

# Hocheffiziente Kreislaufverbundsysteme (HKVS) mit TAUT Klimasysteme

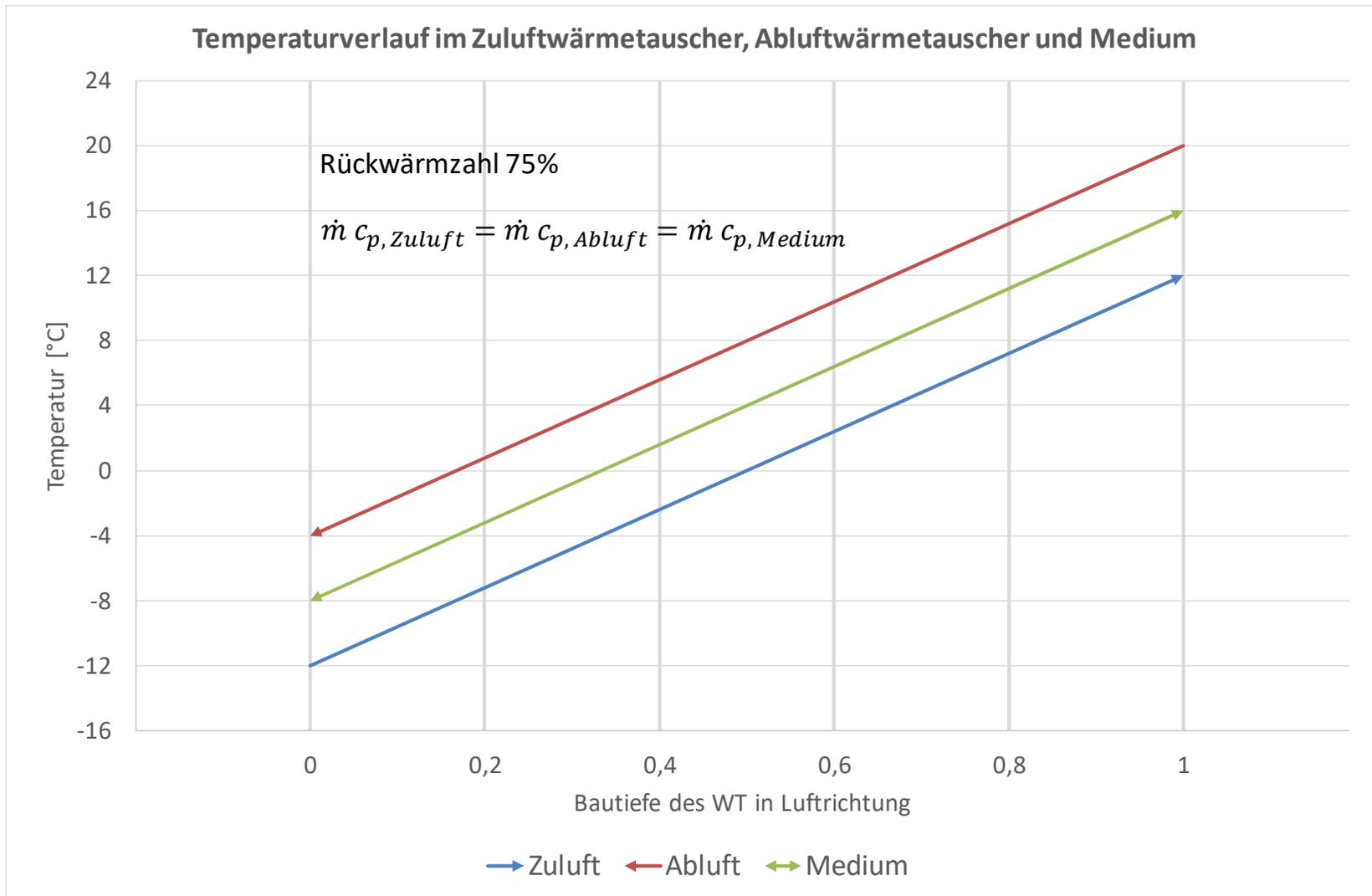
- Grundlagen
- Schnellcheck von Wärmeübertragern
- Mehrfachfunktionen mit HKVS
- Komponenten der HKVS
- Das Projekt Durlacher Allee, Karlsruhe
- Entfeuchtungskälterückgewinnung, Freie Kühlung
- Dienstleistung, Lieferung über TAUT und Systempartner
- Interessant zu wissen (weitere Beispiele)

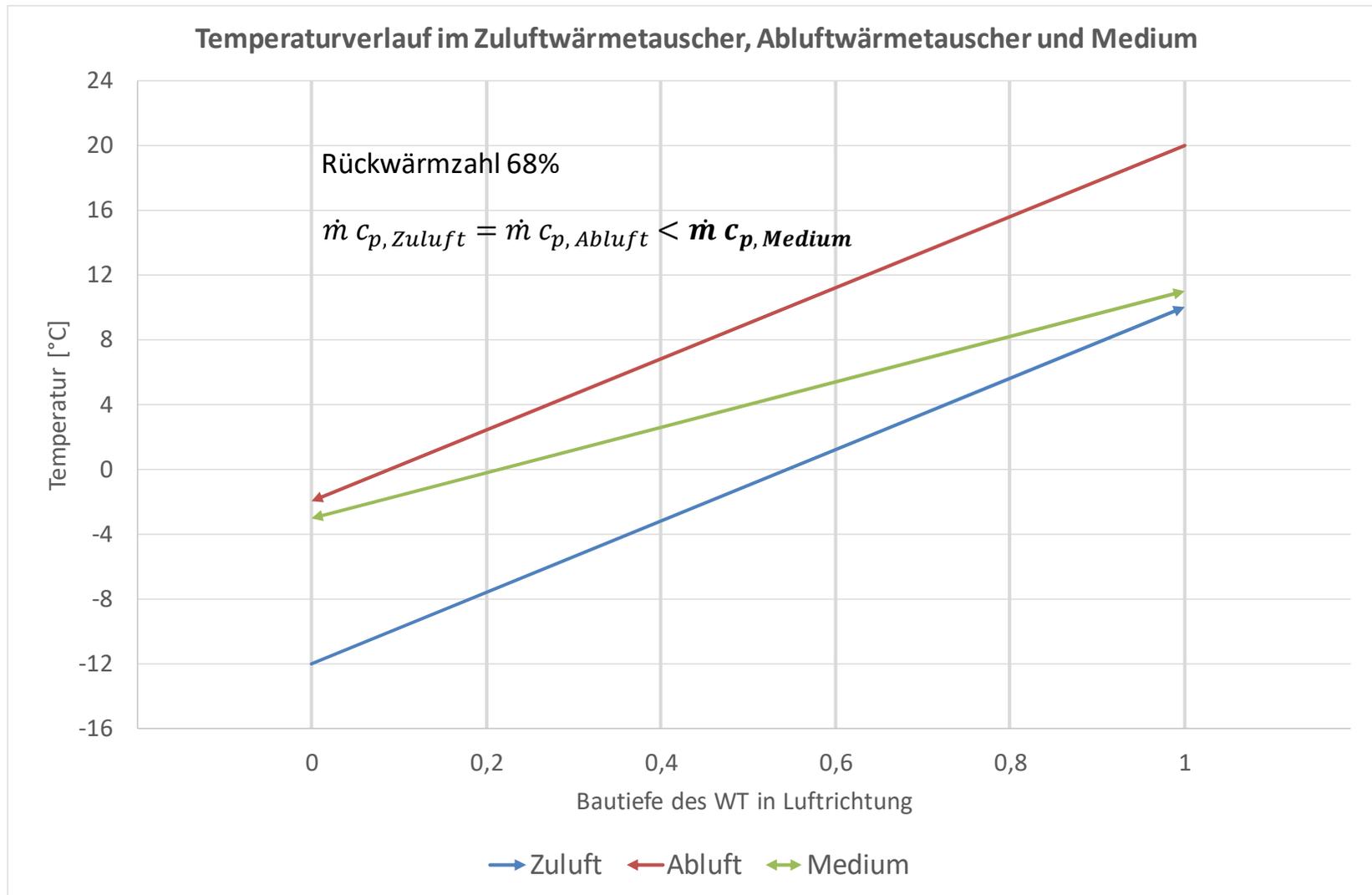
## Merkmale hocheffizienter KVS ( $\phi > 68-70\%$ )

