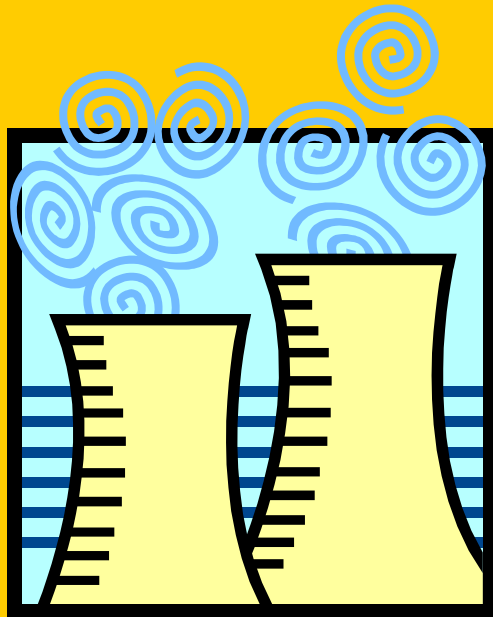




# Mikrobiologische Belastung in Verdunstungsrückkühlwerken (VRKW)



LGL Oberschleißheim

Dipl.-Ing.(FH) Ludwig Fembacher

# Inhalt

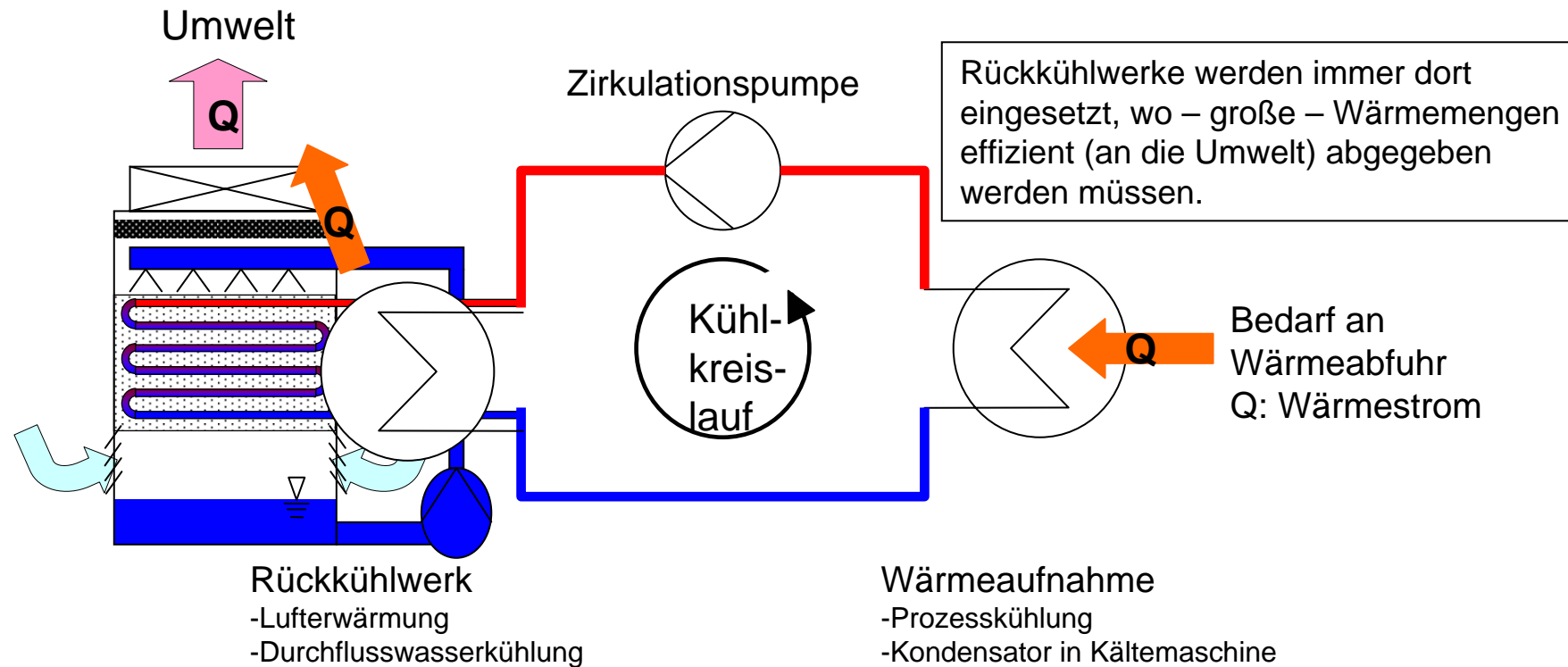
## Grundlagen zur Rückkühltechnologie

1. Prinzip der Rückkühlung
2. Wirtschaftlichkeit und Anwendungsgebiete
3. Systematik der RKW-Technologie
4. Elemente eines Rückkühlwerkes
5. Kältemaschine und Rückkühlwerk an Beispielen
6. Beispielbilder einiger RKW-Typen

## Rückkühltechnologie und Legionellen-Problematik

1. Hygienerisiko eines Luftwäscherapparats
2. Stoffbilanz über den Luftwäscherapparat
3. Einflussfaktoren auf die Gefahr durch Legionellen aus VRKW
4. Risikominimierung - Ansatzpunkte
5. Vorbeugung, Wartung, Reinigung und Desinfektion
6. Was ist wenn – Legionellen-Nachweis in Anlagen?

# Prinzip der Rückkühlung



## Wärmeentzug durch Verdunstung:

- Nur die energiereichsten Wassermoleküle sind in der Lage die Flüssigkeitsoberfläche zu durchstoßen und in die Gasphase einzutreten, zu verdunsten
- Die in der Flüssigphase zurückbleibenden Moleküle haben im Mittel geringere Energie (Bewegungsgeschwindigkeit) d.h. werden kälter empfunden
- Bei 30 °C beträgt diese spezifische Verdampfungswärme  $\Delta h_v$  ca. 2300 kJ je kg verdunsteten Wassers
- Die entzogene Energie bei der Verdunstung von 1 kg Wasser entspricht der bei Erwärmung / Abkühlung von 6 Liter Wasser mit 10 / 100 °C auf 100 / 10 °C notwendigen / frei werdenden Energie

## Wirtschaftlichkeit von Rückkühlwerken

- Rückkühlanlagen sind prinzipiell unwirtschaftlich; Energie wird an die Umwelt abgegeben!
- Rückkühlung ist um so unwirtschaftlicher je teurer Energie ist.

Deshalb:

- Bestrebung möglichst viel Energie durch WRG (Wärmerückgewinnung) zurückzugewinnen
- Rückkühlanlagen nur
  - bei nicht mehr (wirtschaftlich) weiter verwertbarer Energie (z.B. Niederdruckdampf in Kraftwerken)
  - Fehlende Abnehmer für die überschüssige Energie (große Energiemengen, weite Entfernungen)
  - Notwendigkeit schneller und konstanter Energieabgabe
- Viel WRG  $\Rightarrow$  wenig Rückkühlbedarf
  - $\Rightarrow$  Kleinere Rückkühlanlagen ausreichend, Kühlleistung oft durch Trockenkühlanlagen abgedeckt

# Typische Einrichtungen mit Kühlbedarf

Dort sind häufig Kühlanlagen u.U. mit VRKW zu finden

## Industrie

- Autoindustrie, Spritzgießereien
- Halbleiterindustrie, Telekommunikationsbranche, IT-Industrie, Rechenzentren
- Lebensmittel (Brauereien, Molkereien, Lebensmittelfabriken, Genussmittelindustrie)
- Petrolchemie, Raffinerie
- Chemie-, Pharmazie- und Biotechnologie-Industrie
- Energieerzeuger: (Block-)Heizkraftwerke (oft Trockenkühlung)
- Textilindustrie
- Papierindustrie, Druckindustrie, Verpackungsindustrie
- Bauindustrie, Baustoffhersteller, Glasindustrie

