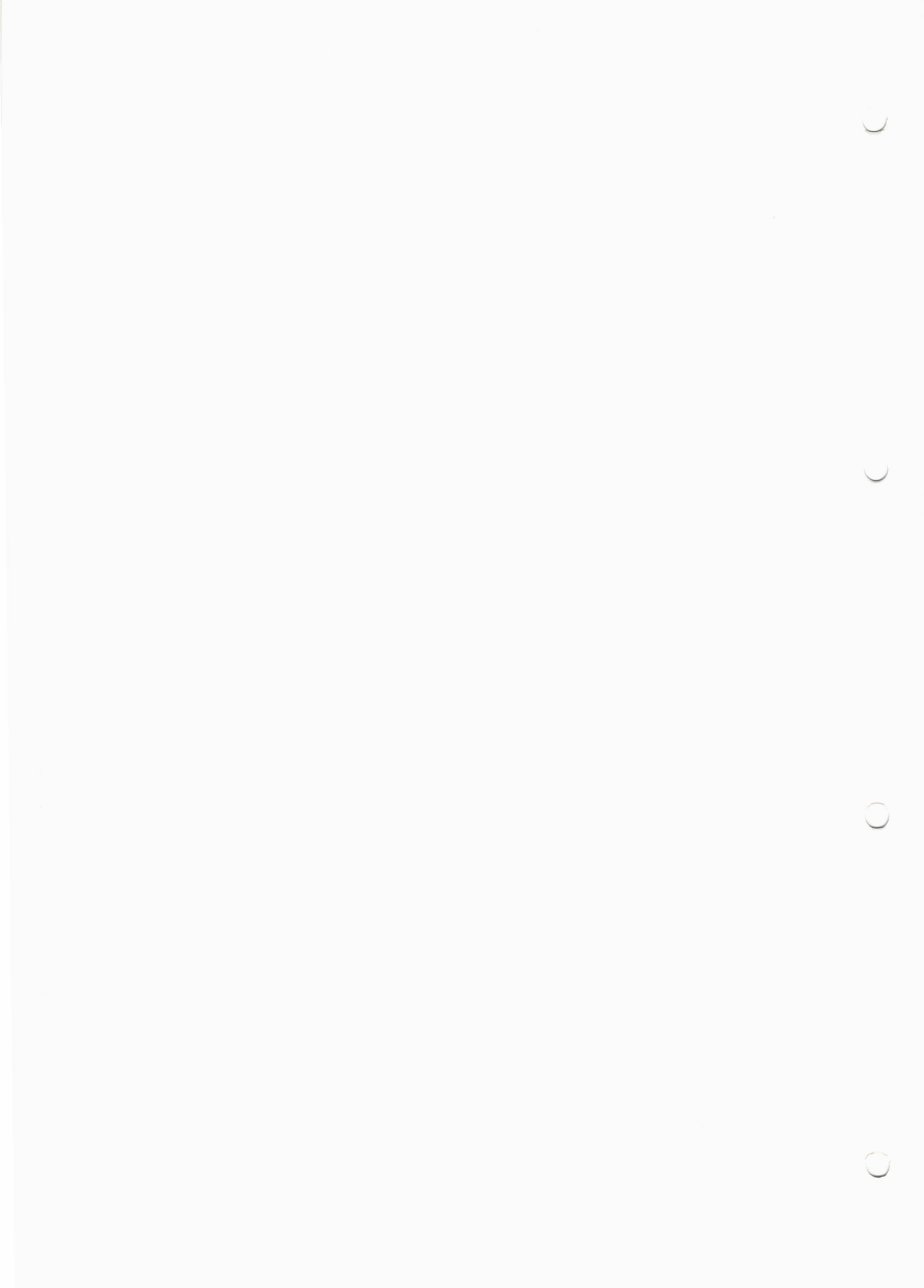


- 1.0.0 Allgemeines**
- 2.0.0 Planung**
- 3.0.0 Dimensionierung**
- 4.0.0 Erstellung der Anlagen**
- 5.0.0 Bedienung**
- 6.0.0 Wartung und Störung**



4.1 Ausführungen - Beispiele

4.1.1 Hinweise

Zuluft kann auf verschiedene Weise an die Wärmepumpe gebracht werden. Die einfachste Lösung ist die freie Zuluftführung in den Ausstellungsraum, es kann jedoch ebenso ein Zuluftkanal erstellt werden.

