

Rössli Illnau, Restaurant & Hotel  
Konzepte für Ersatzinvestitionen

Konzept HLK und Bauphysik | Stand: 29.06.2017



# Impressum

## **Objekt**

Rössli Illnau, Restaurant & Hotel  
Kempttalstrasse 52  
8308 Illnau

## **Auftraggeber**

Marcus Wieser  
Stadtverwaltung Illnau-Effretikon  
Abteilung Hochbau  
Märtplatz 29 / Postfach  
8307 Effretikon  
Tel. 052 354 24 73

## **Konzepte für Ersatzinvestitionen**

Lemon Consult AG  
Sumatrastrasse 10  
CH-8006 Zürich  
Tel. +41 44 200 77 44

Cuno Alber, BSc HLK  
Hannes Edinger, dipl. Bauing. TU Wien  
Jan Hollenstein, BSc Energie- und Umwelttechnik  
Jules Petit, MSc ETH Masch.-Ing.  
Winfried Seidinger dipl. Ing. FH

Projektleiter  
Fachingenieur  
Fachingenieur  
Fachingenieur  
QS / GL

## **Korreferent**

Marcus Wieser

Vertretung  
Bauherrschaft

## **Dokument**

21653\_BE\_Rössli Illnau\_20170629.docx

Zürich, 29.06.2017

# Inhalt

<b>1. Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1. Ausgangslage	4
1.2. Grundlagen	4
1.3. Sanierung Wärmeerzeugung und Lüftungsanlage	4
1.4. Dachsanierung	5
<b>2. Zusammenfassung</b>	<b>6</b>
2.1. Sanierungsmassnahmen	6
2.2. Leistung / Bedarf	6
2.3. Resultate	7
<b>3. Zustandsanalyse</b>	<b>8</b>
3.1. Übersicht	8
3.2. Endenergie und Nutzenergie	8
3.3. Heizung, Lüftung und Kälte	9
3.4. Bauphysik	13
3.5. Erkenntnisse	18
<b>4. Varianten</b>	<b>19</b>
4.1. Energiequellen / -träger	19
4.2. Dimensionierungsgrundlage Heizen	22
4.3. Dimensionierungsgrundlage Lüften	22
4.4. Fazit	23
4.5. Wirtschaftlichkeit	28
4.6. Resultate	32
<b>5. Anhang</b>	<b>34</b>
5.1. Erdwärmenutzung	34
5.2. Bauliche Massnahmen im historischen Gebäudeteil (Restaurant / Wohnen, Bibliothek / Musiksaal - denkmalgeschützt)	35
5.3. Bauliche Massnahmen in den Anbauten von 1980 (Foyer / Küche / grosser und kleiner Saal)	36
5.4. Fernwärme	37

# 1. Einleitung

## 1.1. Ausgangslage

Der Hauptteil des Restaurants Rössli in Illnau stammt ca. aus dem 18. Jahrhundert und wurde in den 1980er Jahren durch einen Anbau erweitert. Die technischen Anlagen und die Gebäudehülle stammen grösstenteils aus den 1980er Jahren. Punktuelle Ersatzmassnahmen wurden im Zusammenhang mit Umbauprojekten, z.B. Küche, realisiert. Es sind aber noch einige Lüftungsanlagen in Betrieb, welche aus den 1980er Jahren stammen. Der Ölkessel stammt aus den 1990er Jahren und ist daher bereits 20 Jahre alt. Somit ist er am Ende der technischen Lebensdauer angelangt.

Es wurde bereits von einem anderen HLK-Ingenieurbüro eine Zustandsanalyse durchgeführt. Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene alternative Wärmeerzeugungsarten geprüft und miteinander verglichen. Auf Seiten Bauphysik gibt es ebenfalls eine Zustandsanalyse, die sich schwerpunktmässig auf das Altbaudach konzentriert hatte. Die Planung der HLK-Anlagen wurde bis hin zum Bauprojekt weitergeführt. Im Investitionsantrag haben sich jedoch Widersprüche gegenüber dem Gutachten (Zustandsanalyse) befunden. Diese konnten nicht fristgerecht ausgeräumt werden, weshalb der Investitionsantrag vom Stadtparlament zurückgewiesen wurde.

Infolge der ersten Aufarbeitung wurde der Anschluss an das Fernwärmenetz der EKZ favorisiert (Vorteile: Hochtemperatursystem, keine Wärmeerzeugung im eigenen Haus). Da die zur Verfügung stehende Wärmeleistung des EKZ Fernwärmenetzes jedoch knapp bemessen war hatte Lemon Consult AG folgende Massnahmen vorgeschlagen.

- Reduzierter Leistungsbedarf aus Fernwärmenetz durch Einbau einer reversiblen Wärmepumpe im neuen Lüftungsgerät (mit zusätzlichem Vorteil der Zuluftkühlung im Sommer)
- Genaue Ermittlung des Leistungsbedarfs mit Leistungsmessung

Trotz aller Bemühungen hat die EKZ im weiteren Projektverlauf (05.04.2017) mitgeteilt, dass das Rössli nicht mehr an das Fernwärmenetz angeschlossen werden kann. Alternativ hat die EKZ jedoch ein Wärmecontracting für eine Pelletfeuerung im Rössli angeboten.

Im vorliegenden Bericht wurden demzufolge folgende Varianten untersucht und miteinander verglichen.

- Pelletkessel und dezentrale reversible WP/KM in der Lüftung
- Wärmecontracting<sup>1</sup> mit Pelletkessel und dezentraler reversibler WP/KM in der Lüftung
- Zentrale reversible Luft/Wasser Wärmepumpe/Kältemaschine
- Zentrale reversible Soel/Wasser Wärmepumpe/Kältemaschine

## 1.2. Grundlagen

Der Bericht stützt sich auf folgende Grundlagen:

- Begehung am 22.07.2015 und 22.10.2015
- Energiebuchhaltung Stadt Illnau-Effretikon mit Auswertung für Periode 2014/15
- Koordinationspläne von 1979
- Grundrisspläne von 1980
- Örtliche Besichtigung durch Lemon Consult AG und telefonische Abklärungen mit Lüftungsinstallateur (Fa. Altorfer) und Regulierungsinstallateur (Fa. Siemens)
- Abklärungen mit dem technischen Dienst (Betreuung der Anlage in den letzten 7 Jahren)
- Leistungsmessung vom 20.12.2016
- Ausmessung der Lüftungszentrale durch Klinova AG (20.04.2017)
- Vor Ort Sitzung mit Architekten (Herrn Woernhard)

## 1.3. Sanierung Wärmeerzeugung und Lüftungsanlage

Ziel des Berichts ist es, ein Ersatzkonzept für die Wärmeerzeugung und Lüftungsanlagen zu erarbeiten. Im Fokus stehen dabei nachhaltige Sanierungsvarianten, welche den Anforderungen an eine Energiestadt / 2000 Watt Gesellschaft Rechnung tragen, wie z.B.: eine Pelletheizung oder alternativ eine Wärmepumpenlösung, welche hauptsächlich durch Strom aus Wasserkraft versorgt wird.

Weiter wünscht sich die Bauherrschaft:

- Die Versorgungssicherheit durch eine neue Heizzentrale wieder herzustellen
- Die Luftqualität zu verbessern
- Besseren Komfort durch kühlere Raumtemperaturen erreichen

<sup>1</sup> Grundlagen für Wirtschaftlichkeit und Schnittstellen basieren auf Angaben von EKZ

---

#### **1.4. Dachsanierung**

Die Schnittstellen zur Dachsanierung der Gebäudeteile „Restaurant / Wohnen und Bibliothek / Musiksaal“ sollen hinsichtlich der technischen und finanziellen Abhängigkeit aufgezeigt werden.

## 2. Zusammenfassung

Der installierte Ölkessel mit einer Leistung von 210 kW liefert Wärme für die Lüftungen, das Brauchwarmwasser sowie die Raumwärme. Für die Verteilung der Wärme sind vier Heizgruppen installiert. Die Säle sowie das Foyer und die Küche werden mittels Fussbodenheizung mit Wärme versorgt. Die restlichen Räumlichkeiten werden mit Heizkörpern beheizt. Das Brauchwarmwasser wird mit der Abwärme der Kältemaschine vorgewärmt und im Winter mit der Ölheizung, bzw. im Sommer elektrisch, nachgeheizt.

Der Heizkessel aus dem Jahr 1996 ist undicht und musste schon mehrmals repariert werden. Eine kurzfristige Sanierung der Wärmeerzeugung ist daher zwingend erforderlich.

### 2.1. Sanierungsmassnahmen

Empfohlene Sanierungsmassnahmen für das Rössli sind:

1. Ersatz des Heizkessels
2. Ersatz der Lüftungsanlagen, welche heute keine WRG enthalten

#### 2.1.1. Ersatz Heizkessel

Der Heizkessel muss aufgrund seines Alters und der einhergehenden Wasserverluste ersetzt werden (siehe Abschnitt 3.3). Zudem ist der Wechsel auf einen umweltfreundlicheren Energieträger erwünscht.

Als Alternativen kommen folgende Anlagen in Frage:

- Pellet Heizkessel
- Luft/Wasser Wärmepumpe
- Sole/Wasser Wärmepumpe

#### 2.1.2. Ersatz der Lüftungsanlagen

Der Grossteil der Lüftungsanlagen im Rössli ist in die Jahre gekommen (siehe Abschnitt 3.3). Lemon Consult empfiehlt den Ersatz folgender Anlagen:

- Kleiner Saal
- Grosser Saal
- Kegelbahn
- WC

Die Gründe hierfür sind:

- Baldiges Ende der Lebensdauer
- Keine Wärmerückgewinnung
- Keine Kühlung über Zuluft möglich
- Nicht zufriedenstellende Luftqualität infolge Umluftbetrieb mit geringen Luftmengen
- Keine Ausnutzung der Gleichzeitigkeit möglich, wegen Einsatz von einzelnen entkoppelten Geräten

Es ist vorgesehen, die alten Lüftungsanlagen (bis auf Gerät „Sitzungszimmer/Restaurant und Küche“) durch eine zentrale Anlage zu ersetzen. Dabei wird angesichts der engen Platzverhältnisse im Dachgeschoss ein Kreislaufverbundsystem (KVS System) vorgeschlagen.

### 2.2. Leistung / Bedarf

#### 2.2.1. Heizung

Die benötigte Heizwärmeleistung im Rössli beträgt neu ca. 150 kW. Sie stützt sich einerseits auf die Leistungsmessung vom 20.12.2016 (siehe Abschnitt 4.2) sowie den zusätzlichen Leistungsbedarf infolge höherer Luftmengen.

Die installierte Kesselleistung von 210 kW ist somit überdimensioniert und kann stark reduziert werden.

#### 2.2.2. Lüftung

Wir empfehlen die Luftmenge von aktuell 12'800 m<sup>3</sup>/h auf 15'200 m<sup>3</sup>/h zu erhöhen. Dieses entspricht einer Lüftungsrate von 36 m<sup>3</sup>/h x Person bei einer Gleichzeitigkeit von 0.8. Somit wird dem Wunsch nach einer besseren Luftqualität Rechenschaft getragen welche den geltenden SIA Normen entspricht.

Bemerkung: Um die grösseren Luftmengen fahren zu können, muss das Luftkanalnetz über dem grossen und kleinen Saal ersetzt werden. Zudem entsprechen die Kanäle mit innen liegender Dämmung nicht den geltenden Hygienevorschriften (Siehe Bericht Klinova AG vom 20.04.2017).

#### 2.2.3. Kühlung

Die bestehenden Lüftungsanlagen werden zur Zeit nicht gekühlt. Im Sommer führt dies zu grossen Behaglichkeitseinschränkungen. Aus diesem Grund wurde

im Konzept eine reversible KM/WP vorgesehen, welche die Zuluft sowohl im Sommer wie auch im Winter temperieren kann.

---

### 2.3. Resultate

#### 2.3.1. Empfehlung Sanierung Wärmeerzeugung und Lüftung

Alle vorgeschlagenen Varianten:

- V1 – Pelletkessel + kleine reversible WP/KM im Lüftungsgerät
- V2 – Pelletkessel Contracting + kleine rev. WP/KM im Lüftungsgerät
- V3 – Zentrale reversible WP/KM (Luft/Wasser)
- V4 – Zentrale reversible WP/KM (Sole/Wasser)

erfüllen die Anforderungen der Bauherrschaft:

- Garantierte Versorgungssicherheit durch neue Heizzentrale
- Bessere Luftqualität durch höhere Luftmengen
- Erhöhter Komfort durch Kühlung der Zuluft im Sommer

Auf Ebene Ökobilanz sind alle vorgeschlagenen Varianten deutlich besser als der Ist-Zustand. Eine Reduktion von min. ca. 85% auf Ebene Primärenergie und Treibhausgasemissionen ist zu erwarten. Zwar weisen die Wärmepumpenvarianten die beste Ökobilanz auf, jedoch sind die Varianten Pellet-Kessel auch als gut einzustufen.