## Gebäude mit Klima- / Kühlanlagen

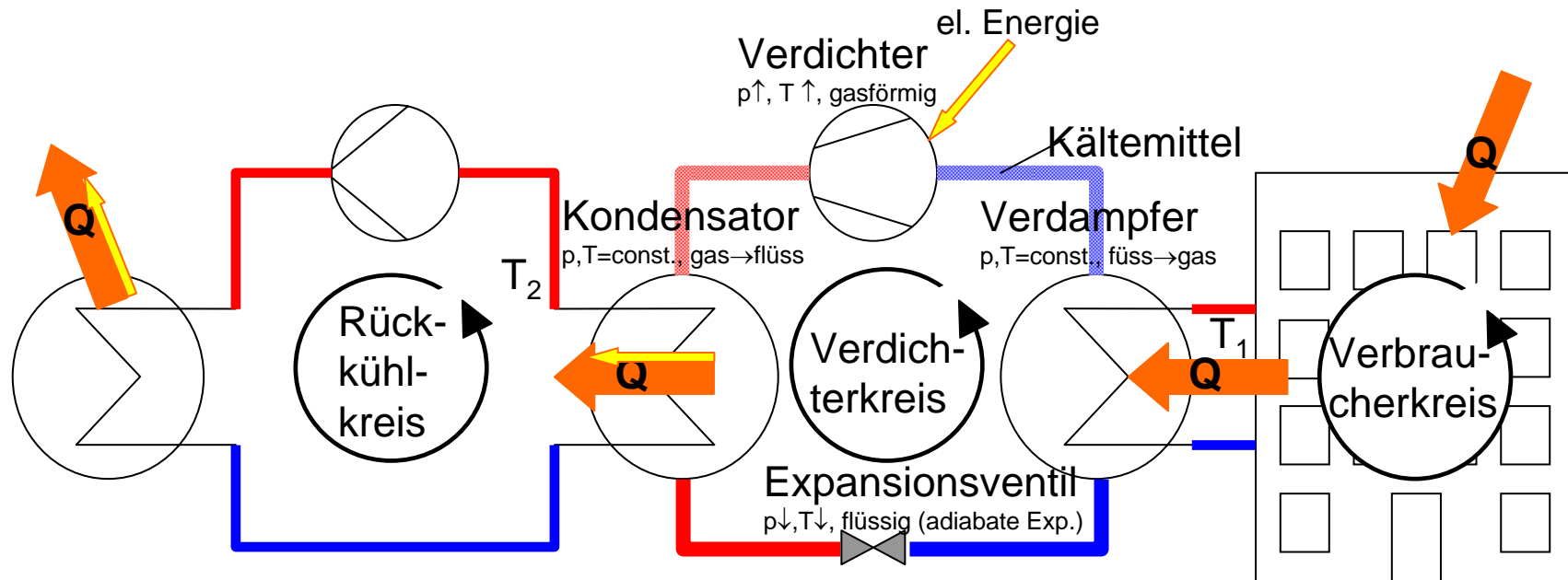
Hochhäuser, Hotels, Messehallen, Bürogebäude, Rundfunk und Fernsehen, Flughäfen, Labore (LGL), Forschungseinrichtungen

## Handel

Lagerhäuser/Großmarkthallen (Lebensmittel, verderbliche Ware)

Universitäten, Krankenhäuser

# Anwendungsbeispiel: Einbindung in einer Anlage zur Kälteerzeugung (z.B. Klimaanlage)



## Rückkühlung

Dient der effizienten Abgabe der überschüssigen, nicht weiter verwertbaren Wärme an die Umwelt.

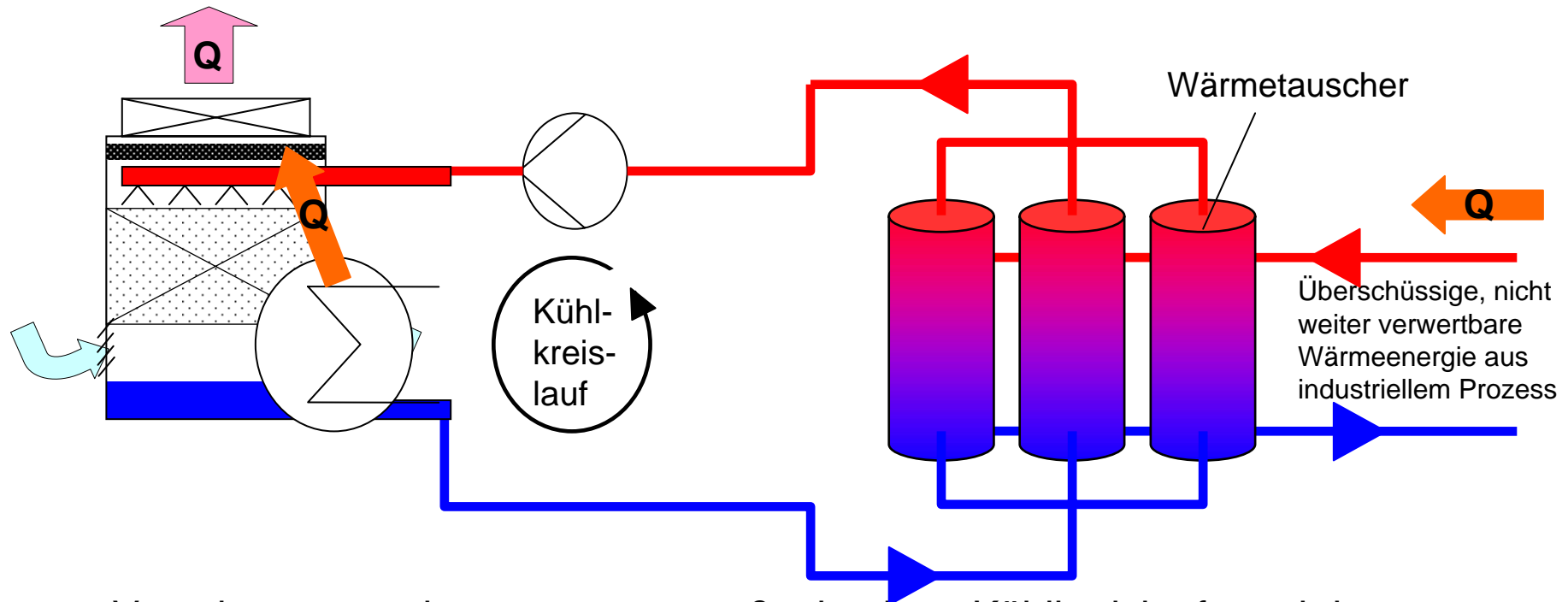
## Kältemaschine

$T_1 < T_2$ . Dem kälteren Reservoir ( $T_1$ ) wird Wärme entzogen, welche dem wärmeren Reservoir ( $T_2$ ) zugeführt wird. Dafür ist zusätzliche (z.B. elektrische) Energie nötig.

## „Kälteverbrauch“

d.h. Wärmeabfuhr zur Kühlung der Raumluft.