Die Lufteintrittsöffnung in der Außenwand muß mit einem Wetterschutzgitter und dahinterliegendem Vogelschutz-Drahtgewebe versehen werden.

Fortluft muß grundsätzlich über Schalldämpferschläuche oder Fortluftkanäle geführt werden; diese sollten wärmegeämmt sein, um Kondensatbildung zu verhindern.

Luft-Wärmepumpen entnehmen einen Teil der Umweltwärme aus der Luftfeuchtigkeit. Dabei bildet sich in der Wärmepumpe Kondensat, das abgeleitet werden muß.

4.1.2 Aufstellung im Keller - Freie Zuluftführung.

Die Zuluft wird über eine Außenwandöffnung frei in den Keller gesaugt. Da sich der Raum bis zur Bivalenttemperatur abkühlen kann ist eine gute Wärmedämmung zu benachbarten, beheizten Räumen vorzusehen. Wärmedämmungen auf der Innenseite des Aufstellungsraumes müssen porös bzw. dampfdurchlässig sein.

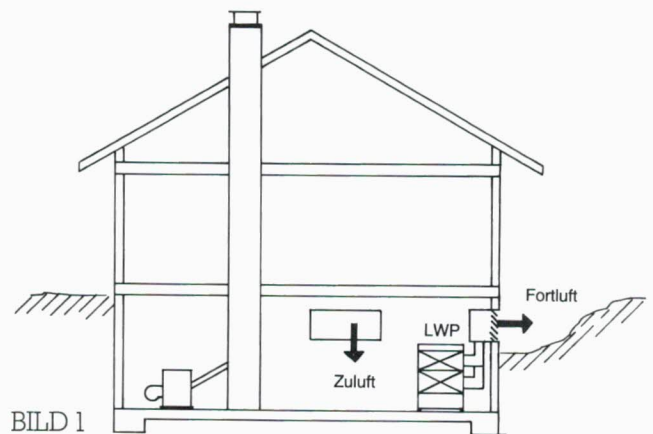


BILD 1

4.1.3 Aufstellung in einem Nebengebäude - Freie Zuluftführung.

Zuluft- und Fortluftführung erfolgen analog dem vorhergehenden Beispiel. Wärmedämmungen sind hier nicht erforderlich, jedoch müssen baurechtliche Bestimmungen beachtet werden, falls das Nebengebäude auch anderweitig genutzt wird (z. B. brandsichere Trennung im Falle einer Garage).

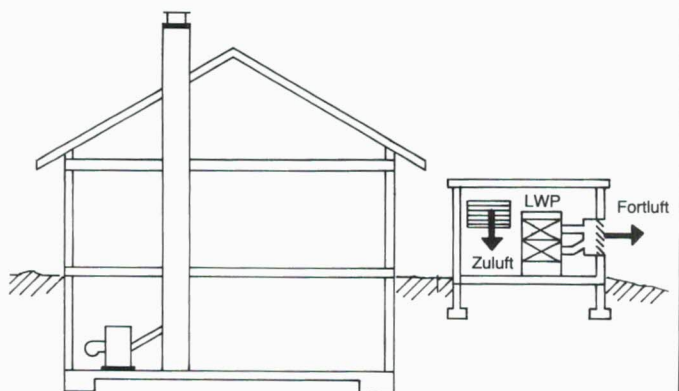


BILD 2

4.1.4 Aufstellung im Keller - Zuluft über begehbare Vorkammer zwangsgeführt.

Die Zuluft wird über die Vorkammer angesaugt und kann entweder über einen Ausschnitt in der Zwischenwand, oder über Zuluftkanäle an die Wärmepumpe gebracht werden. Zwischen Ausschnitt und Wärmepumpe muß eine Abdichtung vorgesehen werden, Vorkammer und eventuelle Zuluftkanäle sind zu isolieren.

