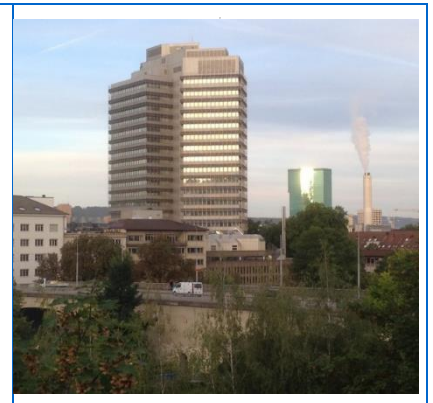


STUDIE

# NUTZUNG VON HOCH- HÄUSERN FÜR QUAR- TIERKÄLTEZENTRALEN

Stadt Zürich, Amt für Hochbauten  
Fachstelle Energie und Gebäudetechnik  
13. Dezember 2020



**Herausgeberin**

Stadt Zürich  
Amt für Hochbauten  
Postfach, 8021 Zürich

Tel. +41 44 412 11 11  
[www.stadt-zuerich.ch/](http://www.stadt-zuerich.ch/)

**Redaktionelle Bearbeitung**

Robert Sigrist, EBP Schweiz AG  
Mit Beiträgen von Ueli Spalinger (Aventa AG)

**Projektteam**

Roland Wagner (AHB)  
Felix Schmid (EB)

**Begleitgruppe**

Britta Brauer (AfS)  
Carmine Del Cotto (IMMO)  
Franz Sprecher (AHB)  
Hanspeter Wilhelm (UGZ)

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Anlass und Ziel</b>	<b>5</b>
1.1	Ausgangslage	5
1.2	Ziel	5
<b>2</b>	<b>Rückkühlssysteme</b>	<b>6</b>
2.1	Trockenrückkühler	6
2.2	Offener Verdunstungskühlturm	7
2.3	Geschlossener Verdunstungskühlturm	7
2.4	Hybrider Trockenrückkühler	8
<b>3</b>	<b>ModellObjekt</b>	<b>9</b>
3.1	Referenzgebäude	9
3.1.1	Nutzbare Dachfläche Referenzgebäude (Telco-Tower)	9
3.1.2	Nutzbare Dachfläche Vergleichsgebäude Andreasturm ZH-Oerlikon	9
3.1.3	Kältebereitstellungspotential des Referenzgebäudes	10
3.1.4	Kälteeigenbedarf des Referenzgebäudes	11
3.2	Kältezentrale	11
3.3	Steigzonen	12
3.4	Einfluss auf das Tragwerk und die Statik	12
<b>4</b>	<b>Abwärmeverfrachtung</b>	<b>13</b>
4.1	Lage und Höhe des Hochhauses	13
4.2	Windsituation	13
4.3	Fazit Abwärmeverfrachtung	14
<b>5</b>	<b>Wertminderung</b>	<b>15</b>
5.1	Fragestellung und Vorgehen Wertminderung	15
5.1.1	Wertminderung Referenzgebäude «Telco», Heinrich-Areal	15
5.1.2	Wertminderung Referenzgebäude Andreasturm, Zürich-Oerlikon	16
5.1.3	Verminderte Unabhängigkeit und Imagegewinn	17
5.1.4	Kostenabschätzung Kälteenergie	17
5.2	Fazit Wertminderung	18
<b>6</b>	<b>Sicht des Auftraggebers</b>	<b>19</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Prinzip Trockenrückkühler	6
Abbildung 2: Prinzip offener Verdunstungskühlturm	7
Abbildung 3: Prinzip geschlossener Verdunstungskühlturm	7
Abbildung 4: Prinzip hybrider Trockenrückkühler	8
Abbildung 5: Aufstellung der Rückkühler	10
Abbildung 6: Steigzone Rückkühler	12
Abbildung 7: Typische Windsituation	13

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Vor- und Nachteile eines Trockenrückkühlers	6
Tabelle 2: Vor- und Nachteile eines offenen Verdunstungskühlturms	7
Tabelle 3: Vor- und Nachteile eines geschlossenen Verdunstungskühlturms	8
Tabelle 4: Vor- und Nachteile eines hybriden Trockenrückkühlers	8
Tabelle 5: Hauptdaten des Andreasturm in ZH-Oerlikon	10
Tabelle 6: Eigenschaften des hybriden Trockenrückkühlers	10
Tabelle 7: Kälteeigenbedarf des Referenzgebäudes aufgeschlüsselt nach Gebäudekategorie	11
Tabelle 8: Vor- und Nachteile je Standort (UG oder Dach) einer Kältezentrale	11
Tabelle 9: Wertminderung Steigzone «Tellco-Hochhaus»	15
Tabelle 10: Wertminderung Kältezentrale «Tellco-Hochhaus»	16
Tabelle 11: Wertminderung Steigzone Andreasturm, Zürich-Oerlikon	16
Tabelle 12: Wertminderung Kältezentrale Andreasturm, Zürich-Oerlikon	16

# 1 ANLASS UND ZIEL

## 1.1 Ausgangslage

Aufgrund des Klimawandels steigen die Temperaturen auch in der Schweiz zukünftig an. Der sogenannte Wärmeinseleffekt verschärft die Hitzeproblematik in Städten zusätzlich.

Auch in der Stadt Zürich verändert sich das Klima. Die Häufigkeit von Hitzetagen und Tropennächten nimmt stark zu. Folglich steigt der Bedarf an Klimakälte zur Kühlung von Dienstleistungsbauten, Schulhäusern, Alterseinrichtungen und Wohnbauten. Um die erhöhte Nachfrage nach Kälte zu reduzieren, gewinnt der sommerliche Wärmeschutz an Bedeutung. Es müssen bauliche, organisatorische und betriebliche Massnahmen ergriffen werden, um die Wärmeexposition dieser Bauten zu verringern. Erneuerbare Energien können als Wärmesenken dienen, welche die erhöhten Temperaturen abfedern und können daher im Sommer für thermisch behaglichere Innenräume sorgen. An Standorten, wo das ganze Potential dieser Massnahmen erschöpft wurde und dennoch weiterer Bedarf an Kühlung besteht, können technische Massnahmen wie **Quartierkältezentralen auf Hochhäusern** zur Anwendung kommen. Die Höhe des Kältebereitstellungspotentials dieser Anlagen wird im Rahmen dieser Studie abgeschätzt.

## 1.2 Ziel

Diese Studie hat zum Ziel das Potential von Hochhäusern für Quartierkältezentralen zu eruieren. Anhand von einem exemplarischen Beispiel soll geklärt werden, in welchem Ausmass Abwärme mittels Rückkühlanlagen auf Hochhausdächern an die Aussenluft abgegeben werden kann. Bei diesem Vorgang soll die Abwärme bzw. die erwärmte Luft nicht in den Siedlungsraum zurück gelangen. Weiterhin wird vorausgesetzt, dass die Kälteerzeugung entsprechend der gesetzlichen Rahmenbedingungen eingesetzt wird. Die Rückkühlanlagen sollen nur wirtschaftlich nicht weiter nutzbare Abwärme an die Umgebung abgeben.

Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass Massnahmen zum sommerlichen Wärmeschutz ergriffen worden sind. Zu diesen Massnahmen gehört unter anderem die Verwendung eines wirksamen Sonnenschutzes. Auch trägt ein optimierter g-Wert zu einem verbesserten Wärmeschutz bei, erreicht durch eine passende Verglasung, durch eine Sonnenschutzeinrichtung oder durch die Orientierung des Fensters. Zusätzlich verkleinern eine Reduktion der internen Wärmelasten den Kältebedarf eines Gebäudes. Dies wird durch eine hohe aktivierbare Wärmespeicherfähigkeit der Gebäudemasse, ein moderater Fensterflächenanteil und eine effiziente Tageslichtnutzung erreicht. Ein passendes Lüftungskonzept mit Nachtauskühlung, Verwendung von Free-Cooling sowie effizienter Lüftung komplementieren die Massnahmen mit grosser Hebelwirkung bezüglich des sommerlichen Wärmeschutzes. Benötigt ein Gebäude nach dem Vollzug der erwähnten Massnahmen immer noch Kühlenergie, ist der Bezug dieser Kühlenergie aus einem Nahenergieverbund eine Variante, wozu der Einsatz von Kältezentralen auf Hochhausdächern eine Option ist. Wieviel Kälteenergie für den umliegenden Nahenergieverbund im Zusammenhang mit dem Kältebedarf des Hochhauses selbst und der Abwärme von Rückkühlanlagen auf dem Dach eines Referenzgebäudes abgeführt werden kann wird in dieser Studie untersucht. Des Weiteren wird der benötigte Platzbedarf der Kälteanlagen und die resultierende Wertminderung (Ertragseinbusse) des Gebäudes abgeschätzt.

## 2 RÜCKKÜHLSYSTEME

Der Bedarf an Kälteenergie nimmt insbesondere in den Städten kontinuierlich zu. Damit verbunden ist aus physikalischen Gründen immer auch die Frage der Rückkühlung bzw. der energieeffizienten Abfuhr der durch den Kälteprozess entstehenden Abwärme. Stehen nach der Ausschöpfung der verschiedenen Abwärme-Nutzungsmöglichkeiten keine erneuerbaren Energiesenken wie Seen, Grundwasser, Erdreich etc. zur Verfügung kommt schliesslich oft nur noch die **Rückkühlung an die Umgebung** in Frage. Bei dieser Rückkühlung wird die Abwärme mittels Wärmetauscher (Rückkühler) an die Umgebung abgegeben.

Im Folgenden wird eine kurze Übersicht zu verschiedenen Rückkühlssystemen gegeben. Das vorteilhafteste System, der hybride Rückkühler, dient anschliessend als Grundlage für die Betrachtung des Potenzials der Kühlkapazität auf dem Dach eines Referenzgebäudes.

### 2.1 Trockenrückkühler

In einem Trockenrückkühler wird das Kühlmedium unter Einsatz einer Kühlkreislaufpumpe durch den Wärmetauscher gepumpt. Gleichzeitig wird mittels Ventilatoren Umgebungsluft an den berippten Aussenseiten des Wärmeübertragers vorbeigeführt. Das Kühlmedium überträgt die Wärme über den Wärmetauscher an die Umgebungsluft. Dabei kommt das Kühlmedium mit der Umgebungsluft nicht in Kontakt und überträgt die Wärme ausschliesslich durch Konvektion. Als Kühlmedium dient meist ein Wasserglykol-Gemisch, um Frost bei Anlagestillstand zu verhindern.

(Quelle: Jäggi/Günter (Schweiz) AG, Rückkühlssysteme im Kühlkreislauf, Vorstellung, Bewertung, Wirtschaftlichkeitsberechnung).

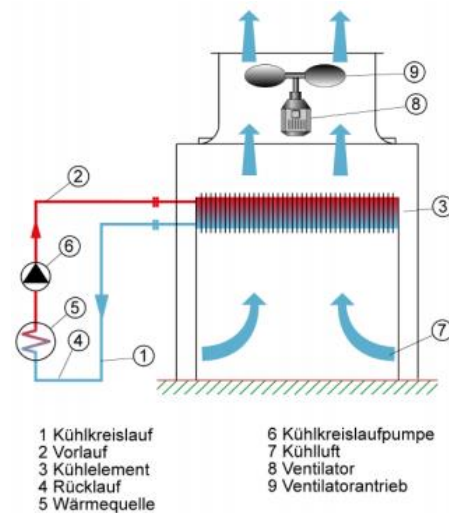


Abbildung 1: Prinzip Trockenrückkühler

In der folgenden Tabelle sind die Vor- und Nachteile eines Trockenrückkühlers aufgelistet.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geringer Wartungsbedarf</li> <li>▪ Viele Apparatetypen erhältlich</li> <li>▪ Geringes Gewicht</li> <li>▪ Keine Dampfschwaden (weil keine Befeuchtung)</li> <li>▪ Free-Cooling möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Grosser Platzbedarf</li> <li>▪ Hohe Verflüssigungstemperatur</li> <li>▪ Relativ hoher Stromverbrauch (vor allem seitens Kältemaschine)</li> </ul>

Tabelle 1: Vor- und Nachteile eines Trockenrückkühlers

## 2.2 Offener Verdunstungskühlturm

In einem offenen Verdunstungskühlturm wird das Kühlwasser über den Füllkörper versprüht. Durch den Betrieb eines Ventilators durchströmt die Umgebungsluft den Füllkörper im Gegenstrom. Dabei gerät die Umgebungsluft in direkten Kontakt mit dem Kühlwasser. Das Kühlwasser wird somit qualitativ und quantitativ verändert. Die Wärme wird mittels einer Kombination aus Stoff- und Wärmeübertragungsprozessen abgeführt. Ungefähr zwei Drittel der Wärmeabfuhr geschieht durch Verdunstung und ein Drittel durch Konvektion.

(Quelle: Jäggi/Günter (Schweiz) AG, Rückkühlsysteme im Kühlkreislauf, Vorstellung, Bewertung, Wirtschaftlichkeitsberechnung).

In der folgenden Tabelle sind die Vor- und Nachteile eines offenen Verdunstungskühlturms aufgelistet.

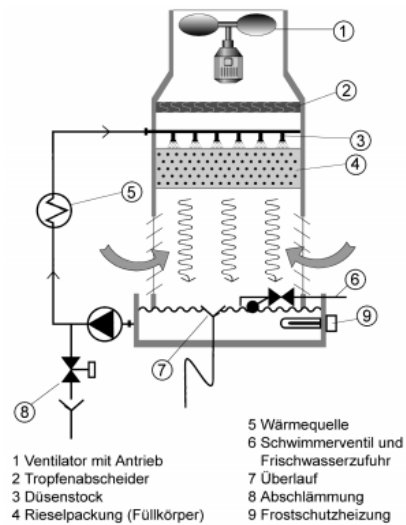


Abbildung 2: Prinzip offener Verdunstungskühlturm

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Viele Apparattypen erhältlich</li> <li>▪ Geringer Platzbedarf</li> <li>▪ Tiefe Verflüssigungstemperatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dampfschwaden</li> <li>▪ Hoher Wasserverbrauch</li> <li>▪ Hohes Gewicht (Punktlast)</li> <li>▪ Keine oder nur geringe Leistung bei Free-Cooling</li> <li>▪ Wasseraufbereitung nötig</li> <li>▪ Einsatz von Bioziden meist nötig</li> <li>▪ Eisbildung möglich</li> <li>▪ Qualitative und quantitative Veränderung des Kühlwassers</li> </ul>

Tabelle 2: Vor- und Nachteile eines offenen Verdunstungskühlturms

## 2.3 Geschlossener Verdunstungskühlturm

In einem geschlossenen Verdunstungskühlturm durchströmt das Kühlmedium den Wärmeaustauscher. Ähnlich wie bei einem Trockenrückkühler kommt es dabei nicht zum Kontakt mit der Umgebungsluft. Der Wärmeaustauscher wird zusätzlich über einen Sekundärkreislauf mit Wasser besprüht. Diese Benetzung ermöglicht eine erhöhte Kühlung des Kühlmediums durch die Verdunstungsenergie von Wasser. Aufgrund der geringen Oberfläche des Wärmeaustauschers ist ein trockener Betrieb des Kühlers nur bei tiefer Umgebungstemperatur und einem geringen Kühlbedarf möglich.