## Anwendungsbeispiel: Industrielles Kühlsystem mit offenem Kühlkreislauf (selten)



- Verschmutzung des gesamten, großvolumigen Kühlkreislaufs und der Wärmetauscher
- Große, unüberschaubare, schlecht zu reinigende Rohrnetze
- Vielleicht günstig in der Anschaffung, aber teuer in der Unterhaltung
- Hygienisch schwer zu kontrollieren

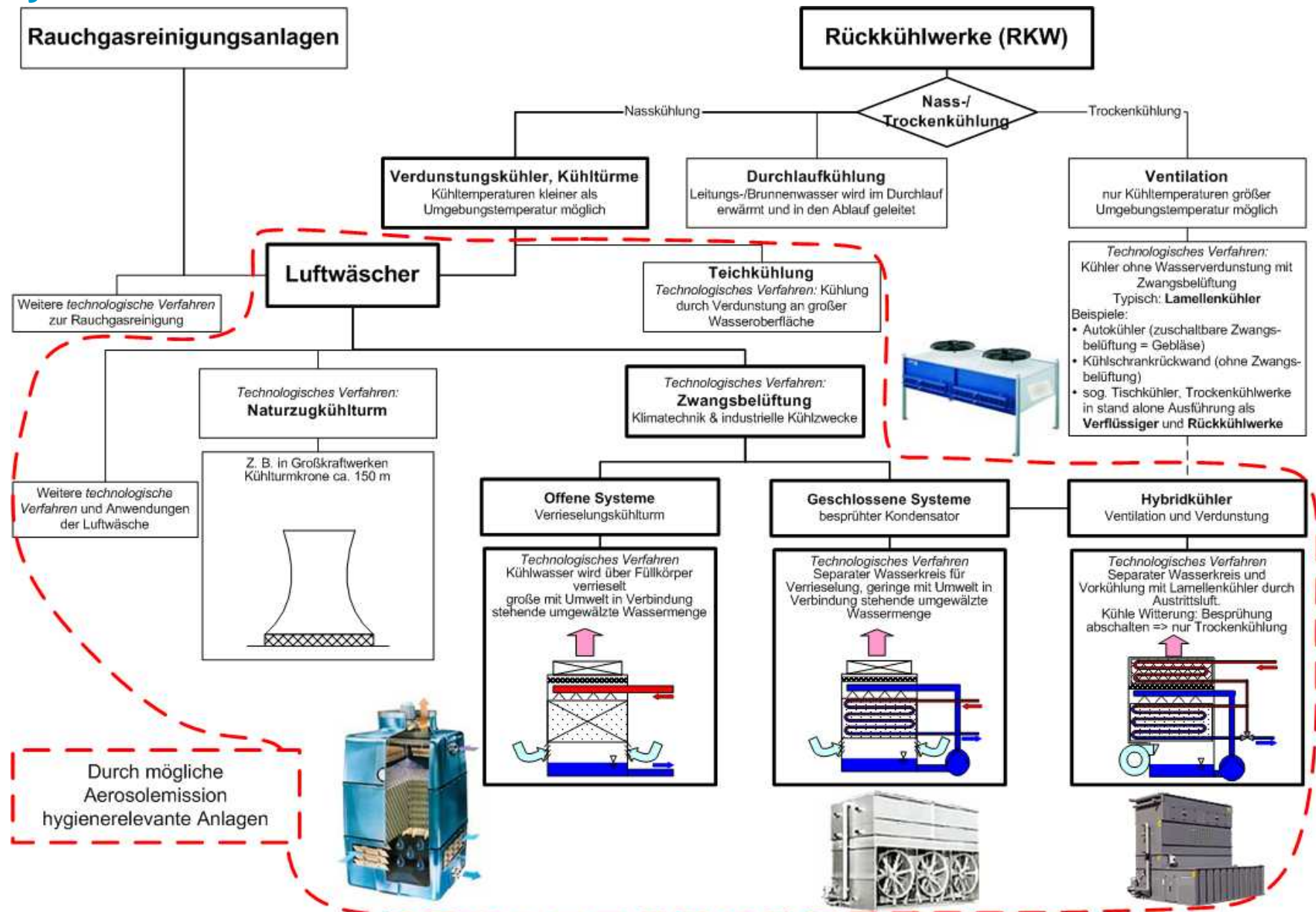
# Einige Begriffe zur Kälteanlage



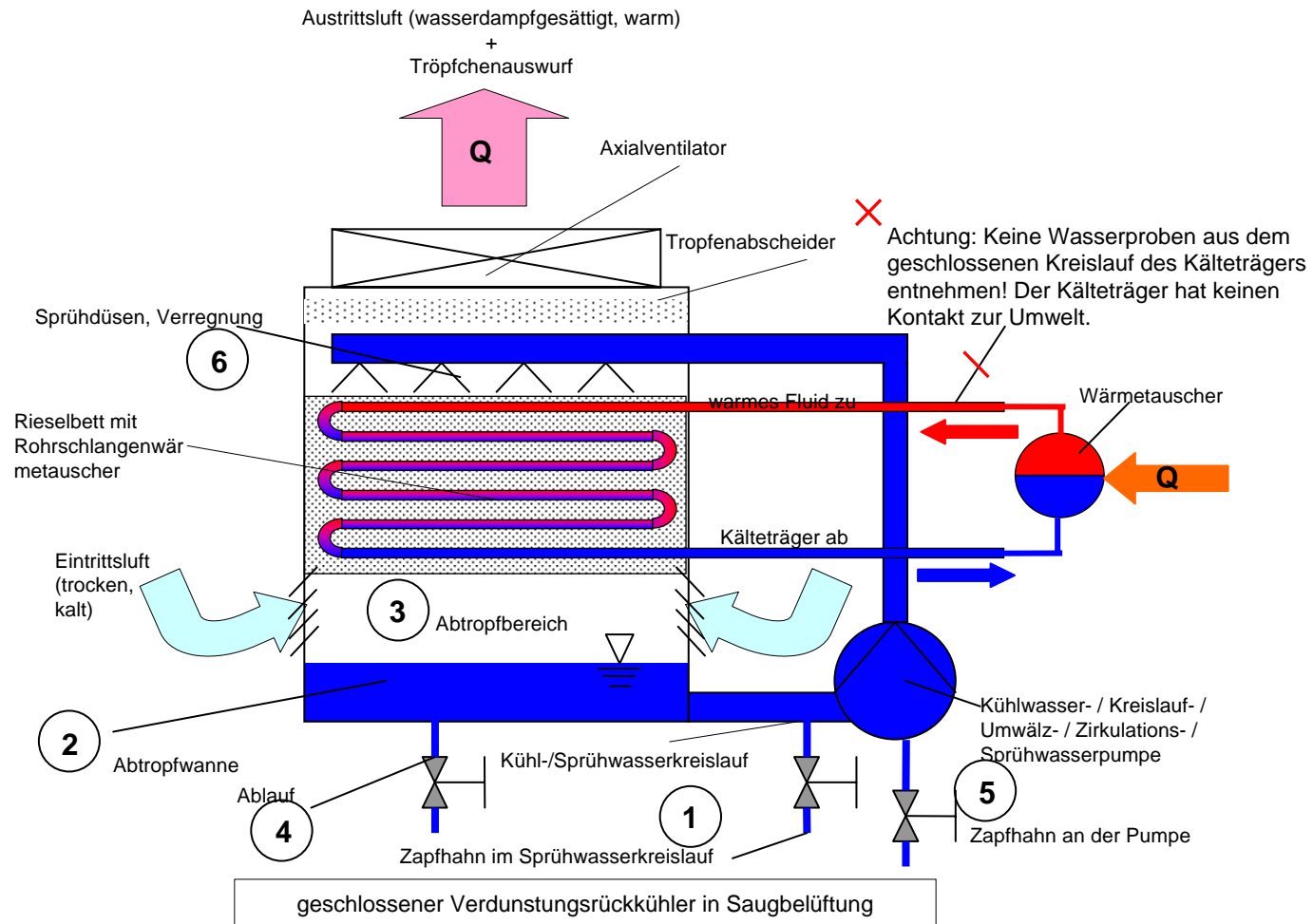
- **Kälte-träger:** Sole / Wasser – Keine Veränderung des Aggregatzustands  
⇒ **Rückkühlwerk / Kühlturm / Cooling Tower:** Kühlung eines Kälte-trägers ohne Veränderung dessen Aggregatzustands. System offen oder geschlossen
- **Kälte-mittel:** FCKW, NH<sub>3</sub> u.a. R-Kälte-mittel – Einsatz in Kälte-maschinen und Wärme-pumpen in geschlossenen Kreisläufen. Veränderung des Aggregatzustands  
⇒ **Verdunstungs-Verflüssiger / Evaporative Condenser:** Die Kondensation des Kälte-mittels im Wärme-met-aus-cher erfolgt durch die Verdunstung von Wasser an der Oberfläche eines Wärme-met-aus-chers. Nur geschlossenes System