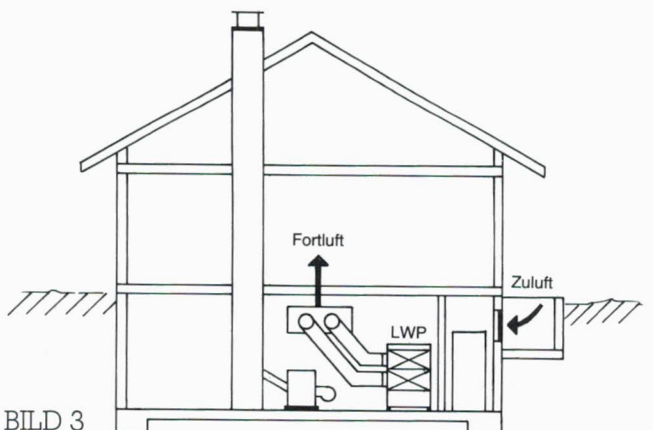


BILD 3

4.1.5 Aufstellung auf dem Dachboden - Zuluftführung über die Dachhaut.

Eine Aufstellung im Dachraum kann zur Geräuschübertragung in die darunterliegenden Räume führen; falls erforderlich, müssen Schalldämmungen vorgesehen werden. Die Wärmepumpe saugt die Zuluft aus einem Zwischenraum zwischen einer luftdichten Trennung unter der Dachhaut und dieser über die Luftspalte der Dachziegel an; sie nutzt daher den Wärmegewinn der solaren Einstrahlung auf die Dachhaut. Gegenüber einem Energiedach besitzt diese Lösung den Vorteil, daß Dachhaut und Dachkonstruktion nicht unter die Außentemperatur abgekühlt werden und somit, auch ohne besondere Vorkehrungen, Kondenswasserbildung und Durchfeuchtung der Dachkonstruktion vermieden wird.

Die am Verdampfer der Wärmepumpe abgekühlte Luft wird über Fortluftschläuche wieder ins Freie geführt.

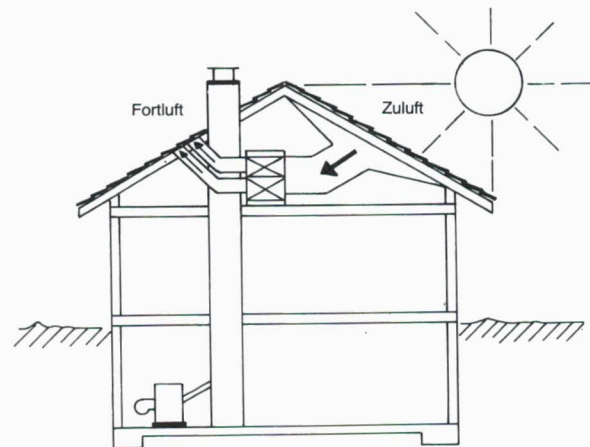


BILD 4

4.2 Kosten.

Die Erschließung der Wärmequelle Luft kann sehr unterschiedliche bauliche Maßnahmen erfordern, deren Höhe pauschal schlecht angegeben werden kann.

In den meisten Fällen werden jedoch Anlagelösungen gefunden werden können, welche die Kosten auf die erforderlichen Zuluft- und Abluftführungen begrenzen.

Für isolierte Zuluft- und Abluftführungen können als Richtpreis angesetzt werden:

- Zuluftkanäle 400 x 600 mm DM 106 /lfm
- Abluftschläuche 300 mm Ø DM 110 /lfm
- Schutzgitter 400 x 600 mm DM 180 /Stk

4.3 Erlaubnis Antrag

Erstellung und Betrieb von Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft sind erlaubnisfrei.

