Windfänge (z.B. bei Veranstaltungen) der Kaltlufteinfall durch die geöffneten Türen reduziert werden soll. Wenn die Türen nur gelegentlich geöffnet werden, müssten die Luftschleieranlagen nicht

	TÜV SÜD Energieeffizienz - Potenzialanalyse			
		Seite:	24 von 66	
		Rev.01	15.07.2013	

zwingend betrieben werden, da der Wärmeverlust energetisch günstiger über die statischen Heizflächen im Gebäude ausgeglichen werden kann.

Maßnahmen bzw. Einrichtungen zum hydraulischen Abgleich der Warmwasser-Massenströme waren vor Ort nicht erkennbar. Die eventuell erzielbare Energieeinsparung (insbesondere in Form von elektrischer Energie für den Antrieb der Pumpen) setzt eine detaillierte Betrachtung des hydraulischen Systems (u.a. Messung der Massenströme der einzelnen Heizungsstränge) voraus. Der möglichen Energieeinsparung stehen nennenswerte Investitionskosten durch den Einbau von Regulier-/Drosselventilen gegenüber. Es ist von Amortisationszeiten > 10 Jahre auszugehen.

5.1.3. Optimierung der Energieeffizienz und Einsparpotenziale

Die Heizungsanlage kann auf langfristige Sicht hinsichtlich folgender Punkte optimiert werden.

5.1.3.1. Optimierung Vorlauftemperatur - Überprüfung der Leistung der Heizkörper in der Verwaltung

Nach Aussage des Betriebspersonals wird die Heizungsanlage mit einer höheren Vorlauftemperatur betrieben als geplant, da von Mitarbeitern der Verwaltung zu geringe Raumtemperaturen bemängelt werden. Die höhere Vorlauftemperatur hat entsprechend höhere Wärmeverluste der Rohrleitungen zur Folge. Davon ist in erster Linie die Hauptleitung von der Heizzentrale zu den Unterstationen betroffen. Bei einer Reduzierung der Vorlauftemperatur von 70 °C auf den Planwert von 65 °C ist von einem Einsparpotential an Wärmeenergie von rd. 1 MWh/a (ca. 40.- €/a) auszugehen.

5.1.3.2. Einsatz von Thermostatventilen in Behördenausführung an Heizkörpern in öffentlich zugänglichen Bereichen

Nach Aussage des Betriebspersonals wurde festgestellt, dass in öffentlich zugänglichen Bereichen die Heizkörperventile von Besuchern/Nutzern auf höchste Stufe aufgedreht und die Räume teilweise „überheizt“ (zu hohe Raumtemperatur) wurden. In einigen Bereichen konnten bereits Heizkörperthermostate in Behördenausführung (begrenz- und blockierbar) nachgerüstet werden. Es sollten in allen öffentlich zugänglichen Bereichen die vorhandenen Heizkörperthermostate durch Thermostate in Behördenausführung ersetzt werden.

Alternativ wäre, zumindest in Räumlichkeiten mit regelmäßig zu gleichen Tageszeiten stattfindenden Veranstaltungen, der Einsatz von programmierbaren elektronischen Heizkörperreglern (z.B. mit Batteriebetrieb) zu empfehlen. Durch entsprechende Programmierung könnte die Raumtemperatur außerhalb der Nutzungszeiten abgesenkt und Heizenergie eingespart werden.

Unter der Annahme, dass durch den Einsatz von Behördenmodellen bzw. elektronischen Reglern die Raumtemperatur im Mittel um 1 °C abgesenkt werden kann, ergibt sich eine Einsparung an Heizenergie in Höhe von rd. 15 MWh/a (ca. 580.- €/a).

	TÜV SÜD Energieeffizienz - Potenzialanalyse			
		Seite:	25 von 66	
		Rev.01	15.07.2013	

5.1.3.3. Taupunktabhängige Steuerung der Rippenrohrheizkörper an den Glasfassaden

Zur Verhinderung einer Taupunktunterschreitung an den Glasfassaden wurden Rippenrohrheizkörper installiert. Deren Wärmeverbrauch kann nicht beeinflusst werden, da sie ohne Reguliereinrichtungen an das Heizungssystem angebunden sind. Die Beheizung der Fassade ist daher immer in Betrieb solange die Heizungspumpe eingeschaltet ist. Durch den Einbau von entsprechenden Regelventilen in die Anschlussleitungen der Rippenrohrheizkörper in Verbindung mit z.B. einer Taupunktregelung, könnte sichergestellt werden, dass die Rippenrohrheizkörper nur betrieben werden, wenn die Gefahr einer Taupunktunterschreitung an der Glasfassade besteht.

Die Einsparung an Wärmeenergie beträgt bis zu 45 MWh/a (ca. 1.750 €/a).

5.1.3.4. Austausch der vorhandenen Pumpentechnik

Viele der derzeit eingesetzten Heizungspumpen verfügen über keine Dämmung und keine Drehzahlregelung. Im Falle eines nötigen Austausches sollte darauf geachtet werden, dass nur noch drehzahlgeregelte Pumpen (bei Heizkreisen mit veränderlichen Volumenströmen) bzw. energieeffiziente Pumpen eingesetzt werden.

Ein sofortiger Austausch sämtlicher Pumpen gegen energetisch effektivere wird nicht empfohlen, da sich nicht durchgängig Amortisationszeiten von < 10 a darstellen lassen.

Bei den Heizkreispumpen der statischen Heizung können durch den Einsatz von drehzahlgeregelten Pumpen nennenswerte Einsparungen an Elektroenergie in der Größenordnung von ca. 3 bis 5 MWh/a (ca. 100.- bis 175.- €/a) erzielt werden (Amortisationszeit < 5 a).

Alle anderen Pumpen sollten nur bei einem notwendigen Wechsel durch energetisch effektivere ersetzt werden.

5.1.3.5. Reduzierung der Raumtemperatur in den Räumlichkeiten

Die Räume in der Stadthalle Germering werden bei Nichtbelegung auf ca. + 18°C temperiert. Durch eine Absenkung der Raumtemperatur auf z.B. + 16°C (nur statische Heizkreise, ohne Wohnungen) können bis zu 20 MWh/a an Heizenergie eingespart werden (bis zu 800.- €/a).

5.1.3.6. Verschluss der Permanent-Öffnung der Aufzugsschacht-Entrauchung

Die Schächte der Aufzüge A1 und A2 sind mit der baurechtlich geforderten Öffnung zur Rauchableitung versehen. Die Kaminwirkung des Aufzugsschachtes führt im Winter zu Wärmeverlusten, da erwärmte Raumluft des Gebäudes ungenützt über die Öffnung ins Freie gelangt. Die über die Gebäudeundichtigkeiten nachströmende Außenluft muss über die Heizungsanlage zusätzlich erwärmt werden. Bei einer Außentemperatur im Jahresmittel von rd. 10 °C und einer Raumtemperatur von 20 °C ist mit Wärmeverlusten von rd. 25 MWh/a (ca. 870 €/a) zu rechnen. Durch den Einbau einer Schachtentrauchung mit Ansteuerung der geschlossenen Öffnung über eine Rauchauflöseeinrichtung können die Wärmeverluste vermieden werden.

5.1.3.7. Anbindung an Geothermie (Nahwärme)

Gemäß telefonischer Auskunft von Hr. Schmid /Stadtwerke Germering kann aktuell noch keine Entscheidung bezüglich der zukünftigen Nutzung von Geothermie getroffen werden. Die Finanzierung konnte noch nicht abschließend geklärt werden. Ein Entschluss müsste allerdings innerhalb der nächsten zwei Jahre getroffen werden, da andernfalls die bergbaurechtliche Genehmigung erlischt. Sollte innerhalb dieses Zeitrahmens keine Entscheidung möglich sein, ist nach Aussage von Hr. Schmid davon auszugehen, dass das Projekt für längere Zeit ruht.

Für die zukünftige Wärmeversorgung der Stadthalle Germering ergeben sich daraus folgende Konsequenzen:

Mit einem erforderlichen Austausch der vorhandenen Kesselanlage ist nicht vor 2018 zu rechnen. Sofern bis dahin die Entscheidung der Stadtwerke pro Geothermie gefallen ist, wird es insbesondere unter ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll sein, den Anschluss an das Nahwärmenetz/Geothermie durchzuführen. Sobald die Lieferkonditionen feststehen, kann eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt werden. Akzeptable Amortisationszeiten sind vermutlich nur dann zu erwarten, wenn ohnehin eine Investition durch einen nachhaltigen Defekt der Heizkessel erforderlich wäre.

5.1.3.8. Einbindung BHKW

Die Stadthalle erwägt derzeit die Installation eines BHKW zur Wärme- und Stromerzeugung. Aufgrund des guten Anlagenzustandes und des relativ geringen Warmwasserbedarfs in den Sommermonaten wird eine isolierte Installation eines BHKW von Seiten TÜV SÜD nicht empfohlen. Die Entscheidung pro oder kontra BHKW sollte im Gesamtkonzept mit einer eventuell geplanten Umstrukturierung der Kälteversorgung erfolgen.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind in nachfolgender Tabelle mögliche Kombinationsmöglichkeiten von Wärmeerzeuger/Kälteerzeuger dargestellt.

Tabelle 7: Kombinationsmöglichkeiten Wärme-/Kälteerzeuger

Kälte	Heizung					
	Bestand 2x NT-Gas- Heizkessel	Fernwärme Geothermie	2x neue Gas- Heizkessel	Solarthermie + 2x Gas- Heizkessel	BHKW + 2x Gas- Heizkessel	Wärmepumpe- Grundwasser +2x Gas- Heizkessel
Bestand 1x elektr. Kompressions- Kältemaschine						
2x elektr. Kompressi- ons- kältemaschine						
1x elektr. Kom- pressions- kältemaschine + 1x Absorptions- Kältemaschine						

Kälte	Heizung					
	Bestand 2x NT-Gas- Heizkessel	Fernwärme Geothermie	2x neue Gas- Heizkessel	Solarthermie + 2x Gas- Heizkessel	BHKW + 2x Gas- Heizkessel	Wärmepumpe- Grundwasser +2x Gas- Heizkessel
1x elektr. Kom- pressions- kältemaschine + 1x Absorptions- Kältemaschine (direkt befeuert)						
1x elektr. Kompressi- ons- kältemaschine (Küh- lung Grundwasser)						
Gelb	Aktuelle Bestandssituation					
Grün	Energetisch sinnvolle Kombination, welche detaillierter untersucht werden sollte					
Orange	energetisch nicht eindeutig darstellbar					
Rot	Energetisch ungünstige Kombination					

5.1.4. Zusammenfassung der Maßnahmen - Heizung

Tabelle 8: Maßnahmen Heizung

Maßnahme	Einspar- potenzial [MWh/a]	Amortisationszeit [Jahre]			Umsetz- barkeit
		< 5	< 10	> 10	
Optimierung Vorlauftemperatur	1 th		x		
Thermostatventile Behördenausführung	15 th	x			
Steuerung Rippenrohre Fassade	45 th		x		
Pumpentausch	5 ^{el}	x	x		
Reduzierung Raumtemperatur	20 th	x			
Verschluss Aufzugsschachtentrauchung	25 th		x		
Nahwärmenutzung	n.n				
Einbindung BHKW (+ Absorptionskälte)	n.n				

5.2. Trinkwarmwasserversorgung

5.2.1. Beschreibung der Anlagen und Systeme

Die Trinkwarmwasserversorgung erfolgt mittels dezentraler Warmwasserbereiter in den jeweiligen Versorgungsbereichen (siehe Abbildung 6).

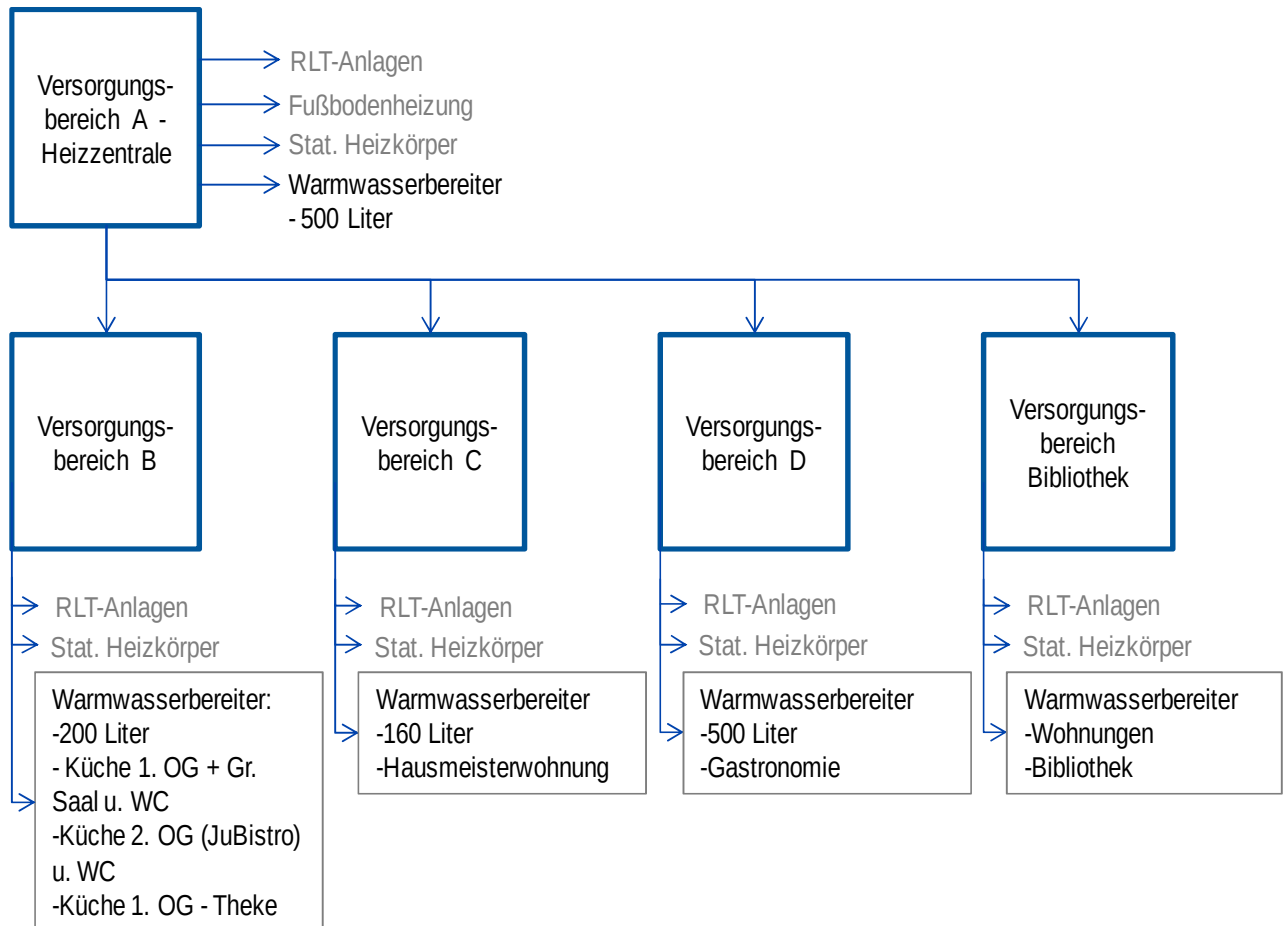


Abbildung 6: Schema der Trinkwarmwasserversorgung

5.2.2. Energetische Ist-Situation

2012 wurden 69 MWh an Warmwasserverbrauch an die Endverbraucher weiterverrechnet. Zusätzlich entstehen ca. 5 MWh an Leitungs- und Bereitstellungsverlusten. Von den 69 MWh entfallen 57 MWh auf die Stadthalle, 5,4 MWh auf Wohnung 1 und 6,2 MWh auf die Wohnungen 2-5. Der Hauptverbraucher bei der Stadthalle wiederum ist das Restaurant „Maximal“ mit ca. 39 MWh. Der Warmwasserbedarf in der Stadthalle Germering ist in der Regel sehr unregelmäßig. Dennoch muss an allen Warmwasserbereitern das Wasser auf Temperatur gehalten werden.