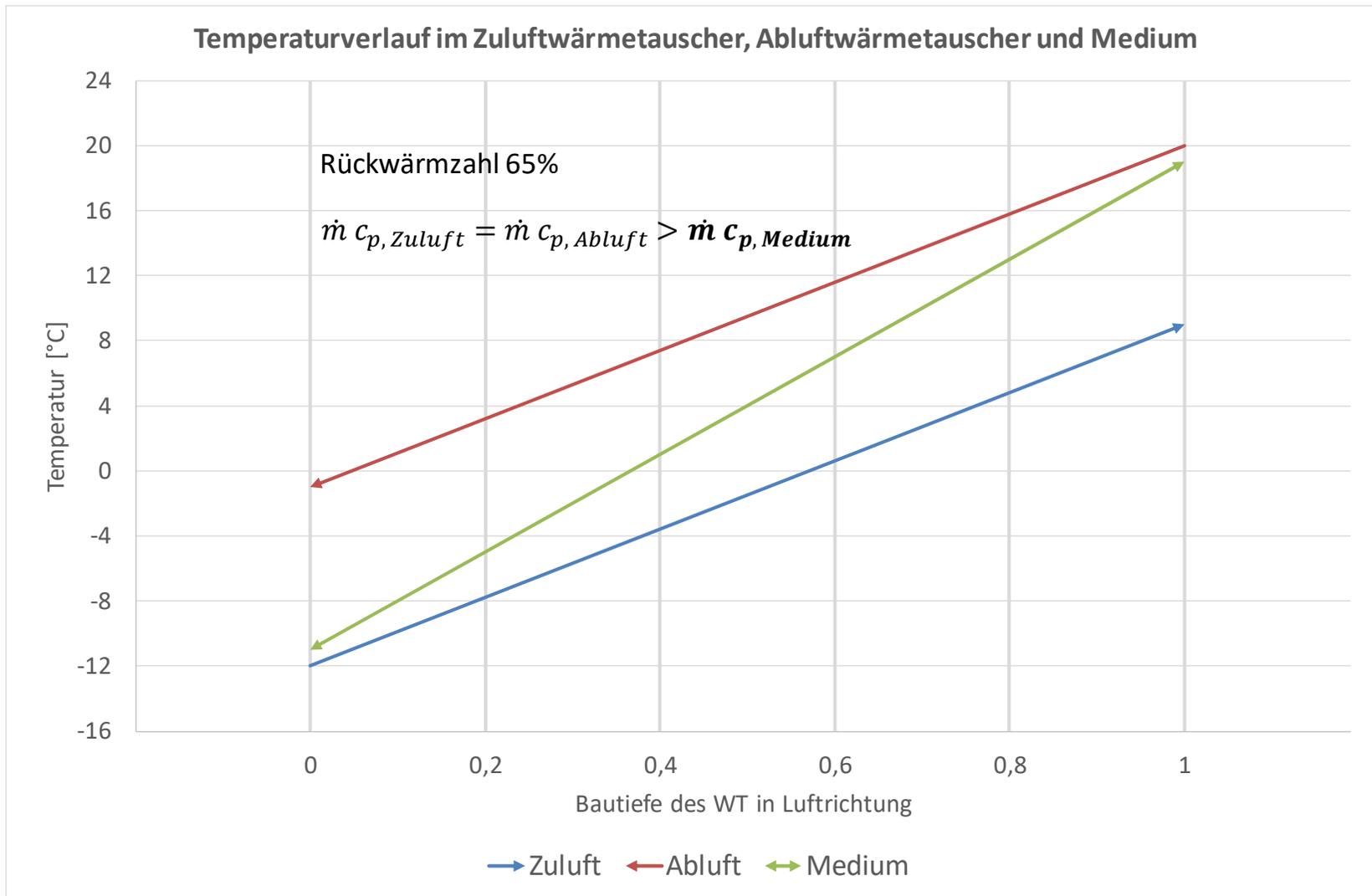
- Große Gerätequerschnitte, für geringe luftseitige Druckverluste.
- Wärmeübertrager (im folgenden „Wärmetauscher“ genannt) mit günstiger Druckverlustcharakteristik.
- Wärmetauscher ggf. in Luftrichtung mehrstufig, um Reinigbarkeit zu gewährleisten (VDI 6022 und VDI 3803).
- Bestmögliche Einhaltung des Gegenstroms (Kreuzgegenstroms) im Wärmetauscher durch entsprechende interne Rohrschaltung.
- Umgewälzte Solemenge muss dem Luftvolumenstrom angepasst und ggf. nachgeregelt werden (gleiche Wärmekapazitätsströme).
- Glykolgehalt der Sole so gering wie möglich (25%).
- Frostschutz muss regelungstechnisch unterstützt werden.

## Wärmeübertragung in Lamellenwärmetauschern

- $\dot{Q} = k A \Delta\vartheta$  ist die Übertragungsleistung
- $\Delta\vartheta$ : Die Temperaturdifferenz zwischen Außen- und Abluft ist vorgegeben. Die lokale Temperaturdifferenz zwischen Luftstrom und Lamellenoberfläche sollte möglichst konstant sein.
- $A$ : Die Übertragungsfläche kostet Geld und wird daher gerne minimiert.
- $k$ : Im Wärmedurchgangskoeffizient steckt der äußere Wärmeübergang, der Wärmetransport in der Lamelle und der Wärmeübergang ans Medium. Für den k-Wert gilt:
  - Eine Profilierung der Lamelle in Strömungsrichtung verbessert den Wärmeübergang, erhöht aber den Druckverlust überproportional.
  - Eine Reduzierung der Lamellendicke verschlechtert den k-Wert signifikant. Leider werden in der Praxis sehr oft dünne Lamellen mit starker Profilierung angeboten.
  - Ein guter Wärmeübergang erfordert rel. hohe Strömungsgeschwindigkeiten. KVS Wärmetauscher haben solesseitige Druckverluste von  $> 100-150$  kPa. Dafür bei kleinem Volumenstrom und geregelter Pumpe.







## Wirkungsgraddefinitionen nach VDI 3803 Blatt 5

- Rückwärmzahl (Temperaturänderungsgrad) :

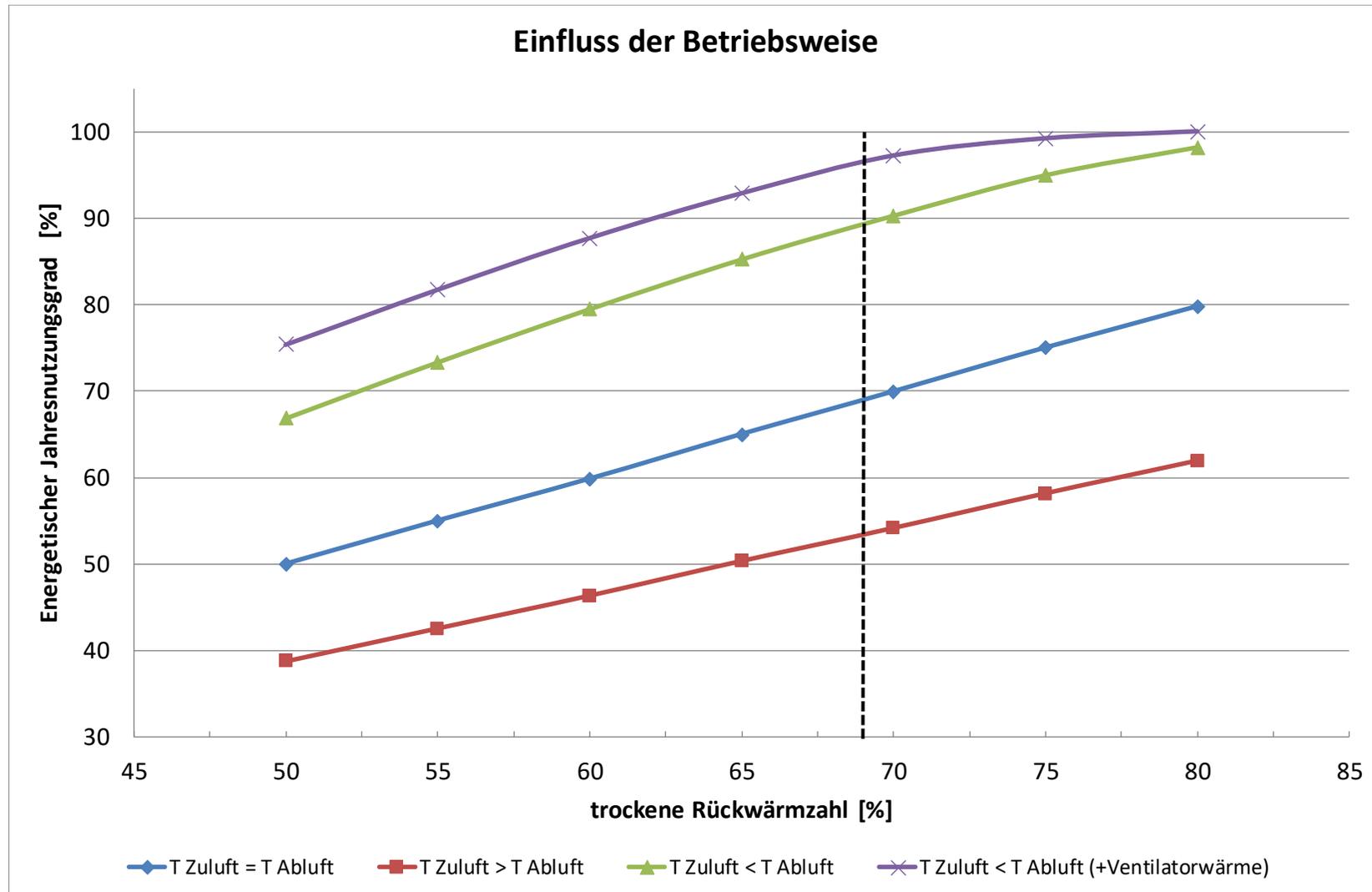
$$\Phi_{tr} = \frac{\vartheta_{Zu} - \vartheta_{Au}}{\vartheta_{Ab} - \vartheta_{Au}}$$

