

# Leitfaden mit Massnahmen

## zur Optimierung von Kälteanlagen

Verständliche Anleitungen, gute Tipps und nützliche Informationen: Erfahren Sie, wie Sie die wichtigsten Massnahmen des 5-Schritte-Checks umsetzen. Was es kostet und was es bringt. So können Sie rasch entscheiden, welche Optimierungen sich für Ihr Unternehmen am besten eignen. Sie wissen, wann Sie einen Kältefachmann hinzuziehen sollten, und können kompetent mit ihm zusammenarbeiten.



Im Leitfaden finden Sie Informationen zu folgenden Themen

<b>Angaben zu den Investitionen und Einsparungen</b>	2
<b>Massnahme 1:</b> Reinigung Wärmetauscher	3–6
<b>Massnahme 2:</b> Abwärmenutzung optimieren	7
<b>Massnahme 3:</b> Elektrischen Abtauvorgang optimieren	8–9
<b>Massnahme 4:</b> Optimierung der Kühlstellenregulierung	10
<b>Massnahme 5:</b> Optimierung der Steuerung der Ventilatoren	11
<b>Massnahme 6:</b> Regelung Klimakälte	12–13
<b>Massnahme 7:</b> Expansionsventil richtig einstellen	14
<b>Information:</b> Temperaturdifferenzen bei Wärmetauschern	15

# Was kostet mich das – und was bringt es mir?

---

Bei der Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen lautet die erste Frage jedes Betreibers: Was kostet es und wie viel kann ich sparen? Damit Sie als Verantwortlicher der Kälteanlage einen ersten Anhaltspunkt erhalten zu den Investitionskosten, zu möglichen Einsparungen und zur Amortisationszeit, haben ausgewiesene Experten diese Angaben für drei Anlagegrößen abgeschätzt:

kleine Anlage	=	10 kW Kälte
mittlere Anlage	=	100 kW Kälte
grosse Anlage	=	200 kW Kälte

**Bitte beachten Sie:** Diese Informationen zeigen eine Tendenz auf. Je nach Situation können Sie in Ihrem Betrieb mehr oder weniger Einsparungen erzielen, die Umsetzung kann teurer oder günstiger sein. Diese Hinweise ersetzen daher nicht die individuelle Beratung sowie die Berechnung von Kosten und Nutzen durch eine Fachperson.



# Massnahme 1: Reinigung Wärmetauscher

Luftkühler und Verflüssiger (Kondensatoren) mit Lamellen verschmutzen mit der Zeit. Es bildet sich ein Schmutzfilm auf dem Wärmetauscher, der kontinuierlich wächst. Dies verschlechtert die Wärmeübertragung, was wiederum zu höherem Energieverbrauch und höheren Betriebskosten führt. Zudem können Bakterien und Sporen sich im Schmutzfilm ansammeln und – speziell im Umfeld von Lebensmitteln – zu ernsthaften Hygiene-Problemen führen. Es lohnt sich daher, ein ganz besonderes Augenmerk dem Reinigen der Wärmetauscher zu widmen.

## Wie oft die Wärmetauscher reinigen?

Es empfiehlt sich, alle Wärmetauscher regelmässig zu reinigen. Das Reinigungsintervall hängt stark von den Umgebungseinflüssen ab. So sind Verdampfer, die sich im Anlieferungsbereich der LKW befinden, durch Dieselaabgase der Fahrzeuge und den Holzstaub der Paletten einer hohen Belastung ausgesetzt. Auch können Mehlstaub, Erde von Salaten, Fettdämpfe, Fusseln bei Wäschereien oder Federn in Schlachthöfen zu starker Verschmutzung der Kühler führen. Dagegen ist die Belastung in einem Käselager mit wenig Frequenz eher schwach.

Richtgrößen für die Reinigungsintervalle	mindestens
– Orte mit vielen Fremdstoffen:	1 × pro Jahr
– Lebensmittelbereich belastet:	1 × pro Jahr
– Lebensmittelbereich mässig belastet:	alle 2 Jahre
– Lebensmittelbereich schwach belastet:	alle 3 Jahre

## Welche Reinigungsmethoden haben sich bewährt?

**Dampf-Hochdruck:** Mit rund 90 °C warmem Dampf wird der Wärmetauscher – auch thermisch – gereinigt. Dabei werden Bakterien ebenfalls weitgehend entfernt. Zu beachten ist, dass der Verdampfer nicht lange Zeit den hohen Temperaturen ausgesetzt wird, da sonst das Kältemittel Schaden nehmen könnte.<sup>1</sup>

## Übersicht Eignung verschiedener Reinigungsmöglichkeiten für ausgewählte Wärmetauscher

Wärmetauscher	Oberfläche	Reinigungsmethode				
		Dampf	Hochdruckreiniger (Wasser)	Wasser (Gartenschlauch)	Druckluft	Pinself und Staubsauger
<b>1. Luftkühler (Verdampfer)</b>						
> mit Lamellen	feucht	ja	ja	bis 30 cm	nein	nein
> glatt (Kühlmöbel)	feucht	bedingt	nein	ja	nein	nein
<b>2. Verflüssiger (Kondensator)</b>						
> im Innenbereich	trocken	ja	bedingt	ja	ja, bis 30 cm (Staubwolke)	ja, bis 10 cm
> im Aussenbereich	trocken	ja	ja	bis 30 cm	ja	ja, bis 10 cm

CO<sub>2</sub>-Anlagen dürfen nur durch erfahrene Spezialisten mit Dampf-Hochdruck gereinigt werden.