Durch die dezentrale Warmwasserbereitung muss die Heizungsanlage im Vorlauf ganzjährig mit ca. 65-70°C gefahren. Diese Temperaturen werden jedoch nur im Heizfall und nur bei der Auslegungstemperatur (-16°C) auch an den Heizkörpern und den Heizregistern der RLT-Anlagen benö-

tigt. Bei einer von der Heizungsanlage unabhängigen Warmwasserbereitung, könnte das Temperaturniveau des gesamten Heizungsnetzes in Abhängigkeit von der Außentemperatur gesenkt werden. Dies hätte weniger Verteilungsverluste zur Folge.

Im Hinblick auf eine energetisch optimiert Fahrweise der zukünftigen Wärmeversorgung (z.B. Brennwertechnik, Nahwärmeversorgung) der Stadthalle sollte untersucht werden, in wie weit die Warmwasserbereitung von der zentralen Heizungsanlage entkoppelt werden kann.

Möglich wäre z.B. die Warmwasserbereitung dezentral über Solarthermie (mit Heizungsunterstützung oder Wärmepumpe) oder Durchlauferhitzer / Boiler sicherzustellen. Gerade in Bereichen mit wenig Warmwasserbedarf könnten so die Anlagenverluste minimiert werden und der Gasverbrauch verringert werden.

Die Warm-Wasser-Zirkulationspumpen werden im 24-h Betrieb wechselweise (redundante Ausführung) betrieben.

5.2.3. Optimierung der Energieeffizienz und Einsparpotenziale

Die Trinkwarmwasseranlage könnte hinsichtlich nachfolgender Punkte energetisch optimiert werden.

5.2.3.1. Reduzierung der Laufzeiten der Warmwasser-Zirkulationspumpen)

Die Zirkulationspumpen der Warmwasserversorgung (Trinkwasser) werden aktuell ganztätig betrieben (24 h/d). Gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 551 können in Zirkulationssystemen die Pumpen zur Energieeinsparung für max. 8 Stunden innerhalb eines Tages abgeschaltet werden, wenn die hygienischen Verhältnisse des Trinkwassers einwandfrei sind (empfohlen wird ein Nachweis durch eine Trinkwasseruntersuchung). Bei einer Reduzierung der Laufzeiten ist für die Nutzereinheit Stadthalle mit einem Einsparpotential an elektrischer Energie von rd. 0,4 MWh/a (ca. 70 €/a) zu rechnen.

5.2.3.2. Beheizung der Warmwasser-Speicher mit Solarthermie und/oder dezentrale

Warmwasserbereitung mit Elektro-Durchlauferhitzer oder Frischwasserstationen

Durch eine Umstellung auf dezentrale Warmwasserbereitung (z.B. Elektro-Durchlauferhitzer / Boiler, siehe Abschnitt 5.2.2) könnten die Leitungs- und Speicherverluste von ca. 5 MWh/a eingespart werden.

Die Speicherverluste könnten auch durch den Einsatz von Frischwasserstationen vermieden werden (z.B. WC-Anlage Garderobe). Sofern der Warmwasserleitungsinhalt weniger als 3 Liter beträgt müssen die Temperaturanforderungen des DVGW-Arbeitsblatt W 551 nicht zwingend erfüllt werden. Dann wäre auch ein gleitender Betrieb der Heizungs-Vorlauftemperatur möglich.

5.2.4. Zusammenfassung der Maßnahmen - Trinkwarmwasserversorgung

Tabelle 9: Maßnahmen Trinkwarmwasserversorgung

Maßnahme	Einspar- potenzial [MWh/a]	Amortisationszeit [Jahre]			Umsetz- barkeit
		< 5	< 10	> 10	
Reduktion der Zirkulationspumpen- Betriebszeiten	0,4 _{el}	x			
Umstellung auf dezentrale WW-Bereitung	5 _{th}			x	

5.3. Kältetechnik

5.3.1. Beschreibung der Anlagen und Systeme

Die Stadthalle Germering wird über eine zentrale Kälteanlage mit 5 x 7000 ltr. Kältespeicher versorgt. Die Kälteanlage besteht aus fünf 5-stufig regelbaren Hubkolbenverdichtern. Als Kältemittel kommt R 407 C zum Einsatz.

Die Kälteanlage wird bei den Systemtemperaturen Kaltwasser 6/12 °C und 33/27°C Kühlwassertemperatur betrieben. Die Kältemaschine speist fünf 7.000 Liter Kaltwasser-Pufferspeicher, welche mit 6 °C im Vorlauf, und 12 °C im Rücklauf betrieben werden. Das Kaltwasser wird mittels Umwälzpumpe aus den Pufferspeichern gesaugt und in die Kühlregister der Lüftungsanlagen gepumpt (siehe Abbildung 7). Die 5 Verdichter der Kältemaschine weisen Betriebsstunden zwischen 6000 und 9000 h seit Inbetriebnahme 1993 auf. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche maximale jährliche Betriebszeit der einzelnen Verdichter von ca. 900 h/Jahr.

Die Rückkühlung erfolgt über einen offenen Nass-Kühlturm auf dem Dach. Eine Freie Kühlung ist derzeit nicht möglich.

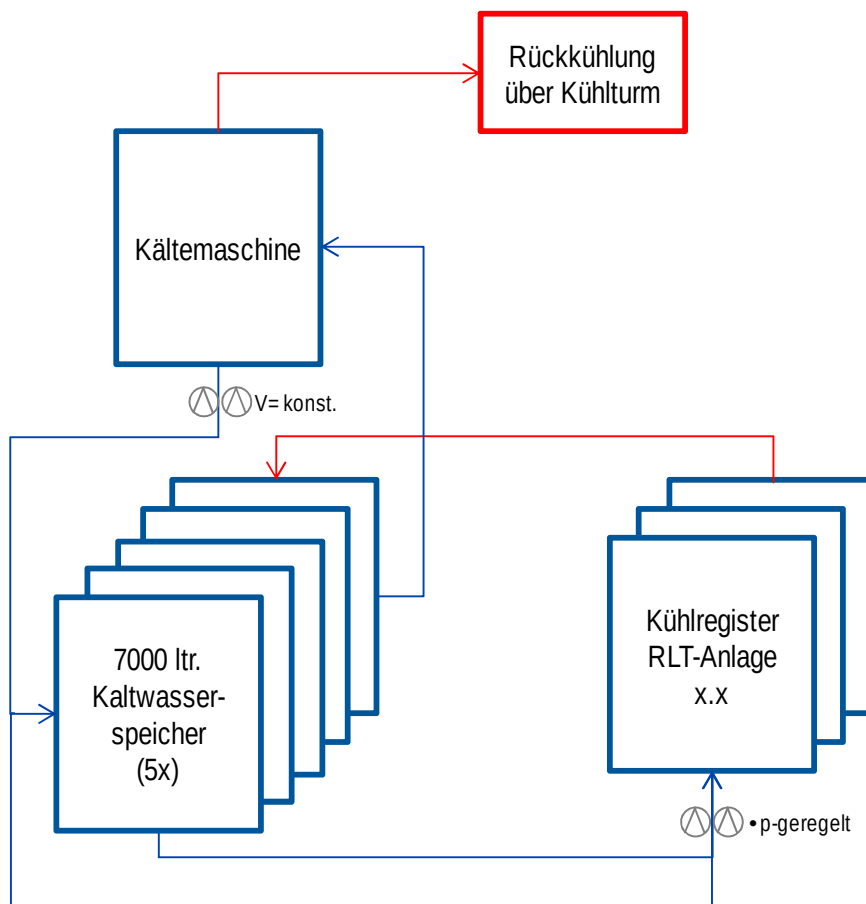


Abbildung 7: Schema der Kälteverteilung

Nachfolgender Tabelle sind die technischen Daten der Kälteanlage zu entnehmen.

Tabelle 10: technische Daten der Kältezentrale (Quelle: Aus Vor-Ort-Begehungen und Datenblättern)

Beschreibung Kälteanlage		
Hersteller		Carrier
Baujahr		1993
Energieverbrauch 2012	MWh	ca. 99
Verrechnete Nutzkälte	MWh	ca. 124
Jahresarbeitszahl	-	2,03 (n.verifiziert)
Typ		30HR195
Kältemittel		R 407 C (früher: R22)
Kältemittelmenge	ltr.	70 + 50
Verdichtertyp		Hubkolbenverdichter
Anzahl Verdichter	-	5
el. Leistungsaufnahme Verdichter	kW	5x 45 max.
Verdichterbetriebsstunden		zw. 6000 – 9400
Jährl. Verdichterbetriebsstunden	h	ca. 500 -900
Kälteleistung	kW	560
Kälteleistungsstufen	%	100/80/60/40/20
Kondensatorleistung	kW	613
Leistungsaufnahme Ölsumpfheizung	kW	0,6 (0,12 kW / Verdichter)
Kaltwasserspeicher	m³	35
Kältespeicherkapazität Kaltwasserspeicher	kWh	244
el. Leistung Kaltwasserpumpen	kW	4 / 2,2
Ausführung Kaltwasserpumpen		Doppelpumpe WILO DPn 125/20 6-4/4-G4B
Kaltwassertemperaturen	°C	6/12
Kühlwassertemperaturen	°C	27/33
Kühlmittel		Wasser
el. Leistung Kühlwasserpumpen	kW	2 x 11
Ausführung Kühlwasserpumpen		Doppelpumpe WILO DPn 150/250-11/4
Kühlwasserumlaufmenge	m³/h	118,8
Rückkühlung		Offener Dunstturm
Hersteller Kühlturm		Gohl
Kühlleistung Kühlturm	kW	690
Kühlwasserumlaufmenge Kühlturm	m³/h	98
Anzahl der Ventilatoren Kühlturm		2
Gesamtluftmenge Kühlturm	m³/h	27.000 / 54.000
Leistungsaufnahme Ventilatoren	kW	2,35 / 9,4
Energieverbrauch Pumpen Gesamt	MWh	ca. 26
Energieverbrauch Kühlturm	MWh	ca. 1,25

In der Stadthalle Germering sind folgende Kühlregister installiert:

Tabelle 11: Auflistung der installierten Kühlregister im Bereich der Stadthalle

Ort	RLT-Anlage Nr.	Bezeichnung	Kühlleistung [kW]
BT „C“ 3.OG	15	Kleiner Saal Foyer	26
BT „C“ 3.OG	15	Kleiner Saal Vorraum	23
BT „C“ 3.OG	16	Jugendbistro 1. OG	11
BT „C“ 3.OG	16	Jugendbistro 2. OG	18
BT „C“ 3.OG	14	Kleiner Saal	32
BT „C“ 3.OG	15.1	Kino	19
BT „E“ 3.OG	11	Bühne	65
BT „E“ 3.OG	10	Saal	175
BT „D“ 2.OG	18	Tagung	70
BT „C“ 1. OG	25	Gebläsekonvektor	1,6
BT „E“ EG	26	Gebläsekonvektor	1,6
BT „E“ 1. UG	24	Gebläsekonvektor	1,6
BT „D“ 2.UG	4	Restaurant	24
BT „D“ 2.UG	1	Bierkeller, Kegelbahn	16
BT „D“ 2.UG	5	Küche	66
BT „E“ 1. UG	9	großer Saal Foyer	27
BT „E“ 1. UG	9	Saal Eingangst.	51
BT „E“ 1. UG	9.1	Saalfoyer	64
BT „A“ TG	7	Tiefgarage Proben	23
		Bibliothek	78,6
		Summen	793,4

Quelle: Bestandsaufnahme TÜV SÜD aus Blockschaltbild SHG

Die Kälteanlage ist für eine nahezu hundertprozentige Deckung des Kühlbedarfs der Kühlregister ausgelegt. Allerdings wird die Anlage vermutlich nur maximal zu 50 % ausgenutzt, da nie alle Kühlregister gleichzeitig Bedarf anfordern.

Der maximale Kühlbedarf der Stadthalle wurde von uns überschlägig mit ca. 250 kW ermittelt (vgl. Abbildung 9, Seite 36).

5.3.2. Energetische Ist-Situation

Die Kälteanlage verbrauchte 2012 ca. 100 MWh an Strom. Die Verteilung der erzeugten Kältemenge der Kompressionskältemaschinen ist in Abbildung 8 dargestellt.

Darüber hinaus wurde die Jahresarbeitszahl (JAZ) der Kompressionskältemaschine mit der Formel

$$[JAZ] = \frac{Q_{\text{Nutz.thermisch}}}{W_{\text{el}}}$$

errechnet.

Die Jahresarbeitszahl ist ein Maß für die Effektivität der Kälteanlage. Je größer dieser Wert, um so besser ist die Effektivität.

Als Bilanzgrenze ist der Bereich zwischen elektrischer Arbeit der Kompressionskältemaschine und der Kältemengenzähler zur Verrechnung gewählt worden. Bei einem Stromverbrauch von 99,6 MWh abzüglich 26 MWh für die Pumpenantriebe und 1,2 MWh für den Kühlturm ergibt sich bei 124 MWh erzeugte Kälte (Anm.: Annahme TÜV SÜD) eine Jahresarbeitszahl von 2,03. Dieser Wert kann jedoch nicht validiert werden, da kein Kältemengenzähler an der Kältemaschine installiert ist. Ohne einen Kältemengenzähler der erzeugten Kälte ist jedoch keine Kontrolle der Effektivität der Kälteanlage möglich. Dies ist jedoch empfehlenswert, um die Anlagenverluste festzustellen und minimieren zu können.

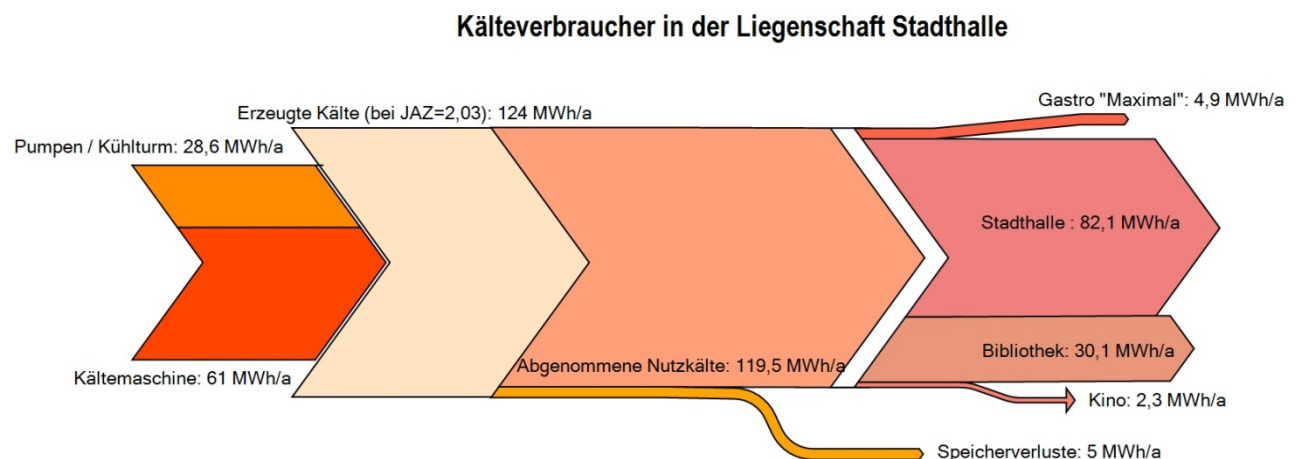


Abbildung 8: Energieflussdiagramm der Kälte nach eingesetzter elektrischer Arbeit in den Kompressionskältemaschinen

Die Kältespeicher sind vermutlich mit 3 cm Dämmung versehen. Dadurch gehen derzeit ca. 5 MWh an Kälteenergie verloren. (siehe Tabelle 12)

Tabelle 12: Ermittlung Kältespeicherverluste

Speicherverluste Kältespeicher		Annahme: Dämmung 3 cm
Volumen	m ³	7,5
Höhe	m	4
Radius	m	0,8
Anzahl Kältespeicher		5
Oberfläche Kältespeicher	m ²	151
Dämmstandard Speicher	W/m ² K	0,9
T _{Speicher}	°C	6
T _{Umgebung}	°C	20
Betriebsstunden	h	2520
Transmissionswärmeverluste Kältespeicher	kWh	4.780

Da es vom physikalischen Standpunkt aus keine Kälte, sondern nur ein mehr oder weniger an Wärme gibt, heißt dies, dass Kälte relativ ist und daher ein „weniger warm als die Umgebung“ bedeutet. Für die Kühlung von Gebäuden gilt es daher zuerst, den Zustrom von Wärme möglichst zu verhindern und im zweiten Schritt dann die Wärme, deren Zustrom nicht verhindert werden kann, gezielt abzuführen. Unter diesen Gesichtspunkten gilt es, die Beschattung der Stadthalle und der Bibliothek zu optimieren.