– Im Referenzbetriebszustand:

- Massenstromverhältnis zwischen Zu- und Abluft: 1:1
- Außentemperatur = 5°C, Ablufttemperatur 20-25°C
- Keine Kondensation in der Fortluft
- Ohne Wärmeeinkopplung
- Ohne Umluft
- Umrechnung auf unterschiedliche Massenströme:

$$\Phi_{tr} = \Phi_{tr,1:1} \left( \frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} \right)^{0,4}$$

- Es wird unterschieden zwischen Leistungskennzahlen und Energiekennzahlen
- Für KVS derzeit gem. ErP 2018 (Ökodesignrichtlinie)  $\Phi_{tr} \geq 68\%$



## Wärmerückgewinnungsklassen (neu)

EN 13053 A1: Amendment 2010

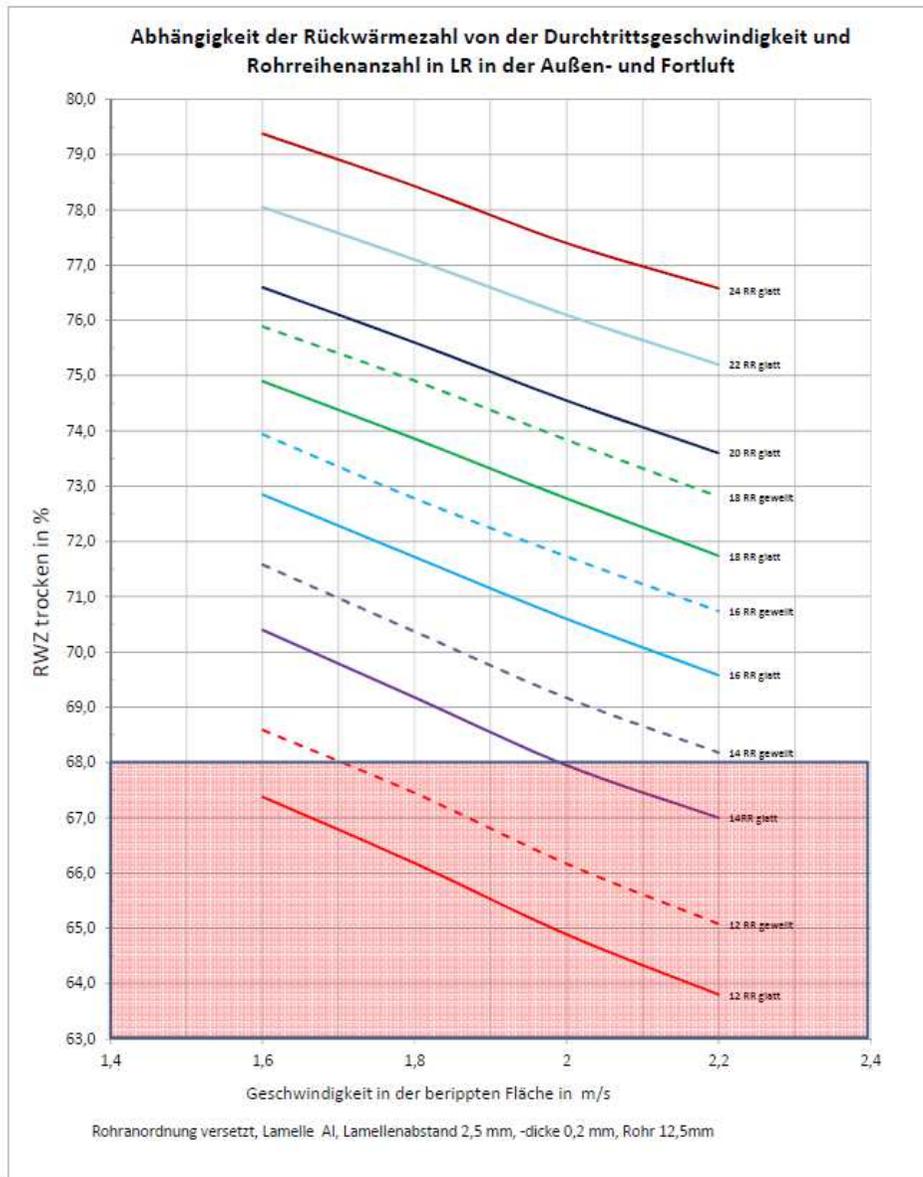
WRG Klassen	$\eta$ [%]	$\Phi$ [%]	$\varepsilon$	$\Delta P$ [Pa]
H1	71	75	19.5	2 x 280
H2	64	67	21.2	2 x 230
H3	55	57	24.2	2 x 170
H4	45	47	27.3	2 x 125
H5	36	37	26.9	2 x 100
H6	< 36			

