

MACHBARKEITSSTUDIE
VERGLEICH RAUMLUFTTECHNIK

Bauvorhaben Umbau Bürgeramt Koblenz
 Gymnasialstrasse 6
 56068 Koblenz

Projekt-Nr. 1058 Bürgeramt Koblenz

Gewerk: Raumlufftechnik

Bauherr Stadtverwaltung Koblenz
 Bahnhofstrasse 47
 56068 Koblenz

Fachplaner Will Engineering GmbH
 Wagnerstraße 8
 56410 Montabaur
 Telefon: 02602 – 947 870
 Telefax: 02602 – 947 87 29
 E-Mail info@willengineering.de

INHALTSÜBERSICHT

1	Aufgabenstellung	3
2	Grundsätzliche Hinweise	4
3	Systembeschreibung	5
3.1	Variante 1: Raumluftechnik mit adiabater Kühlung (Teilklimaanlage)	5
3.2	Variante 2: Raumluftechnik mit Luft-Luft-Wärmepumpe (Teilklimaanlage)	6
3.3	Variante : Raumluftechnik mit Vollklimatisierung (Vollklimaanlage)	7
4	Luftmengenermittlung	8
4.1	CO2 Simulation	8
5	Kostenbetrachtung	9
5.1	Herstellkosten	9
5.2	Energieverbrauch	9
5.3	Energiekosten	10
5.4	Variable Kosten	10
6	Dynamischer Vollkostenvergleich	11
6.1	Adiabatik / Wärmepumpe	11
6.2	Ergebnisvorstellung und Empfehlung weitere Vorgehensweise	12
7	Anhang	15
7.1	Kostenschätzung Herstellkosten	15
7.2	Abschätzung Energiemengen	16
7.3	Wirtschaftlichkeitsberechnung nach LEG-Verfahren	17

1 Aufgabenstellung

Das Bürgeramt Koblenz Gymnasialstraße verfügt über eine raumluftechnische Anlage mit einer adiabaten Luftbehandlung zur Lufttemperierung, welche nach Aufzeichnungen im Aktenvermerk 01 vom 04.08.22 Pkt. 1.004 zwar kühlend tätig wird, aber die Temperaturen an mehreren Tagen nicht unter/gleich $+26^{\circ}\text{C}$ (ASR A3.5) halten kann.

Zusätzlich liegt eine TÜV Stellungnahme vom 21.06.22 vor, in der dargestellt wird, dass „die Bestandslüftung nicht ausreichend bemessen ist, baurechtliche und hygienische Mängel aufweist und somit ein Austausch der Anlage als dringend notwendig zu erachten ist.“

Die vorhandenen zur Straßenseite liegenden Fenster sind nicht zu öffnen und verfügen über keinerlei Wärmeschutz oder Verschattungsmöglichkeit. Die 3 kippbaren Oberlichter reichen nicht aus, um den Luftaustausch zu gewährleisten.

Des Weiteren wird die bestehende Leitungsführung in den Räumlichkeiten nicht auf die zukünftige Raumgestaltung passen.

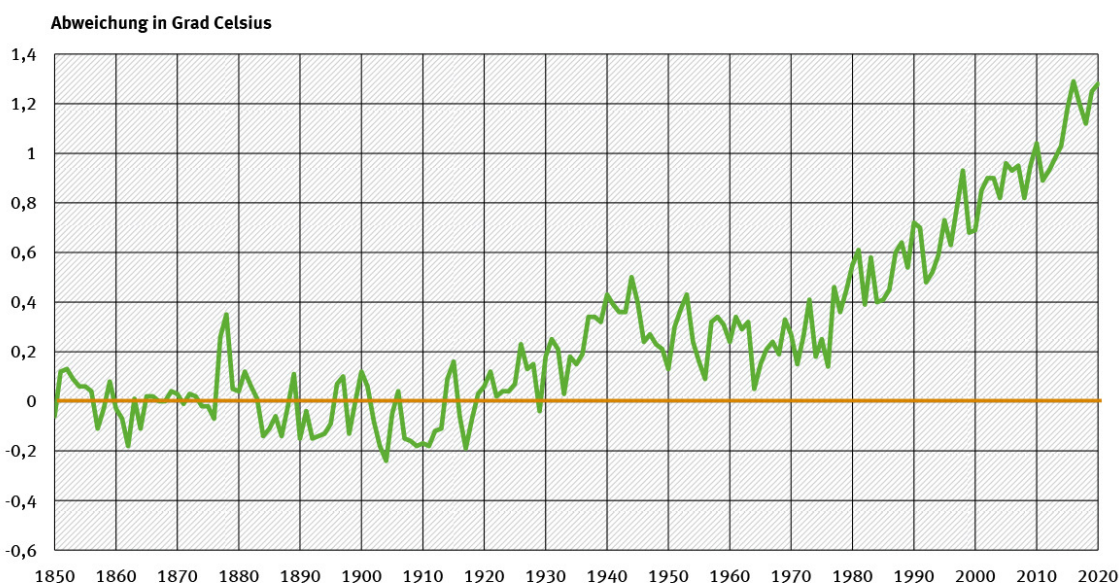
Hinweis:

Die zukünftige Anlage soll sowohl den Grenzwert von 1.000 ppm CO₂ (gemäß Arbeitsstättenrichtlinie A3.6) einhalten, als auch die erforderliche Klimatisierung (max. $+26^{\circ}\text{C}$) durchführen.

Nach den Technischen Regeln für Arbeitsstätten ASR A3.6 Lüftung muss die Raumluftechnik nicht zwingend befeuchtet werden. Für den Fall, dass sich Beschäftigte Beschwerden im Hinblick auf zu trockenen Luft äußern, ist zu Prüfen, ob und ggf. welche Maßnahmen (Luftbefeuchtung mittels Dampfbefeuchtung, Sprühbefeuchtung, etc.) zu ergreifen sind. Praktische Erfahrungen zeigen, dass in vergleichbaren Arbeitsräumen eine rel. Luftfeuchtigkeit zwischen 30 und 70% für behaglich empfunden wird.

Im Hinblick auf die in Zukunft steigenden Durchschnitts - Außentemperaturen und die Beachtung einer Kühllastberechnung (VDI 2078), die im weiteren Planungsverlauf erstellt werden muss, sollte die Anlage mit ökonomisch und ökologisch vertretbaren Leistungsreserven ausgelegt werden.