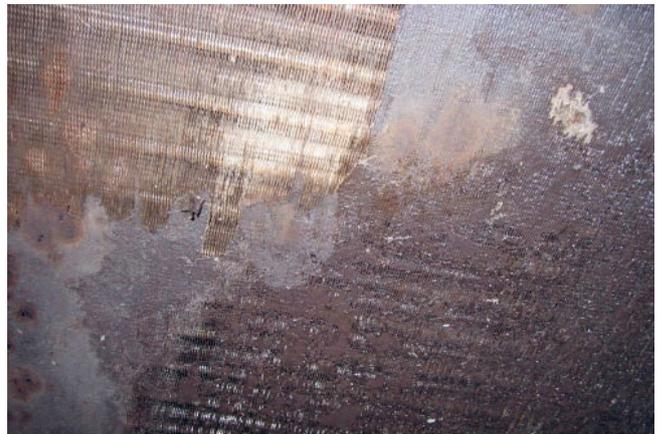
**Hochdruckreiniger:** Die Reinigung mit einem Wasser-Hochdruckreiniger ist möglich. Wichtig ist, dass das Wasser stets gerade auf den Verdampfer gespritzt wird, damit sich die Lamellen nicht verformen.<sup>1</sup>

**Druckluft:** Überall dort, wo der Schmutz nicht klebt, eignet sich die Reinigung mit Druckluft. Wichtig ist, dass die Luft stets gerade auf den Verdampfer geblasen wird, damit sich die Lamellen nicht verbiegen. Zu beachten ist: Im Innenbereich bläst die Druckluft den trockenen Staub in den Raum. Dies ist speziell im Lebensmittelbereich ein Problem.<sup>1</sup>

**Netzwasser:** Die Reinigung mit Netzwasser (Gartenschlauch) funktioniert bei feuchten Luftkühlern bis zu einer Dicke von maximal 30 cm.

**Pinsel und Staubsauger:** Bei Kondensatoren, die weniger als 30 cm dick sind, kann die Reinigung (Entstauben) mit dem Pinsel und dem Sauger erfolgen. Diese Methode eignet sich nicht für Kühler, welche eine feuchte Oberfläche haben.

<sup>1</sup> Beachten Sie bei allen Reinigungsmethoden mit hohen Drücken unbedingt die Herstellervorgaben. Diese informieren in der Regel über den maximalen Druck, den minimal einzuhaltenden Abstand (z.B. 200 mm) und die Arbeitsrichtung (z.B. senkrecht zum Rohrregister, max. ±5° Abweichung).



*Bild: Verschmutzter Luftkühler, die Lamellen verschliessen sich langsam.*

## Wie Sie einen Verdampfer reinigen

Am kalten Verdampfer (Luftkühler) kondensiert die Luft, so dass er immer etwas feucht ist. Dadurch bleiben Schmutzpartikel aus der Luft kleben. Für das Reinigen gehen Sie wie folgt vor:

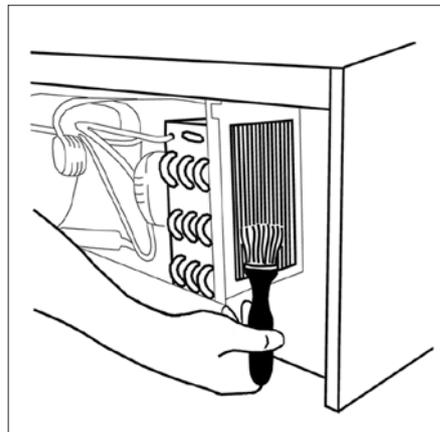
1. Verdampfer abtauen
2. Verdampfer vom Strom trennen (stromlos machen)  
Ventilator ausschalten und Magnetventil ausziehen, damit der Kühler nicht vereist während den Arbeiten (die restliche Kühlanlage kann weiter betrieben werden)
3. Ventilator demontieren, Tropfwanne entfernen
4. Verdampfer mit Plastikfolie einpacken, damit die Umgebung vor Schmutz geschützt ist
5. Lamellen von beiden Seiten her reinigen («Gegenstrom-Reinigung»)
6. Für die Reinigung wird ein mildes Reinigungsmittel eingesetzt. Es sollte entfettend und biologisch abbaubar sein. Und es muss sowohl lebensmittelecht als auch kupfer- und aluminiumtauglich sein
7. Tropfschale und Siphon reinigen und wieder einbauen
8. Ventilatorschaufeln und -gitter reinigen und wieder einbauen
9. Verdampfer wieder einschalten, Magnetventil einstecken, Verdampfer ans Stromnetz schalten

 **Kondensatoren werden am besten nach dem Pollenflug (Juni) gereinigt.**

## Wie Sie einen Verflüssiger im Aussenbereich reinigen

Verflüssiger (Kondensatoren) im Aussenbereich verschmutzen durch Partikel in der Umgebungsluft wie etwa Staub, Pollen, Blätter oder Abgase. Für das Reinigen gehen Sie wie folgt vor:

1. Kondensator und Ventilator ausschalten und vom Netz trennen
2. Ventilator demontieren
3. Lamellen mit Dampf, Druckluft oder Hochdruckreiniger von beiden Seiten her reinigen («Gegenstrom-Reinigung»)
4. Für die Reinigung wird ein mildes Reinigungsmittel eingesetzt. Es sollte entfettend und biologisch abbaubar sein. Und es muss sowohl lebensmittelecht als auch kupfer- und aluminiumtauglich sein
5. Gehäuse und Gitter reinigen
6. Kondensator und Ventilator wieder einschalten



Skizze: Reinigung des Kondensators mit Pinsel und Staubsauger

- ✓ Spezialisierte Firmen bieten einen Abtauservice für Kühlmöbel an. Andere Firmen sind darauf spezialisiert, Verdampfer, Verflüssiger und Rückkühler fachgerecht zu reinigen.

## Verformte Lamellen – was nun?

Sind die Lamellen am Wärmetauscher verformt, wird er nicht mehr vollständig durchströmt. Seine «Leistung» sinkt und die Energieeffizienz leidet. Verformungen entstehen durch mechanische Beschädigungen (z.B. wurde schräg mit dem Hochdruckreiniger auf die Lamellen gespritzt). Sind mehr als ein Viertel der Lamellen verformt, empfiehlt es sich, diese neu auszurichten und so die Effizienz des Wärmetauschers und der Kälteanlage zu verbessern.

Verformte Lamellen können mit sogenannten Lamellenkämmen wieder neu ausgerichtet werden. Falls Sie über keinen Lamellenkamm verfügen oder die Lamellen sehr stark verformt sind, ist dies von Hand möglich. Richten Sie Lamelle für Lamelle mit Hilfe einer Spitzzange und einem 2er-Schraubenzieher. Allerdings ist dies recht zeitaufwändig.

- ⚠ Wichtig: Reinigung von Kühltürmen den Spezialisten überlassen!

Die Reinigung von Kühltürmen ist eine komplexe Arbeit, die einiges Wissen zu Wasserqualität (Härte, Dosierung, Impfung) voraussetzt. Misslungene Selbstversuche können teuer werden. Denn das Entkalken des Kühlturms nach einer Fehlmanipulation kann bis zu 100 000 Franken kosten. Lassen Sie darum den Kühlturm regelmässig durch einen Spezialisten reinigen.

## Verflüssiger bei Kühlmöbeln

Der Verflüssiger (Kondensator) verschmutzt durch belastete Innenluft, die Fett und Staub in den Wärmetauscher trägt. Der Schmutz auf dem Verflüssiger bei Kühlmöbeln ist in der Regel trocken. Für die Reinigung gehen Sie wie folgt vor:

1. Gerät ausräumen
2. Gerät ausstecken. Zentrale Anlage: Hauptschalter ausschalten
3. Gitter oder Abdeckung demontieren
4. Verflüssiger trocken reinigen
  - Mit Pinsel Staub auf Kühllamellen entfernen und mit dem Sauger Staub aufnehmen
  - Eventuell mit Druckluft den Kühler ausblasen (Achtung: Es kann eine Staubwolke entstehen!)
5. Gehäuseinnenraum und Gitter reinigen, Gitter wieder einbauen
6. Gerät einschalten
7. Gerät wieder einräumen

## Reinigung Verdampfer bei Kühlmöbeln

Der Verdampfer (Kühler) verschmutzt durch Staub, ausgelaufene Produkte, Fett, Etiketten oder Preisschilder, die ins Gerät gefallen sind. Für die Reinigung gehen Sie wie folgt vor:

1. Kühlmöbel ausräumen
2. Kühlmöbel ausstecken. Zentrale Anlage: Hauptschalter ausschalten
3. Demontieren Sie die Bodenbleche/Gitter zum Verdampferraum
4. Reinigen Sie den Verdampfer mit Wasser und Schwamm. Entfernen Sie Preisschilder und Etiketten, die auf dem Verdampfer kleben
5. Tauwasserrinne und Wasserablauf (falls vorhanden) mit warmem Wasser spülen
6. Gehäuseinnenraum und Gitter reinigen und Bodenblech wieder einbauen
7. Kühlmöbel einschalten
8. Kühlmöbel wieder einräumen

Alle zwei Jahre sollten auch die Rückwand entfernt und die Luftführung gereinigt werden.

---

## Was kostet es – und was bringt es?

Anlagegrösse	klein	mittel	gross
Reinigung pro Kühler [CHF]	800	2400	3800
Anzahl Kühler [St.]	2	12	20
Energieeinsparung [CHF/a]	200	1500	2200
Amortisationszeit [Jahre]	4	< 2	< 2

---

## Massnahme 2: Abwärmenutzung optimieren

Wird die anfallende Abwärme aus der Kälteanlage genutzt, kann sie einen wertvollen Beitrag leisten, die Energiekosten für Gebäudeheizung, Warmwasser oder Prozesswärme zu senken. Damit sich dies auszahlt, müssen Kälteanlage und Abwärmebezüger im Einklang betrieben werden. Das findet in der Praxis oft nicht statt: Die Abwärme wird nicht optimal genutzt oder verursacht ungewollte Kosten.