Aus wirtschaftlicher Sicht ergeben sich je nach Betrachtungswinkel (Investitionskosten oder Jahreskosten) zwei unterschiedliche Bilder. Einerseits weist die Variante V2 (Pellet-Contracting) die tiefsten Investitionskosten auf. Andererseits hat diese Variante jedoch die höchsten jährlichen Kosten zur Folge.

Aus wirtschaftlicher Sicht (Jahreskosten), nachhaltiger Sicht (Ökobilanz) und in Bezug auf den Platzbedarf stellt die Variante V4 Sole/Wasser Wärmepumpe die beste Lösung dar. Aus technischer Sicht birgt diese Variante jedoch ein Restrisiko, da die Vorlauftemperatur auf 65°C beschränkt ist.

Aus rein technischer Sicht stellen die Pelletkesselvarianten V1 oder alternativ V2 die optimaleren Lösungen dar, da hohe Vorlauftemperaturen möglich sind, welche sich ideal für das Beheizen und die Warmwassererzeugung von Altbauten eignen.

#### 2.3.2. Empfehlung Bauphysik – Dachsanierung

Zwischen einer allfällig thermischen Sanierung der Dachkonstruktion des Altbaus und der effektiv benötigten gesamten Wärmeleistung (Heizung und Warmwasser) besteht kein wesentlicher Zusammenhang (ca. 2%). Aufgrund der relativen Unabhängigkeit der Sanierungen von Dach und Heizungsanlage ist eine Schnittstellendefinition zwischen diesen beiden Bereichen nicht erforderlich.

Aus bautechnischer Sicht wird eine Sanierung des Daches dennoch empfohlen, weil die Konstruktion in folgenden Punkten Risiken aufweist, die in Zukunft schlagend werden können:

- Nicht definierte Luftdichtigkeit (potentielle Feuchteprobleme im Bauteilinneren)
- Überschreitung der technischen Lebensdauer der Dacheindeckung.
- Vermutlich Asbestbelastung der Faserzementplatten unter der Dacheindeckung.

Eine empfohlene Sanierungsvariante wird in Kap. 5.2 aufgezeigt.

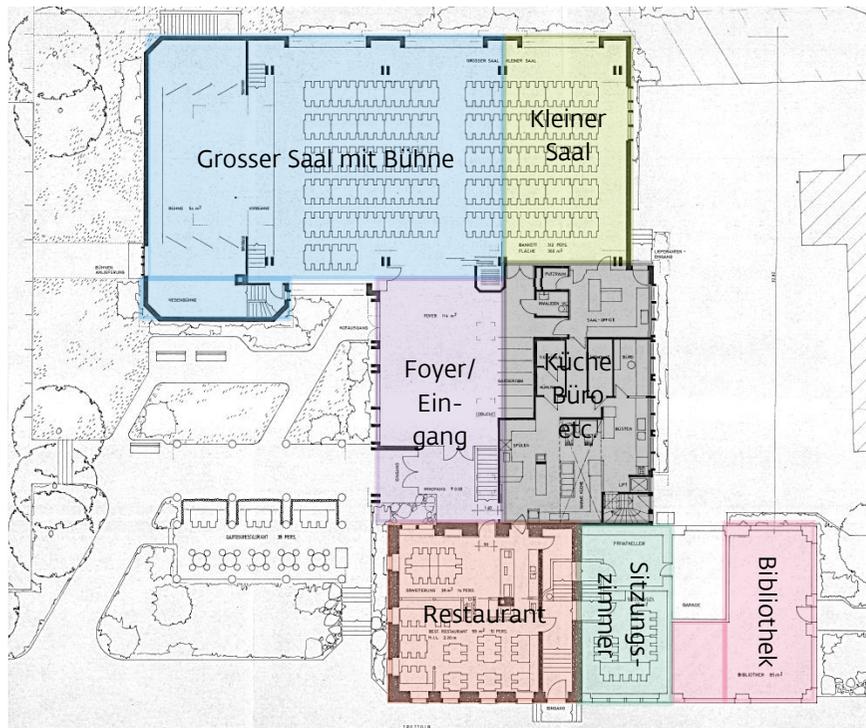
Die Abteilung „Hochbau“ schätzt die Kosten für die Sanierung des Altbaudachs auf rund CHF 350'000.

# 3. Zustandsanalyse

## 3.1. Übersicht

Das Rössli Illnau besteht aus einem Altbau und einem Erweiterungsbau aus dem Jahr 1980. Der Altbau ist denkmalgeschützt. Das Rössli Illnau verfügt über eine Wohnung im Dachgeschoss, sechs Hotelzimmer im Obergeschoss, einen kleinen Saal (150 Personen), einen grossen Saal (350 Personen) und ein Restaurant sowie ein Sitzungszimmer im Erdgeschoss. Im Gebäude befinden sich zusätzlich eine Bibliothek, ein Sitzungszimmer sowie eine Kegelbahn und Nebenräume im UG. Die beiden Säle sind mit einer Trennwand versehen, welche entfernt werden kann, um die beiden Säle zusammenzulegen. Somit können bis zu 500 Personen untergebracht werden.

Abb. 1: Übersicht Rössli Illnau



## 3.2. Endenergie und Nutzenergie

In nachfolgender Tabelle ist der jährliche Gesamtölverbrauch sowie sein spezifischer Verbrauch von Endenergie und Nutzenergie ersichtlich. Die Energiebezugsfläche des Restaurants Rössli Illnau beträgt 1'756 m<sup>2</sup>. Für die Berechnung der Nutzenergie wurde ein Jahresnutzungsgrad von 80%<sup>2</sup> für den bestehenden Ölkessel angenommen.

Tab. 1: jährlicher Öl Verbrauch und Nutzenergie<sup>3</sup>

Jahr	Endenergie Öl Verbrauch kWh	Nutzenergie kWh	spez. Endenergie kWh/m <sup>2</sup>	spez. Nutzenergie kWh/m <sup>2</sup>
2012/13	282'000	225'600	161	128
2013/14	303'880	243'104	173	138
2014/15	284'530	227'624	162	130
<b>Mittelwert</b>	290'137	232'109	165	132

<sup>2</sup> Dieser Wert entspricht dem Stand der Technik der 1990er Jahre für nicht kondensierende Ölkessel und ist in der Fachliteratur zu finden, siehe SIA 380-1.

<sup>3</sup> Als Endenergie wird die Energiemenge bezeichnet, welche dem Erzeuger zugeführt wird. In diesem Fall der Energieinhalt des Erdöls. Als Nutzenergie wird die Energiemenge bezeichnet, welche dem Erzeuger entspringt. In diesem Fall die Wärmeenergie (Endenergie abzüglich Verluste).

### 3.3. Heizung, Lüftung und Kälte

Gewerk	Bezeichnung / Kenndaten	Zustand / Mängel	Lebensdauer / Bilder			
			<0a	<5a	<10a	>10a
Heizung	<p><b>Ölheizkessel</b></p> <p>Standort: Heizzentrale UG                      Fabrikat/Typ: Hoval / 1996                      Bauart: Öl-Heizung                      Leistung: 135-210 kW                      Baujahr: 1996</p>	<p>Der Ölheizkessel wird für die Raumwärme, Lufterhitzer der Lüftungen und im Winter für die Erwärmung des Brauchwarmwassers benötigt. Der Kessel musste bereits zweimal repariert werden (2009 und 2010), da er Leckagen aufwies. Ausserdem musste in den letzten drei Jahren jährlich rund 100 – 150 Liter Wasser nachgefüllt werden. In der Heizzentrale und im übrigen Gebäude ist jedoch nirgends ein Wasserschaden entstanden. Es ist anzunehmen, dass das Wasser in die Brennkammer gelangt, wo es direkt verdampft und durch das Kamin ins Freie geführt wird. Das bedeutet, dass der Kessel undicht ist.</p> <p>Um die Betriebssicherheit zu gewährleisten, muss der Heizkessel so rasch als möglich ersetzt werden. Die technische Lebensdauer von Ölheizkesseln beträgt 20 Jahre.</p> <p>Ausserdem könnte durch dieses Leck auch die Wasserqualität des Heizungswassers beeinträchtigt werden. Tritt dieser Fall ein, muss längerfristig mit erheblichen Schäden gerechnet werden (z.B. notwendiger Ersatz des Leitungsnetzes auf Grund von Korrosion).</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
						
Heizung	<p><b>Hauptverteilung</b></p> <p>Standort: Heizzentrale UG                      Bauart: Umlenkschaltung                      Baujahr: ca. 1996</p>	<p>Die Hauptverteilung ist ca. 20 Jahre alt und hat somit die technische Lebensdauer noch nicht erreicht. Die Bauart der Hauptverteilung mit Umlenkschaltung ist jedoch je nach Wärmeerzeugung nicht geeignet, da diese Schaltung zu einer hohen Rücklauftemperatur führt.</p> <p>Die Umwälzpumpen haben ihre technische Lebensdauer erreicht. Für den Pumpenersatz ist ein Förderprogramm von „Pro Kilowatt“ vorhanden. Pumpen sollten immer im Rahmen einer grösseren Sanierung ersetzt werden, da dadurch positive Kostensynergien entstehen.</p> <p>Gruppen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Küche / Foyer / Kegelbahn</li> <li>- Heizkörper / Bühne / WC</li> <li>- Lüftung / Boiler /Altbau</li> <li>- Bodenheizung Saal</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
						

Gewerk	Bezeichnung / Kenndaten	Zustand / Mängel	Lebensdauer / Bilder			
			<0a	<5a	<10a	>10a
Heizung	<p><b>Wassererwärmer</b></p> <p>Standort: UG                      Baujahr: 1988/89                      Volumen: 1'250 l</p>	<p>Das Brauchwarmwasser wird mit der Abwärme der Kältemaschine vorgewärmt und im Winter mit der Ölheizung, bzw. im Sommer elektrisch, nachgeheizt. Die Boiler sind in Serie geschaltet.</p> <p>Die Wassererwärmer sind 26 Jahre alt. Äusserlich weisen sie einen guten Zustand auf. Die technische Lebensdauer von Wassererwärmer beträgt rund 40 Jahre. Somit sollten die Wassererwärmer bei guter Wartung noch 10 Jahre einsatzfähig sein.</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MSRL Technik	<p><b>Schaltschränke Heizung und Lüftung</b></p> <p>Standort: DG &amp; UG                      Baujahr: ca. 2004 / 2007</p>	<p>Die Schaltschränke der Heizung wurden im Jahr 2004 und die der Lüftungen im Jahr 2007 erneuert. Die Technik entspricht dem Stand der Technik und kann noch weitere 10 Jahre betrieben werden. Bei einem Heizungs- bzw. Lüftungersatz sollte die Regulierung jedoch ersetzt werden.</p> <p>Üblicherweise ist ein Ersatz nach 15 bis 20 Jahren notwendig, da keine Ersatzteile mehr erhältlich sind.</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kälte	<p><b>Kälteanlage</b></p>	<p>Die Kälteanlage ist augenscheinlich in einem guten Zustand und kann noch weitere fünf Jahre betrieben werden. Die Kälteanlage wurde nicht im Detail untersucht, da dies nicht Umfang dieses Projekts ist.</p>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Gewerk	Bezeichnung / Kenndaten	Zustand / Mängel	Lebensdauer / Bilder			
			<0a	<5a	<10a	>10a

Lüftung  
**Alte Lüftungen DG und UG**  
 Standort: DG & UG  
 Baujahr: 1980 / 81

Die Lüftungsanlagen haben ihre technische Lebensdauer in etwa 5 Jahren erreicht. Äusserlich weisen die Lüftungen dem Alter entsprechend einen guten Zustand auf. Die Anlagen werden zweimal jährlich gewartet. Die Elektromotoren wurden vor ca. 4 Jahren neu gewickelt. Die „heiklen“ Anlagenteile in Lüftungsanlagen sind üblicherweise die beweglichen Teile sowie die Regulierung. Die verbauten Lüftungskanäle sind innen isoliert, was nach den heutigen Hygienevorschriften (SWKI VA 104-01) nicht vorschriftgemäss ist.