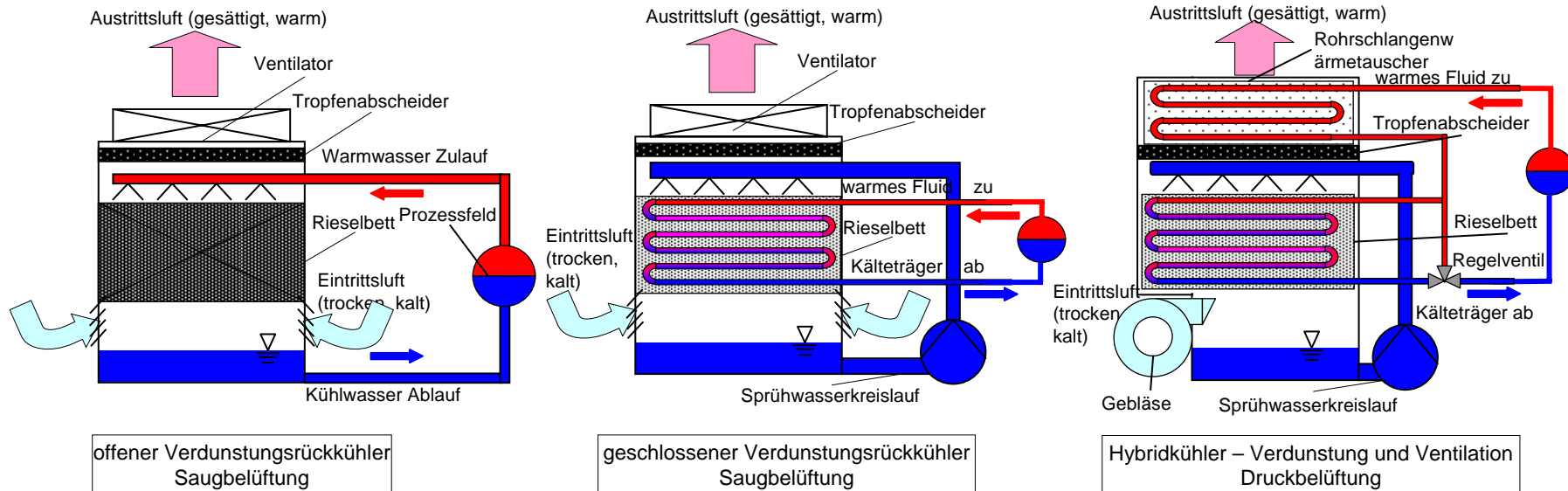
# Systematik der Rückkühlwerke



# Prinzipaufbau eines Rückkühlwerkes



# Verdunstungskühlanlagen mit Zwangsbelüftung



- Unterscheidung offen – geschlossen bezieht sich auf den **Sprühwasserkreislauf**, d.h. das Wasser, das zum Zweck der Verdunstung im Gegenstrom zur Luft versprüht wird.
- Hybridkühler macht sich sowohl die Trockenkühlung, als auch die Nasskühlung zu nutze; Hybridkühler sind generell geschlossene VRKW und besitzen einen Lamellenkühler

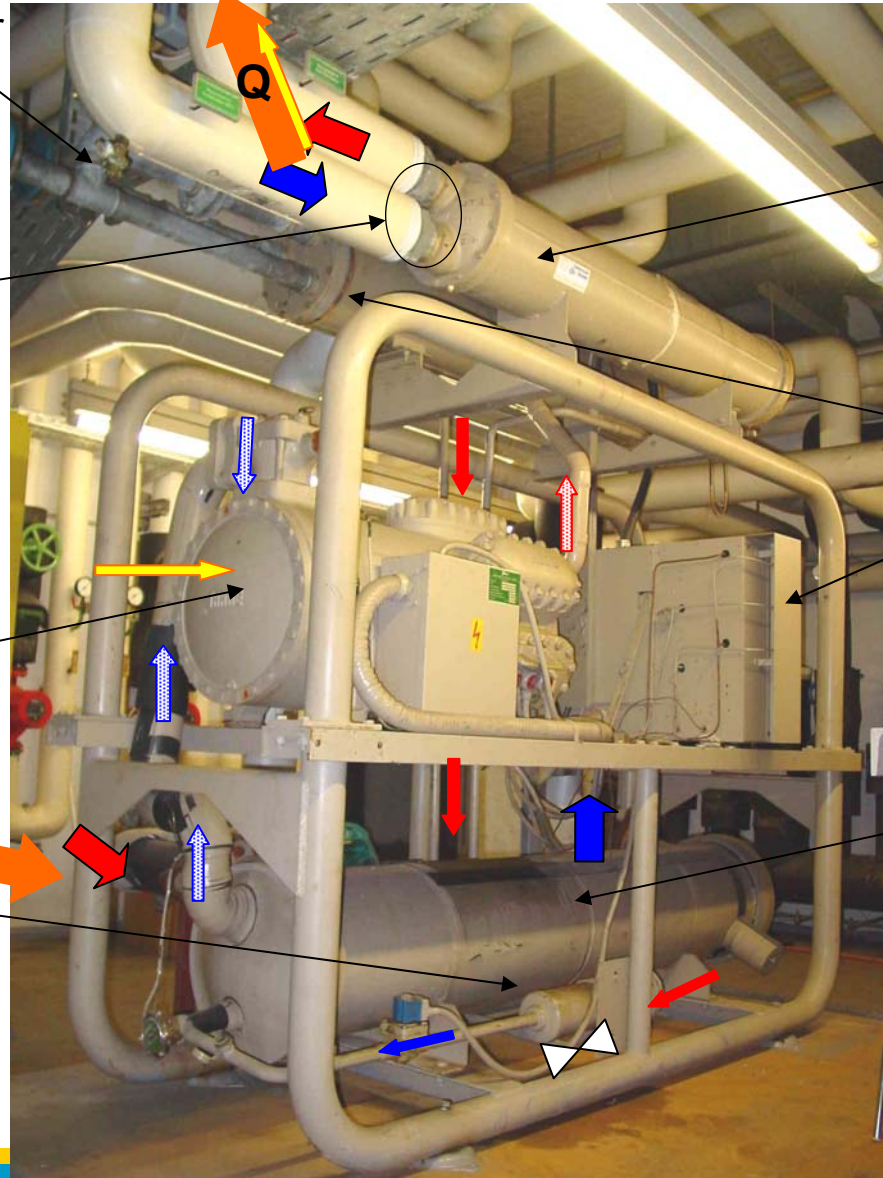
# Kolbenverdichter-Kältemaschine / Wärmepumpe LGL-OSH

zu/von Warmwasserspeicher  
bei Wärmepumpenbetrieb

zum/vom VRKW  
Warmes Wasser, das  
Kondensationsenergie  
aufgenommen hat zum  
VRKW;  
Zurückgekühltes  
Wasser speist den  
Kondensator

Kolbenkompressor

Expansions-/  
Drosselventil



Wärmetauscher-  
Kondensatoren  
Hier wird das unter  
hohem Druck stehende  
gasförmige Kältemittel  
verflüssigt (kondensiert)