Es sind außenliegende Rollos/Markisen an den Glasfassaden vorhanden, welche derzeit nur manuell in Betrieb genommen werden können. Da ein großer Teil der Fassade vollverglast ist, kann nicht gewährleistet werden, dass der Sonnenschutz auch ausreichend genutzt wird, wodurch es zu hohen Wärmelasten in den einzelnen Bereichen kommen kann.

Anhand einer überschlägigen Hüllflächenermittlung wurde der Strahlungseintrag auf die Stadthalle an einem Sommertag ermittelt. Ebenfalls wurde eine Abendveranstaltung mit 1500 Personen Vollbelegung plus zusätzliche Kühllasten durch Bühnenbeleuchtung im Orlandosaal angenommen, welche zur Kühllast beiträgt. (siehe Abbildung 9)

Die maximale Kühllast im Sommer – ohne Sonnenschutz – liegt im Bereich von ca. 250 kW für die komplette Stadthalle, allerdings ohne Nutzungsbezug. Als „heiße“ Tage sind Tage > 26°C definiert. In unseren Breitengraden ist dies an ca. 10-12 Tagen im Jahr der Fall. Zu 20 % ist freie Kühlung mit Außenluft möglich.

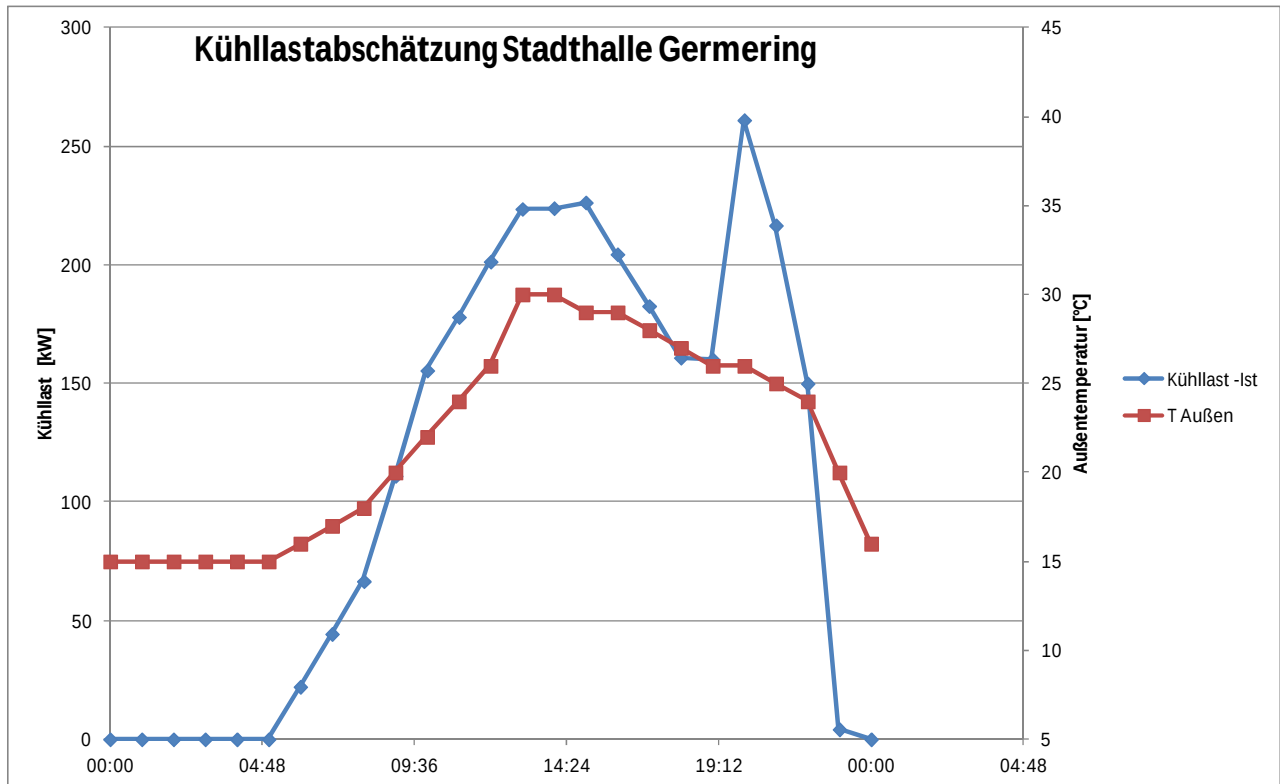


Abbildung 9: Kühllastabschätzung Stadthalle Germering

Eine speziell für den Orlandosaal erfolgte Kühllastabschätzung ergab einen Kühlbedarf von 37 MWh_{th}, welche zu ca. 60 % durch natürliche Kühlung (bis ca. 18 °C) gedeckt werden kann. Bei einem gesamten Kältebedarf der Stadthalle Germering von ca. 120 MWh/a (aus Abrechnungen) stellt damit der Orlandosaal den größten Verbraucher dar. Im Jahr 2012 war der Orlandosaal an ca. 25 Tagen vollbelegt mit ca. 800 – 1000 Personen.

Derzeit wird die Kälteanlage so betrieben, dass die Kaltwasserspeicher immer beladen werden wenn das Angebot der Kaltwassermenge (Kältemaschine) den Bedarf (RLT-Geräte) überschreitet. Dieser Zustand tritt auch zur Hochtarifzeit (tagsüber) auf. Eine gezielte Beladung der Kaltwasserspeicher zu Niedertarifzeiten erfolgt derzeit nicht.

5.3.3. Optimierung der Energieeffizienz und Einsparpotenziale

Grundsätzlich gilt für eine Verminderung des Kältebedarfs, dass sämtliche inneren und äußeren Kühllasten vermieden werden sollten. Darunter fallen sowohl Wärmequellen wie z.B. Elektrogeräte im Standby-Betrieb, die Beleuchtung, sowie die Vermeidung des Energieeintrags durch solare Strahlung.

Die Auslegung der Kältemaschine mit den vorhandenen Kältespeichern ist derzeit überdimensioniert und sollte neu konzeptioniert, bzw. die Art der Speicherbeladung geändert werden.

Ausgehend von einem Energieverbrauch für die Kälteerzeugung von 100 MWh schlagen wir folgende Maßnahmen vor.

5.3.3.1. Automatisierung des Sonnenschutzes

Eine überschlägige Abschätzung der Kühllast der Stadthalle ergab nachstehendes Profil. Für den Beschattungsfaktor der vorhandenen außenliegenden Markisen wurde 70% angenommen.

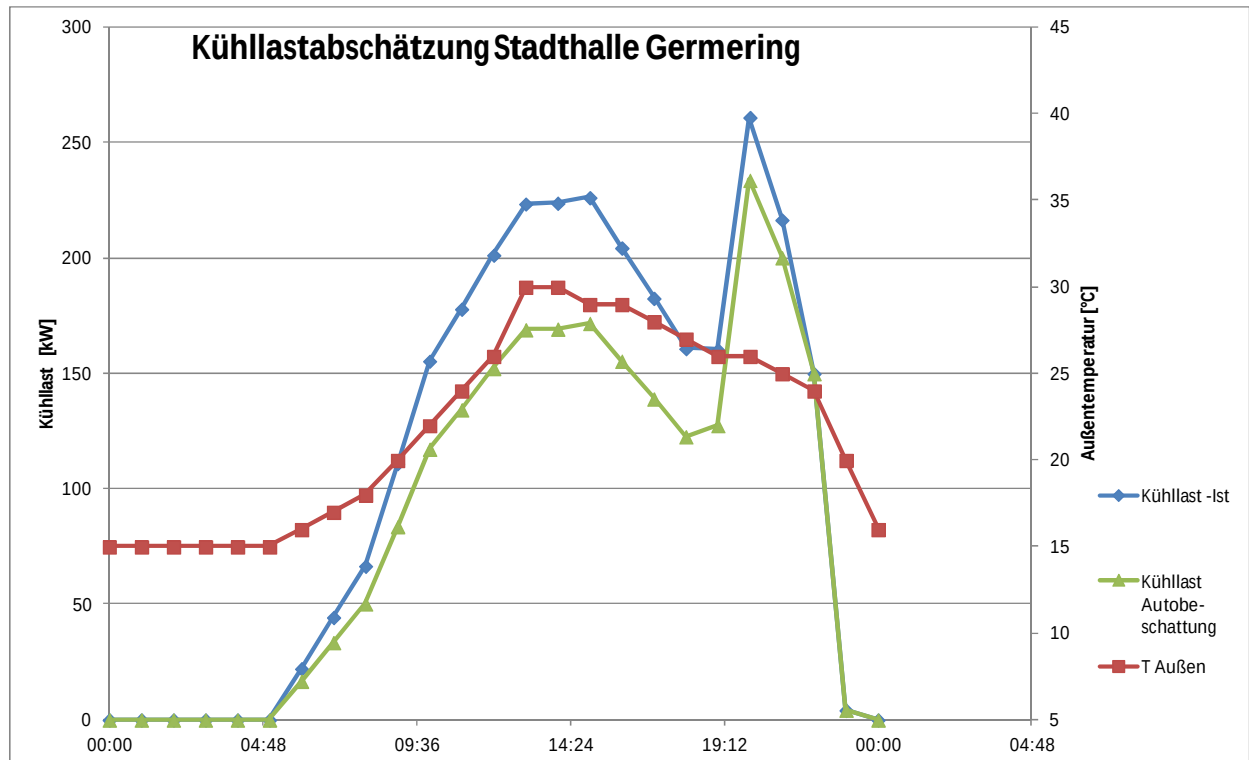


Abbildung 10: Verminderte Kühllast durch automatische Beschattung der Stadthalle Germering

Durch eine automatisierte Beschattung der Stadthalle Germering kann die Kühllast um bis zu 20% reduziert werden. Bei einem derzeitigen Verbrauch von 100 MWh/a entspricht dies einer Einsparung von ca. 20 MWh. (ca. 2.800 €/a)

5.3.3.2. Stilllegung Verdichter

Die Auswertung der Verdichterbetriebsstunden seit Inbetriebnahme ergab Betriebsstunden im Bereich von 500 bis 900 Stunden pro Jahr. Diese kurzen Laufzeiten lassen auf eine ca. 40 %ige Überdimensionierung der Kälteanlage schließen. Aus diesem Grund sollte geprüft werden, ob 2 Verdichter stillgelegt werden können. Zur Stilllegung der Verdichter sollten diese abgespindelt werden, um eine Diffusion des Kältemittels in den Ölsumpf zu verhindern. Dadurch kann dann auch die Ölsumpfheizung abgeschaltet werden. Dadurch ergibt sich eine Energieeinsparung von ca. 1,9 MWh (ca. 80 €/a). Diese errechnet sich aus der Leistungsaufnahme der Ölsumpfheizung von 0,24 kW und 7.900 Betriebsstunden.

	TÜV SÜD Energieeffizienz - Potenzialanalyse			
		Seite:	38 von 66	
		Rev.01	15.07.2013	

5.3.3.3. Anhebung der Systemtemperaturen

Ausgehend von der Annahme dass die Kühlregister an den RLT-Anlagen mit einem gewissen Reservefaktor (10 bis 30%) ausgestattet sind, kann die Kaltwasser-Vorlauftemperatur theoretisch von 6°C auf 8°C angehoben werden. Da die Lüftungsanlage im Orlandosaal zum Großteil aufgrund Geräusch-sensitiver Veranstaltungen auf geringster Stufe läuft, sollte eine Anhebung der Vorlauftemperatur durch den geringen Volumenstrom durchführbar sein. Dies ist jedoch explizit zu überprüfen.

Durch diese Anhebung der Temperatur können pro angehobenes Kelvin Vorlauftemperatur ca. 4-5 % an Kälteenergie eingespart werden. Bei einer Anhebung um 2K können somit ca. 10% eingespart werden. Bei einem Verbrauch von 100 MWh_{el} zur Kälteerzeugung, entspricht das einem Einsparpotential von ca. 10 MWh pro Jahr.

5.3.3.4. Einsatz geregelter Verdichter

Durch den Einsatz mindestens eines stufenlos geregelten Verdichters kann die Speicherproblematik umgangen werden, in dem immer nur so viel Kälte erzeugt wird, wie benötigt wird. Dadurch können mindestens die Kältespeicherverluste vermieden werden.

Das Einsparpotential beläuft sich demnach auf ca.5 MWh/a.

5.3.3.5. Neukonzeption der Kälteanlage

Durch eine komplette Neukonzeption der Kälteanlage mit solarer Kühlung bzw. Koppelung mit der Abwärme eines BHKW und unter weitestgehender Ausnutzung der freien Kühlung kann der Energieverbrauch der Kälteanlage um Erfahrungsgemäß 30-40% verringert werden. Ausgehend von dem Energieverbrauch von 100 MWh/a entspricht das einer Energieeinsparung von 40 MWh/a. Geht man von einem reduzierten Kühlbedarf von 50 MWh/a aus, so kann der Verbrauch mindestens auf ca. 30 MWh/a reduziert werden.

5.3.3.6. Adiabate Kühlung mit Kälterückgewinnung

Um die freie Kühlung weitestgehend auszunützen und gerade die Übergangszeiten zu verlängern, kann insbesondere an der Lüftungsanlage Orlandosaal eine Kälterückgewinnung und adiabate Kühlung installiert werden.

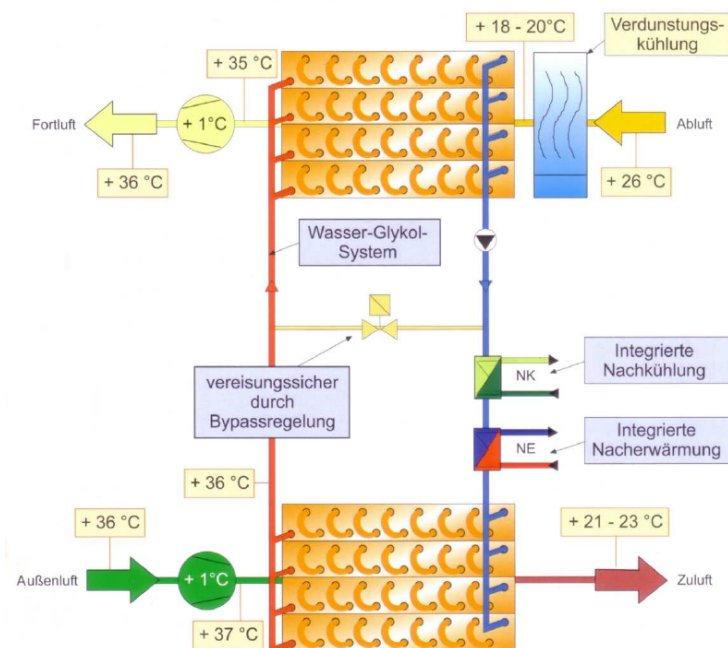


Abbildung 11: Prinzip der adiabaten Kühlung mit einem Kreislauf-Verbund-System, Quelle: SEW

Im Fall der Stadthalle Germering empfehlen wir aus hygienischen und komfortgründen eine Befeuchtung der Abluft vorzunehmen. Bei guter Auslegung der Befeuchtung kann die Zulufttemperatur um bis zu 6K abgesenkt werden. Theoretisch machbar sind sogar bis zu 10 K • t Zulufttemperaturdifferenz durch adiabate Kühlung.

Die jeweilige Kühlleistung des Systems ist von der Außenluftfeuchte abhängig. Zu den Hauptkühlzeiten im Mai bis August kann mit einer Kühlleistung von ca. 3.600 W/1000m³/h gerechnet werden (siehe Tabelle 13). Dadurch kann die Zeit der mechanischen Zusatzkühlung drastisch reduziert werden.

Tabelle 13: Adiabate Kühlleistungen in Abhängigkeit von der Außenluftfeuchte, Quelle: SEW

Monat	Außenluftfeuchte [g/kg _{tr}]	Jahresstunden im jeweiligen Feuchtebereich [h/a]	Kühlleistung je [W/1.000 m ³ /h] ²
Dez. - März	0,0 – 4,3	2.904	3.820
April / Nov.	4,4 – 5,1	1.440	3.850
Mai / Okt.	5,2 – 6,5	1.488	3.750
Juni / Sept.	6,6 – 8,2	1.440	3.600
Juli / Aug.	8,3 – 9,2	1.488	3.850
Max. Temp.	9,3 – 12,0	850	3.790
Max. Feuchte	12,1 – 15,0	170	1.570

Erfahrungsgemäß können mit dem Einsatz einer adiabaten Kühlung bis zu 30 % an mechanischer Kälte eingespart werden. Wir schlagen vor, den Einsatz an den Lüftungsanlagen des Orlandosaales und des kleinen Saales, da diese mit KVS ausgestattet sind, zu prüfen.