Abweichung der globalen Lufttemperatur vom Durchschnitt der Jahre 1850 bis 1900*



* Die Nulllinie entspricht dem globalen Temperaturdurchschnitt der Jahre 1850 bis 1900.
Senator vom Durchschnitt der Jahre 1850 bis 1900

Quelle: Met Office Hadley Centre, Climate Reseach Unit; Modell HadCRUT.5.0.1.0;
 Median der 200 berechneten Zeitreihen

Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie werden drei grundsätzliche Systeme für den Betrieb der RLT-Anlagen untersucht:

- 1: RLT-Anlagen mit adiabater Kühlung
- 2: RLT-Anlagen mit Luft-Luft-Wärmepumpe
- 3: RLT-Vollklimaanlage

Die Untersuchung/Gegenüberstellung wird für folgende Anlage als Gesamtbetrachtung erstellt:

RLT 01 Anlage Bürgeramt: 3.800m³/h

Die Vergleichsberechnungen werden auf Basis des LEG-Verfahrens (Leitfaden für energiebewusste Gebäudeplanung) erstellt. Hierbei werden sämtliche relevanten Kosten, d.h.:

- Investitionskosten
- Kapitalkosten
- Kosten für Energie, Wartung, Unterhalt
- Mögliche Kostensteigerungen
- Rückstellungen für Ersatzbeschaffung

einzelnen ermittelt, dargestellt und anschließend der Vollkostenverlauf (Lebenszykluskosten) inkl. Kostensteigerungen über einen zu wählenden Betrachtungszeitraum ermittelt.

Im Ergebnis wird diejenige Investition, die über den betrachteten Zeitraum die geringsten Gesamtkosten verursachen wird, die aus heutiger Sicht und auf Basis heutiger Kenntnisse, die sinnvollste Investitionsentscheidung darstellen.

2 Grundsätzliche Hinweise

Die Investitionskosten werden detailliert auf Basis von Erfahrungswerten, bzw. konkreten Herstellerangeboten (Richtkosten der RLT-Anlagen) ermittelt.

Die Betriebszeiten und, damit einhergehend, die Energiemengen etc. werden auf Basis sinnvoller Abschätzungen ermittelt.

Hierbei ist zu beachten, dass diese Werte nicht zwingend die tatsächlichen Betriebszustände abbilden werden. Da aber der Vergleich auf Basis gleicher Voraussetzungen aufgebaut wird, wird das Ergebnis tendenziell immer richtig sein.

Im Rahmen der „Dynamischen Kosten“, insbesondere Kostensteigerungen, werden sinnvolle, eher wirtschaftliche vorsichtige, Ansätze gewählt.

3 Systembeschreibung

3.1 Variante 1: Raumluftechnik mit adiabater Kühlung (Teilklimaanlage)

Adiabate Kühlung bedeutet, vereinfacht ausgedrückt, dass die stark aufgewärmte Raumabluft innerhalb des RLT-Gerätes mit Wasser besprüht und damit deutlich abgekühlt wird. Innerhalb der Wärmerückgewinnung (Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher) wird die einströmende Außenluft durch den Energie-Austausch mit der Abluft abgekühlt.

Bei Auslegungstemperaturen aussen von bis zu ca. 35°C kann die Luft dadurch auf eine Temperatur von ca. 25°C abgekühlt werden. (die Ein- u. Austrittstemperaturen können je nach Anlage, Hersteller und Betriebsweise variieren)

Für den Heizbetrieb der Lüftung wird ein „klassisches“ Heizregister eingebaut, welches von der PWW-Heizung (Pumpen-Warmwasser) mit Heizenergie versorgt wird.

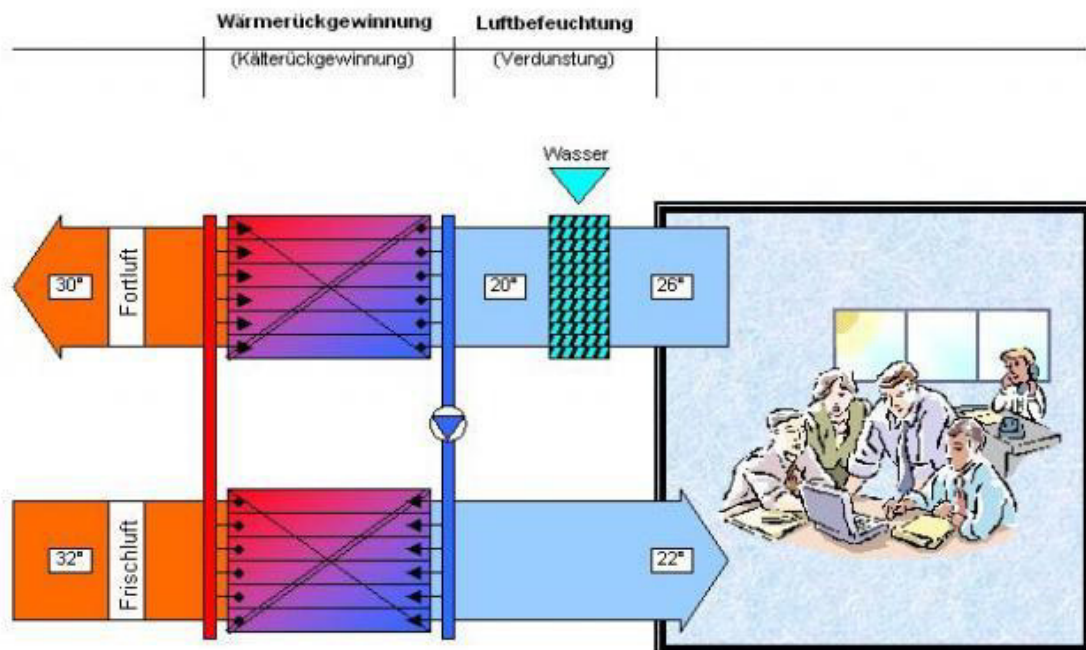


Bild 3.1: Prinzipschema adiabate Kühlung

Das RLT-Gerät benötigt für den Winterbetrieb das Heizungswasser der Gebäudeheizungsanlage. Für den Kühlbetrieb wird aufbereitetes Wasser benötigt.