Zu beachten sind jedoch die Anschlußbestimmungen des zuständigen Elektro-Versorgungsunternehmens.

4.4 Ausschreibung

Luft-Wärmepumpen arbeiten in nahezu allen Fällen im bivalenten Betrieb.

Das Zusammenwirken von Luftführungen, Wärmepumpe und bivalentem Wärmeerzeuger erfordert eine gute Abstimmung aller Komponenten.

Es wird daher empfohlen:

- den Gesamtauftrag einem Unternehmer zu übertragen, der über die entsprechende Erfahrung verfügt und für Erstellung und Funktion der Gesamtanlage voll verantwortlich zeichnet,
- sowie Garantien über Sicherheit, Leistung und Lebensdauer der Anlage schriftlich zu vereinbaren.

5.0.0 Bedienung

Die Wärmequelle Luft ist bedienungsfrei.

Bei Inbetriebnahme sollte jedoch überprüft werden, ob die Luft frei strömen kann und nicht, z. B. durch geknickte Abluftschläuche, behindert wird.

6.0.0 Wartung und Störung

Die Wartung beschränkt sich auf eine periodische Überprüfung und Reinigung der Luftfilter mindestens einmal pro Jahr.

Störungen an der Wärmequelle Luft sind nicht zu erwarten.

Quellennachweis:

Berichte
Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes
Offenbach

Arbeitsblätter
Deutscher Kältetechnischer Verein

Diagramm 1 zeigt den Jahresverlauf der mittleren Tages-Lufttemperaturen am Beispiel Berlin und Kiel,

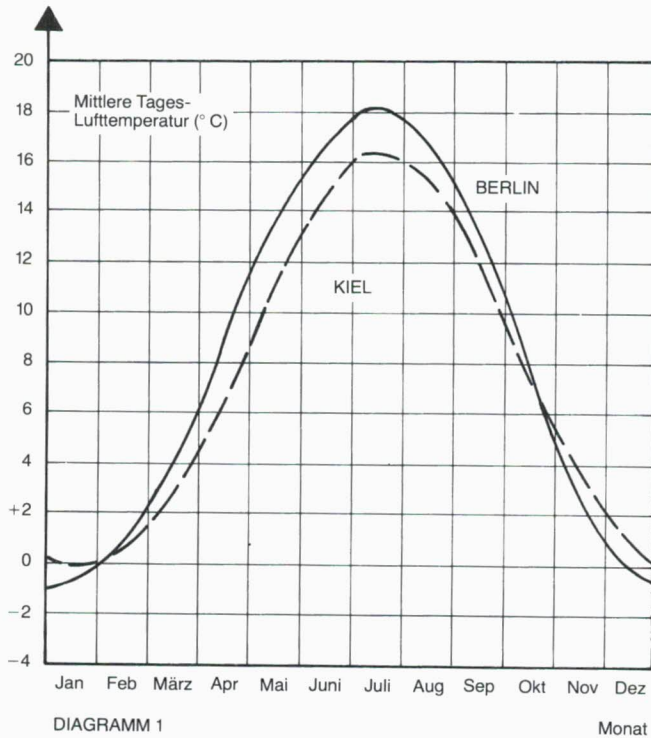


Diagramm 3 den Tagesverlauf der Luftfeuchtigkeit, ebenso für Januar, Juli und Oktober,