Das dadurch hebbare Einsparpotential liegt dabei bei ca. 9 MWh/a (30 % von ca. 30 MWh).

5.3.3.7. Optimierung der Kältespeicherbeladung durch Regelungstechnik

Die Beladung der Kältespeicher sollte gezielter und bedarfsangepasster erfolgen.

Um den Niedertarif gezielt zu nutzen, sollten von den 5 Kaltwasserspeichern 4 Stück mit Hilfe einer motorbetätigten Absperrklappe vom Kaltwassernetz getrennt werden, sobald die Speicher in der Hochtarifzeit vollständig entladen sind. In der Niedertarifzeit kann die Motorklappe geöffnet und die Speicher für den nächsten Tag beladen werden. Die Kältekapazität der Speicher beträgt ca. 244 kWh ($Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 35.000 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot 6\text{K}$). Der Kälteverbrauch betrug rd. 124 MWh im Jahr 2012. Bei einer Preisdifferenz zwischen Hoch- und Niedertarif von rd. 2,3 ct/kWh, einer Jahresarbeitszahl der Kältemaschine von rd. 2 und einem angenommenen Verbrauchsverhältnis Tag/Nacht von 50/50 ergibt sich dadurch eine Einsparung von ca. 2.500.- €/a.

5.3.3.8. Kälteübergabe über Kühlsegel / Kühldecken

Um die Kälte effektiver nutzen zu können, sollte im Orlandosaal überlegt werden, die Kälteübergabe nicht mehr rein über die Lüftungsanlagen zu realisieren, sondern unterstützend dazu Kühlsegel zu installieren.

Der Grund dafür liegt in der geringen Wärmespeicherkapazität der Luft, welche mit nahezu 1,005 kJ/kgK um mehr als 400 % geringer ist als die Wärmespeicherkapazität von Wasser mit $c_p = 4,18 \text{ kJ/kgK}$ und deshalb eine vergleichsweise große Luftmenge benötigt wird, um die Energie abzutransportieren. Um 1 kW Kühllast über Luft abzuführen, werden ca. 3000 m³/h Luft je 1 K Temperaturdifferenz benötigt. Die gleiche Kühllast kann aber mit 0,860 m³/h Wasser und einer entsprechenden Wärmetauscher-Oberfläche ebenso abgeführt werden. Wechselt man jetzt von Luftkühlung auf statische Kühlflächen, so kann die Energie für die Lüftung komplett eingespart werden. Für den Transport von 3000 m³/h werden ca. 1,3 kW an Anschlussleistung benötigt. Bei ca. 3000 Betriebsstunden müssten hierfür 3.900 kWh aufgebracht werden. (siehe Tabelle 14) Da das Kaltwasser sowieso im Umlauf durch die Kühlregister der RLT-Anlagen gepumpt werden muss, würde hier kein Mehraufwand an Energie nötig.

Tabelle 14: Vergleich benötigter Massenstrom für 1 kW Kühlleistung

Abzuführende Kühllast	kW	1
cp Luft	kJ/kgK	1,005
cp Wasser	kJ/kgK	4,18
Benötigte Luftmenge ($\bullet \sim 1$)	m³	3.000
Benötigte Wassermenge	m³	0,861
Benötigte Anschlussleistung Ventilator	kW	1,3
Energieverbrauch Lüftung (3000 h)	kWh	3.900

Das Einsparpotential beliefe sich theoretisch auf ca. 3,9 MWh pro kW abzuführende Kühllast.

Da im Belegungsfall des z.B. Orlandosaals die RLT-Anlage mitläuft, kann die Kühlung durchaus auch zusätzlich über die Lüftungsanlage erfolgen. Zur Grundklimatisierung ist eine Kühlung über statische Flächen jedoch durchaus üblich und empfehlenswert. Die Umsetzung sollte jedoch aus wirtschaftlicher Sicht detaillierter geprüft werden.

5.3.4. Zusammenfassung der Maßnahmen - Kälteanlage

Tabelle 15: Maßnahmen Kälte

Maßnahme	Einspar- potenzial [MWh/a]	ROI [Jahre]			Umsetz- barkeit
		< 5	< 10	> 10	
Stilllegung Verdichter	1,9 _{el}	x			
Automatisierung des Sonnenschutzes	20 _{el}	x			
Anhebung Kaltwasservorlauf-Temperatur	10 _{el}	x			
Einsatz geregelter Verdichter	5 _{el}	x			
Neukonzeption der Kälteanlage*	20 _{el}			x	
Adiabate Kühlung mit Kälterückgewinnung**	9 _{el}		x		
Optimierung Kältespeicherbeladung	n.n.	x			
Optimierung Kälteübergabe (Kühlsegel)	n.n.			x	

* Unter Berücksichtigung der reduzierten Kühllast durch Sonnenschutz

** ohne der Berücksichtigung weiterer Maßnahmen

5.4. Raumluftechnik

5.4.1. Beschreibung der Anlagen und Systeme

In der Nutzungseinheit Stadthalle (ohne Bibliothek, ohne Kindergarten) sind rd. 19 Lüftungs- bzw. Klimaanlage installiert. Der überwiegende Teil der Anlagen ist mit einer Wärmerückgewinnung (Kreislauf-Verbund-System bzw. Rotationswärmetauscher) ausgestattet. Zusätzlich ist in allen Geräten ein Luftherhitzer und in den Anlagen „Bierkeller“ (Anl. 1), „Restaurant“ (Anl. 4), „Küche“ (Anl. 5), „Chor-/Orchesterraum“ (Anl. 7), „Garderobenfoyer/Eingangsfoyer“ (Anl. 9), „Saalfoyer“ (Anl. 9.1), „Orlandosaal“ (Anl. 10), „Bühne/Orchestergraben“ (Anl. 11), „Kleiner Saal“ (Anl. 14), „Kleiner Saal Foyer / Foyervorraum“ (Anl. 15), „Kino“ (Anl. 15.1), „Jugendbistro“ (Anl. 16) und „Tagung“ (Anl. 18) ein Kühlregister installiert.

Die Ventilatoren der Anlagen sind überwiegend mit polumschaltbaren Motoren ausgerüstet. Durch manuelle Vorwahl der Betriebsstufen an entsprechenden Tableaus kann die Luftmenge an den jeweiligen Bedarf angepasst werden.

Die Anlage „Tagung“ (Anl. 18) wird bereits als VVS-Anlage (variabler Volumenstrom) betrieben. Der Volumenstrom der einzelnen Tagungsräume wird in Abhängigkeit der Raumtemperatur durch Volumenstromregler automatisch angepasst. Die Drehzahl des Ventilatormotors wird über einen Frequenzumformer entsprechend dem Bedarf geregelt.

Die Anlagen „Garderobenfoyer/Eingangsfoyer“ (Anl. 9), „Orlandosaal“ (Anl. 10) und „Kino“ (Anl. 15.1) sind zusätzlich zur Lüftungsfunktion mit einer Luftheizungsfunktion (Beheizung des Raumes im Erhaltungsbetrieb bzw. Aufheizbetrieb vor Veranstaltungen) sowie mit einer Funktion zum schnellen Herunterkühlen (vor Veranstaltungsbeginn) versehen. Bei dieser Betriebsweise werden die Anlagen mit 100 % Umluft in höchster Stufe betrieben.

Die Anlage Nr. 1 „Bierkeller“ wird aktuell nicht mehr betrieben und wird daher in der weiteren Betrachtung nicht berücksichtigt.

Tabelle 16: Zusammenstellung der Lüftungsanlagen

Anlagen-Nr.	Anlagen-Bezeichnung	Volumenstrom ZUL / ABL [m³/h]	Anzahl der Be- triebstage [d/a]	Laufzeit je Tag [h/d]	Betriebsstunden * [h/a]	Motorleistung Ventilator [kW]	Energieverbrauch Elektroenergie [MWh/a]
1	Bierkeller	3.840 / 3.810	0	0	0	3,8	0
2	WC-Innenräume Gastro	1.340 / 1.880	350	11	3.850	2,6	10
3	Abluft Kälte- maschinenraum		0,0	0,0	0	0	0
4	Restaurant	6.020 / 5.750	350	8	2.800	6	10,5

Anlagen-Nr.	Anlagen-Bezeichnung	Volumenstrom ZUL / ABL [m³/h]	Anzahl der Be- triebstage [d/a]	Laufzeit je Tag [h/d]	Betriebsstunden * [h/a]	Motorleistung Ventilator [kW]	Energieverbrauch Elektroenergie [MWh/a]
5	Küche	9.930 / 8.450	350	4	1.400	8,7	9
6	Abluft Müllraum	0 / 180	365	24	8.760	0,1	0,9
7	Chor / Orchesterraum	5.720 / 5.220	200	2,5	500	5,4	2
8	Abluft WC/Dusche	0 / 600	350	8	2.800	0,25	0,7
9	Garderobenfoyer/ Eingangsfoyer	12.230 / 11.520	171	8	1.360	11,7	7,6
9.1	Saalfoyer	14.780 / 15.320	171	7,5	1.275	13,1	8
9.2	Innenräume / WC's	1.010	350	18	6.300	0,25	1,6
10	Orlandosaal	28.890 / 22.860	171	20	3.500	11,9	23
11	Bühne/ Orchestergra- ben	8.270 / 10.630	171	5	800	10	4
12	Lager / Saaltechnik	3.050 / 2.260	350	8	2.800	2,3	6,5
13	Werkstätten	2.410 / 2.920	350	2	700	1,3	1
14	Kleiner Saal	7.420 / 7.310	160	4	640	7	3
15	Kleiner Saal Foyer / Foyervorraum	8.320 / 7.470	160	4	640	7,6	3
15.1	Kino	4.350 / 3.760	350	3	1.050	4,6	5
16	Jugendbistro	6.110 / 6.640	95	3	285	5,5	2
18	Seminarräume / Ta- gung	10.020 / 9.740	200	4	800	18,5	15
19	Abluftanlage Tiefga- rage	0 / 18.600	171	1,5	260	8	1
27	Türluftschleier Ein- gang	2 x 3.000			600	2 x 0,5	1
27.1	Türluftschleier Ver- waltung	1 x 3.000			600	1 x 0,5	0,5
27.2	Türluftschleier Tiefga- rage	1 x 2.000			600	1 x 0,4	0,5
	SUMME Nutzeinheit Stadthalle						76
	SUMME Gesamt						113

*Die Betriebsstunden wurden durch TÜV SÜD bzw. durch die Stadthalle abgeschätzt

	TÜV SÜD Energieeffizienz - Potenzialanalyse			
		Seite:	44 von 66	
		Rev.01	15.07.2013	

Die Anlagen „Restaurant“ (Anl. 4), „Küche“ (Anl. 5), „Kino“ (Anl. 15.1), „Jugendbistro“ (Anl. 16) versorgen Bereiche die verpachtet sind. Vereinbarungsgemäß wird deren Energieeffizienz nicht betrachtet.

Die Berechnung bzw. die Abschätzung des Energieverbrauchs der Lüftungsanlagen gemäß Tabelle 16 erfolgte auf Basis der von der Stadthalle zur Verfügung gestellten Unterlagen bezüglich Veranstaltungsdauer und Anzahl der Veranstaltungen im Jahr 2012. Da die RLT-Anlage des Orlandosaals, des Saalfoyers und der Bühne teilweise mehrere Stunden vor Veranstaltungsbeginn eingeschaltet wird (Aufheizphase im Winter bzw. Kühlphase im Sommer) wurde deren Betriebszeit durch die Auswertung der Temperaturverläufe von Außenluft-, Zuluft- und Raumtemperatur ermittelt.

Entsprechend den Erfahrungswerten der Stadthalle wurde angenommen, dass dreistufige RLT-Anlagen jeweils 25 % ist Stufe 1 und Stufe 3 und die restlichen 50 % der Betriebszeit in Stufe 2 betrieben werden. Bei zweistufigen Anlagen wurde für jede Stufe ein Betriebsanteil von 50 % angesetzt.

Die RLT-Anlagen werden regelmäßig gewartet und befinden sich unter Berücksichtigung deren Alters in einem sehr guten Zustand. Die rechnerische Nutzungsdauer der Bauteile ist zwar abgelaufen (diese beträgt nach VDI 2067 bei den überwiegenden Bauteilen der Raumluftechnik 20 Jahre, bei den Ventilatoren 12 Jahre), da aber die rechnerische Nutzungsdauer in Bezug auf die Abschreibung zu betrachten ist, der Zustand der RLT-Anlagen als gut zu bewerten ist und die Anlagen verhältnismäßig geringe Laufzeiten aufweisen, wird ein sofortiger Austausch der Anlagen nicht empfohlen. Es ist davon auszugehen, dass die Geräte noch für weitere 10 Jahre betrieben werden können (u.U. wird der Ersatz eines defekten Motors erforderlich werden).

5.4.2. Energetische Ist-Situation

Im Jahr 2012 wurden für den Antrieb der Ventilatoren der Nutzeinheit Stadthalle ca. 76 MWh Strom verbraucht. Einschließlich der Lüftungsanlagen der Pächter (ohne Bibliothek) betrug der Stromverbrauch ca. 113 MWh.

Die Anlage mit dem größten Stromverbrauch versorgt den Orlandosaal (Anl. 10). Dieser lag mit 171 Veranstaltungen im Jahr 2012 bei ca. 23 MWh (30 % aller RLT-Anlagen der Nutzeinheit Stadthalle). Darüber hinaus werden bei Veranstaltungen im Orlandosaal bedarfsweise die Anlagen „Saalfoyer“ (Anl. 9.1) und „Bühne/Orchestergraben“ (Anl. 11) betrieben. Insgesamt ergibt sich für die 3 RLT-Anlagen des Nutzungsbereichs Orlandosaal ein Stromverbrauch von ca. 35 MWh/a (46 % aller RLT-Anlagen der Nutzeinheit Stadthalle).

Die Ventilatoren der RLT-Anlagen werden über Keilriemen mit polumschaltbaren Motoren angetrieben. Im Vergleich zu einem Flachriemen oder einem Direktantrieb weist diese Antriebsart einen schlechteren Wirkungsgrad auf.

Die Anpassung des Volumenstroms an den Bedarf erfolgt nicht automatisch sondern durch manuelle Wahl der Betriebsstufe des Ventilators an Bedientableaus bzw. über die Gebäudeleittechnik (mit Ausnahme der Anlage 18 „Tagung“).

Die Lüftungsanlage der Küche ist ohne Wärmerückgewinnung ausgeführt. Die fehlende Wärmerückgewinnung entspricht dem Stand der Technik zum Errichtungszeitpunkt wird aber heutigen Anforderungen an die Energieeffizienz nicht mehr gerecht.

Die Anlage „Garderobenfoyer/Eingangsfoyer“ (Anl. 9) besitzt außer dem möglichen Umluftbetrieb keine weiteren Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung. Entsprechend der Funktionsbeschreibung der Fa. Prüfling beträgt der Außenluftanteil zwischen 80 % und 100 %, d.h. durch den Umluftbetrieb können maximal 20 % der Wärme zurückgewonnen werden. Bei der Anlage „Kleiner Saal Foyer / Foyervorraum“ (Anl. 15) beträgt der Umluftanteil zwischen 60 % und 100 % (Wärmerückgewinnung maximal 40 %).

Die Anlagen für den Orlandosaal und die Bühne sind jeweils mit einer Wärmerückgewinnung mit verhältnismäßig geringem Wirkungsgrad (Kreislaufverbundsystem) ausgestattet. Dieser beträgt ca. 40 % im Vergleich zu ca. 70 % bis 80 % bei Rotationswärmetauschern.

Die Anlage „Tagung“ (Anl. 18) ist entsprechend dem energetischen Maßstab zum Errichtungszeitpunkt als relativ energieeffiziente Anlage mit variablen Volumenströmen ausgeführt.