**Dachgeschoss**

Die Lüftungsanlagen im Dachgeschoss verfügen lediglich über ein Heizregister. Sie haben kein Kühlregister und keine Wärmerückgewinnung. Eine Nachrüstung der Wärmerückgewinnung ist gemäss örtlicher Besichtigung und telefonischer Abklärung mit dem Lüftungsinstallateur, Fa. Altorfer, machbar<sup>4</sup>. Diese Option wird nicht zurück behalten. Grund hierfür ist das ungünstige Nutzen/Aufwand Verhältnis.

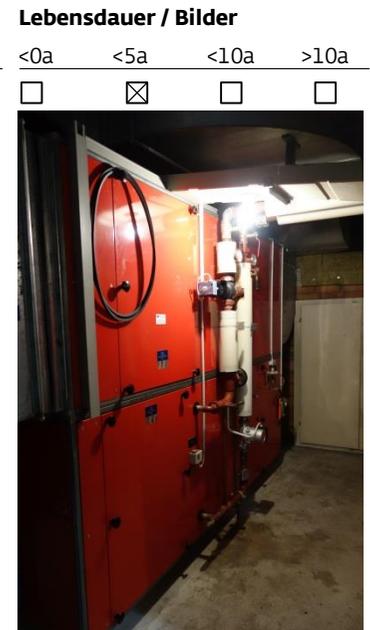
Die Lüftungen „Grosser Saal / Foyer / Bühne und Kleiner Saal“ verfügen zusätzlich noch über eine Umluft-Funktion.

	Zuluft m³/h	Abluft m³/h	Umluft	WRG
Abluft WC + Nebenräume	-	1'800	Nein	Nein
Lüftungsanlage Kegelbahn	1'400	1'260	Nein	Nein
Lüftung Grosser Saal / Foyer / Bühne	8'000 <sup>5</sup>	7'200 <sup>5</sup>	Ja	Nein
Lüftung Kleiner Saal	3'400	3'100	Ja	Nein

**Untergeschoss**

Die Lüftungsanlage im Untergeschoss verfügt über ein Heizregister und eine Wärmerückgewinnung.

	Zuluft m³/h	Abluft m³/h	Umluft	WRG
Lüftung Sitzungszimmer / Restaurant	3'260	2'955	Nein	Ja



<sup>4</sup> Es müssen jedoch gegenüber dem Stand der Technik Einbussen hinsichtlich der Effizienz der Wärmerückgewinnung in Kauf genommen werden, da auf Grund der engen Platzverhältnisse kleinere Wärmetauscher eingesetzt werden müssen (Wärmeüberträgerfläche wird reduziert). Das Wärmerückgewinnungssystem einer neuen Lüftungsanlage wäre also effizienter und würde die erforderliche Wärmeleistung im Vergleich mit der angesprochenen „Nachrüstung“ nochmals reduzieren.

Gewerk	Bezeichnung / Kenndaten	Zustand / Mängel	Lebensdauer / Bilder			
			<0a	<5a	<10a	>10a
Lüftung	<b>Neue Lüftungen Küche</b>  Standort: DG Fabrikat/Typ: 7Air Baujahr: 2011	Die Lüftungsanlage wurde im Jahr 2011 erneuert und weist äusserlich einen guten Zustand auf. Sie verfügt über Frequenzumrichter und eine Wärmerückgewinnung und entspricht dem heutigen Stand der Technik.				<input checked="" type="checkbox"/>
			<b>Zuluft</b>	<b>Abluft</b>	<b>Umluft</b>	<b>WRG</b>
			<b>m³/h</b>	<b>m³/h</b>		
		Lüftung Küche	9'150	10'170	Nein	Ja
Sanitär	<b>Kaltwasser</b>	Der Kaltwasserverteiler ist visuell in einem guten Zustand. Der Wasserfilter weist kaum Ablagerungen auf.				<input checked="" type="checkbox"/>



<sup>5</sup> Schilder sind wahrscheinlich vertauscht angebracht

### 3.4. Bauphysik

#### 3.4.1. Historische Gebäudeteile (Restaurant / Wohnen, Bibliothek / Musiksaal - denkmalgeschützt)

Die thermischen Eigenschaften im historischen Gebäudeteil wurden anhand der Begehung vom 22.10.2015, der vorliegenden Architekturpläne sowie den Bestandsaufnahmen von 2013 abgeschätzt.

Bauteil	Bezeichnung / Kenndaten	Aufbau / Konstruktion	Zustand / Mängel
Dach	<b>Dach</b> <b>Restaurant / Wohnen</b> Fläche: ca. 230 m <sup>2</sup> U-Wert: ca. 0.35 W/m <sup>2</sup> K Bauart: Holzkonstruktion Baujahr: Anfang 19. JH (sanierter)	Dachdeckung (Biberschwanz) 2.4 cm Dachlattung / Luft 4.5 cm Konterlattung / Luft 0.8 cm Faserzementplatten 3.0 cm Sparren/Luft 10.0 cm Sparren/Mineralwolle 2.4 cm Holzschalung  <small>(Aufbau gem. Bericht zur Bestandsaufnahme durch Zehnder Kälin 13.09.2013)</small>	Die Dachdeckung (Biberschwanzziegel) ist zumindest auf der Nordostseite stark verwittert und "morsch". Die technische Lebensdauer der Dachdeckung ist überschritten. An der Innenseite der Konstruktion sind keine Wasserschäden sichtbar. Trotz des schlechten Zustandes der Dachdeckung scheinen also keine grösseren Niederschlagswassermengen in die Unterkonstruktion zu gelangen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Faserzementplatten (im Bericht vom 13.09.2013 nicht ausdrücklich erwähnt, aber bei der Bestandsaufnahme am 04.09.2013 handschriftlich eingetragen) als Unterdach wirken. Gemäss der Bestandsaufnahme (kein Unterdach, keine Wind-/Dampfbremse) ist das Dach nicht luftdicht und diffusionstechnisch bedenklich. Aus bautechnischer Sicht wird eine Sanierung des Daches empfohlen, weil die Konstruktion in mehreren Punkten Risiken aufweist, die in Zukunft schlagend werden können (vgl. Kap. 3.5.2).
Dach	<b>Dach</b> <b>Bibliothek / Musiksaal</b> Fläche: ca. 280 m <sup>2</sup> U-Wert: ca. 0.4 W/m <sup>2</sup> K Bauart: Holzkonstruktion Baujahr: Anfang 19. JH (sanierter)	Dachdeckung (Biberschwanz) 2.4 cm Dachlattung / Luft 4.5 cm Konterlattung / Luft 0.8 cm Faserzementplatten 13.0 cm Kreuzlattung/Mineralwolle 2.4 cm Holzschalung ca. 16 cm Sparren (sichtbar)  <small>(Aufbau gem. Bericht zur Bestandsaufnahme durch Zehnder Kälin 13.09.2013)</small>	Die Dachdeckung (Biberschwanzziegel) ist zumindest auf der Nordostseite stark verwittert und "morsch". Die technische Lebensdauer der Dachdeckung ist überschritten. An der Innenseite der Konstruktion sind keine Wasserschäden sichtbar. Trotz des schlechten Zustandes der Dachdeckung scheinen also keine grösseren Niederschlagswassermengen in die Unterkonstruktion zu gelangen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Faserzementplatten (im Bericht vom 13.09.2013 nicht ausdrücklich erwähnt, aber bei der Bestandsaufnahme am 04.09.2013 handschriftlich eingetragen) als Unterdach wirken. Gemäss der Bestandsaufnahme (kein Unterdach, keine Wind-/Dampfbremse) ist das Dach nicht luftdicht und diffusionstechnisch bedenklich. Aus bautechnischer Sicht wird eine Sanierung des Daches empfohlen, weil die Konstruktion in mehreren Punkten Risiken aufweist, die in Zukunft schlagend werden können (vgl. Kap. 3.5.2).
Wand	<b>Aussenwand</b> <b>Restaurant / Wohnen</b> Fläche netto: ca. 140 m <sup>2</sup> U-Wert: 0.5 W/m <sup>2</sup> K Bauart: Vollziegelwand Baujahr: Anfang 19. JH (sanierter)	ca. 0.5 cm Dünnputz ca. 6 cm Wärmedämmung ca. 60 cm Vollziegel ca. 3 cm Innenputz teilw. Holzverkleidungen	Die Aussenwand ist historisches Backsteinmauerwerk mit einer Dicke von ca. 60 cm. Vermutlich im Jahr 2006 wurde aussenseitig ein 6 cm dickes Wärmedämmverbundsystem angebracht (verwendeter Dämmstoff unbekannt)

#### Bilder



Bauteil	Bezeichnung / Kenndaten	Aufbau / Konstruktion	Zustand / Mängel
Wand	<b>Aussenwand</b> <b>Bibliothek</b> Fläche netto: ca. 190 m <sup>2</sup> U-Wert: 0.5 W/m <sup>2</sup> K Bauart: Vollziegelwand Baujahr: Anfang 19. JH (saniert)	(a. 0.5 cm Dünnputz ca. 6 cm Wärmedämmung ca. 50 cm Vollziegel ca. 3 cm Innenputz teilw. Holzverkleidungen	Die Aussenwand ist historisches Backsteinmauerwerk mit einer Dicke von ca. 50 <sup>6</sup> cm. Vermutlich im Jahr 2006 wurde aussenseitig ein 6 cm dickes Wärmedämmverbundsystem angebracht (verwendeter Dämmstoff unbekannt)
Boden	<b>Kellerdecke</b> Fläche brutto: ca. 340 m <sup>2</sup> U-Wert: unbekannt (inhomogen) Bauart: Holzdecke Baujahr: Anfang 19. JH (saniert)	Der Konstruktionsaufbau ist augenscheinlich nicht ersichtlich und kann mittels Öffnung oder Untersuchung mit Probebohrungen und Endoskopkamera festgestellt werden.	Die Kellerdecke ist vermutlich eine Holzkonstruktion (alte Holzbalken sind sichtbar), die im Zuge des Umbaus teilweise durch eine Massivkonstruktion ersetzt wurde. Nachträglich wurde die Decke mit Holzwolleplatten (evtl. mit Dämmstoffkern) an der Unterseite gedämmt.
Fenster	<b>Fenster</b> <b>Restaurant / Wohnen / Saal</b> Fläche: ca. 50 m <sup>2</sup> U <sub>w</sub> -Wert: ca. 2.2 W/m <sup>2</sup> K <sup>7</sup> g-Wert: ca. 0.60 <sup>8</sup> Bauart: Holzfenster Baujahr: ca. 1990	Glas: 2-fach Wärmeschutzverglasung (Heglas) Rahmen: Holz, Dickschichtlasur, keine Überdämmung, keine Metalldeckschalen o.ä.	Die historischen Fenster wurden ca. 1990 in Abstimmung mit dem Denkmalschutz durch neue Fenster ersetzt. Die erneuerten Fenster haben Holzrahmen und 2-fach Wärmeschutzverglasung (Bezeichnung am Glas: Heglas).

**Bilder**



<sup>6</sup> gemäss Umbauplänen von 1980

<sup>7</sup> In Anlehnung an zum Zeitpunkt der Errichtung geltende SIA Normen bzw. Vorschriften

<sup>8</sup> Schätzwert

Bauteil	Bezeichnung / Kenndaten	Aufbau / Konstruktion	Zustand / Mängel
Fenster	<b>Fenster Bibliothek</b> Fläche: ca. 65 m <sup>2</sup> U <sub>w</sub> -Wert: ca. 3.3 W/m <sup>2</sup> K <sup>9</sup> g-Wert: ca. 0.60 <sup>10</sup> Bauart: Holzfenster Baujahr: ca. 1980	Glas: 2-fach Wärmeschutzverglasung (Heglas)  Rahmen: Holz, Anstrich, keine Überdämmung, keine Metalldeckschalen o.ä.	Die grossen Rundbogenfenster wurden im Zuge des Umbaus von 1980 errichtet. Vermutlich wurden diese bei der 1990 vorgenommenen Erneuerung der anderen Fenster nicht ersetzt.  Die Fenster haben Holzrahmen und 2-fach Isolierverglasung (Bezeichnung am Glas: Heglas). Die Fensterrahmen weisen teilweise Abplatzungen des Anstrichs auf – das Holz ist an diesen Stellen angewittert.

**Bilder**



**3.4.2. Anbauten 1980 (Foyer / Küche / grosser und kleiner Saal)**

Die thermischen Eigenschaften im Gebäudeteil aus den 1980er-Jahren wurden anhand der Begehung vom 22.10.2015, der vorliegenden Architekturpläne sowie der geltenden Regelwerke bzw. der üblichen Bauweisen in den frühen 1980er-Jahren abgeschätzt.