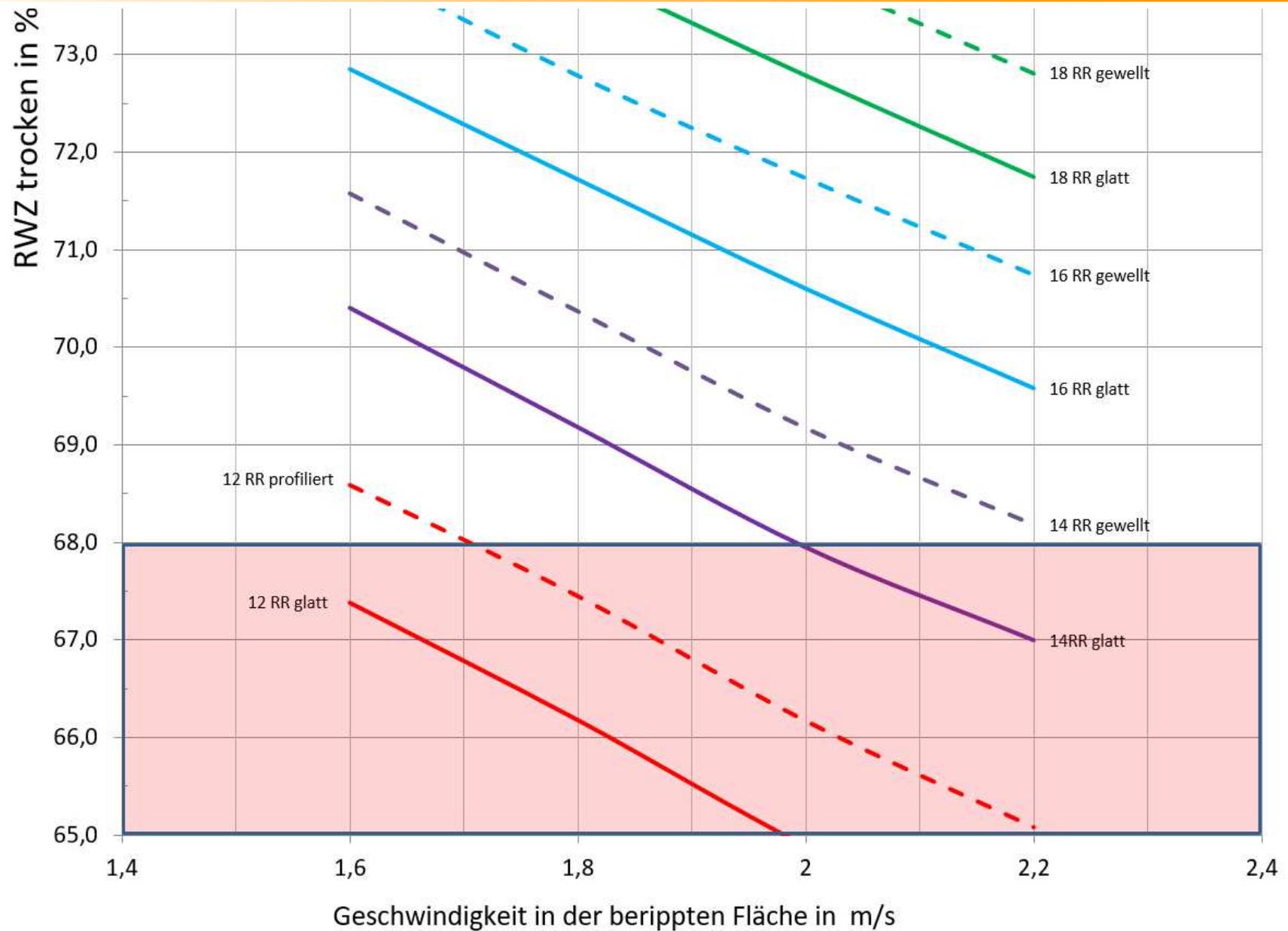
Werte basieren auf EN 308:  $t_{21} = +5^\circ\text{C}$  und  $t_{11} = 25^\circ\text{C}$   
 Werte gelten als Referenzwerte nur für diesen Betriebspunkt

$$\eta_e = \eta_t \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)$$

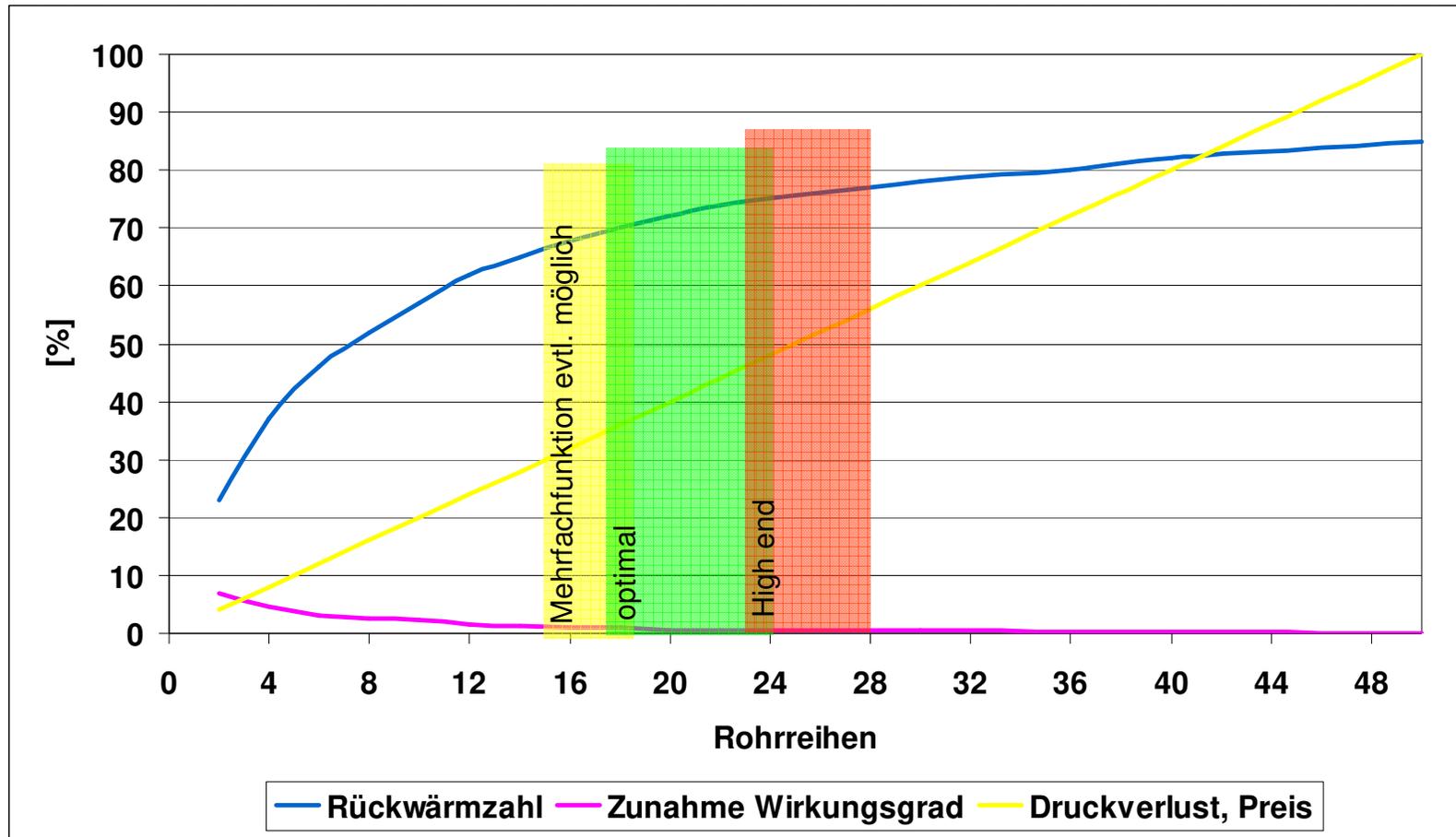
Dabei sind

- $\eta_e$       Energieeffizienz = Wirkungsgrad der WRG in [%]
- $\eta_t$       Temperaturübertragungsgrad bei trockenen Bedingungen in [%]
- $\varepsilon$         Leistungsziffer





## Einfluss der WT-Geometrie auf Leistung und Kosten



WRG als KVS

## Erweiterte Nutzung (Mehrfachfunktionalität)

- Ab Rückwärmzahlen von  $>68\%$  kann eine Mehrfachfunktionalität realisiert werden.
- Mit einem Wärmetauschersystem werden die Funktionen: Wärmerückgewinnung, Heizen, Kühlen, Entfeuchten und Nachwärmen (Entfeuchtungsrückgewinnung) wahrgenommen.
- Dadurch entfallen ggf. luftseitige Erhitzer und Kühler im Gerät. Baulänge, luftseitiger Druckverlust und Gerätekosten können reduziert werden.
- Fremdenergie, gleich welcher Art, kann in den Solekreis eingekoppelt werden (auch Prozessabwärme oder Rückkühlenergie).
- Kombination mit adiabater Kühlung ist möglich und sinnvoll.
- Einbindung von Kältemaschine oder Wärmepumpe ist möglich.