3.2 Variante 2: Raumluftechnik mit Luft-Luft-Wärmepumpe (Teilklimaanlage)

Bei der Raumluftechnik mit Luft-Luft-Wärmepumpe wird die Luftkühlung durch eine Wärmepumpe erreicht, die die Zuluft nach der Wärmerückgewinnung abkühlt und die entzogene Wärme in die Fortluft einbläst, bzw. sie dort abgibt. Diese Anlage ist im Wesentlichen im RLT-Gerät integriert, der erforderliche Kompressor steht außerhalb des Gerätes. Die Wärmepumpe kann abwechselnd für die Luftheizung oder -kühlung eingesetzt werden. Somit ist ein separates PWW-Heizregister, wie in Variante 1 beschrieben, nicht erforderlich.

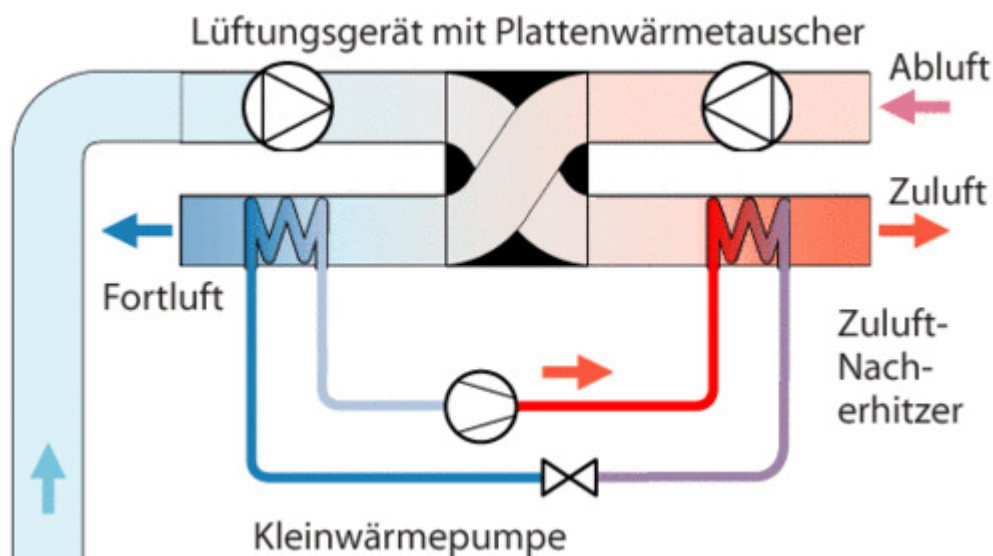


Bild 3.2: Prinzipschema Luft-Luft-Wärmepumpe

Die erforderliche Antriebsenergie besteht ausschließlich aus elektrischem Strom. Außer einem elektrischen Anschluss benötigt diese Technik keine weiteren Medien.

3.3 Variante 3: Raumluftechnik mit Vollklimatisierung (Vollklimaanlage)

Bei der Vollklimatisierung wird zusätzlich zum Erhitzen und Kühlen die Zuluft Be- u. Entfeuchtet. Die Entfeuchtung der Zuluft erfolgt i.d.R. im Sommer mittels Kühler in Verbindung mit einer Wärmepumpe. Im Winter wird die Luft mittels Befeuchter (z.B. Dampfbefeuchter) auf die entsprechende Luftfeuchtigkeit von ca. 45-55%rel. LF konditioniert.