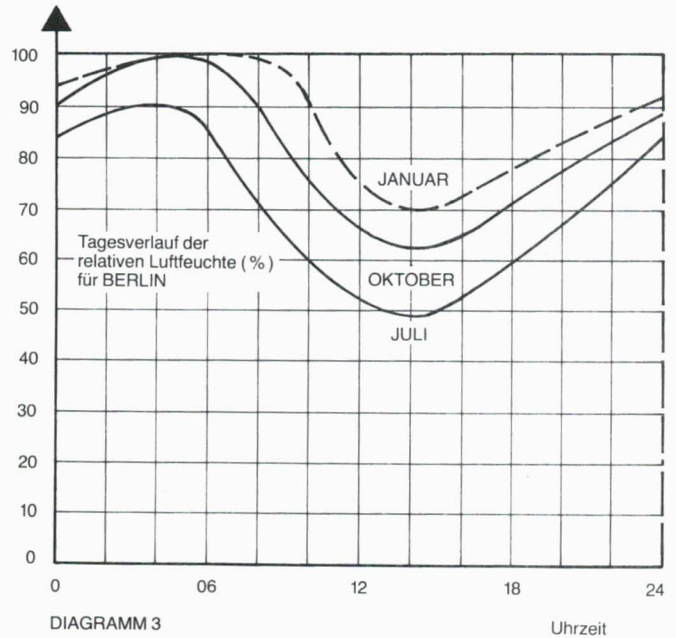
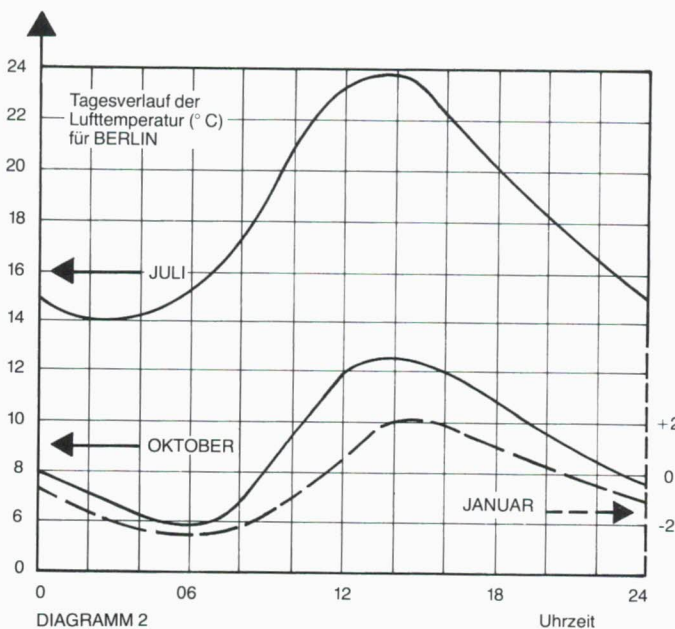


Diagramm 2 den Tagesverlauf der Lufttemperatur für die Monate Januar, Juli und Oktober,



Die mittleren Tagestemperaturen werden in der Heizungstechnik zur Abschätzung des Heizmittelverbrauchs, bzw. der Jahresarbeit herangezogen; es wird davon ausgegangen, daß die Heizgrenze bei etwa + 12° C mittlerer Tagestemperatur anzusetzen ist.

Dagegen geht die Wärmebedarfsrechnung, d. h. **die Ermittlung der erforderlichen Heizleistung von der jeweils aktuellen Temperatur**, d. h. vom Tagesverlauf aus. Hier wird angenommen, daß oberhalb von etwa + 20° C aktueller Temperatur kein Wärmebedarf mehr besteht. Wird mit Nachtabsenkung betrieben, reduziert sich dieser Wert nachts um die Absenkung.

Vergleicht man die Kurven der mittleren Tagestemperaturen mit dem Tagesverlauf, wird dieser Unterschied verständlich.

Die theoretisch gewinnbaren Gesamt-Wärmemengen ergeben sich aus dem jeweiligen Luftzustand und setzen sich im wesentlichen aus den Faktoren Lufttemperatur (fühlbare Wärme) und Luftfeuchtigkeit (latente Wärmen) zusammen. In der Tabelle 1 ist weiter zu Grunde gelegt, daß die Luft am Verdampfer um 6 K abgekühlt wird.

Die Werte für den Gesamt-Wärmegewinn zeigen, **daß hohe Luftfeuchtigkeit eine bedeutende Rolle spielt**, bei Werten unter 70 % sind dagegen kaum merkliche Anteile aus der latenten Wärme des Wasserdampfgehaltes der Luft zu erwarten.