(Quelle: Jäggi/Günter (Schweiz) AG, Rückkühlsysteme im Kühlkreislauf, Vorstellung, Bewertung, Wirtschaftlichkeitsberechnung).

In der folgenden Tabelle sind die Vor- und Nachteile eines geschlossenen Verdunstungskühlturms aufgelistet.

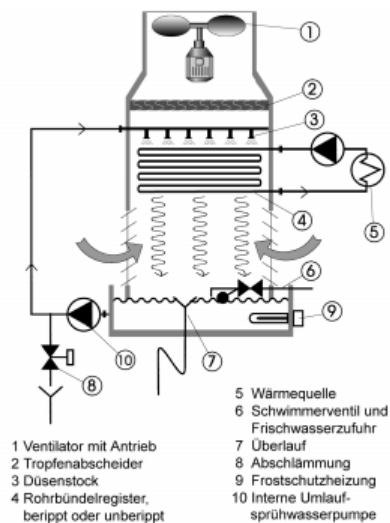


Abbildung 3: Prinzip geschlossener Verdunstungskühlturm

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geringer Platzbedarf</li> <li>▪ Tiefe Verflüssigungstemperatur</li> <li>▪ Geschlossener Kühlkreislauf</li> <li>▪ Keine Verschmutzung im Kühlkreislauf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dampfschwaden</li> <li>▪ Hoher Wasserverbrauch</li> <li>▪ Hohes Gewicht (Punktlast)</li> <li>▪ Geringe Leistung bei Free-Cooling</li> <li>▪ Wasseraufbereitung nötig</li> <li>▪ Einsatz von Bioziden meist nötig</li> </ul>

Tabelle 3: Vor- und Nachteile eines geschlossenen Verdunstungskühlturms

## 2.4 Hybrider Trockenrückkühler

Ein hybrider Trockenrückkühler ist eine Kombination aus einem Trockenrückkühler und einem Verdunstungskühlturm. Das Kühlmedium wird durch den Wärmetauscher gepumpt, dabei überträgt er Wärme an die Umgebungsluft, welche durch Verwendung von Ventilatoren den Wärmetauscher umströmt. Bei hohen Aussentemperaturen wird der Wärmetauscher mit Wasser benetzt. Mit dem Verdunstungseffekt kann die Kühlleistung um den Faktor 3 bis 4 gesteigert werden. Unterhalb des Wärmetauschers befindet sich die Wassersammelwanne. Diese Wanne fängt das Überschusswasser auf, welches verwendet wird, um eine Verschmutzung der Lamellen des Wärmetauschers durch die Umgebungsluft zu verhindern. (Quelle: Jäggi/Günter (Schweiz) AG, Rückkühlsysteme im Kühlkreislauf, Vorstellung, Bewertung, Wirtschaftlichkeitsberechnung).

In der folgenden Tabelle sind die Vor- und Nachteile eines hybriden Trockenrückkühlers aufgelistet.

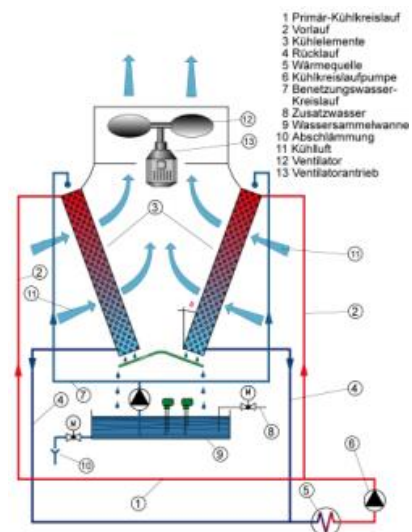


Abbildung 4: Prinzip hybrider Trockenrückkühler

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine Dampfschwaden</li> <li>▪ Geringer Wasser- und Stromverbrauch</li> <li>▪ Kompakt, geringer Platzverbrauch</li> <li>▪ Gut zugänglich, wartungsfreundlich</li> <li>▪ Schallbelastung tief</li> <li>▪ Free-Cooling möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wasseraufbereitung nötig</li> <li>▪ Ungünstig für Anbau von Schalldämpfern (bei guter Auslegung nicht notwendig)</li> </ul>

Tabelle 4: Vor- und Nachteile eines hybriden Trockenrückkühlers



## 3 MODELLOBJEKT

### 3.1 Referenzgebäude

Um das Kältebereitstellungspotential von Hochhäusern im Allgemeinen zu eruieren, wurde als Referenzgebäude ein fiktives Hochhaus verwendet. Die Eigenschaften (Höhe, Grundfläche etc.) dieses Gebäudes sind an den Tellco-Tower im Heinrich Areal angelehnt. Um den abgeschätzten Nutzungsflächenanteil für die Rückkühlanlagen dieses Referenzhochhauses verifizieren zu können, wurde zusätzlich die Dachfläche des Andreasturms in Oerlikon und dessen potenzielle Nutzungsfläche herbeigezogen und analysiert. Für die Wertminderungsberechnung im Kapitel 5 dienen sowohl die Eigenschaften des Tellco-Towers sowie jene des Andreasturm als Rechengrundlage.

Zuerst wurde für das Referenzgebäude die für Rückkühlanlagen nutzbare Dachfläche bestimmt. Dabei wurden auch andere Interessen für eine Dachnutzung berücksichtigt. In einem weiteren Schritt wurde für das Referenzgebäude die Leistung der Rückkühler und dementsprechend das Kältebereitstellungspotential berechnet. Abschliessend wurde der Eigenbedarf an Kälte des Hochhauses ermittelt und vom Kältebereitstellungspotential abgezogen. Daraus resultiert das Netto-Kältebereitstellungspotential, welches für den Nahenergieverbund zur Verfügung gestellt werden kann.