### Tiefstmögliche Temperaturen fahren

Je tiefer das Temperaturniveau der Abwärmenutzung und damit die Kondensationstemperatur ist, desto effizienter läuft die Anlage. Überprüfen Sie darum die Temperaturanforderung der Abwärmebezüger und senken Sie diese auf ein Minimum.

Tasten Sie sich dabei sachte an den optimalen Punkt heran: Senken Sie die Kondensationstemperatur um 1 °C, warten Sie einige Tage und beobachten Sie die exponierten Anwendungen und Räume. Wiederholen Sie dies, bis Sie Reklamationen erhalten oder die Temperaturen bei exponierten Anwendungen und Räumen nicht mehr einhalten können. Erhöhen Sie die Kondensationstemperatur um 1 °C (einen Schritt retour).

### In Zeiten ohne Abwärmebedarf nicht mit höherer Kondensationstemperatur fahren

Stellen Sie sicher, dass die Kondensationstemperatur nur dann künstlich erhöht wird, wenn die anfallende Abwärme auch zu 100% genutzt werden kann. In Zeiten, in denen die Abwärme nicht genutzt und über Dach abgeführt wird, soll die Kälteanlage nicht mit einer höheren Kondensationstemperatur als notwendig gefahren werden.

---

### Zusatz-Tipp

#### Prüfen Sie die Nachrüstung mit einer Abwärmenutzung

Falls die Abwärme Ihrer Kälteanlage nicht genutzt wird, kann die Nachrüstung einer Abwärmenutzung prüfenswert sein. Als Grundvoraussetzung muss in unmittelbarer Nähe ein Bedarf nach Wärme bestehen – sei es zum Heizen, für die Warmwassererzeugung oder die Vorwärmung (z.B. bei Metzgereien, Gewerbeküchen), für Rampenheizungen, Prozesswärme (Wäschereien) oder die andere Anwendungen. Falls Sie einen Wärmebedarf haben, gehen Sie wie folgt vor:

1. Prüfen Sie, welche Abwärmequellen Sie im Betrieb haben (Kälteanlage, Druckluftanlage, Prozessabwärme aus Backöfen, Schmelzprozesse ...).
2. Klären Sie, welche der Abwärmequellen die Abwärme zu der Zeit liefert, zu der Sie die Wärme nutzen können, und welche die von Ihnen geforderten Temperaturanforderungen am besten erfüllt.
3. Lassen Sie sich für diese Variante die Kosten einer Nachrüstung und den Ertrag (Kosten/Nutzen) der Abwärmenutzung berechnen.

 Muss die Kälteanlage für die Abwärmenutzung mit einer höheren Kondensationstemperatur gefahren werden, verursacht dies mit jedem Grad Temperaturhebung einen zusätzlichen Energieverbrauch von 2,5%. Die Abwärme ist in diesem Fall nicht kostenlos. Nebst der Amortisation der Investitionen fallen für den Betrieb zusätzliche Energiekosten an.

## Massnahme 3: Elektrischen Abtauvorgang optimieren

Taut die Kälteanlage zu oft ab, wird unnötig Strom verbraucht. Taut die Anlage zu selten ab, vereist der Verdampfer (Kühler), der Wärmeübergang verschlechtert sich und die Anlage wird ineffizient. Dank korrektem Einstellen des Abtauvorgangs oder dem Nachrüsten einer Bedarfsabtauung kann der Stromverbrauch für die Abtauung um bis zu 50% gesenkt werden.

Als Faustregel gilt: Die Kälteanlage sollte nicht mehr als 2 Mal pro Tag abtauen. Es kann jedoch sein, dass Räume mit hohem Feuchteanfall (z.B. Rampenandockungen im Sommer) einen grösseren Abtaubedarf haben.

✓ Der Abtauthmostat leitet nicht den Abtauvorgang ein, sondern misst während dem Abtauvorgang die Temperatur und meldet, wenn der Verdampfer «eisfrei» ist.

### Ist der Abtaufühler richtig platziert?

Wenn es rund um den Fühler Eis hat, dieser jedoch im eisfreien Bereich liegt, ist der Fühler falsch platziert. Er meldet zu früh, dass der Verdampfer abgetaut ist. Darum sollte der Fühler im vereisten Bereich liegen (in der Regel im Einspritzbereich) und bei Bedarf umplatziert werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass der Verdampfer nach der Abtauung vollständig «eisfrei» ist und wieder effizient arbeitet.



*Bild: Vereister Verdampfer. Nur noch ein Teil der Fläche wird von Luft durchströmt.*

---

### In Räumen über 4 °C mit Umluft abtauen

Bei Raumtemperaturen über 4 °C ist keine elektrische Abtauung notwendig – es kann mit Umluft abgetaut werden. Schalten Sie die Elektroheizstäbe ab, so dass während der Abtauung nur der Ventilator läuft und der Verdampfer mit der Umgebungsluft abgetaut wird.

### Beim Ersatz Alternativen prüfen

Beim Ersatz der Abtauung prüfen Sie auch alternative Systeme wie Warmglykol aus Abwärme oder Heissgas-Abtauung.