Da die RLT-Anlage für den Orlandosaal (Anlage 10) für annähernd 30 % des Stromverbrauchs aller RLT-Anlagen der Nutzeinheit Stadthalle verantwortlich ist, wurde diese unter energetischen Gesichtspunkten detaillierter untersucht und wird in den folgenden Abschnitten genauer beschrieben.

In nachfolgender Tabelle sind die technischen Daten der RLT-Anlagen des Nutzungsbereichs Orlandosaal aufgelistet.

Tabelle 17: Auflistung der näher untersuchten-RLT-Anlagen Orlandosaal

Anlage	9.1	10	11
Versorgter Bereich	Saalfoyer / Unterbalkon	Orlandosaal / Unterbalkon	Szenenfläche / Orchestergraben
Zuluft V_{SUP} in m³/h	12.900	28.500	10.300
Abluft V_{ETA} in m³/h	12.900	27.500	10.300
Zuluft P_{el} in kW	9,2	15	5,5
Abluft P_{el} in kW	6,6	11	4,4
Raumtemperatur T in Grad Celsius	26 (Sommer) 21 (Winter)	26 (Sommer) 21 (Winter)	26 (Sommer) 21 (Winter)
Personenzahl	250	742	285
Wärmerückgewinnung	regenerativ (Rotor)	rekuperativ (KVS-System)	rekuperativ (KVS- System)
Außenluftmenge in %	100	80 - 100	80 - 100
Elektrischer Energie- verbrauch [MWh]	8	23	4

5.4.2.1. Ermittlung des SFP-Wertes der Anlage „Orlandosaal“ (Anl. 10)

Mit Hilfe des SFP-Werts der Ventilatoren kann ermittelt werden, wie wirksam die Ventilatoren die elektrische Energie nutzen.

Die aus den Messwerten errechneten SFP-Werte sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 18: SFP-Werte des Zu- und Abluftventilators „Orlandosaal“

	SFP [Ws/m ³] Stufe 1	SFP [Ws/m ³] Stufe 2	SFP [Ws/m ³] Stufe 3
Zuluft	656	385	821
Abluft	639	326	740

Der ungünstigste SFP-Wert tritt in Stufe 3 auf. Der Zuluftventilator liegt mit einem SFP-Wert von 821 Ws/m³ in der Kategorie SFP 3 und der Abluftventilator mit einem SFP-Wert von 740 Ws/m³ in der Kategorie SFP 2 (siehe Abbildung 12).

Beide Ventilatoren sind energieeffizienter als nach DIN EN 13779 (mindestens SFP 4) gefordert.

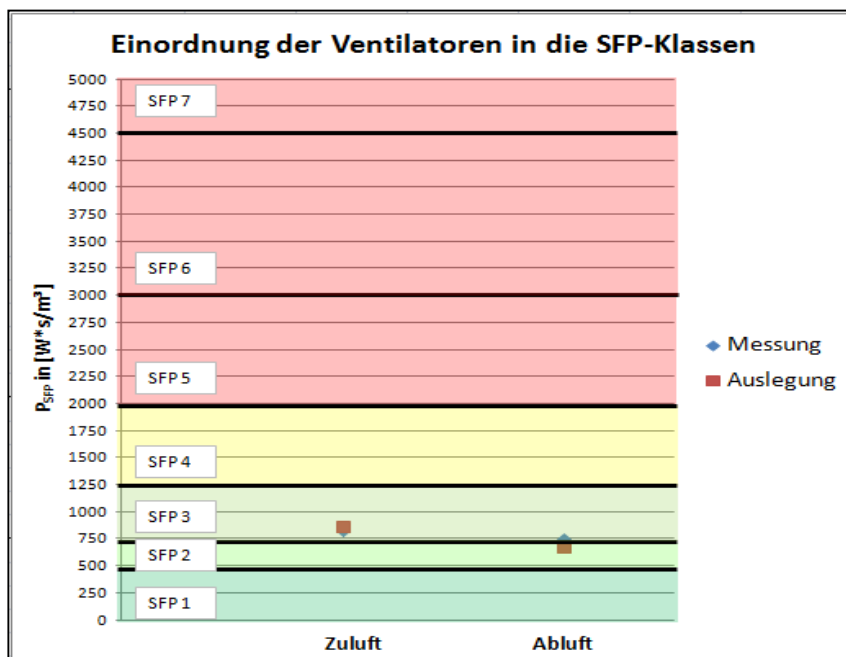


Abbildung 12: SFP-Klassen der Ventilatoren

5.4.2.2. Bewertung der Effizienz des Wärmerückgewinnungssystems der Anlage „Orlandosaal“ (Anl. 10)

Aufgrund der Witterungsverhältnisse konnten an der Wärmerückgewinnung keine Messungen durchgeführt werden. Der Wirkungsgrad bzw. die Energieeffizienz (ohne Pumpenleistung) wurde daher anhand der Daten der Gerätekarte ermittelt. Bei einer abgeschätzten Ablufttemperatur von $t_{11} = 22 \text{ °C}$ und einer Außentemperatur von $t_{21} = -16 \text{ °C}$ errechnet sich aus den Daten der Geräte-

karte eine Zulufttemperatur nach der Wärmerückgewinnung von $t_{22} = -1,5 \text{ °C}$. Daraus ergibt sich eine Energieeffizienz von rd. 0,4. Diese entspricht gemäß DIN EN 13053 der Klasse H5.

Die Einstufung der Wärmerückgewinnung in Klassen ist nachstehender Abbildung zu entnehmen.

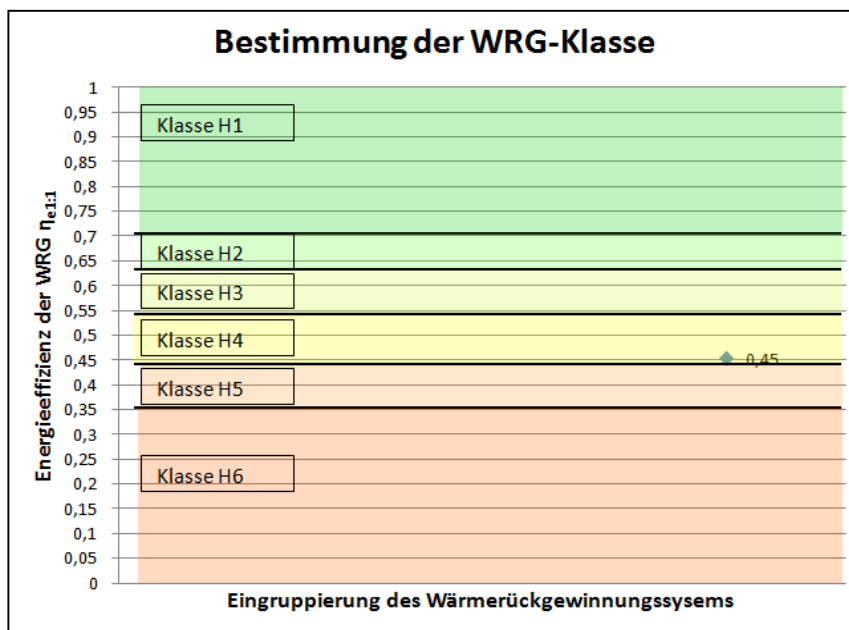


Abbildung 13: SFP-Klassen der Ventilatoren

Stand der Technik 2012 in Deutschland waren Wärmerückgewinnungsanlagen entsprechend der Klasse H2 > 64%. Damit besteht für die installierte Anlage noch erhebliches Einsparpotential (siehe Abschnitt 5.4.3.5).

5.4.2.3. Bewertung der Lüftungseffizienz der Anlage „Orlandosaal“ (Anl. 10)

Zur Bewertung der Lüftungseffizienz wurden im Orlandosaal über den Zeitraum von einer Woche CO_2 Messungen durchgeführt. Exemplarisch wurde eine Veranstaltung am 25.04.2013 mit ca. 1.000 Besuchern untersucht. (siehe Abbildung 14).

Vor Beginn der Veranstaltung betrug die CO_2 -Konzentration im Raum rd. 400 ppm. Die CO_2 -Konzentration im Raum entsprach dem Wert der Außenluft, da die RLT-Anlage bereits mehrere Stunden vor Veranstaltungsbeginn in Betrieb genommen wurde (siehe Tabelle 19: AUL-Klappe um 14:23 Uhr geschlossen [-0,095 entspricht Stellung ZU], AUL-Klappe um 15:10 Uhr geöffnet [99,302 % entspricht Stellung AUF, d.h. die RLT-Anlage ist in Betrieb]).

Kurz nach Beginn der Veranstaltung steigt der CO_2 -Gehalt im Saal auf über 1.000 ppm an und erreicht das Maximum kurz vor der Pause mit rd. 1.800 ppm. Während der Pause sank die Konzentration im Saal auf rd. 1.100 ppm ab. Bis zum Ende der Veranstaltung stieg die Konzentration wieder auf bis zu 1.700 ppm an. Nach der Veranstaltung wurde die RLT-Anlage kurz nach Mitternacht außer Betrieb genommen. Die Betriebsdauer nach Veranstaltung reichte nur aus, um die

CO₂-Konzentration auf rd. 800 ppm zu senken. Das Niveau der Außenluft-CO₂-Konzentration wurde nicht erreicht.

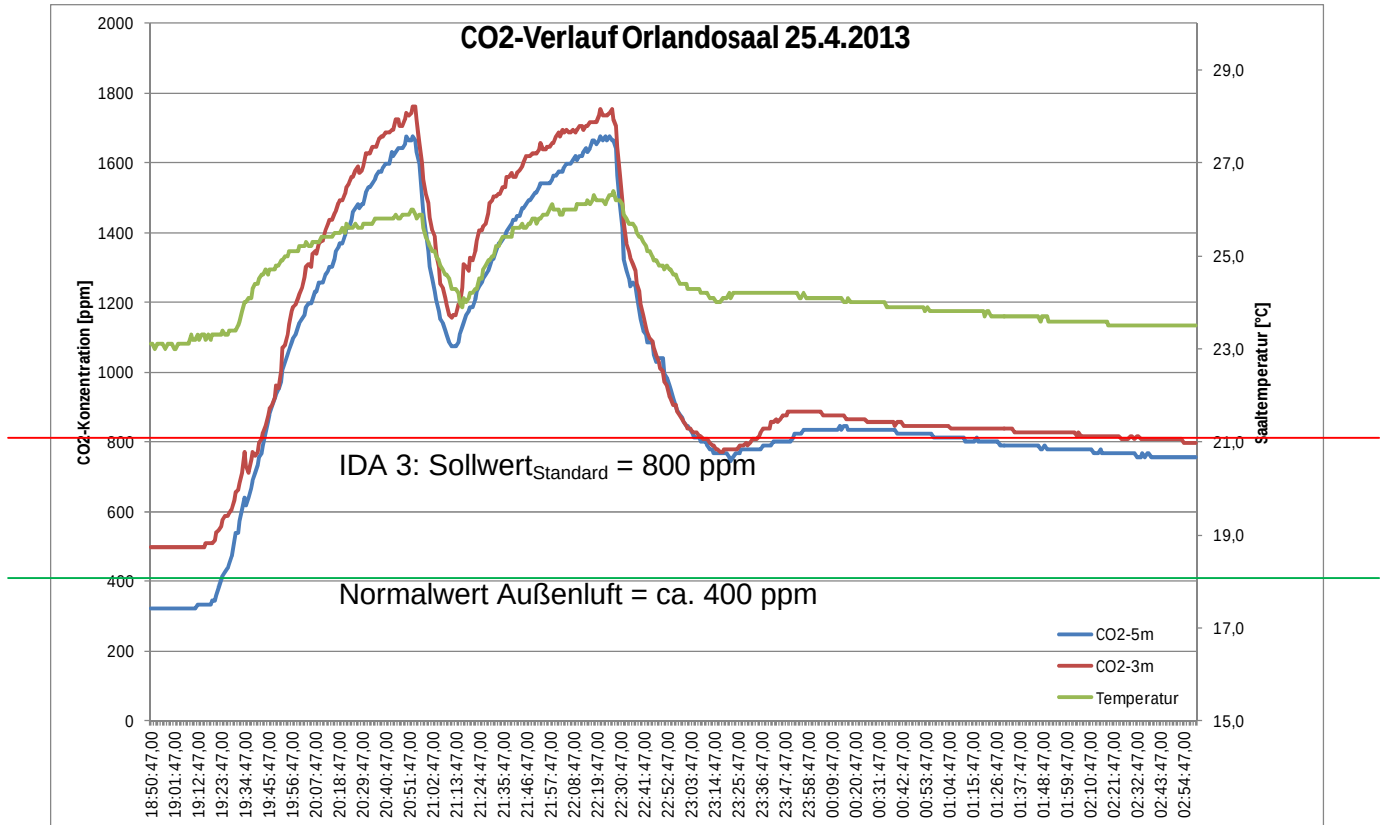


Abbildung 14: Verlauf von Temperatur und CO₂-Konzentrationen während einer Veranstaltung am 25.04.13 im Orlandosaal

Eine rechnerische Abschätzung der CO₂-Konzentration im Orlandosaal während der Veranstaltung vom 25.04.2013 führt zu dem Schluss, dass die RLT-Anlage in Stufe 2 betrieben wurde. Durch Luftmengenmessungen konnte nachgewiesen werden, dass die Stufe 2 und nicht die Stufe 1 den niedrigsten Volumenstrom fördert. Die Stufenschaltung ist so abzuändern, dass die Anlage von Stufe 1 über Stufe 2 bis Stufe 3 jeweils steigende Volumenströme erbringt.

In nachfolgender Tabelle ist ein Auszug aus den aus der Gebäudeleittechnik generierten Anlagendaten der RLT-Anlage „Orlandosaal“ wiedergegeben.

Tabelle 19: Temperaturverlauf und Stellung der Mischluftklappen im RLT-Gerät während der Veranstaltung am 25.04.2013 im Orlandosaal (Quelle: Fa. Bälz)

Datum / Zeit	Außen-Temperatur	Zuluft-Temperatur OS	AUL-Klappe	UML-Klappe	FOL-Klappe	Raum-Temperatur Mittelwert
	[°C]	[°C]				[°C]
25.04.2013 14:23	20,901	23,503	-0,095	99,104	0,004	22,206
25.04.2013 15:10	21,107	18,2	99,302	25,807	91,505	22,206
25.04.2013 15:58	21,603	21,901	99,302	11,807	93,206	22,206

Datum / Zeit	Außen-Temperatur	Zuluft-Temperatur OS	AUL-Klappe	UML-Klappe	FOL-Klappe	Raum-Temperatur Mittelwert
	[°C]	[°C]				[°C]
25.04.2013 16:46	22,107	18,101	99,302	-0,095	93,206	22,107
25.04.2013 17:33	22,801	18,605	99,302	-0,095	93,206	21,901
25.04.2013 18:21	22,801	21,901	99,302	-0,095	93,206	22,007
25.04.2013 19:09	22,503	21,504	99,302	-0,095	93,206	22,107
25.04.2013 19:57	21,801	21,305	99,5	27,401	90,505	22,206
25.04.2013 20:44	20,901	17,903	99,401	16,606	93,206	23,304
25.04.2013 21:32	20,504	18,307	99,5	5,802	93,206	23,8
25.04.2013 22:20	19,505	18,307	99,5	-0,095	93,206	23,503
25.04.2013 23:08	17,903	18,2	99,5	-0,095	93,206	24,105
25.04.2013 23:55	16,804	18,307	82,204	48,001	68,601	23,106
26.04.2013 00:43	15,507	19,802	-0,095	99,104	0,004	23,007

Die hohen CO₂-Konzentrationen während der Veranstaltung vom 25.04.2013 sind auf einen zu geringen Zuluftvolumenstrom bzw. einer zu hohen Personenzahl zurückzuführen.

In einer Höhe von 5 m wurden während der Veranstaltung niedrigere CO₂-Konzentrationen gemessen als in 3 m Höhe. Dies lässt auf eine ungenügende Lüftungseffizienz schließen (nicht die gesamte zugeführte „Frischlufte“ gelangt in den Aufenthaltsbereich).