#### 3.1.1 Nutzbare Dachfläche Referenzgebäude (Tellco-Tower)

Die Eigenschaften des Tellco-Tower im Heinrich-Areal dienen als Grundlage für das Referenzgebäude. Die Dachfläche dieses Hochhauses beträgt 616 m<sup>2</sup>. Das Gebäude umfasst 20 Stockwerke bei einer Gesamthöhe von 70 Metern. Im Allgemeinen können Dachflächen alternativ zur Installation von Rückkühlanlagen von folgenden Nutzungsformen beansprucht werden:

- Liftüberfahrt, Treppenhaus-Aufbauten Entrauchung
- Begrünung (auf Hochhausdächern ökologisch nicht wertvoll)
- Photovoltaikanlage (Hochhausfassaden sind dafür besser geeignet)
- Begehbarkeit im Sinne eines eindrücklichen Erlebnisses
- Lüftungszentrale mit kurzer Aussen- und Fortluftführung
- Wetterstation, Antennenanlage
- Andere Nutzungen (z.B. Barbetrieb)

Das Referenzgebäude besitzt eine Kernzone mit Treppenhaus und vier Aufzügen. Zusätzlich wird Dachfläche für andere Nutzungsformen wie zum Beispiel für eine Wetterstation beansprucht. Zusammen gerechnet werden 126 m<sup>2</sup> resp. 20% der Dachfläche für alternative Nutzungsformen verwendet. Die nutzbare Dachfläche für Rückkühlanlagen beträgt dementsprechend ca. 490 m<sup>2</sup>.

#### 3.1.2 Nutzbare Dachfläche Vergleichsgebäude Andreasturm ZH-Oerlikon

Um die Dachfläche des Referenzgebäudes zu verifizieren, wurde gleichzeitig die verfügbare Nutzfläche eines anderen Hochhauses untersucht (Andreasturm in ZH-Oerlikon). Dessen Eigenschaften dienen auch als Datengrundlagen für die Wertminderungsberechnung eines Hochhauses mit einer Rückkühlanlage. In Tabelle 5 sind die relevanten Eigenschaften des Andreasturms dargestellt.

Total Dachfläche	1'100 m <sup>2</sup>
Dachfläche Kernbereich	250 m <sup>2</sup> (23% der Dachfläche)
Nutzbare Fläche für Rückkühlung	850 m <sup>2</sup> (77% der Dachfläche)
Höhe (oberster Punkt)	80 m
Durchschnittliche Geschosshöhe	3.43 m (19 Geschosse)
Sockelhöhe	4.93 m und 4.2 m (2 Geschosse)
Dachgeschosshöhe	4.19 m
Summe Geschosshöhen	78.5 m

Tabelle 5: Hauptdaten des Andresturm in ZH-Oerlikon

### 3.1.3 Kältebereitstellungspotential des Referenzgebäudes

Ein hybrider Trockenrückkühler weist, verglichen mit den Vor- und Nachteilen der anderen Rückkühlertypen (vgl. Kap. 2) für den vorstehenden Einsatz, das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis auf. Aus diesem Grund wird in dieser Studie für die Berechnung des Kältebereitstellungspotentials des Referenzhochhauses der Einsatz von hybriden Trockenrückkühler angenommen. Dieser hybride Trockenrückkühler hat folgende, auf reale Verhältnisse abgestützte technische Eigenschaften:

Kühlleistung Rückkühler	1'400 kW
Länge	6.2 m
Breite	3 m
Höhe	5 m
Betriebsgewicht	10'200 kg

Tabelle 6: Eigenschaften des hybriden Trockenrückkühlers

Werden Sichtschutz mit hohem freien Luft-Querschnitt sowie die Zugänglichkeit zum Steuerschrank berücksichtigt, können auf dem Referenzgebäude sieben Rückkühler installiert werden (siehe Abbildung 5). Die Abstände für die Luftansaugung sind allerdings sehr knapp bemessen.

Sieben Rückkühler mit je 1'400 kW Kühlleistung ergeben eine Gesamtkühlleistung von 9.8 MW. Dies entspricht 16 kW Kühlleistung pro Quadratmeter Bruttodachfläche und einer Mehrbelastung des Daches von 120 kg/m<sup>2</sup>. Nimmt man für die Kältemaschinen eine Leistungszahl (EER) von 5 bis 6 an, ergibt sich ein verfügbares Kältebereitstellungspotential von rund 8 MW für das Referenzhochhaus.

Auf Hochhäusern mit grösseren Dachflächen können mehr Rückkühler installiert werden. Solche Bauten weisen daher ein grösseres Kältebereitstellungspotential verglichen mit dem Tellco-Tower auf.

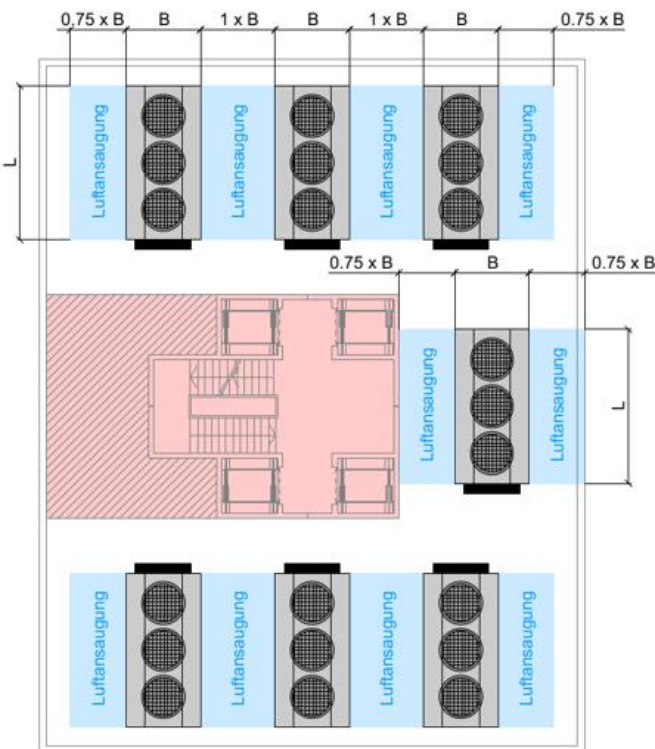


Abbildung 5: Aufstellung der Rückkühler

### 3.1.4 Kälteeigenbedarf des Referenzgebäudes

Eine Quartierkältezentrale soll unter Berücksichtigung des Kälte-Eigenbedarfs des Hochhauses einen Nahenergieverbund bedienen, womit ein ganzes Quartier gekühlt werden kann. Der Kälteeigenbedarf ist abhängig von vielen verschiedenen Faktoren, wie die Beschaffenheit des Gebäudes, der Nutzung der Räumlichkeiten und vielem mehr. Zusätzlich definieren Faktoren wie der Glasanteil eines Gebäudes, die Komfortansprüche, Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) usw. die Kältespitze und dementsprechend auch die benötigte Kühlleistung um die entsprechende Nachfrage der Kältespitze zu decken. In dieser Studie wurde für die Deckung des Eigenbedarfs an Kälte des Referenzgebäudes eine benötigte Kühlleistung von 500 kW angenommen. Die Aufschlüsselung nach Gebäudekategorie ist in Tabelle 7 dargestellt.