Bauteil	Bezeichnung / Kenndaten	Aufbau / Konstruktion	Zustand / Mängel
Dach	<b>Flachdach</b> Fläche: ca. 330 m <sup>2</sup> U-Wert: 0.5–0.7 W/m <sup>2</sup> K <sup>1</sup> Bauart: Umkehrdach (?) Baujahr: ca. 1980	System: vermutlich Umkehrdach (wegen Vlies unter Kiesschicht), ansonsten Warmdach  Wärmedämmung: vermutlich XPS, WLG ca. 040, genaue Dicke unbekannt  Deckschicht: Kies	Das Dach ist augenscheinlich in einem guten, dem Alter entsprechenden, Zustand.

**Bilder**

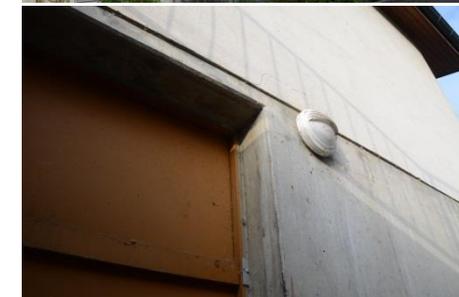


<sup>9</sup> In Anlehnung an zum Zeitpunkt der Errichtung geltende SIA Normen bzw. Vorschriften

<sup>10</sup> Schätzwert

Bauteil	Bezeichnung / Kenndaten	Aufbau / Konstruktion	Zustand / Mängel
Dach	<b>Steildach</b> Fläche: ca. 740 m <sup>2</sup> U-Wert: 0.5–0.7 W/m <sup>2</sup> K <sup>11</sup> Bauart: Warmdach Baujahr: ca. 1980	System: Steildach mit Zwischen-sparrendämmung  Wärmedämmung: Mineralwolle, WLG ca. 040, genaue Dicke unbekannt  Dampfbremse: PE-/Metallfolie, nur zwischen Sparren  Unterdach: unbekannt  Eindeckung: Schiebeziegel	Das Dach ist augenscheinlich in einem guten, dem Alter entsprechenden Zustand.
Wand	<b>Aussenwände</b> Fläche netto: ca. 310 m <sup>2</sup> U-Wert: 0.6–0.9 W/m <sup>2</sup> K <sup>1</sup> Bauart: unbekannt Baujahr: ca. 1980	Über den genauen Wandaufbau liegen keine Informationen vor. Lage und Dicke allfälliger Dämmschichten sind augenscheinlich nicht eindeutig feststellbar.	Die Wände sind augenscheinlich in einem guten, dem Alter entsprechenden, Zustand.

**Bilder**



<sup>11</sup> In Anlehnung an zum Zeitpunkt der Errichtung geltende SIA Normen bzw. Vorschriften

Bauteil	Bezeichnung / Kenndaten	Aufbau / Konstruktion	Zustand / Mängel
Boden	<b>Kellerdecke</b> Fläche brutto: 850 m <sup>2</sup> U-Wert: ca. 2.0 W/m <sup>2</sup> K <sup>12</sup> Bauart: Stahlbeton Baujahr: ca. 1980	Stahlbetondecke ohne Wärme- dämmung an der Unterseite	Die Decke ist augenscheinlich in einem guten, dem Alter entsprechenden, Zustand.
Fenster	<b>Fenster Foyer / Saal</b> Fläche: ca. 70 m <sup>2</sup> U <sub>w</sub> -Wert: ca. 2.8–3.1 W/m <sup>2</sup> K <sup>13</sup> g-Wert: ca. 0.6 <sup>1</sup> Bauart: Holzfenster Baujahr: ca. 1980	Glas: 2-fach Wärmeschutzverglä- sung Rahmen: Holz, lasiert, keine Überdämmung, keine Metalldeck- schalen o.ä.	Die Fenster sind augenscheinlich in einem guten, dem Alter entsprechenden, Zustand.

**Bilder**



<sup>12</sup> Schätzwert

<sup>13</sup> In Anlehnung an zum Zeitpunkt der Errichtung geltende SIA Normen bzw. Vorschriften

---

### 3.5. Erkenntnisse

#### 3.5.1. Gebäudetechnik

Der Ölheizkessel muss umgehend ersetzt werden, da dieser bereits zweimal Leckagen aufwies und periodisch Wasser nachgefüllt werden muss. Die Betriebssicherheit der Anlage ist deshalb nicht mehr gewährleistet (siehe Kapitel 3.3). Zudem sind die Umwälzpumpen am Ende der technischen Lebensdauer angelangt und müssen ersetzt werden. Ein Ersatz drängt sich auch bei der Regulierung auf, da neue Bedingungen vorliegen, welche ohnehin Anpassungen erfordern. Die Hauptverteilung ist in einem dem Alter entsprechenden Zustand. In Zusammenhang mit der neuen Wärmeerzeugung werden Anpassungen notwendig. Der Ersatz der erwähnten Komponenten (Pumpen und Regulierung) sollte im Rahmen des ohnehin notwendigen Ersatzes der Wärmeerzeugung realisiert werden, da sich dadurch positive Kostensynergien ergeben, welche ausgeschöpft werden sollten. Die Brauchwarmwassererwärmer sind augenscheinlich in einem guten Zustand und können bei guter Wartung noch ca. 10 Jahre verwendet werden.

Die Lüftung für die Küche wurde im Jahr 2011 bereits ersetzt und ist in einem guten Zustand. Die übrigen Lüftungsanlagen könnten noch ca. 5 Jahre ohne grössere Investitionen betrieben werden. Üblicherweise sind die beweglichen Anlagenteile (z.B. Ventilatoren) und die Regulierung der Lüftungsanlagen die Teile mit dem kürzesten Ersatzintervall. In rund 5 Jahren wird aus heutiger Sicht ein Ersatz der Antriebsmotoren, Pumpen und Regulierung notwendig. Ein kompletter Ersatz der Geräte (Ersatz Lüftungsanlagen) kann bei guter Wartung hinausgezögert werden. Die Luftmengen entsprechen jedoch nicht den geltenden SIA Normen und daher ist ein Ersatz der gesamten Lüftungsanlagen<sup>14</sup> in Betracht zu ziehen.

#### 3.5.2. Bauphysik

Betreffend der Dachkonstruktion im historischen Gebäudeteil ist festzuhalten, dass diese gemäss der Bestandsaufnahme (siehe Beurteilung Dachaufbau Rössli Illnau, Fa. Zehnder & Kälin, 13.09.2013) weder winddicht noch diffusions-technisch unbedenklich ist. Es ist nicht auszuschliessen, dass im Konstruktion-sinneren feuchtebedingte, holzzerstörende Prozesse stattfinden. Wenn trotz der problematischen Bauweise keine Feuchteschäden auftreten, ist dies durch nutzungsbedingt geringe Feuchtelasten im Gebäudeinneren erklärbar. Das Fehlen von Luftdichtigkeitsschichten bewirkt ausserdem erhöhte Wärmeverluste durch Luftaustausch über die Gebäudehülle (Infiltration).

Die anderen Bauteile sind bauphysikalisch unproblematisch.

Bei allen Bauteilen (ausser der Kellerdecke im historischen Bestand, wo eine Sanierung eher unverhältnismässig erscheint) besteht die Möglichkeit, die Transmissionswärmeverluste mittels Ersatz oder Ergänzung von Wärmedämmschichten um ca. 35% zu reduzieren.

<sup>14</sup> Anlagen ohne WRG (kleiner Saal, grosser Saal, Kegelbahn, WC)

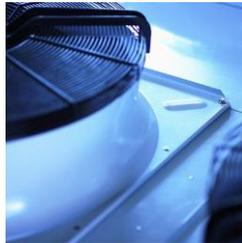
# 4. Varianten

## 4.1. Energiequellen / -träger

Für das Restaurant Rössli in Illnau kommen die Energieträger Pellets, Umgebungswärme (aus der Aussenluft oder dem Erdreich) und Strom für den Ersatz des Erdöls in Frage. Der Ersatz durch andere Energieträger wurde ebenfalls plausibilisiert und abgeklärt. Diese stellten sich als nicht erwünscht oder nicht realisierbar dar (siehe Anhang, Kapitel 5.4 sowie Auszug aus dem Protokoll des grossen Gemeinderats vom 06.11.2014, bezüglich Gesuch Nr. 005/14).

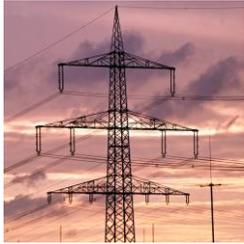
Bemerkung: Das Restaurant Rössli kann nicht an das Fernwärmenetz angeschlossen werden. Die EKZ hat entschieden, das bestehende Netz nicht bis zur Liegenschaft zu erweitern Diese Entscheidung hat die EKZ an der Sitzung vom 05.04.2017 bestätigt.

Tab. 2: Energiequellen / - träger Wärme

Energiequelle / -träger	Pellets	Fernwärme	Heizöl EL	Luft	Geothermie
					
Primärenergiefaktor [--]	0.2	--	1.22	--	--
CO <sub>2</sub> -Äquivalent [kg/MWh]	34	--	298	--	--
Energiekosten [CHF/kWh]	0.08	--	0.098	--	--
Anmerkungen	– Pellets in ausreichender Menge im Umkreis von 80 – 100 km lieferbar	– Netzanschluss nicht möglich <sup>1</sup>	– Nicht erneuerbarer Energieträger	– Lärmpegel beachten	– Zulässig auf kleinem Streifen entlang des Stutzwegs <sup>1</sup>
Verfügbarkeit	✓	✗	✓	✓	✓

Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbar) / CO<sub>2</sub>-Äquivalente basierend auf KBOB-Ökobilanzdaten 2014  
<sup>1</sup> Siehe Anhang 5.1

Abb. 2: Energiequellen / -träger Strom

Energiequelle / -träger	Mixstrom Privat EKZ <sup>2</sup>	Mixstrom WP EKZ <sup>2</sup>
		
Primärenergiefaktor [--]	0.03	0.03
CO <sub>2</sub> -Äquivalent [kg/MWh]	13	13
Energiekosten [CHF/kWh]	0.19/0.12 <sup>3</sup>	0.15/0.12 <sup>3</sup>
Anmerkungen	– Aus 100 % erneuerbarer Energie, mehrheitlich aus Wasserkraft	– Aus 100 % erneuerbarer Energie, mehrheitlich aus Wasserkraft
Verfügbarkeit	✓	✓
		

Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbar) / CO<sub>2</sub>-Äquivalente basierend auf KBOB-Ökobilanzdaten 2014

<sup>1</sup> Entscheid EKZ; mitgeteilt in der Sitzung vom 05.04.2017

<sup>2</sup> Annahme Mixstrom EKZ hat gleiche Primärenergiefaktoren und CO<sub>2</sub>-Äquivalente wie Strom aus Wasserkraftwerken

<sup>3</sup> HT/NT und ohne Grundpreis

Tab. 3: Energiequellen / - träger Wärme und Strom

Typ	Heizkessel Pellets	Fernwärme	Wärmepumpe	Heizkessel Heizöl EL
Nutzungsgrad [--]	0.8 – 0.9	--	2 - 4	0.9
Primärenergiefaktor [--]	0.24	--	0.9	1.36
CO <sub>2</sub> -Äquivalent [kg/MWh]	40	--	47	331
Investitionen [EUR/kW]	--	--	--	--
Beurteilung / Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Höhere Investitionskosten inf. Rauchgasreinigung</li> <li>– Höherer Wartungsaufwand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nicht Verfügbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kälteerzeugung möglich</li> <li>– Mittlere Investitionskosten</li> <li>– Vorlauftemperatur auf max. 65°C begrenzt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nicht erneuerbarer Energieträger</li> </ul>

## 4.2. Dimensionierungsgrundlage Heizen

Für die Dimensionierung der Heizungsanlage ist die Wärmeleistung ausschlaggebend. Aufgrund des Alters des Gebäudes (effektive U-Werte sind nicht bekannt) kann der Leistungsbedarf rechnerisch nicht exakt ermittelt werden. Die benötigte Wärmeleistung wurde deshalb anhand einer Leistungsbedarfsmessung in der Winterperiode bemessen.

Die Wärmeleistungsmessung erfolgt idealerweise in den Wintermonaten, dann wenn die maximale Heizleistung benötigt wird. Im Fall Rössli hat die Messung am 24. November 2016 begonnen. Endtermin war der 16. Dezember 2016 (siehe Bericht Lemon Consult vom 20.12.2016).

Anhand der Leistungsmessung resultiert ein Wärmeleistungsbedarf von min. 120 kW.