## Winterbetrieb

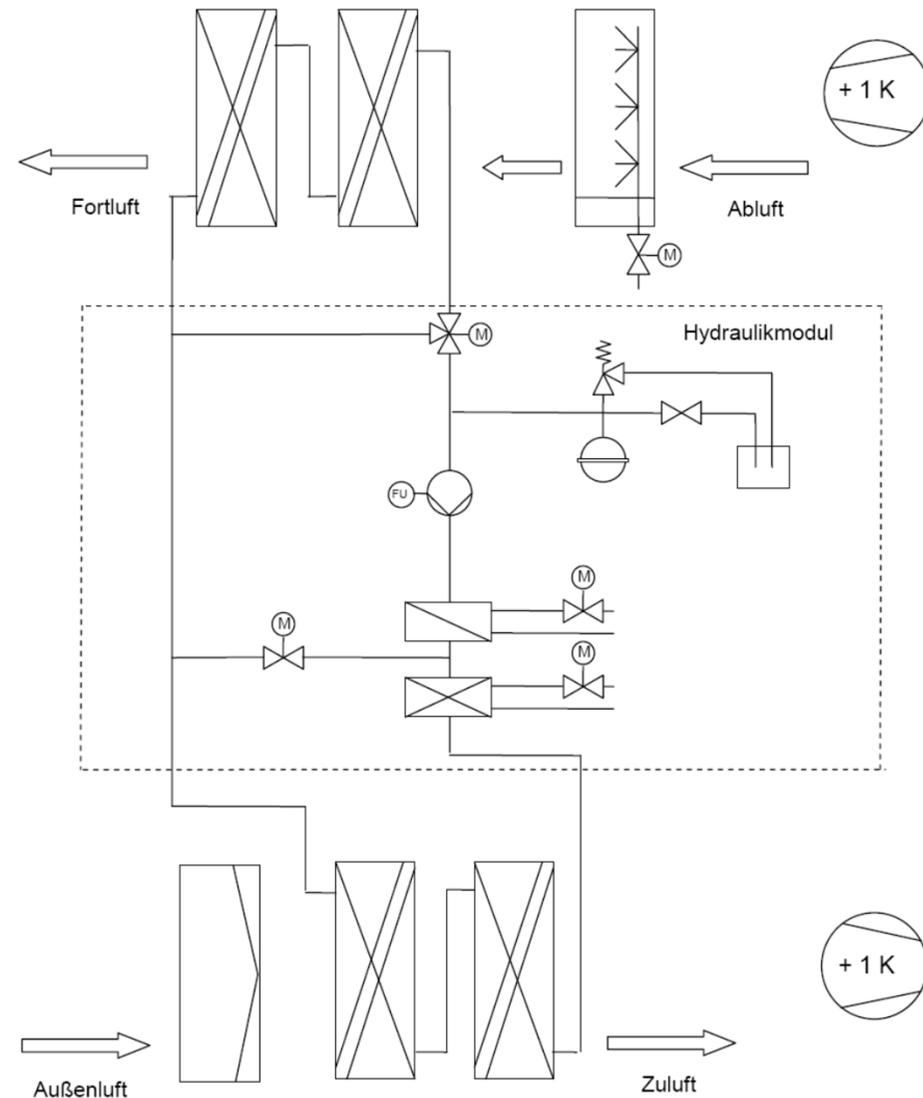
- WRG zweistufig in Zuluft
- WRG zweistufig in Abluft
- Einspeisung von Wärme
- Frostschutz aktiv
- Teillastbypass inaktiv

## Übergang

- Keine Einspeisung
- Teillastbypass ggf. aktiv

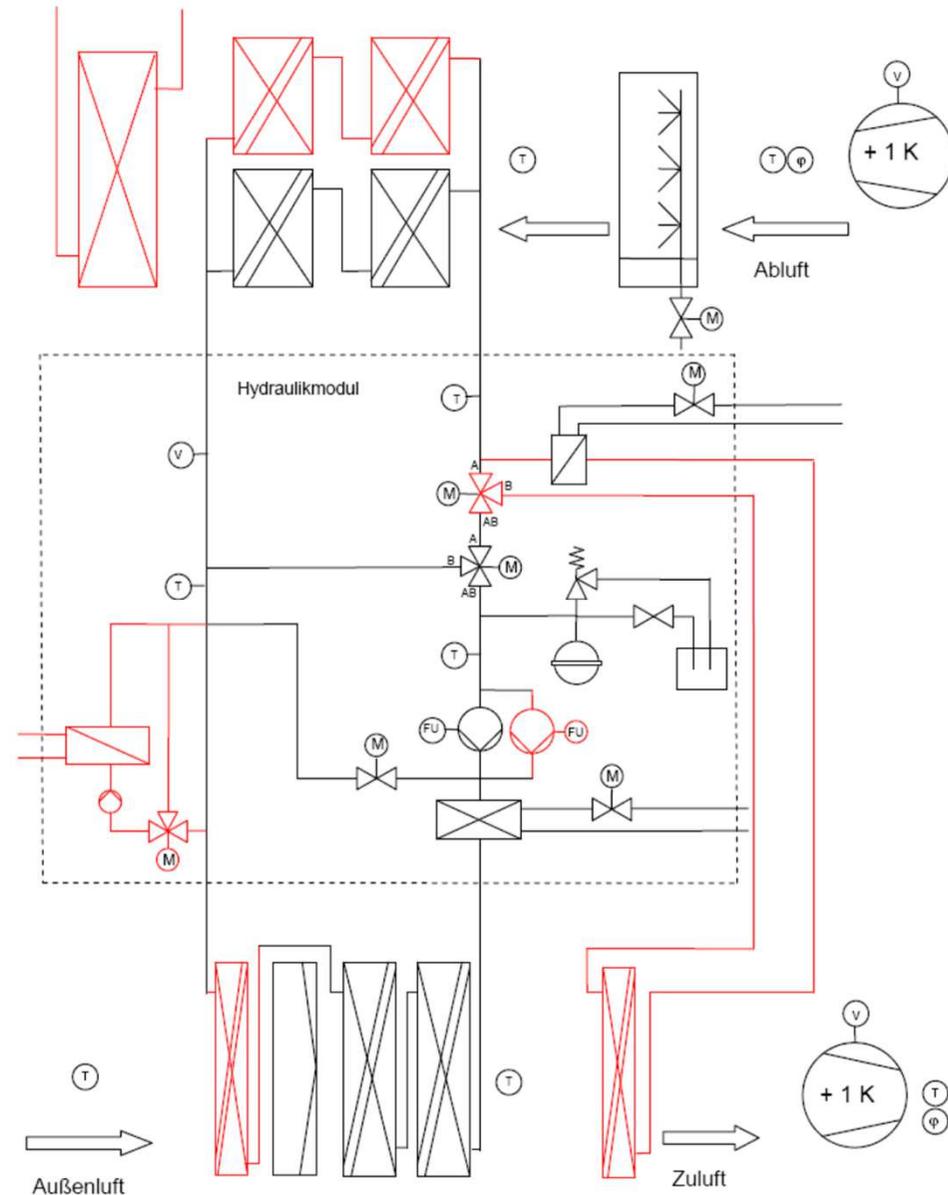
## Sommerbetrieb

- Adiabate Kühlung durch Kontaktbefeuchter
- KRG zweistufig in Zuluft
- WRG zweistufig in Abluft
- Einspeisung von Kälte



## Varianten

- Filtervorwärmer Zuluft (evtl. nach neuer VDI 6022 nicht mehr !)
- Entfechtungskälterückgew.
- Doppelpumpe
- Freie Kühlung
- Rückkühlung Kältemaschine in Abluft
- Netzwerke (mehrere Zu- o. Abluftgeräte)
- Anbindung eines Sprinkler-tanks zur Kältespeicherung



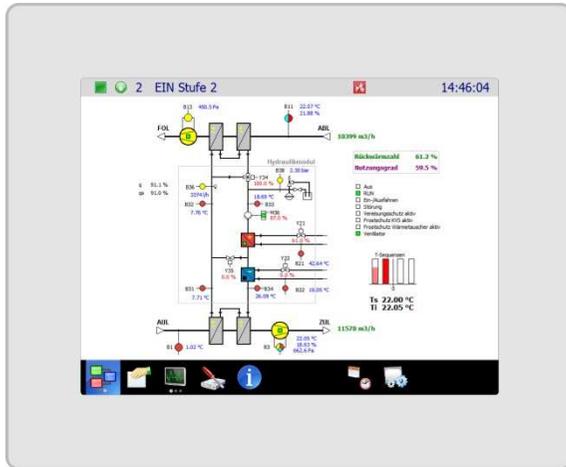
## Wärmetauscher

- Vorzugsweise glatte, unprofilierte Lamellen
- Lamellen in Luftrichtung stoßfrei
- Dicke Lamellen ( $> 0,2$  mm), für gute Wärmeleitung und gute Reinigbarkeit
- Fallende Gegensinnverschaltung für optimalen Gegenstrom bei voller Entlüft- und Entleerbarkeit
- Fluchtende / versetzte Geometrien
- Beschichtung nur wo erforderlich
- Optional: TÜV baumustergeprüft
- Optional: Tauchbadbeschichtung des gesamten Wärmetauschers (ElectroFin® E-Coat)