Gebäudekategorie	Anzahl Stockwerke	Jährlicher Kühlbedarf	Jährliche Volllaststunden	Benötigte Kühlleistung
Wohnungen	12	50'250 kWh	650 h	77 kW
Büroarbeitsplätze	5	54'000 kWh	770 h	71 kW
Verkaufsfläche	2	90'000 kWh	1'500 h	60 kW
Restaurants	1	61'000 kWh	700 h	88 kW
Div. (Server)	1	10 Serverräume à 20 kW		200 kW
<b>Total (gerundet)</b>	<b>21</b>			<b>500 kW</b>

Tabelle 7: Kälteeigenbedarf des Referenzgebäudes aufgeschlüsselt nach Gebäudekategorie

## 3.2 Kältezentrale

Eine Kältezentrale vernetzt die Rückkühler mit dem Nahenergieverbund bzw. den Geschossen eines Hochhauses. Sie ermöglicht den raumübergreifenden Wärmeaustausch im und ausserhalb des Gebäudes. Eine Kältezentrale kann im Untergeschoss oder im Erdgeschoss installiert werden. Je nach Standortvariante ergeben sich unterschiedliche Vor- und Nachteile (Tabelle 8).

Variante 1 – Kältezentrale im Untergeschoss	Variante 2 – Kältezentrale im Dachgeschoss
<b>Vorteile</b>	<b>Vorteile</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nutzung von Fläche mit «geringerem Wert»</li> <li>▪ Einbringung Kältemaschinen, Kältespeicher, Armaturen</li> <li>▪ Statik</li> <li>▪ Fernkälteleitung dort, wo sie benötigt wird</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Steigzone zu Rückkühler sehr kurz</li> </ul>
<b>Nachteile</b>	<b>Nachteile</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Steigzone zu Rückkühler über alle Geschosse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Teurere Fläche (Attika)</li> <li>▪ Einbringung Kältemaschinen und Armaturen</li> <li>▪ Statik (Kältemaschine und Leitungsnetz)</li> <li>▪ Vibrationen/Schall der Kältemaschine</li> <li>▪ Fernkälte und Elektropeisung über alle Geschosse</li> </ul>

Tabelle 8: Vor- und Nachteile je Standort (UG oder Dach) einer Kältezentrale

Die Vorteile des Untergeschosses als Standort für die Kältezentrale überwiegen klar jene des Dachgeschosses. Zusätzlich bringt die Verwendung des Dachgeschosses als Standort massive Nachteile mit sich. Deswegen wird in dieser Studie für das Referenzgebäude das Untergeschoss als Standort für die Kältezentrale angenommen.

Je nach Kühlleistung benötigt die Kältezentrale unterschiedlich viel Platz. Die Kältezentrale des Referenzgebäudes bzw. der Quartierkältezentrale besteht typischerweise aus vier Kältemaschinen und einer Kälteverteilung. Die Kälteverteilung umfasst die Einspeisungen der Kältemaschinen, den Abgang der Eigenversorgung sowie den Abgang zum Fernkältenetz. Der Gesamtplatzbedarf inkl. Elekt-

roversorgung, Logistik etc. beträgt gegen  $800 \text{ m}^2$ , verteilt auf mehrere Räume. Die Kälteleistung einer Kältemaschine beträgt  $2.5 \text{ MW}$  (d.h. totale Leistung rund  $10 \text{ MW}$ ), mit einem Volumenstrom von je  $350 \text{ m}^3/\text{h}$  und einem Betriebsgewicht von je  $12'200 \text{ kg}$ . Die Kältezentrale des Referenzobjekts verfügt über einen technischen Kältespeicher.

### 3.3 Steigzonen

Der Wärmetransport von den Rückkühlanlagen zu der Kältezentrale erfordert die Installation von Leitungen und dementsprechend Steigzonen über alle Geschosse. Diese Steigzonen beanspruchen Grundfläche bzw. Volumen, was wiederum zu einer Ertragsminderung des Gebäudes führt (siehe Kapitel 5).

Die Steigzone, welche die Kältezentrale mit den Rückkühlern verbindet, muss den Transport von  $9.8 \text{ MW}$  Kühlleistung gewährleisten. Hierfür werden zwei Rohre des Typs DN 400 benötigt. Diese Rohre haben, inklusive Isolation einen Durchmesser von je  $64 \text{ cm}$ . Zusätzlich kommt ein Flächenbedarf von ungefähr  $0.5 \text{ m}^2$  für Elektro, Kommunikation sowie demineralisiertes Wasser hinzu. Dies ergibt einen Steigzonen-Flächenbedarf von ca.  $1.7 \text{ m}^2$ . Zuzüglich der benötigten Fläche für die Schachtwände ergibt sich ein Brutto-Steigzonenflächenbedarf von ca.  $3 \text{ m}^2$  pro Geschoss.

Die Steigzone, welche die Kältezentrale mit den Geschossen verbindet und somit die Deckung des Eigenbedarfs an Kälte im Hochhaus selbst ermöglicht, muss für eine Kühlleistung von rund  $0.5 \text{ MW}$  ausgelegt sein. Für diese Leistung reichen Rohre des Typs DN 125 aus. Diese besitzen mit Isolation einen Durchmesser von je  $25 \text{ cm}$ . Mit dem Flächenanteil der Schachtwände beträgt der Gesamtflächenbedarf der Steigzonen für den Eigenbedarf an Kälte des Hochhauses ungefähr  $0.8 \text{ m}^2$ .

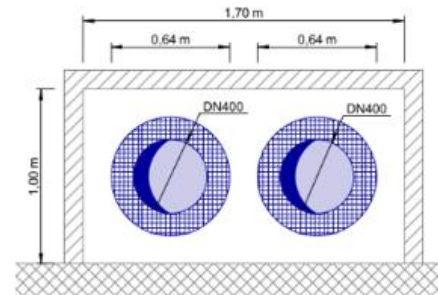


Abbildung 6: Steigzone Rückkühler

### 3.4 Einfluss auf das Tragwerk und die Statik

Die Platzierung von Rückkühlern auf dem Hochhausdach verursacht eine höhere Gewichtslast als sonst für Dächer benötigt würde. Diese zusätzliche Last ist allerdings verhältnismässig gering. Die Deckenstärke wird sich mutmasslich mit Rückkühlern nicht ändern. Die Stützen müssten allerdings geringfügig grösser dimensioniert werden, bei entsprechend leicht höheren Kosten. Die Mehrkosten für grössere Stützen dürften in der Grössenordnung von Fr.  $100'000$  liegen und sind somit im Kontext der Baukosten praktisch vernachlässigbar.

Wird die Kältezentrale im Dachgeschoss platziert, müssen hohe Lasten, verursacht durch die Installationen wie Kältemaschinen, Kälteverteiler, technischer Speicher, Leitungsnetz etc. durch das ganze Gebäude abgetragen werden. Es müsste ein neues Deckensystem über alle Geschosse hinweg eingeführt werden. Diese konzeptionelle Änderung des Deckensystems verursacht hohe Kosten und führt zu einer Reduktion der Anzahl der Geschosse, was wiederum eine wesentliche Wertminderung mit sich bringt. Aus diesen Gründen – und auch, weil die Aufstellung von technischen Kältespeichern aufgrund der hohen Zusatzlast praktisch nicht in Frage kommt – ist die Platzierung der Kältezentrale im Dachgeschoss nicht sinnvoll.