Zur Klassifizierung der Raumluftqualität wurden im aktuellen Normenwerk vier Kategorien von IDA 1 bis IDA 4 mit fallender Qualität festgelegt. Ein Qualitätskriterium zur Beurteilung der Raumluftqualität stellt die CO₂-Konzentration dar (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Kategorisierung der Luftqualitätsklassen nach DIN EN 13779

Kategorie	CO ₂ -Gehalt über dem Gehalt der Außenluft, in ppm	
	üblicher Bereich	Standardwert
IDA 1	• 400	350
IDA 2	400 – 600	500
IDA 3	600 – 1000	800
IDA 4	> 1000	1200

Bei einer Belegung mit ca. 1000 Personen können nicht die CO₂-Konzentrationen der nach DIN EN 13779 schlechtesten Raumluftqualität eingehalten werden. Dies liegt in erster Linie an der zu hohen Personenzahl. Gemäß Funktionsbeschreibung der Fa. Prüfling war die RLT-Anlage „Orlandosaal“ für rd. 700 Personen ausgelegt. Der Volumenstrom in Stufe 3 würde ausreichen, um bei dieser Personenzahl eine Luftqualität zwischen IDA 2 und IDA 3 (zwischen mittlerer Raumluftqualität und mäßiger Raumluftqualität) zu gewährleisten. Diese Dimensionierung entsprach der zum Errichtungszeitpunkt gängigen Praxis bzw. den baurechtlichen Anforderungen.

Eine Belegung mit mehr als 700 Personen führt zwangsweise zu niedrigeren Raumlufthqualitäten. Diese könnte verbessert werden, wenn in diesem Fall zusätzlich die Anlage „Bühne“ (Anl. 11) betrieben würde.

5.4.3. Optimierung der Energieeffizienz und Einsparpotenziale

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der detaillierten Untersuchung der RLT-Anlage „Orlando-saal“ können die RLT-Anlagen auf langfristige Sicht hinsichtlich folgender Punkte optimiert werden.

5.4.3.1. Anpassung der Volumenströme an die Sollluftmenge

Im Rahmen der Luftmengenmessung sämtlicher RLT-Anlagen wurde festgestellt, dass bei einzelnen Anlagen die auf dem Typenschild der RLT-Geräte angegebenen Sollluftmengen teilweise erheblich überschritten werden. Dadurch werden die Ventilatoren mit einem relativ schlechten Wirkungsgrad betrieben. Eine stichpunktartige Plausibilitätsprüfung ergab, dass die Sollluftmengen dem tatsächlichen maximalen Bedarf entsprechen.

Durch eine Anpassung des gemessenen Ist-Volumenstrom an den tatsächlichen Bedarf bzw. die Sollluftmengen (Änderung des Übersetzungsverhältnisses Motor/Ventilator) könnte nachfolgend aufgeführter elektrischer Energieverbrauch eingespart werden.

Tabelle 21: Energieeinsparung durch Anpassung der Volumenströme

Anlagen-Nr.	Anlagen-Bezeichnung	Volumenstrom Ist (Messwert)	Volumenstrom Soll	Verbrauch Elektroenergie Ist	Einsparung Verbrauch Elektro- energie
		ZUL / ABL [m³/h]	ZUL / ABL [m³/h]	[MWh/a]	[MWh/a]
4	Restaurant	6.020 / 5.750	4.800 / 4.800	8	2,5
7	Chor / Orchesterraum	5.720 / 5.220	4.600 / 4.600	2,5	0,3
9.1	Saalfoyer	14.780 / 15.320	12.900 / 12.900	7,5	1,2
14	Kleiner Saal	7.420 / 7.310	6.500 / 6500	4	0,5
15	Kleiner Saal Foyer / Foyervorraum	8.320 / 7.470	7.200 / 6.600	4	0,5
16	Jugendbistro	6.110 / 6.640	5.100 / 4.700	3	0,3
	SUMME			29	5,3

Die mögliche Energieeinsparung beläuft sich auf rd. 5 MWh/a (850.- €/a). Bei geschätzten Kosten für die Änderung des Übersetzungsverhältnisses von ca. 300.- € je Anlage liegt die Amortisationszeit zwischen 1 Jahr und 5 Jahren. Bei den Anlagen „Restaurant“ und „Saalfoyer“ ist von einer

Amortisationszeit < 1 Jahr auszugehen. Es wird empfohlen, zumindest bei diesen Anlagen die Volumenstromanpassung vornehmen zu lassen.

5.4.3.2. Anpassung der Volumenströme an den tatsächlichen Bedarf

Die Personenanzahl bei Veranstaltungen im Orlandosaal variiert zum Teil sehr stark. In nachfolgender Abbildung ist die Verteilung der Zuschauerzahlen dargestellt.

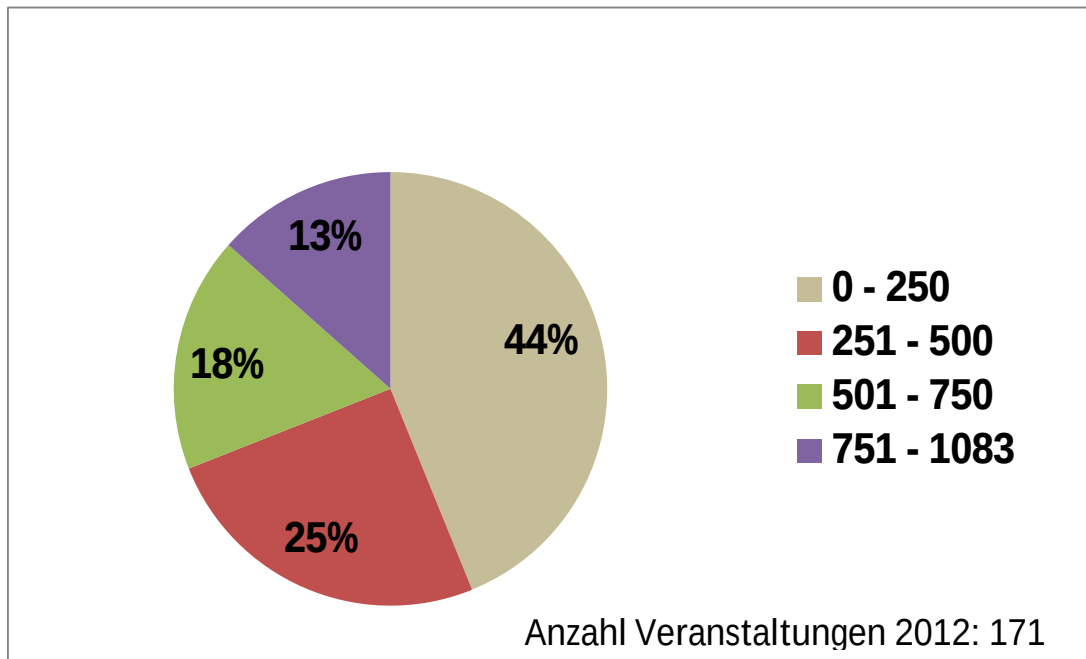


Abbildung 15: Zuschauerverteilung nach Häufigkeit in 2012

Bei der überwiegenden Anzahl der Veranstaltungen (44 %) waren max. 250 Personen anwesend. Bei mehr als 2/3 der Veranstaltungen waren max. 500 Personen anwesend. Unabhängig von den Lasten des Orlandosaals (Heiz- oder Kühllast) könnte zumindest der Außenluftanteil der Anlage in Abhängigkeit der Personenanzahl gesteuert werden. Mit sinkender Personenanzahl könnte der Außenluftanteil reduziert werden und sowohl Wärmeenergie (Winter) als auch Kälteenergie (Sommer) eingespart werden. Die Steuerung des Außenluftanteils sollte automatisch über die Messung der CO₂-Konzentration (z.B. im Abluftkanal) erfolgen.

Bis zu einer Personenanzahl von 250 sollte es ausreichend sein, die RLT-Anlage mit dem geringsten Volumenstrom zu betreiben (aktuell Stufe 2). Der Außenluftanteil könnte auf rd. 40 % reduziert werden. Dadurch können bis zu 40 MWh/a (ca. 1.400.- €/a) an Heizenergie eingespart werden. Die Amortisationszeit sollte unter 5 Jahren liegen.

Energetisch sinnvoller wäre es, nicht den Außenluftanteil sondern die geförderte Luftmenge an sich zu reduzieren. Die Luftmengenanpassung erfolgt dabei ebenfalls über Messung der CO₂-Konzentration. Da eine reduzierte Luftmenge Auswirkungen auf die Eindringtiefe der Zuluft (verstellbare und verschließbare Lamellengitter sind vorhanden) hat, müsste in Abhängigkeit des Volumenstroms die Anzahl der beaufschlagten Gitter angepasst werden. Unter der Voraussetzung, dass die Steuerung der Lamellengitter in Takt ist, sind zur Umsetzung der Maßnahme fast aus-

	TÜV SÜD Energieeffizienz - Potenzialanalyse			
		Seite:	52 von 66	
		Rev.01	15.07.2013	

schließlich Programmierarbeiten erforderlich (mit Ausnahme der Installationsarbeiten für den CO₂-Sensor). Es sind Einsparungen an Energiekosten in Höhe von bis zu 3.000.- €/a zu erwarten. Die Amortisationszeit wird weniger als 5 Jahre betragen.

5.4.3.3. Reduzierung der Laufzeiten der Lüftungsanlagen

Die Lüftungsanlagen mit dem größten Energieverbrauch werden weitgehend manuell in Betrieb genommen und auch wieder manuell ausgeschaltet. Aufgrund der Erfahrung der Techniker der Stadthalle mit dem Betrieb der Anlagen wird vorausgesetzt, dass dieser unter Beachtung energetischer Gesichtspunkte erfolgt (z.B. Stufenwahl der Anlagen). Die Aussagen der Mitarbeiter vor Ort bestätigen diese Annahme.

Eine nennenswerte Reduzierung des Energieverbrauchs durch Anpassung der Betriebszeiten, ist daher nur bei RLT-Anlagen möglich, die z.B. über Zeitprogramm automatisch betrieben werden. Dies betrifft insbesondere folgende Anlagen:

- Anlage „Müllraum“ (Anl. 6): Anstatt des Müllraums wurde ein Kühlraum eingerichtet. Die Entlüftung des Kühlraums ist kontraproduktiv, da dadurch „warme“ Luft in den Kühlraum gezogen wird. Die Anlage kann stillgelegt werden.
- Anlage „Abluft WC“ (Anl. 9.2): Die Abluft wird aktuell unabhängig von Veranstaltungen in Stufe 2 betrieben (18 h/d). In veranstaltungsfreien Zeiten könnte die Anlage in Stufe 1 einen reduzierten Volumenstrom fördern. Da die WC-Räume ohnehin odoriert werden, wird empfohlen, zu erproben, ob die Anlage in veranstaltungsfreien Zeiten ist komplett ausgeschaltet werden kann.
- Anlage „Lager“ (Anl. 12): Die Be- und Entlüftung der Lagerräume erfolgt aktuell 8 Stunden pro Tag. Da sich in den Lagerräumen nicht ständig Personen aufhalten, könnte die Laufzeit der Anlage mindestens halbiert werden.
- Anlage „Tiefgarage“ (Anl. 19): Seit längerer Zeit finden Untersuchungen statt, ob auf die maschinelle Lüftung der Tiefgarage verzichtet werden kann. Bei einem positiven Untersuchungsergebnis kann die Abluftanlage deaktiviert werden.
- Türluftschleier in den Windfängen (Anl. 27, 27.1, 27.2). Die Türluftschleier werden aktuell über Raumthermostate bzw. Raumfühler gesteuert. Aus energetischen Gründen sollten diese Anlagen nur bei Veranstaltungen bzw. bei starker Frequentierung des Gebäudes betrieben werden. Dadurch lässt sich eine Reduzierung der Laufzeiten von bis zu 300 h/a je Anlage erzielen.

Die erzielbaren Einsparungen sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 22: Energieeinsparung durch Reduzierung der Laufzeiten

Anlagen-Nr.	Anlagen-Bezeichnung	Betriebszeit aktuell [h/a]	Betriebszeit reduziert [h/a]	Verbrauch Elektroenergie Ist [MWh/a]	Einsparung Verbrauch Elektro- energie [MWh/a]
6	Abluft Müllraum	8.760	0	0,9	0,9
9.2	Abluft WC	Stufe 2: 6.300 Stufe 1: 0	Stufe 2: 3.000 Stufe 1: 3500	1,6	0,6
12	Lager	2.800	1.400	6,5	3,2
19	Tiefgarage	170 + 85	0	1	1
27	2 x Türluftschleier Eingang	2 x 600	2x 350	0,6	0,2
27.1	Türluftschleier Verwaltung	600	300	0,3	0,2
27.2	Türluftschleier Tiefgarage	600	350	0,2	0,1
	SUMME			10,1	6,2 (rd. 1.050.- €/a)

Da die Änderung der Laufzeiten nur eine Änderung der Programmierung bedingen, sind Amortisationszeiten von << 5 Jahre zu erwarten.

5.4.3.4. Änderung der Antriebsart der Ventilatoren

Die Ventilatoren der RLT-Anlagen werden bis auf wenige Ausnahmen (z.B. Abluft WC) über Keilriemen angetrieben. Ein Wechsel von Keilriemen auf Flachriemen hätte eine Wirkungsgradverbesserung von rd. 2 % zur Folge. Aufgrund der relativ geringen Betriebsstunden der RLT-Anlagen werden sich mit Ausnahme der Anlage „Orlandosaal“ (Anl. 10) keine vertretbaren Amortisationszeiten (< 10 Jahre) ergeben. Die Änderung des Antriebs an der Anlage „Orlandosaal“ lässt eine Einsparung an elektrischer Energie von bis zu 0,5 MWh/a (rd. 80.- €/a) erwarten. Aufgrund der relativ geringen Einsparung wird eine Änderung des Antriebs nicht empfohlen, da aufgrund des Alters der Anlagen die Gefahr von Spätschäden (z.B. Lagerschaden) besteht.

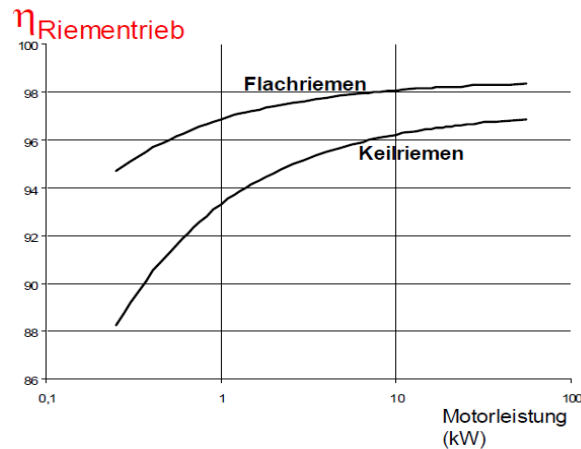


Abbildung 16: Wirkungsgradvergleich Keilriemen - Flachriemen

5.4.3.5. Verbesserung der Wärmerückgewinnung

Durch eine Erhöhung des Wirkungsgrades der Wärmerückgewinnung (insbesondere an den Anlagen mit KVS-System) könnte sowohl Wärme- als auch Kälteenergie eingespart werden.

In untenstehender Abbildung sind die Rückwärmzahlen unterschiedlicher Wärmerückgewinnungssysteme dargestellt.

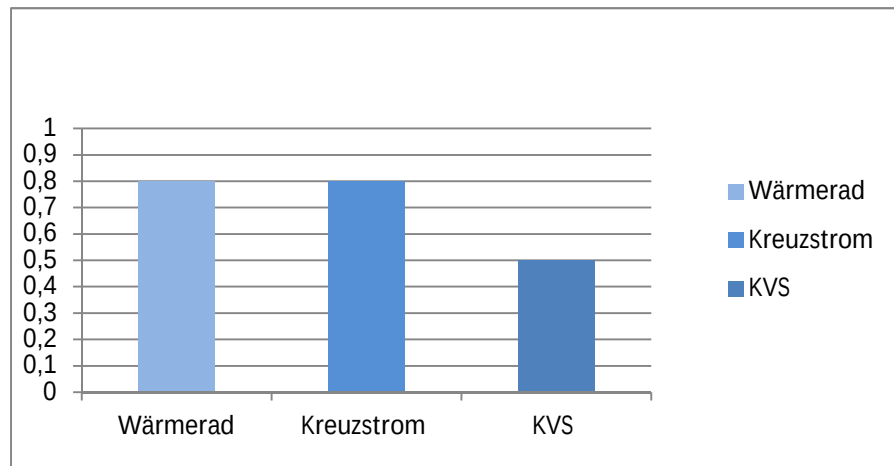


Abbildung 17: Vergleich der Rückwärmzahlen unterschiedlicher WRG-Systeme nach VDI 2071

Aufgrund der geringen Laufzeiten der RLT-Anlagen lässt sich eine Erneuerung der Wärmerückgewinnung vermutlich nicht wirtschaftlich darstellen.