Die installierte Kesselleistung von max. 210 kW ist somit überdimensioniert.

Lemon Consult empfiehlt 150 kW Heizleistung einzubauen. Grund hierfür sind:

- Die Luftmengen gegenüber dem Ist-Zustand werden erhöht (siehe Kapitel 4.3)
- Die neuen Lüftungsanlagen haben einen Wärmerückgewinnungsgrad von ca. 60% (siehe Kapitel 4.3)

## 4.3. Dimensionierungsgrundlage Lüften

Die nachfolgenden Lüftungen entsprechen nicht mehr dem heutigen Stand der Technik. Jedoch könnten sie etwa weitere 5 Jahre in Betrieb bleiben.

- Lüftungsanlage Kegelbahn
- Lüftung Grosser Saal / Foyer / Bühne
- Lüftung Kleiner Saal
- Abluft WC + Nebenräume
- Sitzungszimmer / Restaurant

Lemon Consult empfiehlt dennoch die oben genannten Lüftungsanlagen (bis auf Sitzungszimmer/Restaurant siehe 4.3.2) durch eine gemeinsame Anlage zu ersetzen. Die einzelnen Zonen werden mittels Volumenstromreglern und CO<sub>2</sub>-Steuerung auf den effektiven Bedarf eingeregelt.

Durch Zusammenfassen von den Anlagen Kegelbahn, kleiner und grosser Saal in eine Grosse kann:

- Eine erhöhte Luftmenge gefahren werden
- Eine zentrale Zuluftkühlung eingesetzt werden
- Die Gleichzeitigkeit genutzt werden

### 4.3.1. Luftmengen

Tab. 4: Auslegung Luftmengen

Anlage	Max. Belegung [Pers]	Aktuelle Luftmenge [m <sup>3</sup> /h]	Optimale Luftmenge <sup>15</sup> [m <sup>3</sup> /h]
Kleiner Saal	150	3'400	5'400
Grosser Saal / Foyer	350	8'000	12'600
Kegelbahn	40	1'400	1'440
Sub-Total	540	12'800	19'400
Gleichzeitigkeit		1	0.8
Total	540	12'800	15'200

Wir empfehlen die Luftmenge von aktuell 12'800 m<sup>3</sup>/h auf 15'200 m<sup>3</sup>/h zu erhöhen. Dies entspricht einer Lüftungsrate von 36 m<sup>3</sup>/h x Person bei einer Gleichzeitigkeit von 0.8. Somit wird dem Wunsch nach einer besseren Luftqualität Rechenschaft getragen, welche den heutigen SIA Normen entspricht. Es

<sup>15</sup> 36 m<sup>3</sup>/h pro Pers. (IDA 2)

wird erforderlich, dass das relativ einfach zugängliche Luftkanalnetz über dem grossen und kleinen Saal ersetzt wird.

#### 4.3.2. Feuchte- und Wärmerückgewinnung

Ideal wäre neben den erhöhten Luftmengen auch ein Lüftungsgerät mit Feuchte- sowie Wärmerückgewinnung. Zum einen könnte so die benötigte Wärmeleistung reduziert und zum anderen der Komfort im Winter erhöht werden. Lemon Consult hat ursprünglich eine Lüftungsanlage mit Rotationswärmetauscher vorgeschlagen, jedoch darauf hingewiesen, dass eventuell die Platzverhältnisse zu eng sind und deshalb eine Raumausmessung vorgeschlagen. Die Klinova AG wurde daraufhin von der Bauherrschaft mit einer 3D-Ausmessung des Dachgeschosses beauftragt. Die Auswertungen haben ergeben (siehe Bericht vom 20.04.2016), dass die Lüftungszentrale zu klein ist für ein Lüftungsgerät mit Rotationswärmetauscher und dementsprechend, wie von Lemon Consult für diesen Fall vorgesehen, auf ein Kreislaufverbundsystem zurückgegriffen werden muss.

Eine Feuchterückgewinnung ist mit dem KVS-System nicht möglich. Jedoch kann neu auch die WC Anlage angeschlossen werden. Die Wärmerückgewinnung des KVS-Systems überträgt keine Gerüche und eignet sich deshalb für die Mehrfachnutzung optimal.

Die Lüftungsanlage fürs Sitzungszimmer und Restaurant hat bereits eine Wärmerückgewinnung integriert. Ein sofortiger Ersatz steigert den Wirkungsgrad nur gering. Wir empfehlen demzufolge diese Anlage bis ans Ende ihrer Lebensdauer laufen zu lassen.

#### 4.3.3. Kühlung über Zuluft

Weiter schlagen wir für die Varianten V1 und V2 mit Pellet-Kessel vor, eine reversible Wärmepumpe/Kältemaschine (WP/KM) im Lüftungsgerät zu integrieren. Damit kann die Zuluft im Lüftungsgerät erhitzt oder gekühlt werden. Dieses reduziert die Wärmenennleistung des Pellet-Kessels im Winter und steigert zudem den Raumkomfort im Sommer.

Mit integrierter WP/KM kann die Zuluft im Sommer mit einer Temperatur von 18°C (bei Aussentemperatur von 34°C) eingeblasen werden. Hierfür wird eine Kälteleistung von ca. 53 kW nötig sein. Um den Teillastbereich abzudecken wird eine Inverter gesteuerte WP/KM nötig.

Im Winter wird, um die Zuluft nach KVS WRG auf eine Mindesttemperatur von 18°C zu erwärmen, eine Heizleistung von ca. 40 kW erforderlich sein.

Für die Varianten V3 mit reversibler Luft/Wasser-Wärmepumpe und V4 mit reversibler Sole/Wasser-Wärmepumpe als Haupterzeuger werden keine zusätzlichen Wärmepumpen im Lüftungsgerät notwendig. Die Kühlung der Zuluft erfolgt zentral über die WP/KM im Keller.

#### 4.4. Fazit

Lemon Consult empfiehlt:

- Eine Heizleistung von 150 kW zu installieren
- Die Luftmenge auf 15'200 m<sup>3</sup>/h zu erhöhen
- Die Lüftungskanäle im grossen und kleinen Saal auf die neuen Luftmengen anzupassen
- Eine reversible Wärmepumpe/Kältemaschine im Lüftungsgerät zu installieren<sup>16</sup>

Hiermit ergeben sich aus den verfügbaren Energiequellen und der Dimensionierungsgrundlage Lüften folgende Energiekonzeptvarianten:

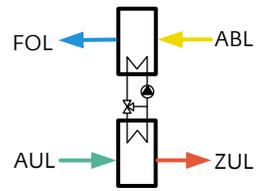
**Tab. 5: Energiekonzeptvarianten**

Nr.	Bez.	Beschreibung
V1	Wärme	Pellet-Heizkessel und dezentrale reversible WP/KM in Lüftung
	Lüftung	Lüftungsanlage mit KVS und reversibler WP/KM
V2	Wärme	Pellet-Heizkessel (Contracting <sup>17</sup> ) und dezentrale reversible WP/KM in Lüftung
	Lüftung	Lüftungsanlage mit KVS und reversibler WP/KM
V3	Wärme	Zentrale reversible Luft/Wasser Wärmepumpe
	Lüftung	Lüftungsanlage mit KVS
V4	Wärme	Zentrale reversible Sole/Wasser Wärmepumpe
	Lüftung	Lüftungsanlage mit KVS

<sup>16</sup> Nur für Varianten mit Pellet-Heizkessel

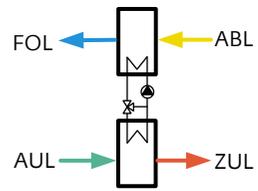
<sup>17</sup> Variante 2 baut auf Angaben EKZ auf

Tab. 6: Energie- und Technikkonzeptvariante V1

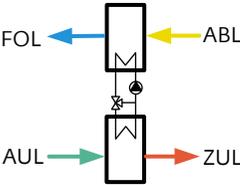
Variante V1	Heizung		Lüftung	
	Wärmeerzeugung		Lüftungsanlage mit WRG	Reversible Wärmepumpe
Typ	Pellet-Heizkessel 		KVS-System  	
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz Ölkessel durch Pellet-Heizkessel</li> <li>- Unterstützung des Pellet-Heizkessels durch reversible Wärmepumpe in Lüftungsanlage</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz der Lüftungsanlagen (exkl. Lüftung Küche und Sitzungszimmer/ Restaurant)</li> <li>- Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung</li> <li>- Lüftungsanlagen mit eingebauter reversiblen Wärmepumpe</li> <li>- Lüftungskanäle grosser und kleiner Saal werden ersetzt</li> <li>- Luftmengen sind CO<sub>2</sub>-gesteuert</li> </ul>	
Wärmeleistungsbedarf [kW]	≥ 110		40	
Beurteilung / Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Neuer Kessel steigert die Betriebssicherheit</li> <li>+ Tiefer Primärenergiefaktor von Pellets bildet eine ökologische Lösung ab</li> <li>+ Hohe Vorlauftemperaturen möglich</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betrieb muss von Fachpersonal / Hauswart überwacht werden</li> <li>- Periodisches nachfüllen des Bunkers notwendig</li> <li>- Hoher Wartungsaufwand</li> </ul> <p style="text-align: center;">✓</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Komfortsteigerung durch Temperierung der Zuluft im Sommer</li> <li>+ Komfortsteigerung durch höhere Luftmengen</li> <li>+ Reduktion der Heizleistung des Pellet-Kessels durch reversible WP/KM</li> </ul> <p style="text-align: center;">✓</p>	

Tab. 7: Energie- und Technikkonzeptvariante V2

**Variante V2**

	Heizung		Lüftung	
	Wärmeerzeugung		Lüftungsanlage mit WRG	Reversible Wärmepumpe
Typ	Pellet-Heizkessel 		KVS-System 	Reversible WP/KM 
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz Ölkessel durch Pellet-Heizkessel im Contracting</li> <li>- Unterstützung des Pellet-Heizkessels durch reversible Wärmepumpe in Lüftungsanlage</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz der Lüftungsanlagen (exkl. Lüftung Küche und Sitzungszimmer/ Restaurant)</li> <li>- Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung</li> <li>- Lüftungsanlagen mit eingebauter reversiblen Wärmepumpe</li> <li>- Lüftungskanäle grosser und kleiner Saal werden ersetzt</li> <li>- Luftmengen sind CO<sub>2</sub>-gesteuert</li> </ul>	
Wärmeleistungsbedarf [kW]	≥ 110		40	
Beurteilung / Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Neuer Kessel steigert die Betriebssicherheit</li> <li>+ Wartung und Betrieb wird von Contractor übernommen</li> <li>+ Tiefer Primärenergiefaktor von Pellets bildet eine ökologische Lösung ab</li> <li>+ Hohe Vorlauftemperaturen möglich</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Periodisches nachfüllen des Bunkers notwendig</li> <li>- Erhöhte Jahreskosten durch Contracting</li> </ul> <p style="text-align: center;">✓</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Komfortsteigerung durch Temperierung der Zuluft im Sommer</li> <li>+ Komfortsteigerung durch höhere Luftmengen</li> <li>+ Reduktion der Heizleistung des Pellet-Kessels durch reversible WP/KM</li> </ul> <p style="text-align: center;">✓</p>	

Tab. 8: Energie- und Technikkonzeptvariante V3

Variante V3	Heizung Wärmeerzeugung	Lüftung Lüftungsanlage mit WRG
Typ	Reversible L/W WP/KM 	KVS-System 
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz Ölkessel durch zentrale reversible Luft-Wasser Wärmepumpe</li> <li>- Rückkühler wird am Ort des heutigen Heizöltanks platziert so, dass Technikflächen auf dem Dach vermieden werden können (Keine Beeinträchtigung der Sicht, minimale Lärmemissionen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz der Lüftungsanlagen (exkl. Lüftung Küche und Sitzungszimmer/ Restaurant)</li> <li>- Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung</li> <li>- Lüftungskanäle grosser und kleiner Saal werden angepasst</li> <li>- Rückkühler vorgesehen im Keller anstelle von Heizöltank</li> <li>- Luftmengen sind CO<sub>2</sub>-gesteuert</li> </ul>
Wärmeleistungsbedarf [kW]	150	-
Beurteilung / Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Neue Wärmeerzeugung steigert die Betriebssicherheit</li> <li>+ Tiefer Primärenergiefaktor von Strom bildet eine ökologische Lösung ab</li> <li>+ Temperierung der Zuluft über rev. Wärmepumpe/Kältemaschine möglich</li> <li>+ Geringer Wartungsaufwand</li> <li>+ Höhere Kühlleistung als bei V1 und V2 möglich</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlauftemperaturen von maximal 65°C möglich (eventuell kann die erforderliche Vorlauftemperatur nicht garantiert werden z.B. für Heizkörper im Altbau oder die Warmwasseraufbereitung)</li> <li>- Tiefes COP infolge der hohen Heizsystemtemperaturen</li> <li>- Grosser Technikflächenbedarf durch Rückkühler im Keller</li> <li>- Höherer Schallemissionen als Sole/Wasser WP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Komfortsteigerung durch Temperierung der Zuluft im Sommer</li> <li>+ Komfortsteigerung durch höhere Luftmenge</li> </ul>