## 4 ABWÄRMEVERFRACHTUNG

Eine Quartierkältezentrale soll zur Kühlung von Bauten in einem Quartier beitragen. Wird die Abwärme der Rückkühlanlagen allerdings durch eine ungünstige Lage des Hochhauses oder durch eine ungeeignete Windsituation in das Siedlungsgebiet zurückgeführt, ist die Nutzung einer Quartierkältezentrale fraglich oder gar kontraproduktiv. Wie sich die Abwärmeverfrachtung verhält ist von der Lage des Hochhauses, der Windsituation sowie des thermischen Auftriebs abhängig. Für jedes untersuchte Hochhaus muss daher sichergestellt werden, dass die vorher erwähnten Faktoren eine Abwärmeverfrachtung weg vom Siedlungsraum gewährleisten.

### 4.1 Lage und Höhe des Hochhauses

Für die Analyse der Abwärmeverfrachtung ist die Lage eines Hochhauses von grosser Bedeutung. Wird das Hochhaus an einem Hang erbaut, könnte die Abwärme durch den Hangabwind talwärts in einen Siedlungsraum verfrachtet werden. Diese Abwärmeverfrachtung würde die Hitzesituation im Siedlungsgebiet verschärfen, und somit wäre eine Quartierkältezentrale auf diesem Haus ungünstig für das Stadtklima. Weiterhin spielt die Höhe des Hochhauses eine wichtige Rolle. Übertagt dieses die umliegenden Gebäude um mindestens das Zweifache, befinden sich die Abwärmeströme der Rückkühlanlagen in der freien Windströmung. In einem solchen Fall wird die Abwärme von der Windströmung weggetragen und gelangt praktisch nicht in den Siedlungsraum. Ist das Hochhaus allerdings nur minim höher als die umliegenden Gebäude, wird die Abwärme in eine kaum durchlüftete Zone, in die sogenannte «Totzone», ausgestossen. Es besteht dann die Gefahr, dass die Abwärme der Rückkühlanlagen nur reduziert abgeleitet werden kann und somit die Energie der Abwärme teilweise in den Siedlungsraum eintritt und diesen zusätzlich erhitzt.

### 4.2 Windsituation

Auch die Windgeschwindigkeit ist ein entscheidender Faktor für die Abwärmeverfrachtung. Vor allem in Monaten, welche eine grosse Kühlleistung benötigen (d.h. im Sommer), soll die Windsituation um das Hochhaus der Quartierkältezentrale optimal sein. Eine Windgeschwindigkeitsmessung in Zürich in einer Höhe von 80 Meter über Boden hat ergeben, dass in den warmen Monaten der Wind einen ausgeprägten Tagesgang zeigt. Die Windgeschwindigkeit gipfelt um die Mittagszeit und flaut in der Nacht ab. Eine typische Windgeschwindigkeit tagsüber beträgt 2- 4 m/s und nachts über 1- 2 m/s in Zürich.

Zur Thematik des thermischen Auftriebs der Abwärme selbst haben Untersuchungen gezeigt, dass dieser vernachlässigbar ist und zeitweise (bei hoher Befeuchtung der Umgebungsluft) sogar nicht vorhanden ist. Die Kaminüberhöhung, also das zusätzliche Aufsteigen der Abluft aus dem Rückkühler über dessen Austrittsmündung infolge des Impulses, beträgt rund 20 m im Vollastfall und 10 m im Teillastfall. Auch spielen die Austrittsgeschwindigkeit sowie das Luftvolumen für die Wärmeverfrachtung eine Rolle – je grösser die Austrittsgeschwindigkeit, desto höher die Kaminüberhöhung.

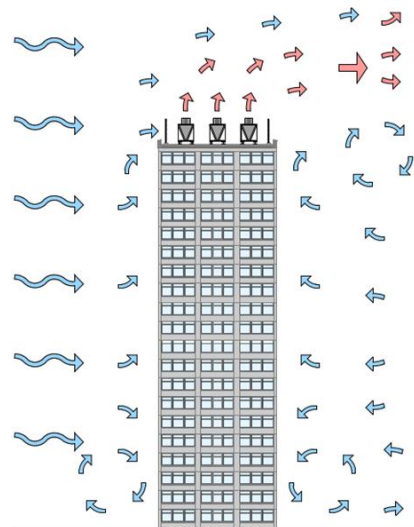


Abbildung 7: Typische Windsituation

### 4.3 Fazit Abwärmeverfrachtung

In der Regel wird die Abwärme auf einem den Rest des Gebäudebestands deutlich überragenden Einzelobjekt durch leichte Winde verfrachtet und gelangt mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht oder nur hochverdünnt in den Siedlungssektor.

Wichtig dabei ist, dass die Kaminüberhöhung die Warmluft über die an der oberen Gebäudekante entstehende Turbulenzzone verfrachtet. Die Höhe der Turbulenzzone kann durch Weglassen einer Attika oder Ausbilden derselben mit Windleitblechen reduziert werden.

Allerdings hängt die Wärmeverfrachtung von der Lage des Hochhauses ab und muss von Fall zu Fall durch weitere Untersuchungen verifiziert werden.

## 5 WERTMINDERUNG

### 5.1 Fragestellung und Vorgehen Wertminderung

Die Erstellung einer Quartier-Kältezentrale auf einem Hochhaus geht mit einem räumlichen und einem organisatorischen Eingriff in die Immobilie einher. Im Folgenden wird dargelegt, mit welcher Wertveränderung aufgrund der Installation einer Quartier-Kältezentrale in einem Hochhaus gerechnet werden muss.

Folgende Faktoren haben einen Einfluss auf die Wertveränderung:

- Nutzung Dachfläche
- Flächenverbrauch für Steigzone
- Flächenverbrauch für Kältezentrale im UG
- Verminderte Unabhängigkeit
- Imagegewinn

Bei den flächenrelevanten Faktoren (Nutzung Dachfläche, Flächenverbrauch Steigzone und Kältezentrale im UG) wird mittels Opportunitätskosten die Wertminderung abgeschätzt. Das heisst, es wird berechnet, welchen Wert diese Flächen bei einer höchsten und besten anzunehmenden Nutzung (highest and best use) hätten. Dazu wird der Barwert der Marktmieten pro Quadratmeter mittels Kapitalisierungssatz abgeschätzt.

Alternative Nutzungen der Dachfläche sind sehr projektspezifisch und die Festlegung einer höchsten und besten anzunehmenden Nutzung daher nicht möglich bzw. sinnvoll. Die Wertminderung durch die Nutzung der Dachfläche wird daher nicht berücksichtigt.

Die Verminderung der Unabhängigkeit und der Imagegewinn durch die Erstellung einer Quartier-Kältezentrale werden qualitativ betrachtet.