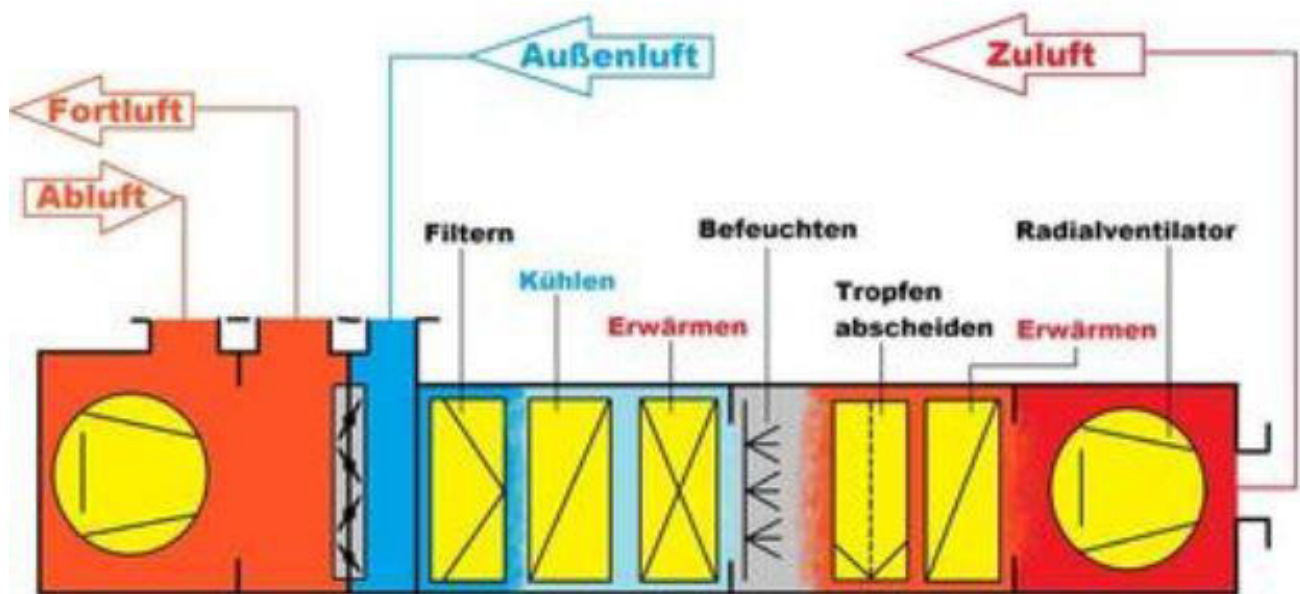


Bild 3.3: Prinzipschema Vollklimaanlage

4 Luftmengenermittlung

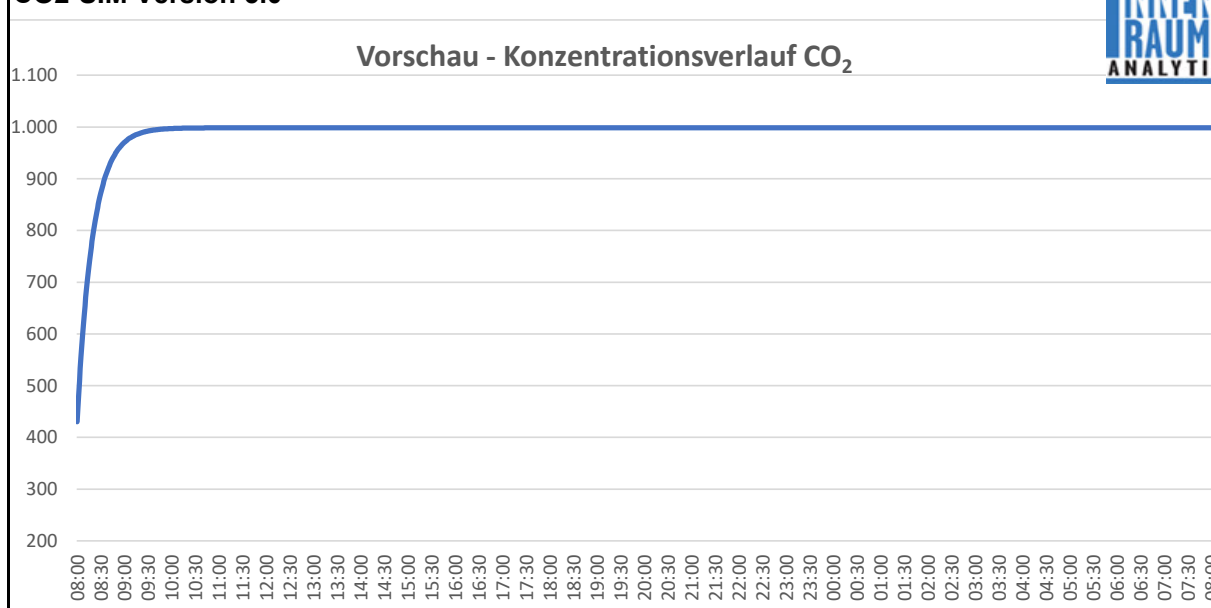
4.1 CO2 Simulation

Projekt : 1058-22	
Umbau Bürgeramt Koblenz	
Luftmengenermittlung RLT 01 Bürgerbüro	
Stand der Bearbeitung : 20. September 2022	

Quellverweis: CO2-SIM der IBO-Innenraumanalytik

Raum- und Lüftungsparameter	Einheit	Wert
Fläche des Raumes	m ²	282,0
Höhe des Raumes	m	4,5
Geschätzte Einbauten (Möbel etc.)	m ³	5
Berechnetes Raumvolumen	m ³	1.264
Zuluftvolumen über mechanische Raumlüftung	m ³ /h	3.800
Grundluftwechsel [h-1]	Grundluftwechsel	Mechanische Raumlüftung
	3,01	
Anfangskonzentration	ppm	430
Belegung, Aktivität		
Betrachtungseinheit Anfang	hh:min	08:00
Raumbelegung mit Erwachsenen	[Personen]	100
Atemaktivität erwachsene Personen	Aktivität (Beginn)	Sitzend
	1,20	
Raumbelegung mit Kindern/Jugendlichen	[Personen]	0
Alter der Kinder/Jugendliche	6 bis 18	10
Atemaktivität Kinder	Aktivität (Beginn)	Sitzend
	1,20	
Fensterlüftungsepisoden/ Individuelle Eingaben Personenbezogene Außenluftvolumenstrom	gehe zu → m ³ *P-1*h-1	"Detaillierte Eingabe" 38,0

CO2-SIM Version 5.0



Ergebnis: 1.000 ppm werden nicht überschritten.

Einfachheitshalber werden die variierenden Betriebszeiten nicht detailliert dargestellt.

5 Kostenbetrachtung

5.1 Herstellkosten

Im Rahmen der Kostenbetrachtung der Herstellkosten werden sämtliche relevanten Herstellkosten abgeschätzt, um die jeweilige Variante betriebsbereit herstellen zu können.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist die detaillierte Kostenschätzung im Anhang angefügt.

Nach dieser Schätzung werden folgende Herstellkosten zu erwarten sein:

Variante RLT mit Adiabatik:	brutto €	158.300,00
Variante RLT mit Luft-Luft-Wärmepumpe	brutto €	125.800,00
Variante RLT Vollklimaanlage	brutto €	187.300,00

5.2 Energieverbrauch

Die Energieverbrauchsmengen werden für Heiz- und Kühlbetrieb abgeschätzt. Hierbei werden bei beiden Varianten die gleichen Betriebszeiten angesetzt. Bezüglich des möglichen Wasserverbrauchs für den Betrieb der adiabaten Kühlung werden die Angaben nach Vordimensionierung eines Herstellers zugrunde gelegt.

Nach vorgenannten Prämissen und der detaillierten Abschätzung der zu erwartenden Energiemengen, Siehe Anhang, ergeben sich folgende zu erwartende Energieverbrauchsmengen:

Variante RLT mit Adiabatik

Heizenergiemenge		14.000	kWh/a
Heizbetrieb	Gas	14.000	kWh/a
Kühlbetrieb	Wasser	44	m ³ /a

Variante RLT mit Luft-Luft-Wärmepumpe

Heizenergiemenge		11.000	kWh/a
Heizbetrieb	Strom	3.000	kWh/a
Kühlbetrieb	Strom	4.000	kWh/a
Summe Energieeinkauf	Strom	7.000	kWh/a

Variante RLT Vollklimaanlage

Heizenergiemenge		20.000	kWh/a
Heizbetrieb (Erhitzer/Nacherhitzer)	Strom	5.000	kWh/a
Kühlbetrieb	Strom	4.000	kWh/a
Summe Energieeinkauf	Strom	9.000	kWh/a
Wasserverbrauch Befeuchter	Wasser	26	m ³ /a

5.3 Energiekosten

Zur Ermittlung der Energiekosten/Verbrauchskosten wurden mit Mail vom 20.09.2022 durch das ZGM Koblenz die folgenden Verbrauchskosten benannt.