---

## Korrekte Einstellung des Abtauthermostaten

Das Ziel ist es, die minimale Abtautemperatur zu finden, bei der sich nach dem Abtauvorgang kein Eis mehr auf dem Verdampfer befindet. So gehen Sie am besten vor:

1. Bei vereistem Verdampfer den Abtauvorgang einleiten.  
Sobald alles Eis weggeschmolzen ist, messen Sie die Temperatur an den Lamellen.
2. Gemessene Temperatur als neue Abtautemperatur am Abtauthermostaten einstellen. Wird die Temperatur innerhalb einer vorgegeben Zeit (z.B. 45 Minuten) nicht erreicht, wird der Abtauvorgang beendet.
3. Abtropfzeit eingeben (z.B. 5 Minuten).
4. Anfrizeit so festlegen, dass bei  $-2\text{ °C}$  Oberflächentemperatur der Ventilator wieder einschaltet (sonst spritzt das nicht abgetropfte Wasser, welches noch zwischen den Lamellen liegt, in den Raum).
5. Kühlung startet wieder.

---

## Investitionstipp

### Muss die Abtausteuerung ersetzt werden?

Ältere Anlagen tauen den Verdampfer nach einer fest eingestellten Zeit ab – unabhängig davon, ob tatsächlich ein Bedarf besteht. Falls Ihre Abtausteuerung ersetzt werden muss, prüfen Sie die Nachrüstung einer Steuerung, die nach Bedarf abtaut.

#### Variante A: Kumulierung der Verdampferlaufzeit

Die Steuerung addiert die Laufzeit des Verdampfers und leitet erst nach einer vorgegeben Zeit die Abtautung ein.

#### Variante B: Bedarfsabtautung

Die Steuerung misst und analysiert Systemdrücke und Temperaturen. Aufgrund der Messwerte kann sie feststellen, ob der Verdampfer vereist ist, und den Abtauvorgang einleiten.

Anlagegrösse	klein	mittel	gross
Mehrinvestition A/B [CHF]	2000	10 000	15 000
Energieeinsparung [CHF/a]	500	3000	4800
Amortisationszeit [Jahre]	4	3,5	3

# Massnahme 4: Optimierung der Kühlstellenregulierung

Schaltet der einstufige Verdichter mehr als 6 Mal pro Stunde ein und aus? Verursachen verschiedene kleinere Kühlstellen durch dauerndes Ein- und Ausschalten, dass der Verdichter ungewollt ein- und ausgeschaltet wird? Ein solcher Taktbetrieb senkt die Lebenserwartung des Verdichters und die Energieeffizienz der Anlage.

## Verriegelung vorsehen

Überprüfen Sie die Steuerung, falls Ihre Anlage taktet (sie schaltet mehr als 6 Mal pro Stunde ein und aus). Solange keine Minimallast anliegt, sollten einzelne kleine Kühlstellen nicht die Möglichkeit haben, die gesamte Kühlanlage einzuschalten.

Mit einem Umbau der Steuerung im Schaltschrank kann die Leistungsregulierung so eingestellt werden, dass der Verdichter sich erst bei einer Minimallast einschaltet.

Anlagegrösse	klein	mittel	gross
Kühlstellen [St.]	2	5	**
Investition [CHF]	800	1200	**
Energieeinsparung [CHF/a]	150	950	**
Amortisationszeit [Jahre]	5	1,5	**



Bei Anlagen, die mit einem Frequenzumformer geregelt werden, ist die Kühlstellenregelung nicht mehr vordringlich, da sich die Anlage automatisch dem Bedarf anpasst.

## Nachrüsten einer Einschalthäufigkeitsregulierung

Steht ein Ersatz der Regulierung an, prüfen Sie gleichzeitig das Nachrüsten einer Einschalthäufigkeitsregulierung. Diese stellt sicher, dass der Verdichter nicht mehr als 6 Mal pro Stunde einschalten kann. Dadurch werden der Verdichter geschont, teure Stromspitzen reduziert und der Betrieb effizienter.

Anlagegrösse	klein	mittel	gross
Kühlstellen [St.]	2	5	**
Investition pro Kühlstelle [CHF]	800	1200	**
Energieeinsparung [CHF/a]	150	950	**
Amortisationszeit [Jahre]	5	1,5	**

## Investitionstipp

### Beim Ersatz des Verdichters ein Modell mit Frequenzumformer wählen

Steht ein Ersatz des Verdichters an, prüfen Sie den Einbau eines Verdichters mit integriertem Frequenzumformer (FU). Dieser ist zwar in der Anschaffung etwas teurer als ein herkömmlicher Verdichter. Doch dank des Frequenzumformers passt sich die Leistung des Verdichters dem aktuellen Bedarf an, verhindert tiefe Verdampfungstemperaturen und erhöht dadurch die Effizienz der Anlage um bis zu 15%.

Bei Anlagen mit mehreren Verdichtern muss nur ein Verdichter mit einem FU ausgerüstet werden.

Anlagegrösse	klein	mittel	gross
Mehrkosten [CHF]	2000	3500	3500
Energieeinsparung [CHF/a]	500	4000	5300
Amortisationszeit [Jahre]	4	1	< 1

## Zusatznutzen

Durch den Betrieb mit einem FU bis 60 Hz kann ein kleinerer Verdichter gewählt werden.