#### 5.1.1 Wertminderung Referenzgebäude «Tellco», Heinrich-Areal

Der Flächenverlust für die Steigzone der Quartier-Kältezentrale wird auf 3 m<sup>2</sup> pro Stockwerk geschätzt. Bei den 23 Stockwerken des «Tellco-Hochhauses» ergibt dies insgesamt einen Flächenverlust von 69 m<sup>2</sup>. Der aktuelle Mietertrag für Wohnflächen in einem Hochhaus bzw. in einem hohen Neubau beträgt im Umfeld des Heinrich-Areals zwischen CHF 400 und 500 pro m<sup>2</sup> und Jahr. Dies ergibt einen Mietertragsverlust von CHF 27'600 – CHF 34'500 pro Jahr. Bei einem Kapitalisierungssatz von 3.50% bzw. 3.00% ergibt dies eine Wertminderung von rund CHF 790'000 bis CHF 1'150'000 wie in der untenstehenden Tabelle dargelegt.

	von	bis
Flächenverlust Steigzone [m <sup>2</sup> pro Stockwerk]	3	3
Anzahl Stockwerke	23	23
Total Flächenverlust Steigzone [m <sup>2</sup> ]	69	69
Mietertrag [CHF/m <sup>2</sup> und Jahr]	400	500
Ertragsausfall pro Jahr [CHF/a]	27'600	34'500
Kapitalisierungssatz	3.50%	3.00%
<b>Wertminderung Steigzone [CHF]</b>	<b>788'571</b>	<b>1'150'000</b>

Tabelle 9: Wertminderung Steigzone «Tellco-Hochhaus»

Die Quartier-Kältezentrale benötigt eine Kälte- und Wasserverteilzentrale von bis zu 800 m<sup>2</sup> im Untergeschoss. Allerdings hat ein Hochhaus ohnehin eine Kältezentrale, bei 500 kW Kälteleistung beträgt der Flächenbedarf dafür rund 100 m<sup>2</sup>. Als zusätzlich erforderliche Geschossfläche (bzw. als Dif-

ferenzplatzbedarf) werden damit 700 m<sup>2</sup>, und als höchste und beste anzunehmenden Nutzung werden Parkplätze angenommen. Bei einem Flächenbedarf von rund 25 m<sup>2</sup> pro Parkplatz (inkl. Erschliessungs- und Rangierfläche) ergibt dies 28 Parkplätze. Im Umfeld des Heinrich-Areals erzielen gedeckte Parkplätze einen Mietertrag von rund CHF 180 – CHF 225 pro Monat. Dies ergibt einen Ertragsausfall pro Jahr von CHF 60'480 – CHF 75'600 pro Jahr. Bei einem Kapitalisierungssatz von 3.50% bzw. 3.00% ergibt dies eine Wertminderung von rund CHF 1'700'000 – CHF 2'500'000 wie in der untenstehenden Tabelle dargelegt.

	von	bis
Flächenbedarf Kältezentrale [m2]	700	700
Mietertrag Einstellhalle [CHF / PP und Monat]	180	225
Fläche pro PP [m <sup>2</sup> ]	25	25
Anzahl PP	28	28
Ertragsausfall pro Jahr [CHF/a]	60'480	75'600
Kapitalisierungssatz	3.50%	3.00%
<b>Wertminderung Kältezentrale [CHF]</b>	<b>1'728'000</b>	<b>2'520'000</b>

Tabelle 10: Wertminderung Kältezentrale «Tellco-Hochhaus»

Insgesamt resultiert aus der Steigzone und Kältezentrale ein Wertverlust von rund CHF 2.5 Mio. – CHF 3.7 Mio. für das Referenzgebäude «Tellco». Dies entspricht rund 56% des Wertes eines Regalgeschosses<sup>1</sup>.

### 5.1.2 Wertminderung Referenzgebäude Andreasturm, Zürich-Oerlikon

Die Berechnung des Wertverlustes für das Referenzgebäude Andreasturm erfolgt analog zum Referenzbeispiel «Tellco-Hochhaus», wobei folgende Mieterträge angenommen werden:

- Büroflächen in einem Hochhaus bzw. in einem hohen Neubau im Umfeld des Andreasturms:  
CHF 300 – CHF 400 pro m<sup>2</sup> und Jahr
- Gedeckte Parkplätze im Umfeld des Andreasturms:  
CHF 180 bis CHF 240 pro m<sup>2</sup> und Monat

Die Berechnungen für die Wertminderung aufgrund der Steigzone und der Kältezentrale für das Referenzgebäude Andreasturm sind in den untenstehenden Tabellen dargelegt.

	von	bis
Flächenverlust Steigzone [m2 pro Stockwerk]	3	3
Anzahl Stockwerke	23	23
Total Flächenverlust Steigzone [m2]	69	69
Mietertrag [CHF/m2 und Jahr]	300	400
Ertragsausfall pro Jahr [CHF/a]	20'700	27'600
Kapitalisierungssatz	3.50%	3.00%
<b>Wertminderung Steigzone [CHF]</b>	<b>591'429</b>	<b>920'000</b>

Tabelle 11: Wertminderung Steigzone Andreasturm, Zürich-Oerlikon

	von	bis
Flächenbedarf Kältezentrale [m2]	700	700
Mietertrag Einstellhalle [CHF / PP und Monat]	180	240
Fläche pro PP [m <sup>2</sup> ]	25	25
Anzahl PP	28	28
Ertragsausfall pro Jahr [CHF/a]	60'480	80'640
Kapitalisierungssatz	3.50%	3.00%
<b>Wertminderung Kältezentrale [CHF]</b>	<b>1'728'000</b>	<b>2'688'000</b>

Tabelle 12: Wertminderung Kältezentrale Andreasturm, Zürich-Oerlikon

<sup>1</sup> Annahmen: 600 m<sup>2</sup> Footprint, 65% HNF / GF



Insgesamt resultiert aus der Steigzone und Kältezentrale ein Wertverlust von rund CHF 2.3 Mio. bis 3.6 Mio. für das Referenzgebäude Andreasturm, Zürich-Oerlikon. Dies entspricht rund 37% des Wertes eines Regelgeschosses<sup>2</sup>

### 5.1.3 Verminderte Unabhängigkeit und Imagegewinn

Die Erstellung und der Betrieb einer Quartier-Kältezentrale in einem Hochhaus ergeben sich verschiedene Schnittstellen zwischen dem Eigentümer des Hochhauses und dem Betreiber und Besitzer der Quartier-Kältezentrale. Die Regelung dieser Schnittstellen bedingt langfristige Verträge bzw. Dienstbarkeiten. Diese gehen einher mit Vertragsverhandlungen und einem Verlust der Unabhängigkeit. Die Vertragsverhandlungen können zwar anspruchsvoll sein, schlagen sich aber in der Summe kaum auf den Wert der Immobilie nieder. Die eingegangenen Verträge bzw. Dienstbarkeiten haben hingegen einen Einfluss auf die Handelbarkeit eines Objektes. Bei einer allfälligen Veräusserung des Objekts wird ein zukünftiger Käufer die Verträge bzw. Dienstbarkeiten übernehmen müssen. Solche Verträge bzw. Dienstbarkeiten werden bei der Bewertung einer Immobilie als Risiko beurteilt und schlagen sich negativ auf den Wert der Liegenschaft nieder. Zudem wird eine allfällige Aufteilung der Immobilie in Stockwerkeigentum komplex. Auch dies kann sich auf den Wert der Immobilie negativ auswirken. Eine Quantifizierung des Wertverlusts kann im Rahmen von theoretischen Überlegungen nicht erfolgen, sollte jedoch bei der Gesamtbeurteilung beachtet werden.

Andererseits kann die Erstellung und der Betrieb einer Quartier-Kältezentrale in einem Hochhaus zum Imagegewinn einer Immobilie beitragen – im Sinne eines Beitrags zur «environmental, social und governance policy» eines Immobilienbesizers. Dies ist insbesondere für grosse institutionelle Anleger ein relevanter Aspekt. In welchem Rahmen und Umfang dies zu einem Wertzuwachs einer Immobilie beiträgt, hängt primär vom Investor / Eigentümer bzw. zukünftigen Käufer einer Immobilie ab und ist kaum zu quantifizieren.