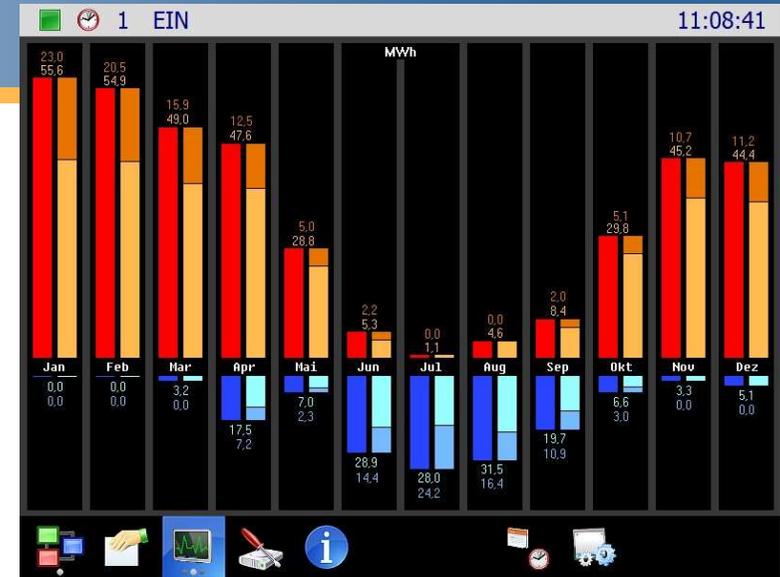
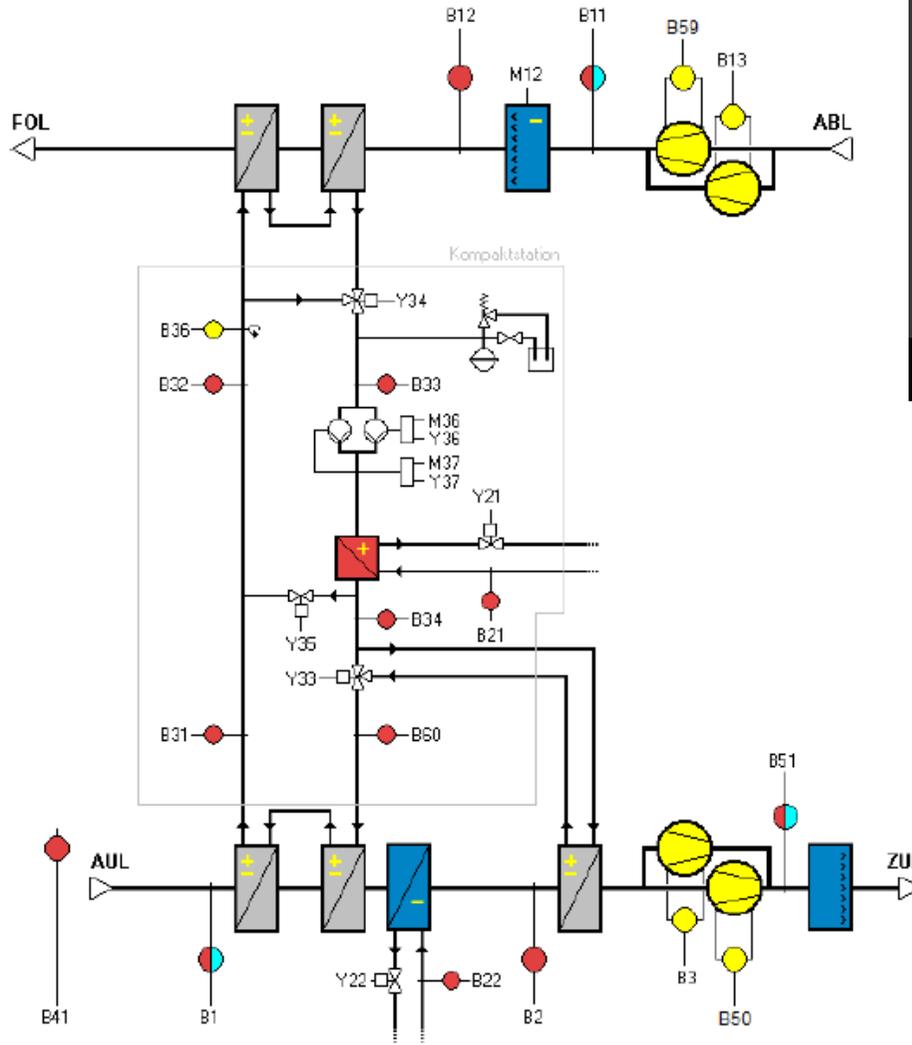
## Hydraulikmodul

- Alle für die Funktion des Systems erforderlichen Komponenten: drehzahlgeregelte Pumpe(n), Plattenwärmetauscher, Ventile, Sicherheitsgruppe, Sensoren, Absperrungen
- Ausführung mit oder ohne Gehäuse / Wanne
- Bei größeren Einheiten in mehreren Teilen
- Rohrleitungen geschweißt, lackiert
- Anschlüsse vorzugsweise nach oben
- Wichtig: Glykolbefüllung und Verbindungsrohre bauseits!