\*\* Massnahme bei grossen Anlagen nicht sinnvoll.

# Massnahme 5: Optimierung der Steuerung der Ventilatoren

Die Ventilatoren der Rückkühler brauchen 8 bis 15% (in Extremfällen bis 30%) der Elektrizität der gesamten Kälteanlage. Gleichzeitig sind tiefe Kondensations- und Rückkühltemperaturen eine Basis für einen energieeffizienten Betrieb der Anlage. Denn pro 1 °C tiefere Kondensations- und Rückkühltemperatur werden 2,5% Energie gespart.

## Einschaltpunkt der Verflüssiger-Ventilatoren optimieren

Überprüfen Sie die Reihenfolge, wie die Ventilatoren beim Verflüssiger (Kondensator) zugeschaltet werden. Der anschlussseitige Ventilator (Ventilator 1: beim Ein- und Austritt des Kältemittels resp. des Wärmeträgers) muss als erster zu- und als letzter wieder weggeschaltet werden. Der letzte Ventilator (n) wird als letzter zugeschaltet und als erster wieder weggeschaltet. Anhand der Betriebsstunden der Ventilatoren erkennt man, ob diese richtig angesteuert werden.



## Tiefe Kondensations- und Rückkühltemperaturen anstreben

Stellen Sie sicher, dass jeder Verflüssiger (Kondensator) und jeder Rückkühler kühle Luft ansaugt. Ideal wird der Wärmetauscherblock einen Meter über dem Boden platziert. Zudem sollte keine Luft angesaugt werden, welche bereits durch einen anderen Wärmetauscherblock erwärmt wurde (Kurzschluss). Ist dies der Fall, prüfen Sie ein Abschotten mit Blechen oder ein Umplatzen des Wärmetauscherblocks.

---

## Investitionstipp

### EC-Ventilatoren prüfen

Steht der Ersatz eines Ventilators an, wählen Sie einen hoch-effizienten Motor (IE 3).

In der Praxis haben sich EC-Lüfter (electronically commutated motor) bewährt. Sie zeichnen sich durch ihren sparsamen Umgang mit Energie und ihre ausgezeichnete Regelbarkeit aus. Mit der integrierten Steuerungselektronik lassen sich EC-Motoren in der Drehzahl stufenlos den Leistungsanforderungen anpassen. Sie arbeiten auch im Teillastbereich mit hohen Wirkungsgraden. Daher verbrauchen sie bei gleicher Luftleistung deutlich weniger Energie als AC-Antriebe.

Lassen Sie sich beim Ersatz eines alten Ventilators auch immer die Variante mit einem EC-Motor offerieren.

---

## Massnahme 6: Regelung Klimakälte

Bei Klimakälte-Projekten sind viele unterschiedliche Fachleute beteiligt. Architektur, Heizung, Lüftung sowie Beleuchtung, Beschattung und die Regelung (MSR) beeinflussen den Kältebedarf und die Auslegung der Kälteanlage massgeblich.

Wo so viele Disziplinen miteinander arbeiten, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass nicht alle Schnittstellen optimal gelöst sind. Oder dass bei Projektänderungen die Einstellungen nicht nachgeführt wurden. Es lohnt sich daher immer, bei einer Optimierung der Kälteanlage die Regelung der Klimakälte miteinzubeziehen.

### Kontrolle des Freigabewerts der Klimakälte

Ist der Freigabewert der Klimakälte zu tief eingestellt, schaltet die Kälteanlage ein, obwohl dies noch gar nicht notwendig wäre. Da es nicht den «richtigen Freigabewert» für eine Anlage gibt, tasten Sie sich vorsichtig an den optimalen Punkt heran. Gehen Sie wie folgt vor:

1. Erhöhen Sie in der wärmsten Zeit (Sommer) den Freigabewert um 0,5 °C.
2. Warten Sie einige (warme) Tage und beobachten Sie die exponierten Räume (Serverräume, Büros, die nach Süden ausgerichtet sind) und achten Sie auf allfällige Reklamationen der Mitarbeitenden.
3. Wiederholen Sie dies, bis Sie Reklamationen erhalten oder die Temperaturen in exponierten Räumen nicht mehr einhalten können.
4. Senken Sie an diesem Punkt den Freigabewert um 0,5 °C (einen Schritt retour).

Mit diesem iterativen Vorgehen finden Sie den optimalen Freigabewert.

### Umschaltpunkt freie Kühlung prüfen

Ermitteln Sie den optimalen Betriebsumschaltpunkt von der freien Kühlung zur mechanischen Kühlung. Gehen Sie wie unter Punkt 1 beschrieben vor. Erhöhen Sie den Umschaltpunkt schrittweise und beobachten Sie die Auswirkungen.

### Gleichzeitiges Heizen und Kühlen vermeiden

Idealerweise wird ein Raum nicht gleichzeitig beheizt und gekühlt. Mit einer Verriegelung kann dies vermieden werden. Diese sollte über eine Zeitkonstante oder eine Hysterese verfügen, die ein kurzes, aufeinanderfolgendes Umschalten (Pendeln) vermeidet.