Monat	Dimension	Juli		Oktober		Januar	
Uhrzeit		0600	1400	0600	1400	0600	1400
Temperatur	° C	15,5	24,0	+ 6,0	12,5	- 2,5	+ 2,0
Feuchtigkeit	%	85	49	100	62	100	70
Gewinn aus fühlbarer Wärme (6 K)	Wh/m ³	2,1	2,0	2,1	2,1	2,2	2,1
Gewinn aus latenten Wärmen (6 K)	Wh/m ³	0,4	0,0	1,8	0,0	1,2	0,4
Gesamtgewinn (6 K)	Wh/m ³	2,5	2,0	3,9	2,1	3,4	2,5

TABELLE 1

Der große Einfluß der Luftfeuchtigkeit geht auch aus dem Wärmehalt der Luft hervor. Beispielsweise besitzt Luft von + 6° C und 50 % relativer Feuchte den gleichen Wärmehalt wie Luft von + 2° C und 100 % relativer Feuchte, d. h. die Wärmepumpe arbeitet in beiden Fällen mit gleicher Leistung bei gleicher Leistungszahl. Für die Festlegung des Bivalenzpunktes einer Wärmepumpen-Anlage wäre es somit richtiger, die sogenannte „Feuchtkugeltemperatur“, welche die Luftfeuchtigkeit mit berücksichtigt zu Grunde zu legen, als eine mittels Thermometer gemessene (trockene) Lufttemperatur.

In der Praxis entnimmt die Wärmepumpe der Luft jedoch nur einen Teil der theoretisch gewinnbaren Wärmemenge, und zwar abhängig

- von der tatsächlichen Größe der Abkühlung am Verdampfer,
- vom Aufwand, der zum Abtauen des Verdampfers erforderlich ist, und letztlich auch
- von der Konstruktion der Wärmepumpe selbst.

Die Gesamtleistung der Wärmepumpe ist darüber hinaus selbstverständlich von der durchgesetzten Luftmenge abhängig.

3.0.0 Dimensionierung

Die für einen bestimmten Wärmepumpen-Typ erforderliche Luftmenge ist durch das eingebaute Gebläse gegeben.

Es ist lediglich darauf zu achten, daß äußere Luftwiderstände, z. B. von Luftführungs Kanälen oder Ansauggittern die in den „Technischen Daten“ der Wärmepumpen angegebene **„freie Pressung“** nicht überschreiten.

Sollte dies aus Gründen einer schwierigen Luftführung doch einmal der Fall sein, muß ein Zusatzgebläse eingesetzt werden, um den Nenn-Luftvolumenstrom der Wärmepumpe sicherzustellen.

1.1 Prinzip

Lufttemperatur und Heizwärmebedarf zeigen im Jahresverlauf eine gegenläufige Tendenz.

Im Sommer, wo hohe Lufttemperaturen eine direkte Wärmebedarfsdeckung ermöglichen würden, besteht kein Heizwärmebedarf, im Winter dagegen, den niedrigen Lufttemperaturen entsprechend, ein hoher Heizwärmebedarf.

Luft besitzt jedoch auch auf niedrigem Temperaturniveau einen Wärmeinhalt, der, über Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau angehoben, zur Wärmebedarfsdeckung genutzt werden kann; die durch den Verdampfer der Wärmepumpe strömende Luft wird dabei um einige Grad abgekühlt.

Die obere Grenze eines Wärmepumpeneinsatzes für Heizzwecke entspricht der Grenze des Wärmebedarfes bei etwa + 20° C Außenlufttemperatur in den Übergangszeiten Herbst und Frühjahr.

Die untere Grenze einer sinnvollen Nutzung der Luft als Wärmequelle liegt nach heutigem technischen Stand, abhängig von der Betriebsweise und Art der Wärmeanlage, zwischen + 3° C und - 5° C. Ein zweiter Wärmeerzeuger, z. B. ein Heizkessel übernimmt die Deckung des Wärmebedarfes unterhalb dieser Temperaturen.