Arbeitspreis Gas brutto	11,20	ct/kWh
Arbeitspreis Wasser, Abwasser, brutto	3,68	€/m ³
Arbeitspreis Strom, brutto	40,80	ct/kWh

5.4 Variable Kosten

Die weiteren variablen Kosten setzen sich zusammen aus:

- Wartung und Unterhaltung
- Zinsen für Kapital
- Zinsen für Energiekosten, Wartung, Unterhalt
- Jährliche Teuerungsraten für Investition, Wartung, Unterhalt

Die hierfür angesetzten Kosten, bzw. prozentualen Anteile sind in der Wirtschaftlichkeitsberechnung nach LEG-Verfahren detailliert dargestellt und im Anhang 6.4 angefügt. Daher wird an dieser Stelle hierauf nicht näher eingegangen.

Sichergestellt ist aber, dass insbesondere Teuerungsraten für Energiekosten über alle Energieträger gleichmäßig, hier mit 7 %, angesetzt sind.

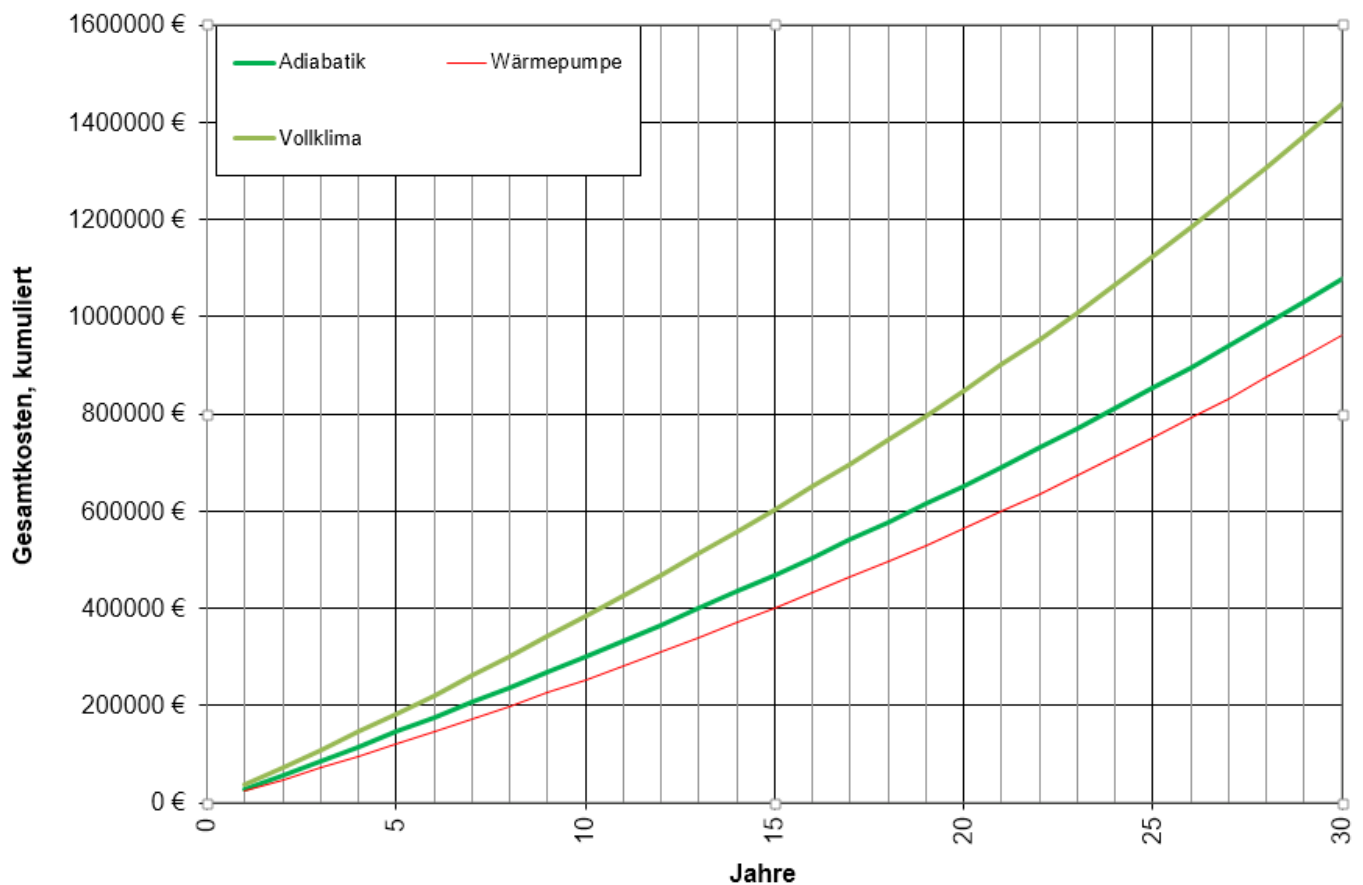
6 Dynamischer Vollkostenvergleich

Im Folgenden werden die dynamisierten Kostenverläufe unter Beachtung sämtlicher Investitions- und Betriebskosten sowie den genannten, bzw. dargelegten Kostensteigerungsfaktoren jeweils im direkten Vergleich zwischen Adiabatik-, WP-Konzept und Vollklimatisierung dargestellt.

Im Ergebnis kann immer davon ausgegangen werden, dass diejenige Variante, die die geringsten Gesamtkosten, insbesondere langfristig betrachtet, aufweist, die wirtschaftlich sinnvollere Lösung darstellt.

6.1 Adiabatik / Wärmepumpe

Kostenverlauf von 3 Maßnahmen anhand der kumulierten Gesamtkosten



6.2 Ergebnisvorstellung und Empfehlung weitere Vorgehensweise

Die Betrachtung der Varianten hat gezeigt, dass die Herstellkosten für die Variante RLT mit Luft-Luft Wärmepumpe günstiger ist.

Die Varianten Adiabatik und Vollklimatisierung erfordern zusätzlich einen höheren Installationsaufwand innerhalb des Gebäudes, sowie einen erhöhten Aufwand im Regelungsbereich.