Tab. 9: Energie- und Technikkonzeptvariante V4

Variante V4	Heizung Wärmeerzeugung		Lüftung Lüftungsanlage mit WRG	
	Typ	Reversible S/W WP/KM	KVS-System	
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz Ölkessel durch zentrale reversible Sole-Wasser Wärmepumpe</li> <li>- Erdwärmesonden werden entlang des Stutzwegs angeordnet (siehe Anhang 5.1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz der Lüftungsanlagen (exkl. Lüftung Küche und Sitzungszimmer/ Restaurant)</li> <li>- Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung</li> <li>- Lüftungskanäle grosser und kleiner Saal werden angepasst</li> <li>- Rückkühler vorgesehen im Keller anstelle von Heizöltank</li> <li>- Luftmengen sind CO<sub>2</sub>-gesteuert</li> </ul>		
Wärmeleistungsbedarf [kW]	150	-		
Beurteilung / Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Neue Wärmeerzeugung steigert die Betriebssicherheit</li> <li>+ Tiefer Primärenergiefaktor von Strom bildet eine ökologische Lösung ab</li> <li>+ Temperierung der Zuluft über Freecooling/rev. WP/KM möglich</li> <li>+ Geringer Wartungsaufwand</li> <li>+ Höhere Kühlleistung als bei V1 und V2 möglich</li> <li>+ Höheres COP gegenüber Luft/Wasser WP möglich</li> <li>+ Geringerer Technikflächenbedarf im Gebäude als für Luft/Wasser WP</li> <li>+ Heutiger Heizöltankraum kann anderweitig genutzt werden</li> <li>+ Geringere Schallemissionen als Luft/Wasser WP</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vorlauftemperaturen von maximal 65°C möglich (eventuell kann die erforderliche Vorlauftemperatur nicht garantiert werden z.B. für Heizkörper im Altbau oder die Warmwasseraufbereitung)</li> <li>- Zugänglichkeit für Erdsondenbohrungen nicht abschliessend geklärt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Komfortsteigerung durch Temperierung der Zuluft im Sommer</li> <li>+ Komfortsteigerung durch höhere Luftmenge</li> </ul>		

### 4.5. Wirtschaftlichkeit

#### Investitionskostenschätzung: +-25%

Variante 1 - Pellet Heizkessel

Wirtschaftlichkeitsannahmen			Strompreise - ekz			Pellets		
Betrachtungszeitraum	[a]	20	Arbeitspreis HT	[CHF/kWh]	0.19	Arbeitspreis	[CHF/kWh]	0.08
Kapitalzinssatz	[%]	1.5	Arbeitspreis NT	[CHF/kWh]	0.12			
Betriebskostensteigerung	[%]	1	Grundpreis	[CHF/Mt]	5.40			
Energiepreisteuerung	[%]	2	WP Arbeitspreis HT	[CHF/kWh]	0.15			
			WP Arbeitspreis NT	[CHF/kWh]	0.12			

Kapital- und Unterhaltskosten (exkl. MwSt.)									
Gewerk	Einheit	Menge	Einheitspreis	Investition	Nutzungsdauer	Annuität	Kapitalkosten		Unterhaltskosten
	...	[-]	[CHF/...]	[CHF]	[a]	[%]	[CHF/a]	[%]	[CHF/a]
Rückbau (Lüftung/Heizung/Tank)				25'000	20	5.8	1'456		-
KVS mit rev. WP/KM und Kanalnetzerneuerung	m3/h	15'200	32	486'400	20	5.8	28'331	4.0	19'456
Heizkessel, Pelletlager, tech. Speicher, Kamin	kW	110	1'700	187'000	20	5.8	10'892	4.0	7'480
Abgasanlage	Stk.	1	35'000	35'000	20	5.8	2'039	4.0	1'400
Wärmeverteilung				30'000	20	5.8	1'747	1.5	450
Elektro				35'000	20	5.8	2'039	1.0	350
Sanitär				6'000	20	5.8	349	1.0	60
Unvorhergesehenes (10%)				77'940	20	5.8	4'540		-
Planer (15%)				123'351	20	5.8	7'185		-
Bauseitige Kosten <sup>1</sup>				351'830	20	5.8	20'493		
<b>Total</b>				<b>1'357'521</b>			<b>79'070</b>		<b>29'196</b>

Endenergieverbrauch & -kosten			
Parameter	Energie	Arbeitspreis	Total
	[MWh/a]	[CHF/kWh]	[CHF/a]
Strom	42.6		
HT [70%]	29.8	0.19	5'718
NT [30%]	12.8	0.12	1'588
Grundpreis			65
Strom - WP	19.2		
WP - HT [50%]	9.6	0.15	1'463
WP - NT [50%]	9.6	0.12	1'194
Pellets	195.4	0.08	15'631
<b>Total</b>			<b>25'658</b>

Mittlere Jährliche Kosten			
	jährliche Kosten	Mittelwertfaktor	mittlere jährliche Kosten
	[CHF/a]	[-]	[CHF/a]
Kapitalkosten	79'070	-	79'070
Unterhaltskosten	29'196	1.11	32'305
Energiekosten	25'658	1.23	31'485
<b>Jahreskosten</b>			<b>142'860</b>
<b>Investitionskosten</b>			<b>1'357'521</b>

<sup>1</sup> Kosten Ermittelt durch Herrn Woernhard am 29.05.2017

Variante 2 - Pellet Contracting

Wirtschaftlichkeitsannahmen		
Betrachtungszeitraum	[a]	20
Kapitalzinsatz	[%]	1.5
Betriebskostensteigerung	[%]	1
Energiepreisteuerung	[%]	2

Strompreise - ekz		
Arbeitspreis HT	[CHF/kWh]	0.19
Arbeitspreis NT	[CHF/kWh]	0.12
Grundpreis	[CHF/Mt.]	5.40
WP Arbeitspreis HT	[CHF/kWh]	0.15
WP Arbeitspreis NT	[CHF/kWh]	0.12

Pellet - EKZ Contracting		
Arbeitspreis	[CHF/kWh]	0.10

Kapital- und Unterhaltskosten (exkl. MwSt.)

Gewerk	Einheit	Menge	Einheitspreis [CHF/...]	Investition [CHF]	Nutzungsdauer [a]	Annuität [%]	Kapitalkosten [CHF/a]	Unterhaltskosten [%]	Unterhaltskosten [CHF/a]
Rückbau (Lüftung/Heizung/Tank)	...	-	-	25'000	20	5.8	1'456	-	-
KVS mit rev. WP/KM und Kanalnetzenerneuerung	m3/h	15'200	32	486'400	20	5.8	28'331	4.0	19'456
Grundpreis Pellet-Contracting <sup>1</sup>	Jahr	20	34'069		20	5.8	39'687		
Wärmeverteilung				30'000	20	5.8	1'747	1.5	450
Elektro				35'000	20	5.8	2'039	1.0	350
Sanitär				6'000	20	5.8	349	1.0	60
Unvorhergesehenes (10%)				55'740	20	5.8	3'247		
Planer (15%)				86'721	20	5.8	5'051		
Bauseitige Kosten <sup>2</sup>				351'830	20	5.8	20'493		
<b>Total</b>				<b>1'076'691</b>			<b>102'400</b>		<b>20'316</b>

Endenergieverbrauch & -kosten

Parameter	Energie [MWh/a]	Arbeitspreis [CHF/kWh]	Total [CHF/a]
Strom	42.6		
HT [70%]	29.8	0.19	5'718
NT [30%]	12.8	0.12	1'588
Grundpreis			65
Strom - WP	19.2		
WP - HT [50%]	9.6	0.15	1'463
WP - NT [50%]	9.6	0.12	1'194
Pellets	195.4	0.10	20'469
<b>Total</b>			<b>30'496</b>

Mittlere jährliche Kosten

	jährliche Kosten [CHF/a]	Mittelwertfaktor [-]	mittlere jährliche Kosten [CHF/a]
Kapitalkosten	102'400	-	102'400
Unterhaltskosten	20'316	1.11	22'480
Energiekosten	30'496	1.23	37'422
<b>Jahreskosten</b>			<b>162'301</b>
<b>Investitionskosten</b>			<b>1'076'691</b>

<sup>1</sup> Angabe EKZ

<sup>2</sup> Kosten Ermittelt durch Herrn Woernhard am 29.05.2017

Variante 3 - WP Luft/Wasser

Wirtschaftlichkeitsannahmen		
Betrachtungszeitraum	[a]	20
Kapitalzinsatz	[%]	1.5
Betriebskostensteigerung	[%]	1
Energiepreisteuerung	[%]	2

Strompreise - EKZ		
Arbeitspreis HT	[CHF/kWh]	0.19
Arbeitspreis NT	[CHF/kWh]	0.12
Grundpreis	[CHF/Mt.]	5.40

Strompreise - EKZ Wärmepumpe		
Arbeitspreis HT	[CHF/kWh]	0.15
Arbeitspreis NT	[CHF/kWh]	0.12

Kapital- und Unterhaltskosten (exkl. MwSt.)

Gewerk	Einheit	Menge	Einheitspreis [CHF/...]	Investition [CHF]	Nutzungsdauer [a]	Annuität [%]	Kapitalkosten [CHF/a]	Unterhaltskosten [%]	Unterhaltskosten [CHF/a]
Rückbau (Lüftung/Heizung/Tank)				25'000	20	5.8	1'456		-
KVS und Kanalnetzerneuerung ( ohne rev. WP/KM )	m3/h	15'200	26	395'200	20	5.8	23'019	4.0	15'808
Wärmepumpenanlage	Stk.	1	160'000	160'000	20	5.8	9'319	4.0	6'400
Wärmetauscher / Lüftungsgerät	Stk.	1	54'000	54'000	15	7.5	4'047	4.0	2'160
Wärmeverteilung				30'000	20	5.8	1'747	1.5	450
Elektro				70'000	20	5.8	4'077	1.0	700
Sanitär				6'000	20	5.8	349	1.0	60
Unvorhergesehenes (10%)				71'520	20	5.8	4'166		-
Planer (15%)				107'508	20	5.8	6'262		-
Bauseitige Kosten <sup>1</sup>				413'966	20	5.8	24'112		
<b>Total</b>				<b>1'333'194</b>			<b>78'555</b>		<b>25'578</b>

Endenergieverbrauch & -kosten

Parameter	Energie [MWh/a]	Arbeitspreis [CHF/kWh]	Total [CHF/a]
Strom	42.6		
HT [70%]	29.8	0.19	5'718
NT [30%]	12.8	0.12	1'588
Grundpreis			65
Strom - WP	93.4		
WP - HT [50%]	46.7	0.15	7'111
WP - NT [50%]	46.7	0.12	5'804
<b>Total</b>			<b>20'287</b>

Mittlere jährliche Kosten

	jährliche Kosten [CHF/a]	Mittelwertfaktor [-]	mittlere jährliche Kosten [CHF/a]
Kapitalkosten	78'555	-	78'555
Unterhaltskosten	25'578	1.11	28'302
Energiekosten	20'287	1.23	24'893
<b>Jahreskosten</b>			<b>131'750</b>
<b>Investitionskosten</b>			<b>1'333'194</b>

<sup>1</sup> Kosten Ermittelt durch Herrn Woernhard am 29.05.2017

Variante 4 - WP Sole/Wasser

Wirtschaftlichkeitsannahmen		
Betrachtungszeitraum	[a]	20
Kapitalzinsatz	[%]	1.5
Betriebskostensteigerung	[%]	1
Energiepreisteuerung	[%]	2

Strompreise - EKZ		
Arbeitspreis HT	[CHF/kWh]	0.19
Arbeitspreis NT	[CHF/kWh]	0.12
Grundpreis	[CHF/Mt.]	5.40

Strompreise - EKZ Wärmepumpe		
Arbeitspreis HT	[CHF/kWh]	0.15
Arbeitspreis NT	[CHF/kWh]	0.12

Kapital- und Unterhaltskosten (exkl. MwSt.)