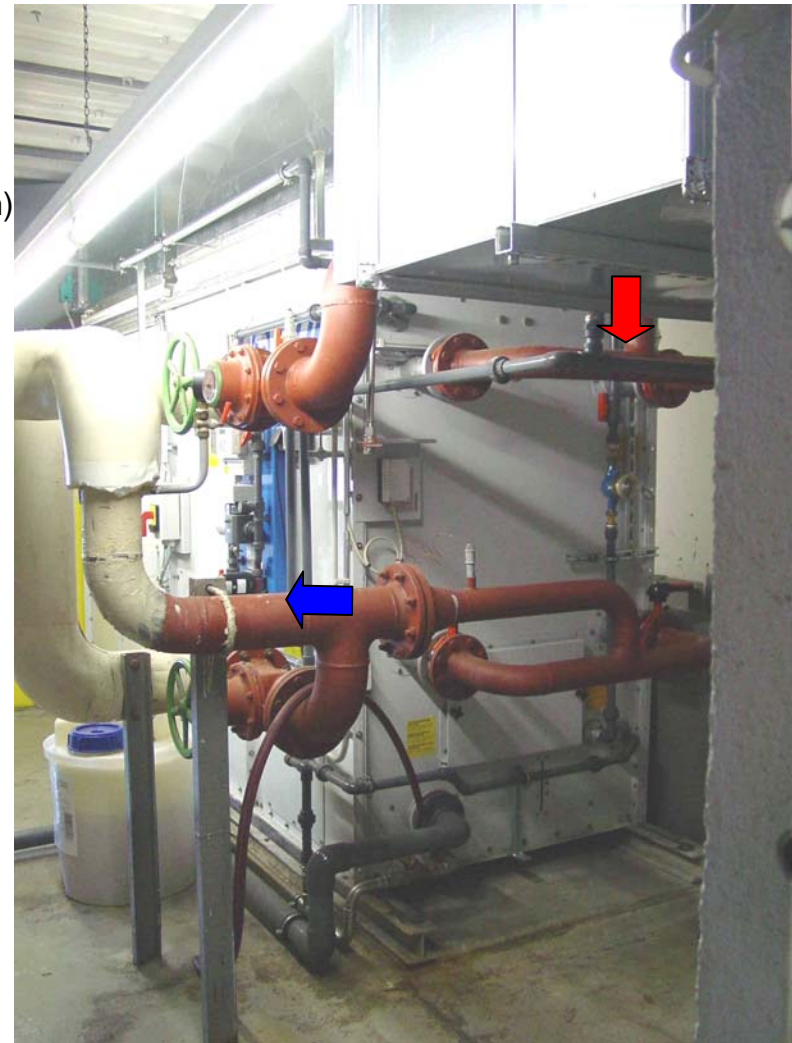
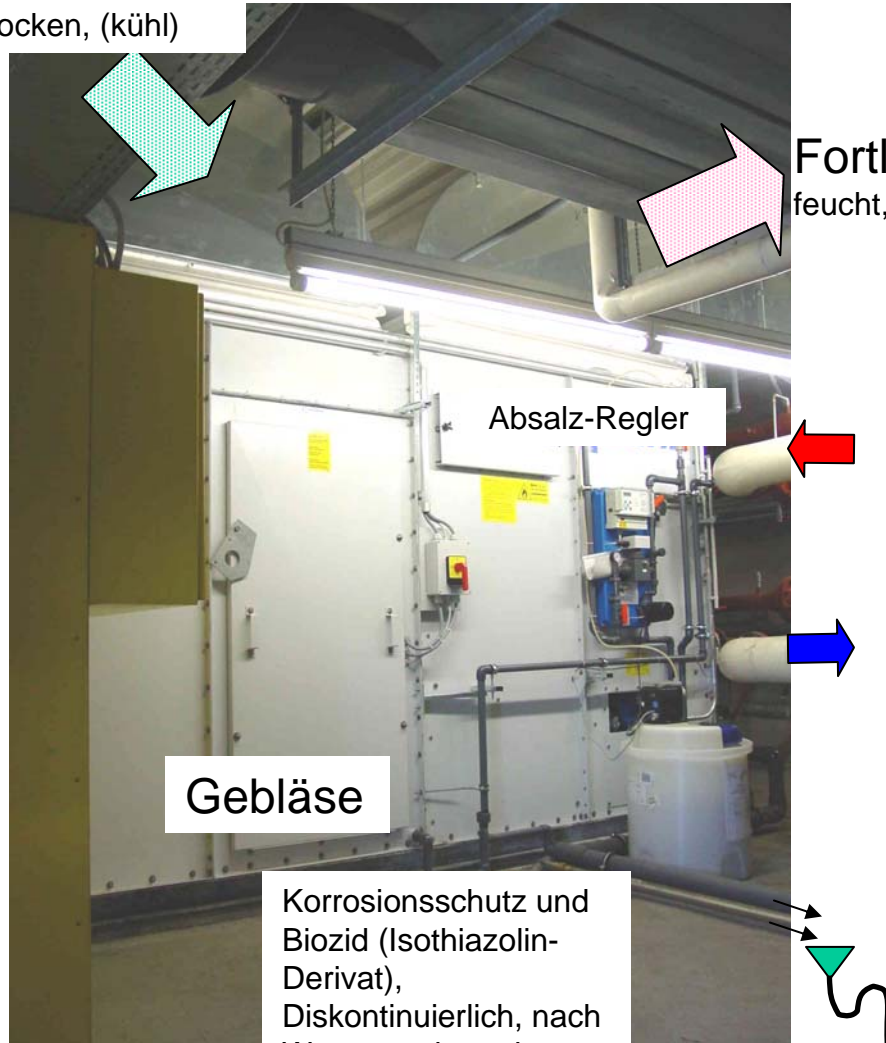
Steuerung

Wärmetauscher-  
Verdampfer  
Hier wird kaltes Wasser  
zu Kühlzwecken  
abgegeben und nach  
Wärmeaufnahme  
(=Kälteabgabe) wieder  
abgekühlt



# Geschlossenes VRKW LGL-OSH

Außenluft  
trocken, (kühl)



# Beispielbild: Hybridkühler

Hybrid-Kühler  
saugbelüftet, axiale Ventilatoren



Lamellenwärmetauscher

Kühlregister

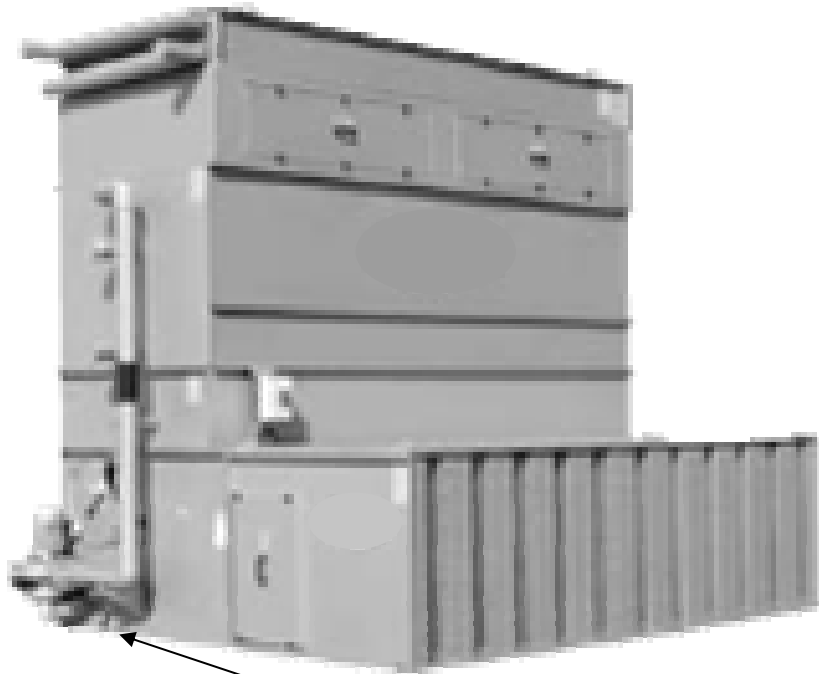
(Kreuz-Gegenstrom zum herabrieselnden Kreislaufwasser)