Die Verriegelung kann über das Leitsystem erfolgen oder mittels einer einfachen Relaischaltung. Falls eine Verriegelung fehlt, prüfen Sie, ob sie durch den MSR-Lieferanten nachgerüstet werden kann.

## Sollwerte und Funktion Kaltwassertemperatur prüfen

Bei hohen Aussentemperaturen benötigt die Klimakälte (Kühldecke, Kühlpaneele, Kühler ...) eine grössere Leistung und somit tiefere Kaltwassertemperaturen. Bei weniger hohen Aussentemperaturen kann mit einer höheren Kaltwassertemperatur gefahren werden. Dieses Anpassen der Kaltwassertemperatur an die aktuelle Aussentemperatur nennt man «Schiebung nach Aussentemperatur». Diese Schiebung ermöglicht es, die Kältemaschine mit einer möglichst hohen Kaltwassertemperatur zu betreiben. Bei hohen Kaltwassertemperaturen arbeitet die Kältemaschine wirksamer und wirtschaftlicher.

Stellen Sie am Klimaregler die Kühlkurve so ein, dass sie sich den unterschiedlichen Aussentemperaturen im Sommer und im Winter automatisch anpasst. So wird die Temperatur des von der Kältemaschine gelieferten Kühlwassers exakt auf die Temperatur abgestimmt, die vom Abgabesystem (Kühldecke, Kühlpaneele, Bauteilaktivierung ...) benötigt wird.

---

## Freie Kühlung

Freie Kühlung ist Kühlung ohne den Einsatz einer Kältemaschine.

**Indirekte Systeme:** Das Kühlwasser wird über Rückkühlwerke durch die Aussenluft abgekühlt. Bei tiefen Aussentemperaturen ist das Kühlwasser so kalt, dass es über einen Wärmetauscher die Kälteenergie direkt an den Kaltwasserkreislauf abgeben kann. Die vorhandene Kältemaschine ist nicht notwendig und wird umgangen.

**Direkte Systeme:** In der Nacht wird die kühle Aussenluft direkt in den Raum eingebracht (Lüftung, offene Fenster ...). Dank der Speicherefähigkeit des Gebäudes kann die tagsüber stattfindende Aufheizung des Raums vermindert werden.



Ein nachträgliches Hochmischen des Kühlwassers (z.B. von 6 °C auf 8 °C) ist möglichst zu vermeiden. Dadurch wird Energie «vernichtet». Stellen Sie besser die Kühlwassertemperatur direkt an der Kältemaschine auf den höheren Wert (8 °C) ein.

# Massnahme 7: Expansionsventil richtig einstellen

Das Expansionsventil wird in der Regel mit den werkseitig eingestellten Werten eingebaut und wird in den meisten Fällen nicht anlagespezifisch angepasst. Die Wahrscheinlichkeit ist hoch, dass die Überhitzungswerte auf einen sicheren Betrieb, d.h. auf eine zu hohe Überhitzungstemperatur, ausgelegt sind und nicht auf den für die Anlage optimierten Betrieb. Es lohnt sich daher, die Einstellwerte durch eine Fachperson korrekt einstellen zu lassen.

## Elektronisches Expansionsventil

Beim elektronischen Expansionsventil (EEV) kann die Überhitzung am Regler einfach und exakt eingestellt werden.

Lassen Sie die Überhitzung am Expansionsventil durch eine Fachperson auf 4–5 K einstellen.

Anlagegrösse	klein	mittel	gross
Anzahl EEV [St.]	2	12	20
Investition [CHF]	400	1200	2000
Energieeinsparung [CHF/a]	200	1900	2600
Amortisationszeit [Jahre]	2	< 1	< 1

## Thermostatisches Expansionsventil

Das Einstellen eines thermostatischen Expansionsventils (TEV) ist zeitaufwändig: Die Kältefachperson muss nach jeder Veränderung rund 15 Minuten warten, bis sich der Prozess wieder eingependelt hat. Da die wenigsten Betreiber bereit sind, diesen Aufwand zu entschädigen, wird die Anlage in der Regel auf den sicheren Betrieb eingestellt.

Lassen Sie die Überhitzung (Gesamtüberhitzung) am Expansionsventil durch eine Fachperson auf 6–7 K einstellen.

Anlagegrösse	klein	mittel	gross
Anzahl TEV [St.]	2	12	20
Investition [CHF]	800	4800	8000
Energieeinsparung [CHF/a]	200	1900	2600
Amortisationszeit [Jahre]	4	2,5	3

## Investitionstipp

### Thermostatisches Expansionsventil durch elektronisches ersetzen

Steht ein Ersatz des thermostatischen Expansionsventils an oder wurde die Verflüssigung so optimiert, dass die Verflüssigungstemperatur unter 30 °C liegt, prüfen Sie den Wechsel zu einem elektronischen Modell.

Anlagegrösse	klein	mittel	gross
Anzahl EEV [St.]	2	12	20
Mehrkosten [CHF]	3000	14 000	20 000
Energieeinsparung [CHF/a]	400	3700	5300
Amortisationszeit [Jahre]	7	< 4	< 4

Für die korrekte Einstellung des Expansionsventils finden Sie im Web bei diversen Anbietern Kalkulatoren, die Sie dabei unterstützen.