Die Anlage „Orlandosaal“ (Anl. 10) weist zwar die höchsten Laufzeiten der Liegenschaft auf. Aufgrund der Lüftungsgerätekonzeption und der Platzverhältnisse in der Lüftungszentrale wäre es in diesem Fall vermutlich nur möglich, das vorhandene KVS-System wiederum durch ein KVS-System mit besserem Wirkungsgrad auszutauschen. Dadurch wäre eine Wirkungsgraderhöhung von max. 10 % möglich. Dies entspräche einer Heizeneinsparung von max. 30 MWh/a

(rd. 1.000.- €/a). Für den Orlandosaal wird empfohlen die Wirtschaftlichkeit näher zu untersuchen. In Anbetracht des Alters der Anlage sollte die Amortisationszeit < 5 Jahre betragen.

5.4.3.6. Einsatz von Ventilatoren/Motoren mit verbesserten Wirkungsgrad

Da die Lüftungsanlagen relativ geringe Laufzeiten aufweisen, ist es nicht empfehlenswert, sofort auf energieeffizientere Ventilatoren– und Antriebstechnik umzurüsten. Im Falle eines Defekts sollte jedoch auf den Einsatz energieeffizienter Komponenten geachtet werden.

5.4.4. Zusammenfassung der Maßnahmen – RLT-Anlagen

Tabelle 23: Maßnahmen RLT-Anlagen

Spezifikation	Maßnahme	Einspar- potenzial Wärme/ Kälte [MWh/a]	Einspar- potenzial Strom [MWh/a]	Amortisationszeit [Jahre]			Umsetz- barkeit
				< 5	< 10	> 10	
Regelung & Steuerung	Erhöhung des Umluftanteils Orlandosaal durch Integration einer CO ₂ -Steuerung	40	-	x			Yellow
	Anpassung des Volumenstroms an Nutzung Orlandosaal durch Integration einer CO ₂ -Steuerung	40	7	x			Yellow
	Reduzierung der Laufzeiten der RLT Anlagen	0,5	6	x			Green
Luftvolumenstrom	Anpassung Volumenstrom an Sollluftmenge	1	5	x			Green
Druckverluste	Einbau druckverlustarmer Komponenten	-	<1			x	Red
Ventilatoren	Änderung der Antriebsart von Keilriemen auf Flachriemen	-	1	x			Yellow
	Direkter Ventilatorantrieb ohne Keilriemen	-	4			x	Red
Wärmerückgewinnung	Reduzierung und Anpassung der Abschalttemperatur bzw. Laufzeit der KVS Pumpe	-	0,5	x			Green
	Einbau eines hocheffizienten WRG-Systems	30	-		x		Red

5.5. Allgemeine Stromverbraucher

5.5.1. Dachrinnenheizung

Die Stadthalle Germering ist mit einer Dachrinnenheizung ausgestattet.

5.5.1.1. Energetische Ist-Situation

Die Dachrinnenheizung weist Anschlussleistungen zwischen 6-12 kW auf. Laut Aussage der betreuenden Elektrofirma (Hr. Heindl) war 2012 die Regelung der Heizung defekt, was im ungünstigsten Fall zu einem ganzjährigen Dauerbetrieb führte. Der Energieverbrauch im Jahre 2012 wurde von uns dadurch auf ca. 79 MWh geschätzt bei einer mittleren Leistungsaufnahme von 9 kW und 8760 Betriebsstunden.

Nach Auskunft der Stadthalle wurde die fehlerhafte Regelung durch die Elektrofirma bemerkt und sofort außer Betrieb genommen.

5.5.1.2. Optimierung der Energieeffizienz und Einsparpotentiale

Unter der Voraussetzung einer ordnungsgemäß funktionierenden Regelung der Dachrinnenheizung kann durch optimierte Einschaltzeiten (z.B. ab Außentemperaturen $T_{\text{Außen}} < 1 \text{ °C}$) der Energiebedarf verringert werden. Im Jahre 2012 war dies an 121 Tagen der Fall und würde zu einer theoretischen Laufzeit der Dachrinnenheizung von ca. 3000 h führen. Bei voller Leistungsaufnahme würde dadurch ein Energieverbrauch in Höhe von ca. 36 MWh entstehen. Verglichen mit dem Energieverbrauch von 79 MWh im Jahr 2012 ergibt das eine Einsparung von 43 MWh/a.

5.5.2. Hygrostatischer Entfeuchter

Die Stadthalle betreibt einen hygrostatischen Entfeuchter in der Sprinklerzentrale, da diese nicht belüftet ist, und durch die hohe Luftfeuchtigkeit im Raum Schimmel- bzw. Feuchtigkeitsprobleme entstehen können.

5.5.2.1. Energetische Ist-Situation

Der Hygrostatische Entfeuchter wird über einen Raumfeuchtefühler betrieben (65 % rel. Feuchte). Bei einer Leistungsaufnahme von ca. 1500 W ergibt das einen Energieverbrauch von 5 MWh/a.

5.5.2.2. Optimierung der Energieeffizienz und Einsparpotentiale

Es sollte überprüft werden, ob es möglich ist, eine natürliche Belüftung durch Lüftungsgitter in den Türen oder die Anbindung an eine Abluftanlage möglich ist. Dadurch könnten 5 MWh/a an Energie eingespart werden.

5.5.3. Beleuchtungstechnik

5.5.3.1. Beschreibung der Anlagen und Systeme

Die Stadthalle Germering wird größtenteils über konventionelle Leuchtmittel beleuchtet. Die Art der Nutzungen in der Stadthalle reicht von Verkehrsflächen über Tagungs- und Veranstaltungsräume.

Der „Lichtriegel“ in der Glasfuge, welcher hauptsächlich der Effektbeleuchtung abends und während Veranstaltungen dient, ist mit 70W HQL bestückt. Die Tagungsräume sind mit T5 und getrennt schaltbaren Direkt/Indirekten Pendelleuchten mit Konstantlichtregelung bestückt. Diese Leuchten verfügen über Soft-Start.

Die Saalbeleuchtungen (Orlandosaal und Amadeus-Saal) sind mit NV-Halogen-Downlights á 50 W und Pendelleuchten mit 150 W HQL und 205 W HV-Halogen bestückt.

Die Tiefgarage ist mit T8 Leuchtstoffröhren und KVG, bzw. teilweise VVG ausgestattet. Die Beleuchtung tagsüber erfolgt mit etwa einem Viertel der gesamten installierten Beleuchtungsleistung der Tiefgarage. Nachts kommen zusätzlich noch Downlights zum Einsatz. Die Treppenhausbeleuchtung in der Stadthalle erfolgt teilweise schon mit LED-Technik.

Die Beleuchtung trägt mit ca. 8 – 14 kW (Tag/ Nacht) einen Großteil zur Grundlast von 25 kW der Stadthalle bei.

5.5.3.2. Energetische Ist-Situation

Für die Bestimmung des Stromverbrauchs der Beleuchtung sind die Leuchtmittel sowie deren Nutzungsstruktur während einer Vor-Ort-Begehung aufgenommen worden. Eine Zusammenstellung der gesamten Leuchtmittel ist in Tabelle 24 dargestellt. Diese erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es können Abweichungen der Randbedingungen zum tatsächlichen Zustand auftreten.

Tabelle 24: Zusammenstellung der Leuchtmittel und Abschätzung des Energieverbrauchs

Bezeichnung Beleuchtungsbereich	TG Tag T8 Röhren	TG Nacht T8 Röhren	TG Nacht (Downlights)	Glasfuge (Abends)	Flure
Durchschnittliche tägliche Nutzungszeit [h]	16	8	8	6	8
Betriebszeit pro Jahr [h]	5.110	2.920	2.920	2.190	2.920
Anzahl der Leuchtmittel	25	75	30	40	30
Art / Bezeichnung Leuchtmittel	T8	T8	CL	HQL	Kompakt
elektr. Leistung Leuchtmittel [W]	58	58	13	70	13
Installierte Leistung [kW]	1,5	4,4	0,8	2,8	0,3
Energieverbrauch IST [MWh/a]	9	14	2,5	6,7	0,9

Bezeichnung Beleuchtungsbereich	Bühne (allg.)	Säle	Ta- gung	Notbe- leuch- tung	Verwaltung (inkl. EDV)	Orlandosaal (Saalbe- leuchtung)	Orlan- dosaal - Bühne
Durchschnittliche tägliche Nut- zungszeit [h]	1	2	4	24	9	5	4
Betriebszeit pro Jahr [h]	365	730	1.278	8.760	3.285	850	680
Anzahl der Leuchtmittel				120			
Art / Bezeichnung Leuchtmittel	Pausch.	Pausch	T5	LED	Komp. / T8	HQI/ Hal.	
elektr. Leistung Leuchtmittel [W]				2,0			
Installierte Leistung [kW]	15	19	1,0	0,2	5,6	19	65
Energieverbrauch IST [MWh/a]	6,0	15	1,3	2,3	20,2	14	49

Insgesamt verursacht die Beleuchtung mit ca. 152 MWh rund 26% des gesamten Stromverbrauchs der Stadthalle. Die Beleuchtung ist damit der größte Verbraucher in der Liegenschaft. Dabei spielt die Beleuchtung des Orlandosaals eine wesentliche Rolle. Die Bühnenbeleuchtung hat eine sehr hohe installierte elektrische Leistung in Höhe von ca. 65 kW, welche jedoch nur an geschätzten 680 h pro Jahr in Betrieb ist. Der Energieverbrauch für die Bühnen- und Saalbeleuchtung kann jedoch in der Realität von dem hier ermittelten Wert abweichen, da die Einricht- und Einschaltzeiten bei Veranstaltungen wesentlich höher sein können, als im Mittel angenommen. Weiterhin sind die Abend-/ Effektbeleuchtung der Glasfuge und die nächtliche Beleuchtung der Tiefgarage einer der Hauptverbraucher.

5.5.3.3. Optimierung der Energieeffizienz und Einsparpotenziale

Die Beleuchtungstechnik birgt im Bereich der Sicherheitsbeleuchtung (Tiefgarage) und der Effektbeleuchtung der Glasfuge am Abend ein hohes Einsparpotential.

Durch Umrüstung auf LED im Tiefgaragenbereich und durch Umrüsten der Glasfugenbeleuchtung in Verbindung mit Konstantlichtregelung und Präsenzerfassung kann hier bis zu 70 % des bisher dafür nötigen Stromverbrauchs eingespart werden.

Außerdem verringert sich durch diese Umrüstung der Glasfugenbeleuchtung der Kühlbedarf im Sommer.

Durch die Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen kann die Grundlast der Stadthalle um bis zu 10 kW (nachts) abgesenkt werden.

Bei einer geplanten Umrüstung sind immer die benötigten Randbedingungen (Beleuchtungsstärke, Lichtfarbe, etc.) vorab zu klären und durchzuplanen. Gerade bei der Beleuchtung der Glasfuge sollte das Beleuchtungskonzept überarbeitet werden. Generell gibt es bereits LED-Substitute für nahezu alle Anwendungsbereiche. Generell ist auch zu prüfen, ob die Zentraldimmeranlage der Stadthalle Germering mit der neuen Technik funktionieren würde.

Es ist nicht empfehlenswert, einzelne Leuchten bei Ausfall auf LED- Umrüsten, da dies ein sehr fleckiges und inhomogenes Lichtbild ergeben würde. Eine sukzessive Umrüstung einzelner abgegrenzter Beleuchtungsbereiche ist dagegen durchaus zu prüfen.

Vom derzeitigen Energieverbrauch können ca. 30 MWh an elektrischer Energie durch Umrüstung auf LED, bzw. bei der Leistungsminimierung bei der Glasfugenbeleuchtung in Verbindung mit Präsenzerfassung und Konstantlichtregelung, eingespart werden. Monetär bewertet sind das ca. 4.800 € Kostenersparnis bei einem Strompreis von 0,14 €.

Nach einer Kostenabschätzung für die Umrüstung ergeben sich Amortisationszeiten zwischen 4 und 14 Jahren. Bei der Umrüstung der Flure ist bedingt durch den geringen Energieverbrauch mit längeren Amortisationszeiten zu rechnen. Je länger die Einschaltzeiten des Beleuchtungsbereiches sind, umso schneller amortisiert sich eine Investition in eine LED- und Regelungstechnik-Umrüstung.

5.5.4. Zusammenfassung der Maßnahmen

Tabelle 25: Maßnahmen Optimierung Stromverbraucher

Maßnahme	Einspar- potenzial [MWh/a]	ROI [Jahre]			Umsetz- barkeit
		< 5	< 10	> 10	
Optimierung Einschaltzeiten der Dachrin- nenheizung	43 _{el}	x			
Stilllegung Hygrostatistischer Entfeuchter	5 _{el}		x		
Umrüstung auf LED in der Tiefgarage	17 _{el}		x		
Reduktion der Beleuchtung / Umrüstung der Glasfuge (Neuplanung nötig)	12 _{el}			x	
Umrüstung der Flurbeleuchtung auf LED	1 _{el}			x	

5.6. Gebäudehülle

Für die Ermittlung der Verbrauchsdaten über die Gebäudehülle, wie auch für die Ermittlung der Einsparpotenziale an der Gebäudehülle sind im ersten Schritt die Transmissionswärmeverluste über die Gebäudehülle festzustellen und durch entsprechende Maßnahmen im Verbrauch zu reduzieren.

Weiter werden die solaren Zugewinne durch die transparenten Bauteile berücksichtigt.

Die Lüftungswärmeverluste werden im Rahmen der Analyse nicht betrachtet.

Auf Grundlage der reduzierten Verbrauchsdaten der Transmissionswärmeverluste über die Gebäudehülle, wie auch die reduzierten solaren Zugewinne über die transparenten Bauteile der Gebäudehülle werden die Einsparpotenziale bestimmt.

Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile der Gebäudehülle können teilweise nicht zerstörungsfrei ermittelt werden. Somit wurden im Rahmen der integralen Betrachtung die erforderlichen Wärmedurchgangskoeffizienten der einzelnen Bauteile nach Wärmeschutzverordnung angenommen, und im Rahmen der Vor-Ort Besichtigung auf Plausibilität überprüft.

Aufgrund hoher Investitionskosten bei einer energetischen Sanierung der Gebäudehülle wurde mit dem Auftraggeber vereinbart, die Gebäudehülle zwar im Rahmen der integralen Betrachtung, aber nicht im Rahmen von aufwendigen baulichen Verbesserungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

5.6.1. Beschreibung der Gebäudehülle

Die in der Abbildung farblich hinterlegten repräsentativen Gebäudeteile werden für die Ermittlung der Energieverluste wie auch Ermittlung der Einsparpotenziale berücksichtigt. Diese Gebäudeteile bilden die Systemgrenze der Gebäudehülle.

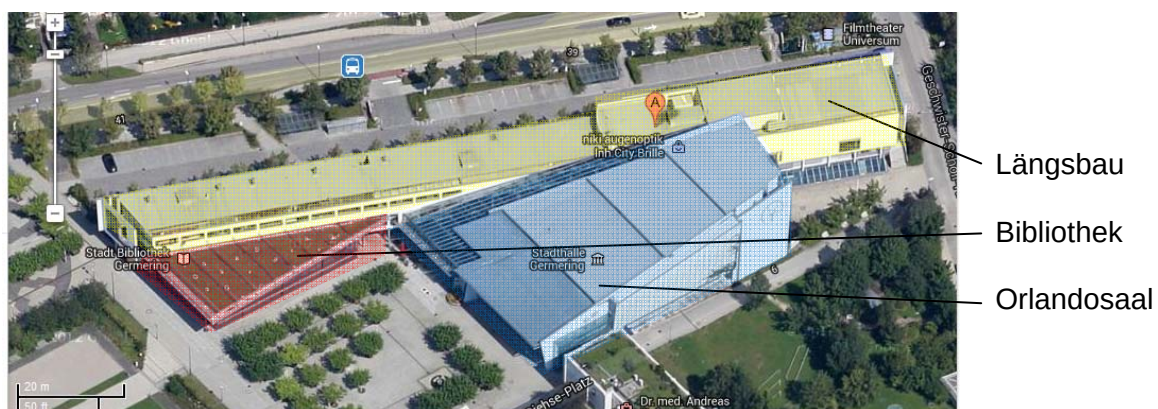


Abbildung 18: Hüllflächen der repräsentativen Gebäudeteile
(Quelle: Google Maps)

Die Liegenschaft ist zum Zeitpunkt der Betrachtung ca. 20 Jahre in Betrieb und weist eine dem Baujahr entsprechende Architektur (hier: spezielle Geometrie und Kubatur und hoher Verglasungsanteil) und Ausführung der Außenbauteile auf.