Wassersammelwanne –  
Berieselungs-Kreislaufwasser

## Beispielbilder: Hybridkühler und geschlossener Kühlturm

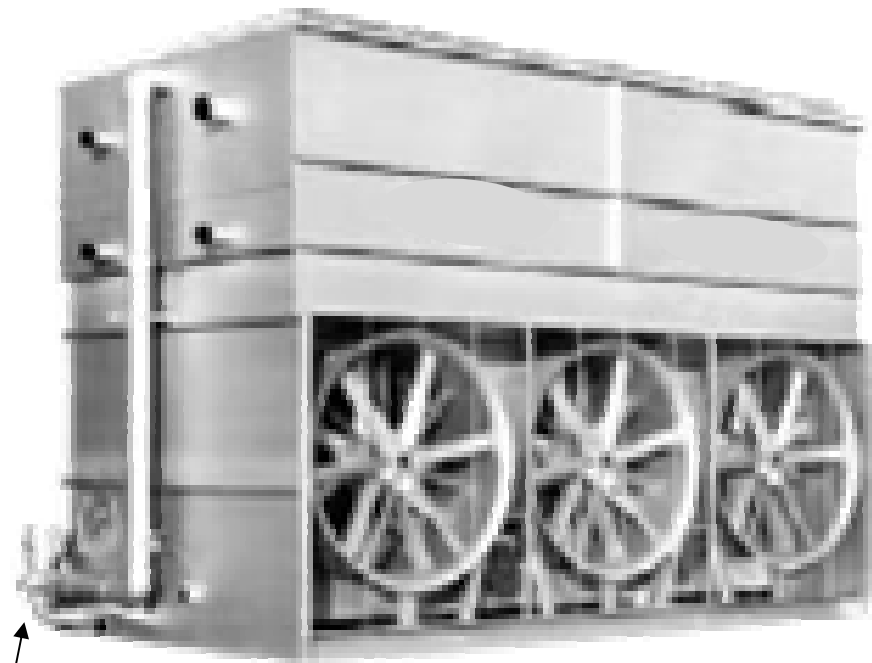
Hybridkühler

druckbelüftet, radiale  
Ventilatoren



Geschlossener Kühlturm

druckbelüftet, axiale  
Ventilatoren



Kreislaufwasserpumpen



# Beispielbilder: Trockenkühler



Sprinkler zur Spitzenlastabdeckung

Verflüssiger oder Rückkühler mit saugbelüftetem Lamellenwärmetauscher und axialem Ventilator



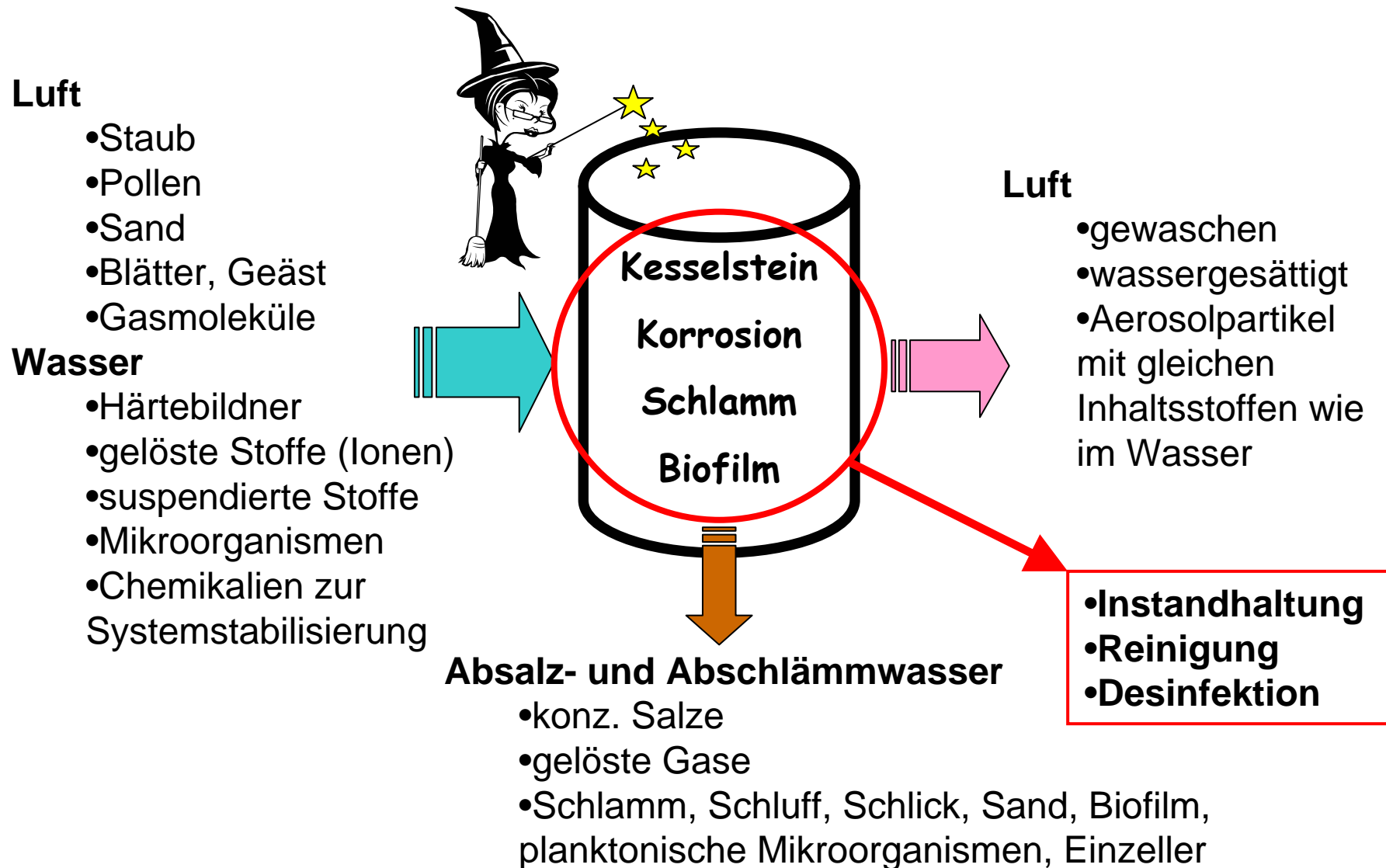


# Hygienerisiko einer Luftwäscheranlage

## Allgemeine Grundvoraussetzungen zur Hygienerrelevanz:

- ✓ Eindickung (d.h. Verdunstungswasser wird im Kreislauf geführt) oder mikrobiologisch kontaminiertes Wasser
  - ✓ Zerstäubung, Aerosolbildung und Luftströmung d.h. Tröpfchenabriss, Tröpfchenemission
  - ✓ Kontakt zur Umwelt
- ➔ Damit eine hygienische Bedeutung resultiert müssen mindestens diese drei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sein.

# Bilanz über den Kühlturm (Luftwäscherapparat)



## Wichtiger chemisch-physikalischer Parameter der Kühlwasserqualität

### Eindickung / Eindickzahl

Die Eindickung ist die Aufkonzentrierung nicht flüchtiger Bestandteile im Wasser des Sprühkreislaufes (Umlaufwasser). Sie ist eine wichtige Größe für den sicheren Betrieb, da unangemessen hohe Eindickzahlen hohe Salzkonzentrationen im Sprühwasser bewirken und dadurch Ausfällung, Ablagerung und Korrosion an den Bauteilen und in den Rohrleitungen begünstigen.

Die Eindickzahl ist das Verhältnis von Konzentrationen nicht flüchtiger Wasserinhaltsstoffe im Sprühwasser zu denen im Zulaufwasser.

### Messung:

Das Verhältnis der Leitwerte des Sprühwassers und des Speisewassers ist eine brauchbare und einfach in eine Regelungstechnik integrierbare Näherung für die Eindickzahl und kann dafür als Regelgröße dienen.