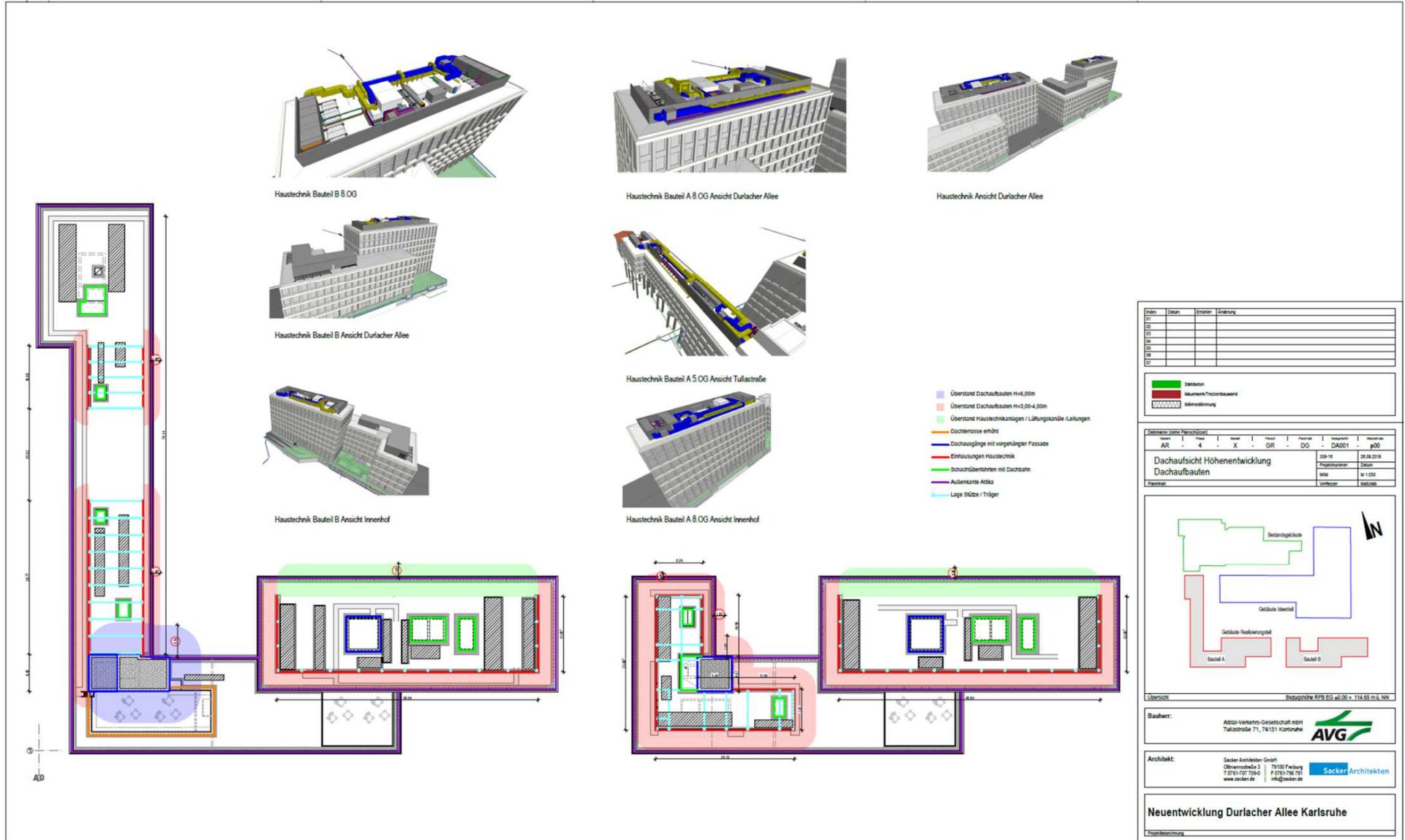
## WRG Controller und Schaltschrank

- Regelung aller Funktionen wie Volumenstromanpassung, Teillastverhalten, Frostschutz, Vereisungsschutz, Einspeisung von Wärme- und Kälte ...
- Schnittstelle zur GLT (Übergabe von Anforderung, Freigabe, Sollwerten und Messwerten) über: Hardwarekontakt, Modbus, Bacnet, Profibus, Lonbus, MP-Bus,
- Anzeige aller internen Messwerte, Steuergrößen und Fehlermeldungen
- Bilanzierung der rückgewonnenen Wärme und Kälte
- Leistungselektronik für Pumpenansteuerung und FU
- VPN Zugang, geeignet zur Fernwartung (ggf. zeitlich punktuell)
- Speicherung und Übertragung von Messwerten über USB Stick

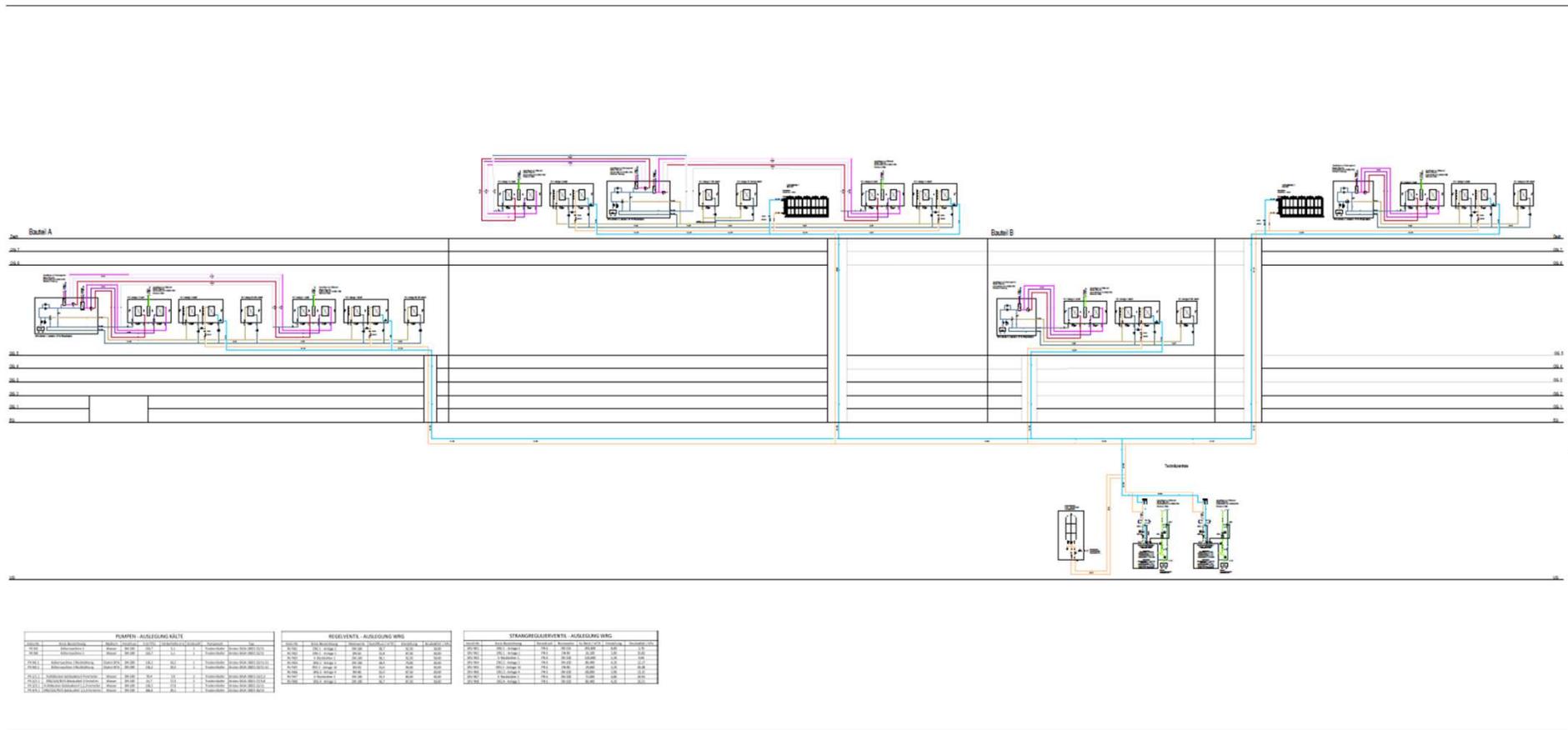




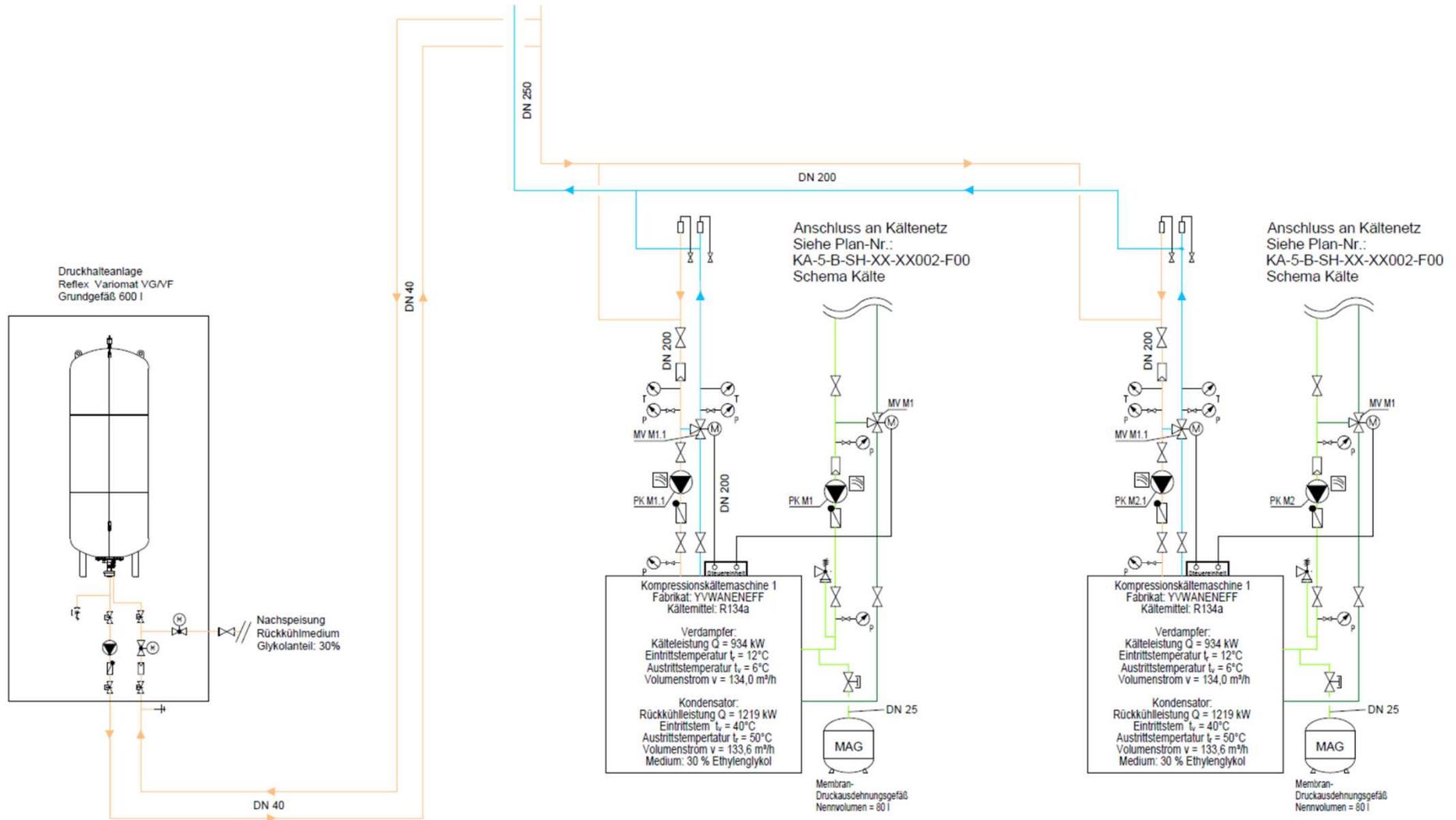
Bauherr: AVG Karlsruhe, 31.000 m<sup>2</sup> BGF + Ladengeschäfte