Gewerk	Einheit	Menge	Einheitspreis [CHF/...]	Investition [CHF]	Nutzungsdauer [a]	Annuität [%]	Kapitalkosten [CHF/a]	Unterhaltskosten [%]	Unterhaltskosten [CHF/a]
Rückbau (Lüftung/Heizung/Tank)				25'000	20	5.8	1'456		-
KVS und Kanalnetzerneuerung ( ohne rev. WP/KM )	m3/h	15'200	26	395'200	20	5.8	23'019	4.0	15'808
Wärmepumpenanlage	Stk.	1	160'000	160'000	20	5.8	9'319	4.0	6'400
Erdwärmesonden (Bohrung, Sonden und Anschluss)	Stk.	7	35'000	245'000	35	3.7	9'049	0.5	1'225
Wärmeverteilung				30'000	20	5.8	1'747	1.5	450
Elektro				70'000	20	5.8	4'077	1.0	700
Sanitär				6'000	20	5.8	349	1.0	60
Unvorhergesehenes (10%)				90'620	20	5.8	5'278		-
Planer (15%)				139'023	20	5.8	8'097		-
Bauseitige Kosten <sup>1</sup>				358'504	20	5.8	20'881		
<b>Total</b>				<b>1'519'347</b>			<b>83'274</b>		<b>24'643</b>

Endenergieverbrauch & -kosten

Parameter	Energie [MWh/a]	Arbeitspreis [CHF/kWh]	Total [CHF/a]
Strom	42.6		
HT [70%]	29.8	0.19	5'718
NT [30%]	12.8	0.12	1'588
Grundpreis			65
Strom - WP	66.7		
WP - HT [50%]	33.4	0.15	5'080
WP - NT [50%]	33.4	0.12	4'146
<b>Total</b>			<b>16'596</b>

Mittlere jährliche Kosten

	jährliche Kosten [CHF/a]	Mittelwertfaktor [-]	mittlere jährliche Kosten [CHF/a]
Kapitalkosten	83'274	-	83'274
Unterhaltskosten	24'643	1.11	27'267
Energiekosten	16'596	1.23	20'365
<b>Jahreskosten</b>			<b>130'907</b>
<b>Investitionskosten</b>			<b>1'519'347</b>

<sup>1</sup> Kosten Ermittelt durch Herrn Woernhard am 28.06.2017

**4.6. Resultate**

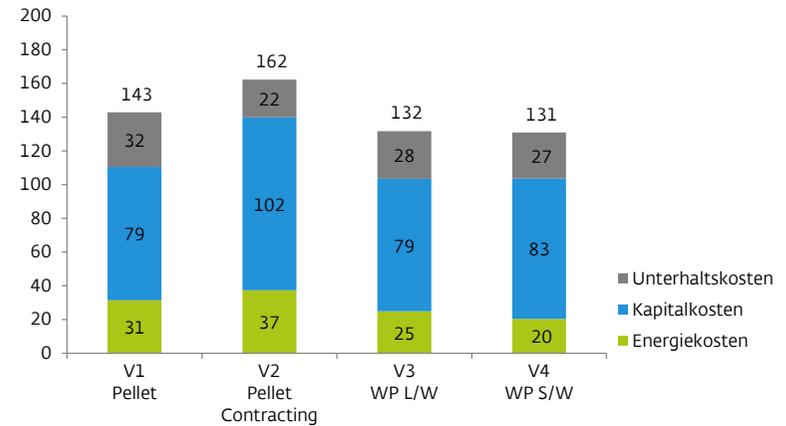
**Tab. 10: Wirtschaftlichkeit Heizung und Lüftung**

Gewerk	Beschrieb
<b>Heizung &amp; Lüftung</b>	V4 ist die wirtschaftlichste Variante. In den Posten Unterhalt- und Energiekosten unterbietet die Wärmepumpenlösung die Kosten der Konkurrenzvarianten.  Bemerkung: Die Kapitalkosten von V2 beinhalten auch die Unterhaltskosten des Pellet Kessels. Die Investitionskosten und Unterhaltskosten werden von der EKZ zusammengefasst als Grundpreis (CHF/a) angegeben.

**Grafik**

**Abb. 3: Jahreskosten der verschiedenen Varianten**

[ x 1'000 CHF/a ]

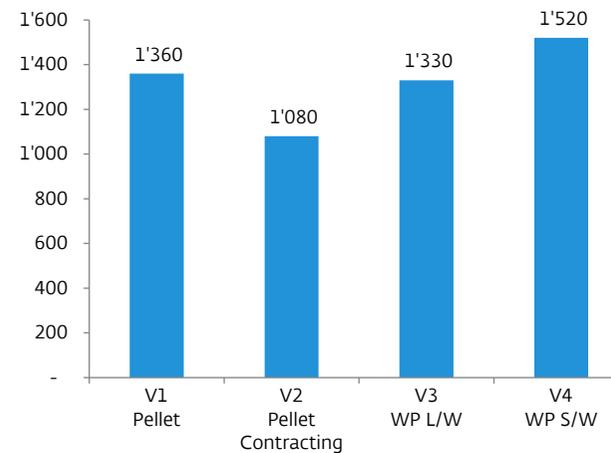


Investitionskostenschätzung +-25%

Die tiefsten Investitionskosten hat V2. Grund hierfür ist das gewählte Contracting -Modell.

**Abb. 4: Investitionskosten der verschiedenen Varianten**

[ x 1'000 CHF ]



Tab. 11: Nachhaltigkeitsvergleich Heizung und Lüftung

Gewerk	Beschrieb
<b>Heizung &amp; Lüftung</b>	<p>Gegenüber dem Ist-Zustand konnte der Primärenergieverbrauch sämtlicher Varianten drastisch gesenkt werden. Verantwortlich hierfür sind die tiefen Primärenergiefaktoren der gewählten Energieträger: Pellets (<math>0.2^{18}</math>) und Strom (<math>0.03^{18}</math>).</p> <p>V4 ist auf Ebene Primärenergie die beste Wahl. Gründe hierfür sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Besserer Primärenergiefaktor von Strom gegenüber Pellets</li> <li>- Geringster Endenergiebedarf</li> <li>- Besserer COP als Luft/Wasser Wärmepumpe</li> </ul>

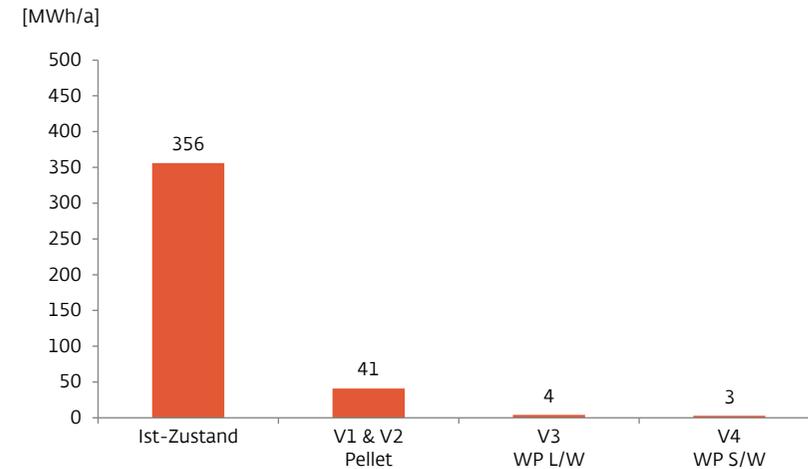
Alle Varianten sind gegenüber dem Ist-Zustand wesentlich umweltfreundlicher. Mit den neuen Massnahmen können min. 85% des jährlichen CO<sub>2eq</sub>-Ausstosses eingespart werden.

Unterschied zwischen den Varianten Pellet-Heizkessel (V1 & V2) und deren mit WP (V3 & V4) aufgrund von:

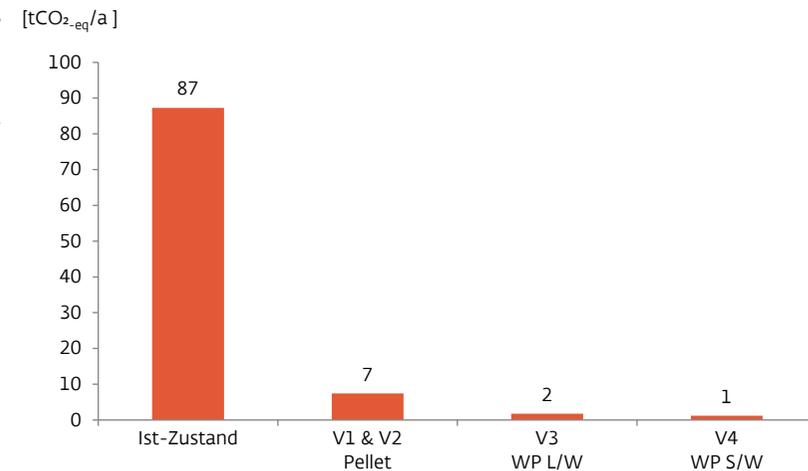
- Besserer spezifischer Treibhausgasemissionen von Strom gegenüber Pellets
- Geringerer Endenergiebedarf von Wärmepumpenvarianten

**Grafik**

**Abb. 5: Jährlicher Primärenergiebedarf nicht erneuerbar**



**Abb. 6: Jährlicher CO<sub>2eq</sub>-Ausstoss**



<sup>18</sup> Primärenergiefaktor nicht erneuerbar

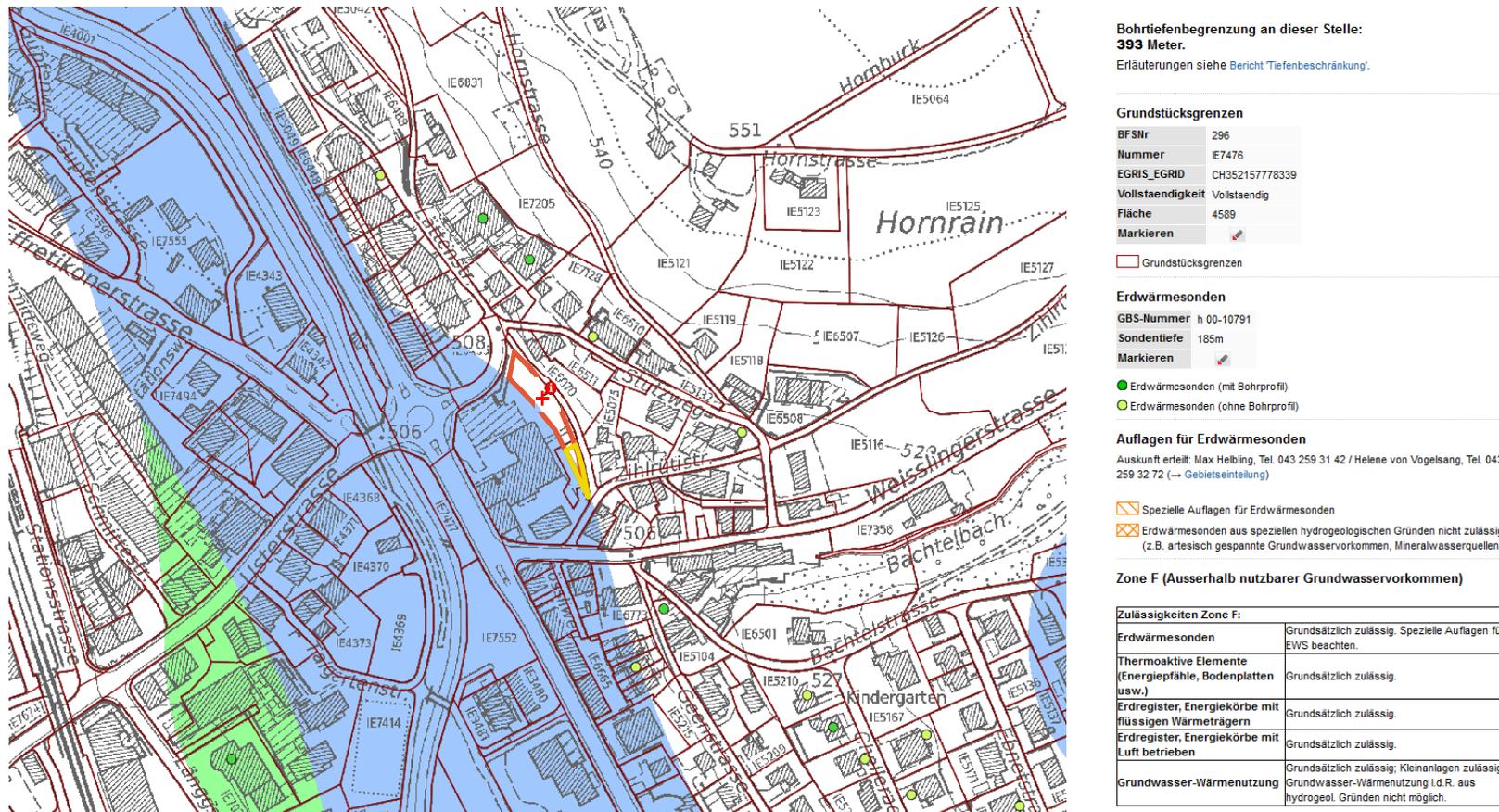
# 5. Anhang

## 5.1. Erdwärmenutzung

Im Wärmenutzungsatlas wird ersichtlich, dass auf dem Grundstück vom Restaurant Illnau (IE 7476) ein kleiner Streifen zwischen dem Stutzweg im Nord-Osten und der blauen Fläche im Süd-Westen für Erdwärmesonden genutzt werden kann (Rot umrahmt). Um die benötigte Anzahl Bohrungen (voraussichtlich ca. 7 Bohrungen mit 350 m Tiefe) zu ermöglichen muss zusätzlich das Nachbargrundstück (IE5079), ebenfalls im Besitz der Stadt Illnau-Effretikon, hinzugezogen werden (Orange umrahmt).