Die Anlagen finden im Bereich der UG Technik genügend Platz zur Aufstellung und Installation. Der Technikraum muss der MLAR entsprechen und wird nach Prüfung entsprechend ertüchtigt werden.

Die Außeneinheiten der Wärmepumpen können im Bereich des Innenhofes installiert werden.

Die Filterklassen werden nach Hygieneanforderungen der VDI 6022 und Klassifizierung der Außenluftqualität ausgelegt und sind für alle gegenübergestellten Anlagenvarianten gleichwertig.

Durch den Einsatz von Rotationswärmetauschern kann eine Feuchterückgewinnung für die Behaglichkeit eingesetzt werden. Hygienetechnisch sind die Leckraten bei Rotationswärmetauschern bei vorliegendem Objekt zu vernachlässigen.

Alle drei Varianten halten die Anforderungen der ASR A3.6 ein. Jedoch ist nur mit einer Vollklimaanlage möglich die Raumlufttemperatur hinsichtlich einer exakt gewünschten Luftfeuchtigkeit hin zu konzipieren. In der Praxis wird die Raumluft in Büroräumen erfahrungsgemäß nicht befeuchtet. Die Aufzeichnungen aus AV 01 ZGM 04.08.22; Pkt. 1.004 zeigen auch, dass die Luftfeuchtigkeit in den Räumlichkeiten überwiegend im Behaglichkeitsbereich liegt.

Tabelle AV 01; 04.08.22; Pkt. 1.004

Temperaturspitzen und Luftfeuchtigkeit im Bürgeramt in den zurückliegenden Sommern (mind. über 27 Grad)			
es gab zahlreiche Tage über 26 Grad			
Datum	Temperatur in Grad Celsius	Luftfeuchtigkeit in %	
25.08.2016	28,4	67%	
26.08.2016	29	60	
08.09.2016	28	59	
09.09.2016	27,8	48	
14.09.2016	28,5	59	
15.09.2016	27,9	57	
29.05.2017	29,9	68	
30.05.2017	27,8	59	
31.05.2017	28,1	53	
01.06.2017	28,4	48	Ausfall der Lüftungsanlage
02.06.2017	27,8	57	Ausfall der Lüftungsanlage
21.06.2017	30	54	Ausfall der Lüftungsanlage*
22.06.2017	29,8	59	
26.06.2017	28,1	50	
31.07.2017	28,1	50	
30.07.2018	29,6	43	
01.08.2018	28,7	66	
02.08.2018	28,4	62	
03.08.2018	29	58	
08.08.2018	29,1	54	
28.08.2018	28,1	55	
18.06.2019	28	58	
26.06.2019	30,1	61	
27.06.2019	28,5	59	
	keine Aufzeichnung in 2020	Ab Sommer nur noch Termine und Eröffnung Servicestelle	
	keine Höchsttemperaturen in 2021		
	in 2019 nur lückenhafte Aufzeichnungen		
heisseste Sommer in Deutschland gemäß Wetter.de 2018 und 2019			

Wesentlich scheint aber im Betrieb der Kühlung, dass die adiabate Lösung einen **Wasserverbrauch** von ca. **44 m³/a** aufweist.

Dieser Wasserverbrauch kann in heutiger Zeit und vor dem Hintergrund knapper werdender Ressourcen aus Sicht des Verfassers weder ökologisch noch politisch dargestellt werden.

Die Aufgabenstellung an die Fachplanung besteht aus Sicht des Verfassers Darin: funktionierende Gebäude ökonomisch und ökologisch sinnvoll und möglichst weitgehend energetisch autark zu erstellen.

Hinweis:

Durch eine mögliche zukünftige Installation einer PV-Anlage besteht in der Regel insbesondere im Sommer die Gegebenheit, dass deutlich mehr Strom produziert wird, als im Objekt selbst verbraucht werden kann.

Da insbesondere im hauptsächlich betrachteten Kühlfall davon auszugehen ist, dass die PV-Anlage je nach Auslegung im Wesentlichen vollständig den Strombedarf der Wärmepumpe decken kann, kann das Objekt sinnvoll betrieben, bzw. gekühlt werden, ohne dass nennenswerte Betriebskosten im Kühlfall entstehen.

Im konkreten Projekt sollte hinsichtlich der Lage jedoch der Denkmalschutz; Orientierung PV Anlage und statische Vorgaben geklärt und näher betrachtet werden.

Die Ausführung der Wärmepumpenvariante wird klar und eindeutig empfohlen.

Ein zusätzlicher Vorteil dieser Technik besteht darin, dass die Lüftungsanlage außerhalb der Nutzungszeit, ggfs. auch in möglichen Pausenzeiten mit deutlich niedrigeren Zulufttemperaturen von bis zu ca. 17 °C betrieben werden könnte, um den Baukörper stärker herunter zu kühlen.

Im konkreten Fall empfiehlt Will Engineering eine Lufteinbringung über eine Quellluftanlage. Dabei wird die gekühlte Zuluft in Bodennähe sehr langsam (impulsarm) eingeblasen. Dadurch bildet sich über den Fußboden ein s.g. „Frischlufsee“ aus, der durch die nachströmende Luft und durch die im Raum befindlichen Personen und inneren Lasten nach oben „geschoben“ wird. Hierdurch bildet sich ein Temperaturgradient innerhalb des Raumes aus.