Die Stadthalle wurde in Ziegel bzw. Beton-Bauweise erstellt. Bei den Pfosten-, Riegelfassaden handelt es sich überwiegend um thermisch nicht getrennte Stahlprofilsysteme. Die Verglasungen sind generell als 2-fach-Verglasung ausgeführt.

Je nach Funktion und Fassaden-Ausrichtung wurden unterschiedliche Verglasungen eingesetzt. Isolierverglasungen, Wärmeschutzverglasungen, wie auch Schallschutzverglasungen kamen zum Einsatz.

Die Stadthalle verfügt über einen außenliegenden Sonnenschutz, welcher manuell angesteuert werden kann.

Das Dach der Stadthalle ist überwiegend als Blechdach ausgeführt, stellenweise aber auch als Flachdach bzw. schräges Glasdach.

Gebäudeabmessungen:

Grundfläche: ca. 3570 m²

Nutzfläche: ca. 7300 m² (aus Raumauflistung Stadthalle, Tabelle 26, erstellt durch TÜV SÜD, aus Plänen ausgelesen)

Tabelle 26: Raumauflistung Stadthalle Germering

Raum	Geschoss	m ²	Kommentar
Orlandosaal	EG	920	aus Plan entnommen
Restaurant	EG	173	aus Plan entnommen
Küche	EG	100	aus Plan entnommen
Verwaltung	EG	130	aus Plan entnommen
Foyer	EG	475	aus Plan errechnet
Lena Christ Saal	OG1	163	aus Plan entnommen
Franz-Defregger-Saal	OG1	112	aus Plan entnommen
Jazzlounge	OG1	50	aus Plan entnommen
Amadeus-Saal	OG1	450	aus Plan errechnet
2.OG Nachtsyl, Technik	OG2	300	aus Plan errechnet
Kino	OG2	160	aus Plan errechnet
3. OG Technik	OG3	200	aus Plan errechnet
sonstige Verkehrsflächen	Allgemein	800	aus Plan entnommen
Auerbachkeller	UG	230	aus Plan entnommen
Lager / Technik	UG	3000	aus Plan errechnet
SUMME		7263	

5.6.2. Energetische Ist-Situation

Die repräsentativen Gebäudeteile der Stadthalle wurden 1993 errichtet.

Für die Stadthalle galten somit die Vorschriften zum Mindestwärmeschutz nach der Wärmeschutzverordnung 1984. Der Gültigkeitszeitraum der Verordnung war von 01.01.1984 bis 31.12.1994. Bereits im Jahr 1995 wurden mit der neuen Wärmeschutzverordnung verschärfte Anforderungen an den Mindestwärmeschutz der Gebäudehülle gestellt.

Gerade die Dämmeigenschaften der Gebäudehülle hat sich in den letzten Jahren mit der Einführung der Wärmeschutzverordnung 1995, der Energieeinsparverordnung 2002 und 2009 entscheidend verbessert.

Die Anforderung nach der Wärmeschutzverordnung 1984 an den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten $k_{m,W+F}$ für einzelne Außenbauteile von Gebäuden, deren Grundriss ein Quadrat mit einer Seitenlänge von 15 m umschreibt, beträgt maximal $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Nach heutigem Standard (Energieeinsparverordnung 2009) ist der Höchstwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust H'_T von ca. $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ bis $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$ einzuhalten.

Für das Betreiben der Stadthalle wurden im Jahr 2012 1.330 MWh an Heizenergie (Nutzenergie, ohne Warmwasserbereitung) verbraucht.

Viele Verglasungen wurden als Wärmeschutzverglasungen ausgeführt. Diese erreichen aufgrund einer low-E Beschichtung niedrigere Wärmedurchgangskoeffizienten. Teilweise sind die k-Werte (Angabe für die Wärmedurchgangskoeffizienten bis 2002) für die Verglasungen mit $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ angegeben. Dies entspricht einem heutigem U_g - Wert von ca. $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Somit entspricht die Gebäudehülle dem damaligen energetischen Standard.

Transmissionswärmeverluste:

Es wird angenommen, dass der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient $k_{m,W+F}$ einen Wert von $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ nach Wärmeschutzverordnung 1984 erreicht.

Die eingebauten 2-fach-Wärmeschutzverglasungen besitzen eine low-E Beschichtung im Scheibenzwischenraum. Diese Verglasungen erreichen somit einen U_g - Wert von $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Isolierverglasungen ohne low-E Beschichtung erreichen einen U_g - Wert von $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Der U_g - Wert der Schrägverglasung erreicht in der Praxis einen wesentlich schlechteren Wert. Aufgrund des geneigten Scheibenzwischenraums ändern sich die Konvektionsströme im Scheibenzwischenraum, was je nach Neigungswinkel zur Verschlechterung des U_g - Wertes führt.

Es wird angenommen, dass die Fassadenprofile thermisch ungetrennt sind. Die thermisch ungetrennten Fassadenprofile erreichen je Innenkastenhöhe und Füllungsdicke einen $U_{t,m}$ - Wert von ca. 4 bis $6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Thermisch ungetrennt bedeutet, dass im Bereich der Dämmzone keine Dämmeinlagen, bzw. niedrig emittierende Oberflächen (metallisch blanke Pressleiste) vorhanden sind.

Die Profile sind somit die größte thermische Schwachstelle in der Gebäudehülle. Aufgrund der nicht vorhandenen Trennung (keine Dämmeinlage im Bereich der Dämmzone, keine niedrig Emittierende Oberfläche im Bereich der Dämmzone) der Profile entsteht nahezu keine Temperaturschichtung innerhalb der Rahmenprofile. Bei kalten Außentemperaturen kühlen die Rahmenoberflächen auf der Innenseite unter die Taupunkttemperatur ab. Die Gefahr der Tauwasserbildung ist somit gegeben.

Um das Abkühlen der Bauteiloberflächen und damit den Tauwasseranfall zu reduzieren, wird unter Energieaufwand die Fassade beheizt. (siehe Abbildung 19)



Abbildung 19: Fassadeheizung zur Reduzierung der Tauwasserbildung

Solare Zugewinne:

Es wird angenommen, dass es sich bei den eingebauten 2-fach-Verglasungen um Sonnenschutzverglasung, mit Ausnahme der Nordfassade, handelt. Der Gesamtenergiedurchlassgrad g kann bei Sonnenschutzverglasungen ohne zusätzlichem Sonnenschutz mit ca. 0,3 angenommen werden. Bei den Verglasungen ohne Sonnenschutzfunktion wird ein Gesamtenergiedurchlassgrad g von ca. 0,6 erreicht.

Unter der Verwendung von Sonnenschutzverglasungen kann der Energieeintrag der außen anstehenden Strahlungsenergie somit auf ca. 30 % reduziert werden. Ohne Sonnenschutzverglasungen beträgt der Energieeintrag 60 %. Bei einer außen anstehenden Strahlungsenergie von bis zu 1000 W/m^2 werden entsprechend 300 W/m^2 bzw. 600 W/m^2 in das Gebäude eingetragen.

Teilweise sind regelbare Sonnenschutzeinrichtungen an den transparenten Flächen angebracht. Siehe auch Kapitel 5.3.3.1.

Der Energieeintrag kann somit entsprechend bei hohen Außentemperaturen und hoher Strahlungsenergie zusätzlich reduziert werden, dies führt zur Reduzierung der Kühllast.

Teilweise fehlen Sonnenschutzeinrichtungen (Schrägglassdach zwischen Längsbau und Orlando-saal) vollständig.

5.6.3. Optimierung der Energieeffizienz und Einsparpotenziale

Durch eine energetische Sanierung der Gebäudehülle könnten die Transmissionswärmeverluste reduziert werden.

Der Austausch der Verglasung in die vorhandenen Rahmenprofile ist nur bedingt zu empfehlen, da die Rahmenprofile aufgrund der fehlenden thermischen Trennung gesamtheitlich betrachtet einen zu hohen Transmissionswärmeverlust aufweisen.

Sollten Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle durchgeführt werden, sind die Anforderungen der EnEV 2009 einzuhalten.

Demnach müssten die Maßnahmen mindestens folgende Anforderungen erfüllen:

- Auf den Außenwänden ist eine Dämmung der Dicke von mindestens 14 cm und einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von mindestens 0,035 W/mK anzubringen.
Dadurch kann der U-Wert der Wand auf 0,24 W/m²K reduziert werden.
- Auf den Flachdächern ist eine Dämmung der Dicke von mindestens 18 cm bei gleichem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit anzubringen.
Dadurch kann der U-Wert des Dachs auf 0,20 W/m²K reduziert werden.

Weiter sind Fenster mit einem U Wert von maximal 1,3 W/m²K einzubauen.

Weiter sind Fassaden mit einem U Wert von maximal 1,4 W/m²K einzubauen.

Durch diese Maßnahmen würden die Anforderungen der EnEV 2009 eingehalten.

Aufgrund der hohen Investitionen bei Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle ist bei allen beschriebenen Maßnahmen eine Amortisation der Investition erst nach mehr als 10 Jahren zu erwarten. Hier ist die noch zu erwartende Nutzungsdauer der Stadthalle mit einzubeziehen.

Das Nachrüsten fehlender Verschattungseinheiten wird empfohlen. Durch das Anbringen von außenliegenden Verschattungseinheiten kann der g-Wert und die damit anfallende Kältelast um bis zu 90 % reduziert werden.

6. Zusammenfassung

Die Liegenschaft der Stadthalle Germering wurde im Rahmen einer Untersuchung und in mehreren Vor-Ort-Begehungen im Zeitraum zwischen Januar und Juni 2013 von TÜV SÜD bezüglich des energetischen Zustandes untersucht. Die Energieeffizienz-Analyse ist in dem vorliegenden Bericht dargestellt. Die wesentlichen Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst.

Der Zustand der Gebäudehülle und der gebäudetechnischen Anlagen entspricht im Wesentlichen dem zum Zeitpunkt der Errichtung (ca. 1991/1992) üblichen energetischen Standard. Aufgrund der Architektur und Kubatur des Gebäudes (hoher Glasanteil und baujahrtypische Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile) sind der Reduktion des Heizwärmebedarfs und der äußeren Kühllasten enge Grenzen gesetzt. Maßnahmen an der Gebäudehülle wurden deshalb bis auf die Optimierung des Sonnenschutzes und einem langfristig notwendigen Austausch von Verglasungen im Rahmen dieser Untersuchung nicht weiter betrachtet.

Als Hauptenergieverbraucher der Stadthalle Germering wurden im Bezugsjahr 2012 festgestellt (auf Grundlage von teilweisen Messungen und Abschätzungen):

1. Strom: ca. 600 MWh laut Stromabrechnung der Stadthalle
 - Beleuchtung: ca. 150 MWh
 - Kälteanlage: ca. 100 MWh
 - Lüftungsanlagen: ca. 80 MWh
 - Dachrinnenheizung: ca. 80 MWh (erhöhter Verbrauch in 2012 wegen defekter Regelung)
2. Wärme (Erdgas): ca. 1.700 MWh laut Gasabrechnung der Stadthalle
 - Beheizung Stadthalle: ca. 900 MWh
 - Beheizung Bibliothek, Gastro: ca. 250 MWh
 - Kindergarten ca. 100 MWh
 - Warmwasserbereitung: ca. 70 MWh
 - Beheizung Wohnungen: ca. 45 MWh

Die technischen Anlagen befinden sich in einem guten gebrauchstauglichen Zustand. Auch wenn die rechnerische Nutzungsdauer weitgehend abgelaufen bzw. überschritten ist, kann aufgrund der regelmäßigen Wartung davon ausgegangen werden, dass die Anlagen für weitere ca. 5 bis 10 Jahre betrieben werden können und kurzfristig keine größeren Investitionen zwingend notwendig werden. Mittelfristig (ab ca. 2018) steht jedoch die Erneuerung der Wärmeversorgung an. Sofern bis dahin die Entscheidung der Stadtwerke für Geothermie gefallen ist, wird es insbesondere unter ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll sein, den Anschluss an das Nahwärmenetz/Geothermie durchzuführen. Die Wirtschaftlichkeit kann nach Feststehen der Lieferkonditionen untersucht werden. Neben der Nutzung der Geothermie sind prinzipiell weitere Optionen der künftigen Wärmeversorgung der Stadthalle denkbar. Diese sind im Kapitel Wärmeversorgung beschrieben und sollten immer ganzheitlich unter Berücksichtigung der Kälteversorgung und eventueller Eigen-Stromerzeugung auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten näher untersucht werden.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden Energieeinsparpotenziale durch eine ganzheitliche Betrachtung festgestellt. Aufgrund der durch die Gebäudestruktur vorgegebenen Randbedingungen bezüglich des Heiz- und Kühlbedarfs ist das Einsparpotenzial hauptsächlich im Bereich des Stromverbrauchs zu finden. Dieser ist zudem unter monetären Gesichtspunkten interessanter, da die Kosten für eine Kilowattstunde Strom im Jahr 2012 rund 3,5 höher waren als für eine Kilowattstunde Wärmeenergie. Energetische Optimierungen an der Heizungs-/Kälte- und Lüftungsanlage sollten daher unter Berücksichtigung der zu erwartenden Restlaufzeit der Anlagen derzeit nur erfolgen, sofern die Maßnahmen eine Amortisationszeit von weniger als 5 Jahren erwarten lassen.

Hinsichtlich des Stromverbrauchs wurde in Summe ein Einsparpotential in Höhe von ca. 130 MWh/a (ca. 18.200 €/a) mit einer Amortisationszeit von unter 5 Jahren identifiziert. Dies entspricht ca. 20 % des Gesamt-Stromverbrauchs im Jahre 2012 (ca. 600 MWh). Das Einsparpotenzial gliedert sich auf die einzelnen Gewerke wie folgt:

- Lüftungsanlagen: 20 MWh/a (ca. 2.800 €/a)
- Maßnahmen zum Sonnenschutz: 20 MWh/a (ca. 2.800 €/a)
- Kälteversorgung: 10 MWh/a (ca. 1.400 €/a)
- Heizung: 5 MWh/a (ca. 700 €/a)
- Dachrinnenheizung: 43 MWh/a (ca. 6.020 €/a)
- Beleuchtung: 30 MWh/a (ca. 4.200 €/a)

Das Einsparpotenzial der Dachrinnenheizung ergibt sich nach einer Instandsetzung bzw. Reparatur der Regelung. Die Regelung war in 2012 defekt. Dies führte zu einem –vermutlich– ganzjährigen Betrieb. Nachdem der Fehler festgestellt werden konnte, wurde die Rinnenheizung außer Betrieb genommen.

Hinsichtlich des Gasverbrauchs (Wärme) wurde in Summe ein Einsparpotential in Höhe von ca. 75 MWh/a (ca. 2.900 €/a) mit einer Amortisationszeit von unter 5 Jahren identifiziert. Dies entspricht ca. 4 % des Gesamt-Gasverbrauchs im Jahre 2012. Das Einsparpotenzial gliedert sich auf die einzelnen Gewerke wie folgt:

- Lüftungsanlagen: 41 MWh/a (ca. 1.600 €/a)
- Heizung/Trinkwarmwasser: 35 MWh/a (ca. 1.400 €/a)

Weitere Einsparpotenziale mit einer längeren Amortisationszeit als 5 Jahren sind den Tabellen im Kapitel 4 zu entnehmen.

Abschließend ist festzustellen, dass die Liegenschaft hinsichtlich des Stromverbrauchs kurz- bis mittelfristig in der Größenordnung von 20% wirtschaftlich rentabel optimiert werden kann. Endenergie-Einsparungen im Bereich der Wärmeversorgung sind aufgrund des Baujahres der Gebäudehülle und des guten Wartungszustandes der Anlagen kurz- und mittelfristig nur in geringem Umfang möglich. Langfristig sollte das Versorgungskonzept deshalb insbesondere unter dem Aspekt der Primärenergie- und CO₂-Einsparung (z.B. Anschluss an Geothermie) angelegt und geprüft werden.