 Wurde die Verflüssigung (Kondensation) so optimiert, dass neu die minimale Verflüssigungstemperatur zwischen 15 °C und 30 °C liegt, kann das thermostatische Expansionsventil seine Regelaufgabe nicht mehr wahrnehmen. Ein Indikator dafür ist, dass die Einspritzleitung nicht gleichmässig vereist. In diesem Fall muss das thermostatische Expansionsventil durch ein elektronisches ersetzt werden. Nur mit einem elektronischen Einspritzventil lassen sich die Vorteile einer tieferen Kondensation nutzen.

# Information: Temperaturdifferenzen bei Wärmetauschern

Bei welchen Temperaturdifferenzen erreicht man eine optimale Energieübertragung, ohne dass der Mehrverbrauch bei den Nebenaggregaten wie Pumpen und Ventilatoren zu stark ins Gewicht fällt, die Investitionskosten aber im Rahmen bleiben? Als Richtgrösse können Sie sich an folgenden Temperaturdifferenzen für gängige Wärmetauschertypen orientieren:

(Quelle: VDMA 24247-8)

## 1 Verdampfer (Kühler)

1.1 Luftkühler		Temperaturdifferenz $dt = t_{\text{Luft}}$ (Eintritt Verdampfer) – $t_o$ (Verdampfungstemperatur)		
	Wärmeübertrager	Arbeitsweise	dt zulässig	dt anzustreben
	Lamellen	trocken	$\leq 10 \text{ K}^1$	$\leq 7 \text{ K}^2$
	Lamellen	überflutet	$\leq 8 \text{ K}$	$\leq 5 \text{ K}$
		<sup>1</sup> mit thermostatischem Expansionsventil	<sup>2</sup> mit elektronischem Expansionsventil	
1.2 Flüssigkeitskühler		Temperaturdifferenz $dt = t_{\text{Kälteträger}}$ (Austritt Verdampfer) – $t_o$ (Verdampfungstemperatur)		
	Wärmeübertrager	Arbeitsweise	dt zulässig	dt anzustreben
	Platten	trocken	$\leq 6 \text{ K}$	$\leq 2 \text{ bis } 4 \text{ K}$
	Rohrbündel	trocken oder überflutet	$\leq 5 \text{ K}$	$\leq 3 \text{ K}$

## 2 Verflüssiger (Kondensator)

2.1 Trocken		Temperaturdifferenz $dt = t_{\text{Luft}}$ (Eintritt Verflüssiger) – $t_c$ (Verflüssigungstemperatur)		
	Wärmeübertrager	Arbeitsweise	dt zulässig	dt anzustreben
	Lamellen	trocken	$\leq 13 \text{ K}$	$\leq 8 \text{ K}$
2.2 Flüssigkeitsgekühlt		Temperaturdifferenz $dt = t_{\text{Wärmeträger}}$ (Austritt Verflüssiger) – $t_c$ (Verflüssigungstemperatur)		
	Wärmeübertrager	Arbeitsweise	dt zulässig	dt anzustreben
	Platten	flüssigkeitsgekühlt	$\leq 5 \text{ K}$	$\leq 1 \text{ bis } 2 \text{ K}$
	Rohrbündel	flüssigkeitsgekühlt		$\leq 2 \text{ K}$

## 3 Rückkühler

3.1 Lamellen		Temperaturdifferenz $dt = t_{\text{Luft}}$ (Eintritt Rückkühler) – $t_{\text{Wärmeträger}}$ (Austritt Rückkühler)		
	Wärmeübertrager	Arbeitsweise	dt zulässig	dt anzustreben
	Lamellen	trocken	$\leq 8 \text{ K}$	$\leq 6 \text{ K}$
3.2 Hybrid-Rückkühler		$dt$ (resp. Kühlgrenzabstand) = $t_{\text{Wärmeträger}}$ (Austritt Rückkühler) – Feuchtkugeltemperatur		
	Wärmeübertrager	Arbeitsweise	dt zulässig	dt anzustreben
	Hybrid	trocken und feucht	$\leq 10 \text{ K}$	6 bis 8 K

# Mehr Informationen zu Energie- und Kosteneffizienz finden Sie unter [www.effizientekaelte.ch](http://www.effizientekaelte.ch)

Die Kampagne effiziente Kälte zeigt den Betreibern von Kälteanlagen und den Kältefachleuten, wie sie mit praxistauglichen Massnahmen bestehende Kälteanlagen optimieren und neue Anlagen nachhaltig planen und realisieren können. Gleichzeitig sensibilisiert die Kampagne die Installateure und Planer von Kälteanlagen für das Thema Energieeffizienz und stärkt ihre Kompetenzen in diesem Bereich.

Die Kampagne ist ein partnerschaftliches Projekt des Schweizerischen Vereins für Kältetechnik SVK und des Bundesamts für Energie BFE. Zahlreiche Partner unterstützen die Kampagne fachlich und finanziell:

## Gold-Sponsoren



## Silber-Sponsoren



## Bronze-Sponsoren



Im Rahmen der Kampagne gibt es für die Betreiber von Kälteanlagen verschiedene Unterlagen und Informationen. Alle Informationen stehen unter [www.effizientekaelte.ch](http://www.effizientekaelte.ch) kostenlos zur Verfügung.