Aus Erfahrung ist bekannt, dass innerhalb des Raumes ein Temperaturgefälle vom Boden bis zur Decke entsteht, so dass sich die Temperatur im Aufenthaltsbereich in einem behaglichen Rahmen einpendeln.

aufgestellt:

Montabaur, 18. Oktober 2022

Will Engineering GmbH

Wagnerstraße 8
56470 Montabaur
Fon 02602 - 947 870
info@willengineering.de

Will Engineering GmbH, i.A. Tamer Yilmaz

7 Anhang

7.1 Kostenschätzung Herstellkosten

			Var. 1: Adiabatik	Var. 2: Wärmepumpe	Var. 3: Vollklima
Bezeichnung	Menge	EP	GP	GP	GP
Demontage					
Demontage und Entsorgung Altgerät, pauschal	1	3.000 €	3.000 €	3.000 €	3.000 €
RLT-Geräte					
Var. 1: RLT 01 Bürgeramt Adiabatik und PWW	1	68.000 €	68.000 €		
Var. 2: RLT 01 Bürgeramt Wärmepumpe	1	57.000 €		57.000 €	
Var. 3: RLT 01 Bürgeramt Vollklima-Anlage	1	90.000 €			90.000 €
Zwischensumme RLT-Gerät, gerundet			71.000 €	60.000 €	93.000 €
Wärmeversorgung					
Mischgruppe sekundär	1	2.500 €	2.500 €		
Transportgruppe primär	1	1.500 €	1.500 €		
Anteilige Kosten Verteiler	1	2.000 €	2.000 €		
Anteilige Kosten Regelung, nur Primärseite (Regelungskosten in Var. WP vollständig enthalten)	1	1.500 €	1.500 €		
Zuleitungen RLT 01, geschätzt	30	70 €	2.100 €		
Kälteinstallation Var. 2/3, geschätzt	1	10.000 €		10.000 €	10.000 €
Kälteinstallation Var. 3 Nacherhitzer, geschätzt	1	10.000 €			10.000 €
Zwischensumme Wärmeerzeugung, gerundet			9.600 €	10.000 €	20.000 €
Wasserversorgung					
Systemtrenner Wasserversorgung, geschätzt	1	3.500 €	3.500 €		3.500 €
Wasseraufbereitung für Var. 1 Adiabatik, geschätzt	1	8.500 €	8.500 €		
Wasseraufbereitung für Var. 3 Befeuchter, geschätzt	1	8.500 €			8.500 €
Zuleitung Wasser ab HAR	30	60 €	1.800 €		1.800 €
Wasserleitungen innerhalb RLT-Zentrale	20	40 €	800 €		800 €
Abwasseranschluss	1	250 €	250 €	250 €	250 €
Zwischensumme Lüftung, gerundet 100er			14.850 €	250 €	14.850 €
Nebendarbeiten					
Nebendarbeiten, Dokumentation Inbetriebnahme, Var. 1	1	4.500 €	4.500 €		
Nebendarbeiten, Dokumentation Inbetriebnahme, Var. 2	1	4.500 €		4.500 €	
Nebendarbeiten, Dokumentataion Inbetriebnahme, Var. 3	1	4.500 €			4.500 €
Zwischensumme Nebendarbeiten, gerundet 100er			4.500 €	4.500 €	4.500 €
Zusammenstellung Kostenschätzung					
Zwischensumme RLT-Gerät, gerundet			71.000 €	60.000 €	93.000 €
Zwischensumme Wärmeerzeugung, gerundet			9.600 €	10.000 €	20.000 €
Zwischensumme Lüftung, gerundet 100er			14.850 €	250 €	14.850 €
Zwischensumme Nebendarbeiten, gerundet 100er			4.500 €	4.500 €	4.500 €
Unvorhergesehenes Adiabatik	8%	99.950 €	8.000 €		
Unvorhergesehenes Luft-Luft-WP	8%	74.750 €		5.980 €	
Unvorhergesehenes Vollklima Anlage	8%	132.350 €			10.590 €
Gesamtkosten Haustechnik, gerundet 100er			108.000 €	80.700 €	132.400 €
KG 300, Schätzung			25.000 €	25.000 €	25.000 €
Gesamtkosten, gerundet 100er			133.000 €	105.700 €	157.400 €
Mehrwertsteuer	19%		25.300 €	20.100 €	29.900 €
Ca.-Summe Haustechnik, gerundet 100er			158.300 €	125.800 €	187.300 €

7.2 Abschätzung Energiemengen

		Var. 1: Adiabatik	Var. 2: Wärmepumpe	Var. 3: Vollklima
Bezeichnung				
RLT 01 Bürgeramt, m³/h	3.600			
Gesamtsumme, m³/h	3.600			
Heizbetrieb				
Annahme mittl. Austritt WRG in °C	18			
Hinweis: bei -12°C, Austritt ca. 15°C				
Heizleistung ca. kW	13			
Bei Austritt Zuluft = 22 °C				
Nacherhitzerleistung ca. kW	10			
Ansatz Betriebsstunden:	870			
Heizzeit: Mitte September bis Mitte April: 7 Mon à 4 Wochen à 31 h/Woche, gerundet 10er				
Nutzenergiemenge Erhitzer kWh, gerundet 100er	11.310	11.310	11.310	11.310
Nutzenergiemenge Nacherhitzer kWh, gerundet 100er	8.700			8.700
Verteilungsverlust, abgeschätzt %	20%	2.262		
Heizenergiemenge gesamt, gerundet 1000er kWh/a		14.000	11.000	20.000
Abschätzung Antriebsenergie bei WP				
Energiemenge Strom bei Arbeitszahl, ca. gerundet 1000er	4		3.000	5.000
Ansatz: Eigendeckung über PV, ca. kWh/a	0%		-	-
Stromeinkauf, ca. kWh/a	100%		3.000	5.000
Kühlbetrieb				
Wassereinsatz Adiabatik				
RLT 01 Bürgeramt, Adiabatik und PWW, l/h	50			
Gesamtsumme, l/h	50			
Ansatz im Mittel	90%			
Wasserverbrauch im Mittel, Ansatz, l/h, gerundet 10er	50			
Ansatz Betriebsstunden:	870			
Verbrauch Wasser bei Adiabatik, gerundet m³/a		44		
Befeuchter				
Wassereinsatz Befeuchtung				
Var. 3 Vollklima-Anlage, l/h	30			
Gesamtsumme, l/h	30			
Ansatz im Mittel	90%			
Wasserverbrauch im Mittel, Ansatz, l/h, gerundet 10er	30			
Ansatz Betriebsstunden:	870			
Verbrauch Wasser bei Befeuchtung, gerundet m³/a				26
Ansatz mittl. Außentemperatur, °C	28			
Kühlleistung ca. kW	18			
Bei Austritt Zuluft = 22 °C				
Ansatz Betriebsstunden:	870			
Heizzeit: Mitte April bis Mitte September: 7 Mon à 4 Wochen à 31 h/Woche, gerundet 10er				
Nutzenergiemenge kWh, gerundet 100er	15.700		15.700	15.700
Verteilungsverlust, abgeschätzt %		-		
Heizenergiemenge gesamt, gerundet 1000er kWh/a		-	16.000	16.000
Abschätzung Antriebsenergie bei WP				
Energiemenge Strom bei Arbeitszahl, ca. gerundet 1000er	4		4.000	4.000
Hinweis: Antriebsleistung WP max. ca. kW	50			
Ansatz: Eigendeckung über PV, ca. kWh/a	0%		-	-
Stromeinkauf, ca. kWh/a	100%		4.000	4.000
Stromeinkauf WP Gesamt kWh/a			7.000	9.000