Bei heutigen Energie- und Anlagekosten (Basis März 81) kann jedoch davon ausgegangen werden, daß die jährlichen Gesamtkosten einer bivalenten Wärmepumpen-Anlage (einschl. Verzinsung und Amortisation) noch etwas günstiger werden, wenn ein höherer Bivalenzpunkt von bis zu + 7° C und eine entsprechend kleinere Wärmepumpe gewählt werden. **Das KÜPPERSBUSCH-Modulsystem bietet ideale Möglichkeiten**, zunächst mit einer kleineren Wärmepumpen-Einheit zu beginnen und die Anlage zu einem späteren Zeitpunkt problemlos bis zum niedrigstmöglichen Bivalenzpunkt zu ergänzen.

1.2 Verfügbarkeit

Im Gegensatz zu anderen Wärmequellen ist Luft überall frei und unbegrenzt verfügbar; damit können aus der Luft theoretisch beliebig große Wärmemengen gewonnen werden.

Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft werden daher auch mit Abstand die größte Verbreitung finden. Damit entsteht jedoch das Problem ausreichender Verfügbarkeit von Antriebsenergie für die Wärmepumpe, d. h. der Verfügbarkeit von elektrischem Strom.

Nach heutigem Kenntnisstand kann davon ausgegangen werden, daß die Elektro-Versorgungsunternehmen bis zu einer Außentemperatur von + 3° C, von kurzen Spitzenlastzeiten abgesehen, über ausreichende Kapazitäten verfügen, bzw. verfügen werden, um bis zum Jahre 1990 noch bis zu 2 Millionen Wärmepumpen anschließen zu können. Unterhalb dieser Temperatur von + 3° C ist eine bundesweite Versorgungssicherheit nicht mehr gegeben, verschiedene EVU's liefern jedoch auch im Bereich von + 3° C bis zu - 5° C Strom, ohne Verpflichtung und bei zeitweiser Abschaltung, soweit die Netzbelastung dies erfordert.

Diese versorgungsbedingten Einsatzgrenzen haben auch in der bundeseinheitlichen Tarifordnung für bivalente Luft-Wärmepumpen ihren Niederschlag gefunden.

1.3 Auswirkungen auf die Umgebung.

Wärmepumpen mit der Wärmequelle Luft benötigen verhältnismäßig große Luftmengen.

Dies führt bei freier Ansaugung der Zuluft in den Aufstellungsraum der Wärmepumpe zu einer Abkühlung dieses Raumes auf Außenlufttemperatur bis zum Bivalenzpunkt.

In den Übergangszeiten, vorzugsweise im Frühjahr, kann die in den Aufstellungsraum eintretende Luft jedoch auch wärmer sein, als die Wände des Aufstellungsraumes selbst und dort Kondenswasser-Niederschlag bewirken.

Große Luftmengen erfordern auch entsprechend starke Gebläse, die naturgemäß Strömungsgeräusche verursachen.

Im allgemeinen sind diese Einflüsse jedoch durch einfache Maßnahmen zu verhindern; entsprechende Vorschläge werden im Kapitel „Erstellung der Anlagen“ behandelt.

1.4 Rechtliche Bestimmungen.

Anwohner dürfen durch Störgeräusche nicht beeinträchtigt werden. Darüber hinaus bestehen für den Einsatz von Wärmepumpen mit der **Wärmequelle Luft keinerlei Vorschriften**.

2.1 Technik der Erschließung.

Luft steht überall und in beliebigen Mengen zur Verfügung. Jede Luft-Wärmepumpe benötigt jedoch eine, durch ihren Verdampfer strömende Mindest-Luftmenge, um ihre Nenn-Heizleistung zu erreichen – entsprechende Gebläse sind grundsätzlich eingebaut.