Um die gesamte Erdsondenlänge abschliessend ermitteln zu können ist eine Erdsondensimulation erforderlich.

Abb. 7: GIS Wärmenutzungsatlas



Bemerkung: Da wir uns in einer Grundwasserschutzzone befinden darf keine Grundwassernutzung stattfinden.

## 5.2. Bauliche Massnahmen im historischen Gebäudeteil (Restaurant / Wohnen, Bibliothek / Musiksaal - denkmalgeschützt)

Bauteil	Bezeichnung / Kenndaten	Aufbau / Konstruktion	Beschreibung
Dach	<b>Dach</b> <b>Restaurant / Wohnen</b> Fläche: ca. 230 m <sup>2</sup> U-Wert: ca. 0.2 W/m <sup>2</sup> K Bauart: Holzkonstruktion Baujahr: Anfang 19. JH (saniiert)	Dachdeckung (Biberschwanz neu) 2.4 cm Dachlattung / Luft 4 cm Konterlattung / Luft 1 lg. Unterdachbahn diffusionsoffen 1.5 cm diffusionsoffene Holzfaserplatte 11.0 cm Sparren (Bestand) / Isofloc LM 2 cm Spaceloft Roll 1 lg Dampfbremse feuchteadaptiv 2.4 cm Holzschalung (Bestand)	<p>Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die Dächer mit 10–13 cm Mineralwolle relativ gut gedämmt sind. Problematisch ist hingegen der feuchtetechnische Zustand der Dachaufbauten: In den Bestandsaufnahmen wurde keine Dampfbremse / Luftdichtigkeitsschicht festgestellt. Diffusions- und konvektionsbedingtes Wasserkondensat im Bauteilinneren kann somit nicht ausgeschlossen werden.</p> <p>Ein Aspekt der bei der Planung allfälliger Sanierungsmassnahmen zu berücksichtigen ist, sind die Faserzementplatten, welche vermutlich Asbest-belastet sind und somit aufwändige Sanierungs- und Entsorgungsmassnahmen erfordern.</p> <p>Die bereits aufgezeigten Sanierungsvarianten (vgl. Beurteilung Dachaufbau Rössli Illnau, Fa. Zehnder &amp; Kälin, 13.09.2013) gehen vom teilweisen Rückbau der Dachkonstruktion und ergänzenden Dämmschichten aus Zellulosefasern oder Mineralwolle aus. Der Aufwand hinter diesen Massnahmen ist bereits erheblich, bringt aber Nachteile, wie zusätzlich Aufbauhöhe und weiterhin unklare Luftdichtigkeitsverhältnisse mit sich.</p> <p>Neben den bereits entwickelten Sanierungsvarianten wird an dieser Stelle daher noch eine Option mit gleichbleibender Aufbauhöhe und Einhaltung aktueller Neubaustandards (Wärmedämmung, Feuchteschutz und Luftdichtigkeit) aufgezeigt (vgl. Spalte „Aufbau/Konstruktion“).</p>
Dach	<b>Dach</b> <b>Bibliothek / Musiksaal</b> Fläche: ca. 280 m <sup>2</sup> U-Wert: ca. 0.2 W/m <sup>2</sup> K Bauart: Holzkonstruktion Baujahr: Anfang 19. JH (saniiert)	Dachdeckung (Biberschwanz neu) 2.4 cm Dachlattung / Luft 4 cm Konterlattung / Luft 1 lg. Unterdachbahn diffusionsoffen 1.5 cm diffusionsoffene Holzfaserplatte 11.0 cm Kreuzlattung (Bestand) / Isofloc LM 2 cm Spaceloft Roll 1 lg Dampfbremse feuchteadaptiv 2.4 cm Holzschalung (Bestand) ca. 16 cm Sparren (Bestand)	<p>Ausgehend von der Annahme eines Dämmstoffes mit einer Wärmeleitfähigkeit von <math>\lambda = \text{ca. } 0.04 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})</math> im Bestand könnten die Transmissionswärmeverluste durch die Wand mit PUR-Dämmstoffen etwa 1/3 reduziert werden, ohne die Bauteilabmessungen dabei zu verändern.</p> <p>Zu beachten ist dabei, dass diese Massnahme eine Ausnahmegenehmigung seitens der Behörde erfordern würde, weil damit die Anforderungen an den U-Wert von sanierten Bauteilen gem. SIA 380/1 nicht erreicht werden. Diese könnten bei gleichbleibender Bauteildicke nur mittels Einsatz von Aerogel-basierten Dämmstoffen erreicht werden.</p>
Wand	<b>Aussenwand</b> <b>Restaurant / Wohnen</b> Fläche: ca. 140 m <sup>2</sup> U-Wert: 0.3 W/m <sup>2</sup> K Bauart: Vollziegelwand Baujahr: Anfang 19. JH (saniiert)	ca. 0.5 cm Dünnputz ca. 6 cm PUR Wärmedämmung ca. 60 cm Vollziegel ca. 3 cm Innenputz teilw. Holzverkleidungen	

Wand	<b>Aussenwand Bibliothek</b> Fläche: ca. 190 m <sup>2</sup> U-Wert: 0.3 W/m <sup>2</sup> K Bauart: Vollziegelwand Baujahr: Anfang 19. JH (saniert)	ca. 0.5 cm Dünnputz ca. 6 cm PUR Wärmedämmung ca. 60 cm Vollziegel ca. 3 cm Innenputz teilw. Holzverkleidungen	siehe Aussenwand Restaurant / Wohnen
Boden	<b>Kellerdecke</b> Fläche: ca. 340 m <sup>2</sup> U-Wert: unverändert Bauart: Holzdecke Baujahr: Anfang 19. JH (saniert)	keine Sanierung empfohlen	Weil die erzielbaren Verbesserungen durch eine (weitere) thermische Sanierung der Kellerdecke in einem ungünstigen Verhältnis zu den damit verbundenen Aufwänden stehen würden, werden in diesem Bereich keine Sanierungsmassnahmen empfohlen.
Fenster	<b>Fenster Restaurant / Wohnen / Saal</b> Fläche: ca. 50 m <sup>2</sup> U <sub>w</sub> -Wert: ca. 1.0 W/m <sup>2</sup> K <sup>19</sup> g-Wert: ca. 0.60 <sup>20</sup> Bauart: Holzfenster Baujahr: ca. 1990	Glas: 3-fach Wärmeschutzverglasung U <sub>g</sub> = 0.6 W/(m <sup>2</sup> K) Rahmen: Holz, Dickschichtlasur, keine Überdämmung, keine Metalldeckschalen o.ä.	Die Transmissionswärmeverluste durch die Fenster könnten mittels Glasersatz voraussichtlich etwa halbiert werden. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass für einen Glastausch evtl. Anpassungen an den Fensterflügeln bzw. Glasleisten vorgenommen werden müssen, um die Aufnahme von dickeren Gläsern zu ermöglichen.
Fenster	<b>Fenster Bibliothek</b> Fläche: ca. 65 m <sup>2</sup> U <sub>w</sub> -Wert: ca. 1.0 W/m <sup>2</sup> K <sup>21</sup> g-Wert: ca. 0.60 <sup>22</sup> Bauart: Holzfenster Baujahr: ca. 1990	Glas: 3-fach Wärmeschutzverglasung U <sub>g</sub> = 0.6 W/(m <sup>2</sup> K) Rahmen: Holz, lasiert, keine Überdämmung, keine Metalldeckschalen o.ä.	Die Transmissionswärmeverluste durch die Fenster könnten mittels Glasersatz voraussichtlich etwa ca. halbiert werden. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass für einen Glastausch evtl. Anpassungen an den Fensterflügeln bzw. Glasleisten vorgenommen werden müssen, um die Aufnahme von dickeren Gläsern zu ermöglichen.

### 5.3. Bauliche Massnahmen in den Anbauten von 1980 (Foyer / Küche / grosser und kleiner Saal)

Im Bereich der Anfangs der 1980er Jahre errichteten Gebäudeteile ist davon auszugehen, dass die Transmissionswärmeverluste mittels ähnlicher Massnahmen wie im historischen Gebäudeteil etwa ein Drittel reduziert werden können. Eine detaillierte Untersuchung dieser Option hat im Rahmen dieser Arbeit nicht stattgefunden.

<sup>19</sup> In Anlehnung an zum Zeitpunkt der Errichtung geltende SIA Normen bzw. Vorschriften

<sup>20</sup> Schätzwert

<sup>21</sup> In Anlehnung an zum Zeitpunkt der Errichtung geltende SIA Normen bzw. Vorschriften

<sup>22</sup> Schätzwert

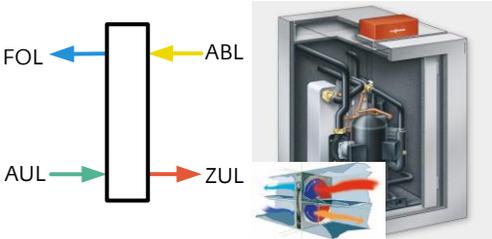
### 5.4. Fernwärme

Ursprünglich war als Ersatz für den Heizkessel eine Fernwärmevariante vorgesehen. Durch die Erweiterung des EKZ- Fernwärmenetzes sollte das Rössli angeschlossen werden können. Jedoch hat im Laufe des Projektes die EKZ am 05.04.2017 mitgeteilt, dass die Netzerweiterung nicht erfolgen wird. Dementsprechend wurde diese Variante aus dem Bericht genommen, obwohl sie sich im betrieblichen Sinn als beste Variante bestätigt hatte.

Im Folgenden der Projektstand Fernwärme bis zum 05.04.2017:

Abb. 8: Energie- und Technikkonzeptvariante

#### Variante V4 - alt

	Heizung Wärmeerzeugung	Lüftung Lüftungsanlage mit WRG Reversible Wärmepumpe
Typ	Fernwärme 	Rotations-WRG Rev. Wärmepumpe 
Beschreibung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz Ölkessel durch Fernwärme</li> <li>- Wärmeversorgung erfolgt ab dem Fernwärmenetz von der EKZ</li> <li>- Unterstützung Fernwärme durch rev. Wärmepumpe aus Lüftungsanlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz der Lüftungsanlagen (exkl. Lüftung Küche)</li> <li>- Lüftungsanlagen mit Wärme- und Feuchterückgewinnung</li> <li>- Lüftungskanäle bleiben bestehen</li> </ul>
Nennleistung [kW]	110	40
Beurteilung / Empfehlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärmeanschluss steigert die Betriebssicherheit</li> <li>- Werterhaltung</li> <li>- Tiefer Primärenergiefaktor bildet eine ökologische Lösung ab</li> <li>- Mit Fernwärme resultiert ein geringer Technikflächenbedarf</li> <li>- Verfügbare Leistung (stand 27.06.2016) 170kW; Anschlussgarantie holen</li> </ul> <p style="text-align: center;">✓</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effizienzsteigerung durch WRG und Ausnutzung der Gleichzeitigkeit</li> <li>- Werterhaltung</li> <li>- Effizienter Betrieb der Wärmepumpe in Abluft und Zuluft</li> <li>- Reduzierte Heizleistung der Fernwärme durch reversible Wärmepumpe</li> <li>- Komfortsteigerung durch Feuchterückgewinnung im Winter</li> <li>- Komfortsteigerung durch Temperierung der Zuluft im Sommer</li> </ul> <p style="text-align: center;">✓</p>

<sup>1</sup> ohne Nebenarbeiten, Honorare, etc.