7.3 Wirtschaftlichkeitsberechnung nach LEG-Verfahren

Blatt Zurücksetzen

Grunddaten

Lebensdauer und Wartungskosten

Varianten und Festlegungen

Bezeichnung der Varianten	0	1	2	3	4	5	6
Variante	0	Adiabatik					
Variante	1	Wärmepumpe					
Variante	2	Vollklima					
Variante	3						
Variante	4						
Variante	5						
Variante	6						

jährlicher Kalkulationszins p und Annuität a_{p,n}

Zins für Kapital P_{Capital}

1.	0,0200	1/a
2.		1/a
3.		1/a
Mittel	0,0200	1/a

Anteil an der Finanzierung

1.	100%	
2.		
3.		
Mittel		

Annuitäten a_{p,n}

1.	0,045	1/a (wird berechnet)
2.		
3.		
Mittel	0,045	1/a (wird berechnet)

Zins für Energiekosten, Wartung und Unterhalt p_{Sonstige}

1.	0,030	1/a
2.	0,030	1/a

jährliche Teuerungsrate für Investitionsgüter, Wartung, Unterhalt

s _A	Investitionsgüter	
s _U	Wartung und Unterhalt	

Lebensdauer und Wartungskosten

Lebensdauer m, in [a]	Wartungsanteil in Prozent der Investition in [%/a]
30	0.5
30	1.0
50	0.5
30	0.5
20	3.0
25	2.5
20	5.0
20	4.0
15	6.0
15	5.0
30	1.0
15	3.0
25	1.0
10	3.0
30	1.5
30	1.0
20	1.5
15	3.0
15	3.5
20	4.0
20	5.0
15	1.5
15	1.5

baulich: Wärmedämmung
Fenster, Türen
Heizzentralen (Bau)
sonstige bauliche Anlagen

anlagen-technisch: Kessel, Brenner (Gas, Öl) bis 300 kW
Kessel, Brenner (Gas, Öl) über 300 kW
Kessel, Brenner (Biomasse) bis 300 kW
Elektro-, Diesel-, Gasmotorwärmepumpe
Blockheizkraftwerk 100...500 kW (elektrisch)
Blockheizkraftwerk über 500 kW (elektrisch)
Fernwärmeübergabestation
Solaranlage
Speicher, Verteilheize für Heiz- und Warmwasser
Pumpen, zentrale Regelsysteme
Heizkörper
Fußbodenheizung
Zapfstellen Trinkwarmwasser
Thermostatventile
Lüftungsanlagen
Klimaanlagen Konstantvolumenstrom
Klimaanlagen variable Volumenströme
Beleuchtung
sonstige technische Anlagen

Wartung: Wartung allgemein

sonstige: Wärmepumpe
Honorar

Grundkosten der Energie - heutige Preise und Teuerungsrate für Energie

Energieträger	Kosten heute k _{e,0}	Preissteigerung s _E
1. Strom	0.408 €/kWh	0.070 1/a
2. Gas	0.112 €/kWh	0.070 1/a
3. Wasser, Abwasser	3.680 €/m³	0.070 1/a
4.		1/a
5.		1/a
6.		1/a

Mittelwertfaktoren für Preissteigerung Energie und Wartung/Unterhalt, in [-]

Wartung, Unterhalt	m _U	langfristiger Preis	(wird berechnet)
Strom	1.564	1.248 €/kWh	(wird berechnet)
Gas	3.060	0.343 €/kWh	(wird berechnet)
Wasser, Abwasser	3.060	1.1.261 €/kWh	(wird berechnet)
	1.000	0.000 €/kWh	(wird berechnet)
	1.000	0.000 €/kWh	(wird berechnet)
	1.000	0.000 €/kWh	(wird berechnet)

Maximale Laufzeit / Betrachtungszeitraum n, in [a]

30 a ergibt sich aus den "Kostendaten" als längste Lebensdauer
 a eigene Eingabe (überschreibt die maximale Lebensdauer)

30 a (gewählt)

Wirtschaftlichkeit Kapitalwert sowie heutige und künftige mittlere Jahreskosten

Gesamtsummen absolut

	Variante 0 Adiabatik	Variante 1 Wärmepumpe	Variante 2 Vollklima	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6
Investitionsbedarf heute	189960 €	150960 €	224760 €	0 €	0 €	0 €	0 €
heutige Preise	18300 €/a	14543 €/a	21653 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
Energiekosten	1730 €/a	2856 €/a	3768 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
Wartung und Unterhalt	7857 €/a	5655 €/a	9430 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
Summe	27887 €/a	23054 €/a	34850 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
30-Jahresmittel	18300 €/a	14543 €/a	21653 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
Energiekosten	5294 €/a	8739 €/a	11529 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
Wartung und Unterhalt	12286 €/a	8842 €/a	14746 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
Summe	35880 €/a	32125 €/a	47928 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a	0 €/a
Kapitalwert über 30 Jahre	1076402 €	963739 €	1437837 €	0 €	0 €	0 €	0 €

Varianten bezogen auf den Zustand <<0>>

	Variante 1 Wärmepumpe	Variante 2 Vollklima	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6
heutige Preise	-3757 €/a	3353 €/a				
Kapitalkosten	1126 €/a	2038 €/a				
Energiekosten	-2203 €/a	1573 €/a				
Wartung und Unterhalt	-4834 €/a	6963 €/a				
Summe						
Wirtschaftlich?	ja	nein				
30-Jahresmittel	-3757 €/a	3353 €/a				
Kapitalkosten	3446 €/a	6236 €/a				
Energiekosten	-3444 €/a	2460 €/a				
Wartung und Unterhalt	-3755 €/a	12048 €/a				
Summe						
Wirtschaftlich?	ja	nein				