Dabei ist folgendes zu beachten:

- Der Verdampfer der Wärmepumpe selbst besitzt einen bestimmten Strömungswiderstand, ebenso jedoch die Luftzuführungs- und Luftabführungs-kanäle. Der Gesamtwiderstand muß durch das Gebläse überwunden werden.
- Die Gebläse verschiedener Wärmepumpen können nur den Strömungswiderstand ihres Verdampfers überwinden – solche Ausführungen eignen sich daher nur zur Aufstellung im Freien.
- Bei anderen Wärmepumpen-Ausführungen steht jedoch darüber hinaus eine sogenannte „freie Pressung“ zur Verfügung, um die Strömungswiderstände der Luft-Zuführungen, bzw. der Luft-Abführungen, die bei einer Aufstellung in Räumen erforderlich sind, abzudecken.

Die Temperatur der in die Wärmepumpe eintretenden Luft ist für die Wärmepumpen-Leistungszahl mit von entscheidender Bedeutung. Je höher die Lufttemperatur, umso größer wird der Anteil Umweltwärme, den die Wärmepumpe aufnimmt. Luft erwärmt sich über Flächen, die der Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, verhältnismäßig rasch – **die Luftabsaugung sollte daher möglichst südseitig eines Gebäudes erfolgen.**

Als **besonders günstig** hat sich eine **Luftansaugung über eine südseitige Dachfläche** erwiesen. Die Temperatur der angesaugten Luft liegt in solchen Fällen bei Sonneneinstrahlung auch in der kalten Jahreszeit um einige Grad über der Außenlufttemperatur – **das KÜPPERSBUSCH-Modulsystem** ermöglicht auch eine im allgemeinen problemlose Aufstellung der Wärmepumpe auf dem Dachboden.

Unabhängig davon, wie und wo eine Wärmepumpe aufgestellt wird, muß darauf geachtet werden, daß zwischen der Zuluft zur Wärmepumpe und der in der Wärmepumpe abgekühlten Abluft kein äußerer Kurzschluß entsteht, ebenso sollte Winddruck auf die Abluftseite vermieden werden.

2.2 Erforderliche Qualität des Wärmeträgers.

Luft selbst ist im allgemeinen auch in der Nähe von Industrieanlagen genügend rein, um keine Schäden an den gut korrosionsgeschützten Luftführungsteilen der Wärmepumpe zu verursachen; mitgeführte Staubpartikel werden durch eingebaute Filter zurückgehalten.

Zusätzliche bauseitige Filter werden bei sehr hohem Staubanfall erforderlich, ebenso sollten durch bauseitige Maßnahmen großflächige Teile, wie z. B. Laub von der Wärmepumpe ferngehalten werden, um ein Verlegen des Verdampfers zu verhindern.

2.3 Potential und Wärmeinhalt.

Die theoretisch je m^3 Luft zu gewinnende Wärmemenge ist abhängig:

- von der Lufttemperatur,
- von der Größe der Abkühlung,
- von der Luftfeuchte und
- innerhalb der möglichen Schwankungsbreite geringfügig auch vom Luftdruck.

Um einen Überblick der im Jahresverlauf theoretisch gewinnbaren Wärmemengen zu erhalten (die Wärmepumpe arbeitet mit umso besserer Leistungszahl, je höher Lufttemperatur und Luftfeuchte sind), muß zunächst berücksichtigt werden, daß sich die mittlere Tagestemperatur im Verlauf des Jahres ändert. Überlagert sind die Schwankung der Temperatur im Tagesverlauf; sie betragen im Sommer durchschnittlich 10 K, im Winter etwa 4 K; aber auch die relative Feuchtigkeit der Luft zeigt ähnliche Veränderungen.

Diagramm 1 zeigt den Jahresverlauf der mittleren Tages-Temperaturen am Beispiel Berlin und Kiel, Diagramm 2 den Tagesverlauf der Lufttemperatur für die Monate Januar, Juli und Oktober, Diagramm 3 den Tagesverlauf der Luftfeuchtigkeit, ebenso für Januar, Juli und Oktober, jeweils für Berlin.