### Regelung:

Die Eindickzahl (gewöhnlich etwa 3, d.h. 3-fache Aufkonzentrierung der Salze) wird durch die Abschlämmung (= Absalzung, bleed) eingestellt oder geregelt (Stellgröße). Der Gesamtwasserverlust (Verdunstung und Abschlämmung) wird durch einen ihm entsprechenden Speiswasserzulauf (make up water) ausgeglichen – Pegelregelung

➔ Absolutwerte der Umlaufwasserqualität werden in der VDI 3803 empfohlen

# Verunreinigungen und Ablagerungen in Kühltürmen

## Kesselstein

Ursache: Calciumcarbonat und andere Salze; Problematik der Aufkonzentrierung von Salzen durch Verdunstung von Wasser

Folgen: Rohrverschluss und Verschlechterung des Wärmeübergangs, fördert Biofilmbildung

⇒ Kontinuierliche Abschlammung, Härtestabilisierung, Entsalzung

## Korrosion

Ursache: Gelöste Gase und niedrige pH-Werte

Folgen: Undichtigkeiten, schlechte Wärmeübertragung, zunehmende Korrosion, fördert Biofilmbildung

⇒ Korrosionsschutz

## Schlamm und Ablagerungen

Ursache: Sand, Lehm, Schluff (mit Ventilation eingetragen); Salzausfällungen

Folgen: Abrasion an Pumpenläufer, Korrosionsförderung, fördern Biofilmbildung

⇒ Abschlammung und Reinigung

## Biofilme

Ursache: Eintrag von MO aerogen und durch Füllwasser

Folgen: Hygienische Probleme, Korrosion, Verlust an Wirkungsgrad, biogene Detergentien verringern die Oberflächenspannung → Oberflächenspannung↓

⇒ Reinigung und Desinfektion, kontinuierliche Biozid-Anwendung

# Einflussfaktoren auf die Beziehung zwischen Legionellen-Nachweis und möglicher Infektionsgefahr

- Konzentration der Legionellen im versprühten Wasser
  - ⇒ Einziger Zugänglicher und üblicher Parameter zur Beurteilung von Verdunstungsrückkühlwerken, erlaubt aber nicht den direkten Rückschluss auf die Gefährdung
- Konzentration der Tröpfchen < 5 µm (lungengängig)
- Überlebensdauer der Legionellen im Aerosol (unter optimalen Bedingungen > 2 Std.)
- Entfernung der exponierten Person von Aerosolquellen
- Dauer der Exposition
- Geschwindigkeit und Richtung der Luftbewegung
- Barrieren, die Aerosole abhalten (Tropfenabscheider - Abscheidegrad, Filter in RLT-Anlagen, umgebende Bewaldung, freistehend im Gelände)
  - ⇒ **Das entscheidende Hygienerisiko einer Verdunstungskühlanlage ist der Tröpfchenauswurf**
- Stabilität der Aerosole abhängig von: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Zusammensetzung der Flüssigkeit (Salze und hygroskopische organische Substanzen und hohe RH verzögern Verdunstung der Aerosole)
- Schwülwarmes Wetter begünstigt Legionellen-Übertragung
  - Durchgehender Kühlbetrieb bei Klima-Anlagen
  - Leistungsgrenze u. höhere Außenlufttemperatur → höhere Kühlwassertemperatur im VRKW
  - Kaum Schwadenauftrieb durch geringe Temperaturdifferenz
  - Hohe Luftfeuchtigkeit → aerosolisierte Wassertröpfchen verdunsten langsamer → Längere Überlebenszeit von Legionellen



# Minimierung des Infektions-Risikos, der Gefährdung durch Legionellen

- 0-Legionellen-Forderung ist unrealistisch, nicht praktikabel, unwirtschaftlich, nicht sinnvoll (übermäßiger Biozid-Einsatz, etc.)
  - Bewusstsein für die Problematik schaffen
  - Individuelles Risiko der eigenen Anlage analysieren
  - Verantwortlichkeiten festlegen
  - Maßnahmen und Programme zur Risikominimierung festlegen, d.h. Risikomanagement
  - Dokumentation
- ⇒ Maßnahmen sind schon aus Gründen der Bestandssicherung erforderlich (erhalt des Anlagenwirkungsgrades)
- ⇒ **Maßnahmen sind zwingend geboten aus hygienischer Sicht**
- ⇒ Einbeziehung in das Arbeitsschutzmanagement (z.B. OHRIS, Occupational Health and Risk-Managementsystem)

# Ansatzpunkte zur Minimierung des Risikos (AWT, Association of Water Technology)

Legionellen-Zahlen minimieren

- Geeignete Konstruktion
- Periodische Reinigung
- Regelmäßige Wartung
- Effektive Wasserbehandlung



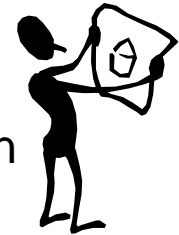
Übertragungsrate minimieren

- Aerosolaustragsrate durch geeignete und gut gewartete Tropfenabscheider senken
- Durch Standortauswahl Aerosolübertragung minimieren
- Standortwahl zur Minimierung des Nährstoffeintrags
- Geeignete Atemschutzmasken für Mitarbeiter



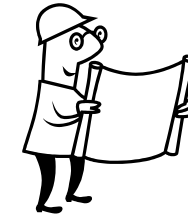
# Vorbeugende Maßnahmen – Konstruktive Risikominimierung

- Standort
  - Weit entfernt von bewohnten Gebäuden und Ansauföffnungen für RLT-Anlagen
  - Keine direkte Immission auf Straßenniveau
  - Hauptwindrichtung bzgl. Gefährdung und Nährstoffeintrag beachten
- Kühlturm und wasserführende Bauteile
  1. Trockenkühler bei kritischen Aufstellungsverhältnissen bevorzugen
  2. Geschlossene Rückkühlwerke
  3. Möglichst geringes, bekanntes Kühlsystem-Gesamtvolumen (gezielte Dosierung von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln)
  4. Glatte und nicht poröse Konstruktionsmaterialien verwenden
  5. Einfachstmögliche Rohrleitungssysteme – Vermeidung von Toträumen, Stagnationswasser und schwer zu spülender Rohrschleifen
  6. Anlagen weder über- noch unterdimensioniert konstruieren und betreiben





# Vorbeugende Maßnahmen – Konstruktive Risikominimierung



- Kühlturm und wasserführende Bauteile (Fortsetzung)
  7. Sonneneinstrahlung ins Wasser vermeiden (Algenwachstum in Biofilmen)
  8. Entleerungsventile ausreichend dimensioniert – Sicherstellung der raschen und vollständigen Entwässerung des gesamten Systems
  9. Kein Rückfluss von abgeschlammtem Kühlwasser in Bereiche einer RLT-Anlage (Befeuchter-Kammer oder Kondensatablauf von Kühlregister)
  10. Hohe Abscheideleistung des Tropfenabscheiders
  11. Möglichkeit der Wasseraufbereitung, Korrosionsschutz und Biozid-Anwendung
  12. Leichter Zugang für Wartungs-, Reparatur- und Reinigungsarbeiten (Füllkörper, Tropfenabscheider, Sprühsystem, Innenflächen, Rohrleitungen, etc.)
  13. Auslegung auf möglichst niedrige Kühlwassertemperaturen (z.B. max. 32/27 °C Ein-/Austrittstemperatur)
  14. Optimierte Schwaden-Austrittsgeschwindigkeit und –Luftführung (z.B. senkrecht nach oben)

# Vorbeugende Maßnahmen – empfohlene Betriebsrichtlinien (AWT, ACOP)\*

1. Reinigung und Desinfektion
  - vor Inbetriebnahme, besonders bei Erstinbetriebnahme
  - nach längerem Stillstand (2 bis 4 Wochen lt. AWT, 1 Monat lt. ACOP)
  - nach konstruktiven / mechanischen Veränderung
  - bei hoher mikrobiologischer Belastung, zweifelhafter Reinheit des Systems und sichtbaren Verschmutzungen
  - gesamte Wasserführende Systeme mindestens 1x besser 2x jährlich (zu Beginn und Ende des Kühlbetriebs) spülen, reinigen und desinfizieren
  - Nach (Teil-)Stilllegung spülen und trockenlegen
2. Wasserbehandlung für Korrosionsschutz, Kesselstein, Biofilmbildung und mikrobiologisches Wachstum
3. Wartungs- und Reinigungsplan aufstellen, in dem alle notwendigen Tätigkeiten vorgegeben werden
4. Instandhaltung der Tropfenabscheider
5. Nicht vermeidbare Stagnationsabschnitte in Kühlwasserleitungen regelmäßig ablassen und reinigen
6. Ventile im System regelmäßig betätigen (vollständig schließen und öffnen) – Toträume spülen
7. Verantwortlichkeiten festlegen und alle Maßnahmen Dokumentieren

\* Association of Water Technology, [www.awt.org](http://www.awt.org), USA  
Approved Code of Practice, Britische Gesundheitsbehörde