### 5.1.4 Kostenabschätzung Kälteenergie

Fragestellung: Um wieviel verteuert sich der Kälteenergiepreis infolge des Ausgleiches der Wertminderung, welche dem Investor allenfalls zu erstatten ist?

*Annahmen:*

Wertminderung	4 Mio. CHF
<b>Kälteleistung</b> 8 – 0.5 MW (Eigenbedarf)	7.5 MW
Anrechenbare Kälteleistung (Gleichzeitigkeit 0.85)	6.4 MW
Im Mittel über 20 a (Aufbau Kälteversorgungsnetz) ca. 2/3	<b>4.2 MW</b>
Vollbetriebsstundenzahl	
Technische Kälte 1/3, entsprechend 1.4 MW	6'000 h/a
Klimakälte 2/3, entsprechend 2.8 MW	1'000 h/a
Betrachtungszeit	20 a
Zinssatz 3%; => Annuität $a_n$	0.06722

<sup>2</sup> Annahmen: 1'140 m<sup>2</sup> Footprint, 65% HNF / GF

*Ermittlung der spezifischen Kälteenergiekosten:*

Jahreskosten	4 Mio. CHF x 0.06722	CHF/a	270'000
Energiemenge	1.4 MW x 6'000 h/a	MWh/a	8'400
	2.8 MW x 1'000 h/a	MWh/a	<u>2'800</u>
	Total	MWh/a	11'200
<b>Spezifische Kosten</b>	CHF/a 270'000 / 11'200 MWh/a	CHF/MWh	24
		<b>Rp/kWh</b>	<b>2.4</b>

Der Kälteenergiepreis erhöht sich allein durch den Wertverlust als Folge der zusätzlichen technischen Installationen um ca. 2½ Rp/kWh. Dies liegt in einem für potenzielle Kälteabnehmer annehmbaren Rahmen. Bei einem Vergleich müsste man die Kosten, welche bei einer dezentralen Ausrüstung der Objekte in der Umgebung entstehen, berücksichtigen. Auch der Skaleneffekt (grosse Kälteanlage vs. eine Vielzahl dezentraler Anlagen) könnte sich insgesamt positiv auf die Gesamtbilanz der Quartier-Kältezentrale auswirken.

## 5.2 Fazit Wertminderung

Die quantifizierbare Wertminderung eines Hochhauses aufgrund der Erstellung und dem Betrieb einer Quartier-Kältezentrale liegt im Rahmen von rund 35% - 55% des Wertes eines Regelgeschosses. Zudem gilt es zu beachten, dass beim Investor / Eigentümer eines Hochhauses nicht quantifizierbare Kosten (Vertragsverhandlungen und reduzierte Handelbarkeit) anfallen, welche es im Rahmen von Verhandlungen bezüglich Ausgleichsmassnahmen zu beachten gilt.

Die Kosten für den Entgelt der Wertminderung können auf den Kältepreis umgelagert werden, wobei sich dieser um ca. 2.5 Rp/kWh erhöht. Alternativ können dem Investor / Eigentümer des Hochhauses im Rahmen des Bewilligungsverfahrens Mehrnutzungen zugestanden werden, welche im Bereich von 35% - 55% eines Regelgeschosses liegen könnten.

## 6 SICHT DES AUFTRAGGEBERS

Felix Schmid, Roland Wagner

Die Lufttemperatur in Siedlungsräumen wie z.B. in der Stadt Zürich ist vor allem in den Zentren tagsüber mit bis zu 10 K deutlich höher als die Temperatur an Orten in den weniger dicht bebauten Agglomerationen oder ländlichen Gebieten. Diese durch die bauliche Struktur verursachte Überhitzung wird durch den Klimawandel noch verstärkt. In Zukunft wird mit einer Zunahme der sog. "Hitzetage" und "Tropennächte" gerechnet, mit zunehmend negativen Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung. Um dem entgegenzuwirken, wurden in der kommunalen Richtplanung Aspekte des Stadtklimas berücksichtigt und eine Fachplanung zur Hitzeminderung erarbeitet.

Die Bereitstellung von Kälteenergie und die Verfrachtung der dabei entstehenden Abwärme - sofern diese nicht anders genutzt werden kann – kann zu einer Verschärfung der Situation in Gebieten mit bereits hohen Temperaturen führen. Hier ist ein Konflikt zwischen der technischen Bereitstellung von Kühlenergie aus Komfortgründen und der damit verbundenen zusätzlichen Belastung der Umgebung klar zu erkennen.

Als Möglichkeit zur Verminderung der negativen Auswirkungen der Abwärmeverfrachtung an die Umgebung wurden im Rahmen dieser Studie untersucht, ob sich Kältezentralen an Standorten in grosser Höhe dazu eignen, Abwärme ähnlich wie die Abgase von Feuerungsanlagen vom Siedlungsgebiet weg zu transportieren. Im Ergebnis zeigt sich, dass über die Dachflächen typischer Hochhäuser ein Vielfaches der Abwärme an die Umgebung abgegeben werden kann, die bei der Kälteerzeugung für den eigenen Bedarf des Objektes anfällt. Mit entsprechend grossen Ausstosseschwindigkeiten der Abwärme wird sichergestellt, dass die Abwärme weit vom Emissionsort wegtransportiert wird. Solche Dachflächen bieten also die Möglichkeit, die Abwärme aus ganzen Quartieren an die Umgebung abzugeben und so räumlich zu verfrachten, dass sie die Hitzeinselproblematik vor Ort nicht noch verstärken.

Die Installation solcher "Quartierrückkühlanlagen" auf Hochhäusern führt zu einer Wertminderung der jeweiligen Objekte aufgrund des zusätzlichen Flächenbedarfs, der ohne solch eine Anlage anderweitig genutzt werden könnte. Diese Wertminderung wird in dem in dieser Studie untersuchten Fall auf etwa 2.3 bis 3.7 Mio. Franken geschätzt, was etwa den Kosten eines halben Regelgeschosses entspricht. Umgerechnet auf die Kältegestehungskosten hat dies vernachlässigbare Mehrkosten von 2.5 Rp. pro kWh Kälte zur Folge.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist also die Errichtung solcher Kältequartierzentralen ohne bedeutende zusätzliche Kosten machbar resp. können die Kosten mit dem Preis für die Kälteversorgung verrechnet werden. Grössere Herausforderungen sind zu erwarten, wenn es darum geht, eine (private) Bauherrschaft zum Bau einer solchen Kältezentrale zu gewinnen. Da der Bau einer Quartierrückkühlanlage auf einem Hochhausdach als Eingriff ins Eigentumsrecht verstanden werden kann, stellt sich die Frage, ob die Stadt überhaupt eine Handhabe hat, die Nutzung eines Hochhausdachs für eine Quartierrückkühlanlage einzufordern. Dem steht die "Verminderung der städtischen Überhitzung" gegenüber – ein öffentliches Interesse, das auch als ortsbaulicher Gewinn im Sinne von §284 PBG verstanden werden kann.

Soll die Idee von Quartierrückkühlanlagen auf Hochhausdächern in der Stadt Zürich weiter verfolgt werden, ist vorab diese rechtliche Frage zu klären.