## Vorbeugende Maßnahmen – Wartung Reinigung und Desinfektion



Vorgehensweise bei der Reinigung und Desinfektion (ACOP, AWT):

- Individuelle Anpassungen des Programms an besondere Gegebenheiten sind möglich
- Persönliche Schutzausrüstung für Arbeiter (Atemschutz!)
  1. Ventilator und Sprühkreislaufpumpe ausschalten. Vollständige Entwässerung/Abschlammung und mit frischem Wasser auffüllen
  2. Hygienisierung: Zugabe von NaOCl (Chlorbleichlauge) bis freies Chlor  $\geq 5$  mg/l. Ggf. Zugabe von Biotensiden/Netzmitteln (organische Säuren z.B. Zitronensäure, nichtionische Tenside z.B. Polyglykole) zur besseren Ablösung von Biofilmen und Inkrustationen
  3. Diese Lösung ohne Ventilatorbetrieb mind. 6 Stunden durch gesamtes System pumpen. Wiederholt freies Chlor messen: mind. 5 mg/l und  $\text{pH} < 8$ . Für kürzere Vor- und Nachdesinfektion z.B. 25 mg/l 2 Stunden oder 50 mg/l 1 Stunde. Freies Chlor vor dem ablassen inaktivieren (Natriumthiosulfat)



Punkte 1 bis 3: Vordesinfektion zum Schutz des Personals.

Erst jetzt Wartungsarbeiten an Wasserführenden Komponenten durchführen!

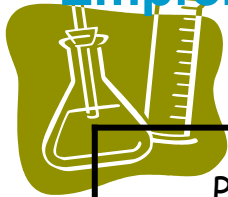
## Vorbeugende Maßnahmen – Wartung Reinigung und Desinfektion

Fortsetzung: Vorgehensweise bei der Reinigung und Desinfektion:

4. Vollständige Entleerung von Kreislaufsystem und der Sammelwanne
5. Reinigung: Oberflächen gründlich von oben nach unten reinigen (scheuern, bürsten, Hochdruckreinigung); ggf. mit Reinigungsmitteln, Tensiden. Hochdruckspülung bei geringer Personalbesetzung (Abend, Nacht) ausführen, Fenster und Luftansaugungen in der Umgebung schließen.
6. Unter Vermeidung von Aerosolbildung spülen. Wichtig: Keine Reinigungsmittelrückstände im Kühlkreis – verringerte Oberflächenspannung mindert die Leistungsfähigkeit der Tropfenabscheidung und die Benetzung am Wärmetauscher (geringerer Wirkungsgrad)
7. Desinfektion: Auffüllen mit Frischwasser und Zugabe von  $\geq 5$  mg/l Chlorbleichlauge; Einwirkzeit 6 Stunden umwälzen; entleeren
8. Wiederaufnahme des Betriebs



# Empfehlungen zu Parameterüberprüfungen – Wasserchemie (ACOP)



Parameter	Füll- wasser	Kühl- wasser
Calcium Härte als mg/l CaCO <sub>3</sub>	Monatlich	Monatlich
Magnesium Härte als mg/l CaCO <sub>3</sub>	Monatlich	Monatlich
Gesamthärte als mg/l CaCO <sub>3</sub>	Monatlich	Monatlich
Gesamtalkalität als mg/l CaCO <sub>3</sub>	Vierteljährlich	Vierteljährlich
Chlorid als mg/l Cl	Monatlich	Monatlich
Sulfat als mg/l SO <sub>4</sub>	Vierteljährlich	Vierteljährlich
Leitfähigkeit in µS Gelöste Feststoffe	Monatlich	Wöchentlich
Schwebstoffe in mg/l	Vierteljährlich	Vierteljährlich

Parameter	Füll- wasser	Kühl- wasser
Inhibitoren in mg/l	-	Monatlich
Oxidierende Biozide in mg/l	-	Wöchentlich
Temperatur in °C	-	Vierteljährlich
pH	Vierteljährlich	Wöchentlich
Gelöstes Eisen in mg/l Fe	Vierteljährlich	Vierteljährlich
Gesamteisen als mg/l Fe	Vierteljährlich	Vierteljährlich
Konzentrationsfaktor (=Eindickzahl)	-	Monatlich
Mikrobiologische Aktivität	Vierteljährlich	Wöchentlich
Legionellen	-	Vierteljährlich

# Beurteilung / Maßnahmen bei Keimnachweis in Rückkühlwerken (ACOP)



- Im Vorfeld: Gefährdungsbeurteilung und Entwurf eines Risikomanagement-Systems
- Aktionsschwellen nach mikrobiologischen Untersuchungen der aeroben Gesamtkeimzahl unter Anwendung von Eintauchtests in Kühltürmen
- Dauerhaft hohe Ergebnisse mit Teststreifen durch mikrobiologische Untersuchungen in einem akkreditierten Labor bestätigen

Aerobe Gesamtkeimzahl KBE/ml in 48 h bei 30°C (wöchentlich mit Eintauchtests)	<i>Legionella spec.</i> KBE/Liter (vierteljährlich)	Gefordertes Vorgehen
10.000 oder weniger	100 oder weniger	System unter Kontrolle
10.000 bis 100.000	100 bis 1.000	Programmausführung überprüfen – Es sollte eine Nachprüfung der Maßnahmen und eine Gefährdungsabschätzung erfolgen um mögliche abhelfende Maßnahmen herauszufinden und die Zählungen sollten durch wiederholte Beprobung bestätigt werden
Mehr als 100.000	Mehr als 1.000	Korrekturen durchführen – Sofortige Wiederbeprobung. Zur Vorsorge Stoßbehandlung mit geeignetem Biozid. Es sollte eine Nachprüfung der Maßnahmen und eine Gefährdungsabschätzung erfolgen um mögliche abhelfende Maßnahmen herauszufinden

## Beurteilung / Maßnahmen bei Keimnachweis in Rückkühlwerken (AWT)



- Keine einheitlichen Vorgaben möglich!
- Empfehlung zum Prüf- und Eingriffsplan von der AWT:

<i>Legionella spec.</i> KBE/Liter (Große Schwankungen in der Testfrequenz; abhängig vom Risikomanagement: monatlich, vierteljährlich, halbjährlich, jährlich)	Eingriffsplan
10.000 oder weniger	Biozid-Zugabe erhöhen
10.000 bis 100.000	Mehr Biozid zugeben; Maßnahmen überprüfen; Wiederholte Beprobung bis < 10.000 KEB/Liter
100.000 bis 1.000.000	Reinigung und Desinfektion innerhalb 30 Tage; Maßnahmen überprüfen
Mehr als 1.000.000	Reinigung und Desinfektion innerhalb 7 Tage; Maßnahmen überprüfen

## Beurteilung / Maßnahmen bei Keim-Nachweis in Rückkühlwerken (EUROVENT, VDMA)



- Große Ähnlichkeit mit ACOP
- VDMA: Vereinigung deutscher Investitionsgüterhersteller
- Bekanntheitsgrad unter den Herstellern und Betreibern?

Aerobe Gesamtkeimzahl (TAB) KBE/ml in 48 h bei 30°C (wöchentlich mit Eintauchtests)	<i>Legionella pneumophila</i> KBE/Liter (bei TAB trotz Maßnahmen > 10.000; bei Verdacht)	Gefordertes Vorgehen
10.000 oder weniger	1.000 oder weniger	Keine Maßnahmen erforderlich
10.000 bis 100.000	1.000 bis 10.000	Konzentration erneut feststellen, bei Bestätigung Dosierung der Entkeimung erhöhen. Wenn der TAB Wert hoch bleibt, einen Legionellen-Test durchführen. Wenn die Legionellen-Konz. $10^4$ KBE/Liter oder höher ist, System reinigen und desinfizieren. Tests alle zwei Wochen wiederholen, bis die Legionellen-Konz. $< 10^3$ KBE/Liter. (Entkeimung u.U. neu einregeln)
Mehr als 100.000	Mehr als 10.000	System sofort (desinfizieren), reinigen und desinfizieren