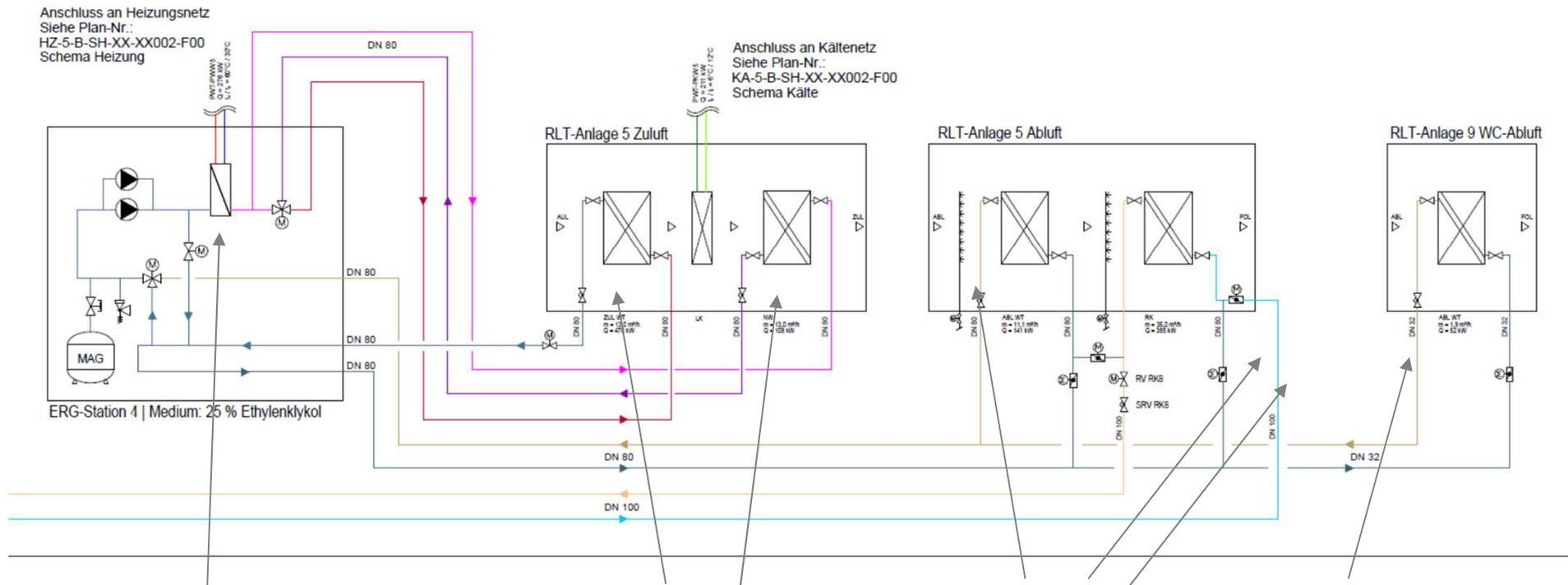
4 Lüftungszentralen mit ca. 200.000 m<sup>3</sup>/h und  
2 Kältemaschinen mit je 930 kW , Rückkühlung teilweise über KVS



Kälteleistung 2 x 934 kW, Rückkühlung 2438 kW (davon 1700 kW über KVS)



## Ausschnitt: KVS-Verbund ERG 4

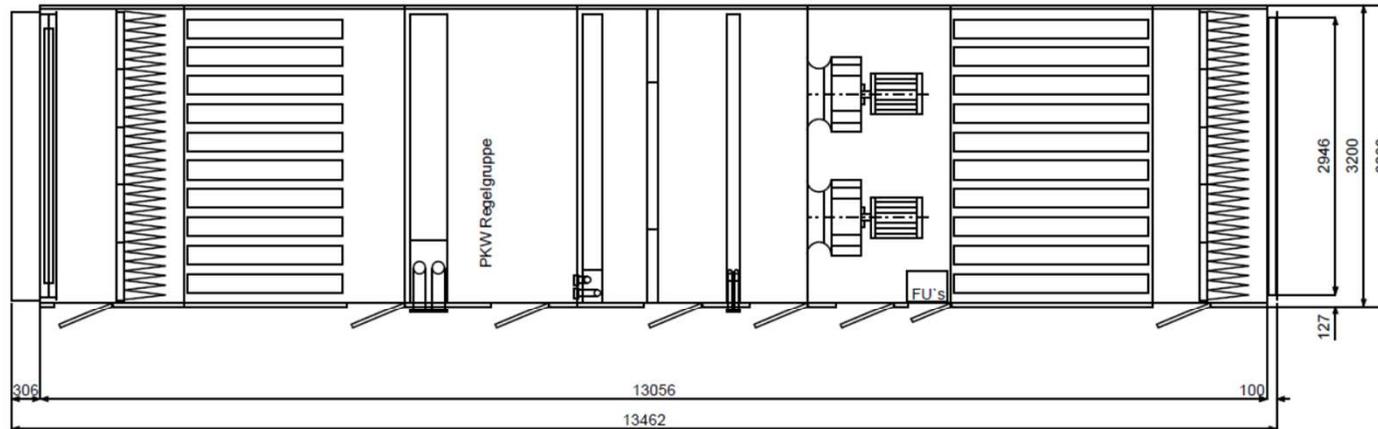
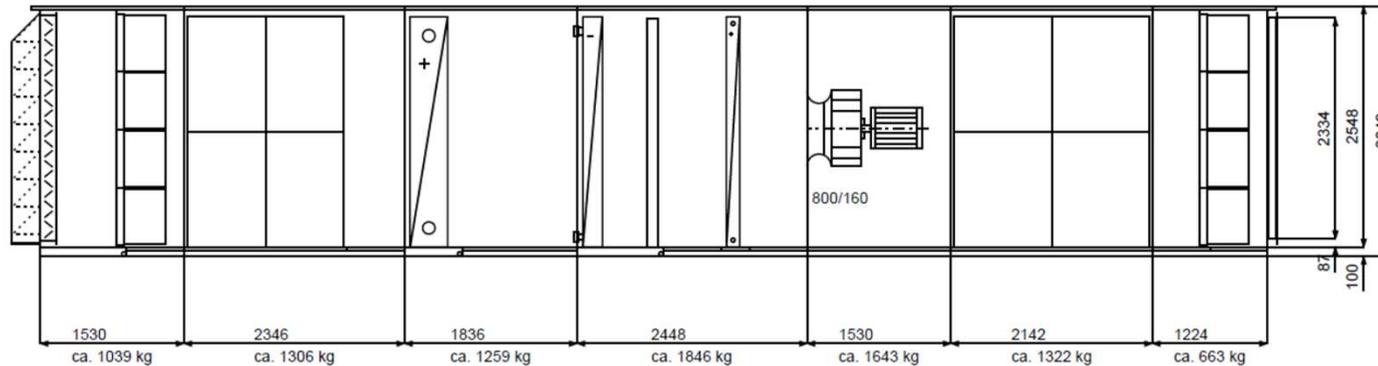


Hydraulikstation mit Doppelpumpe und Wärmeeinspeisung

Zuluft mit Entfeuchtungs-kälterückgewinnung

Abluft mit zweistufiger hybrider Befeuchtung und Rückkühlfunktion

Verknüpfung mehrerer Zu- und Abluftgeräte



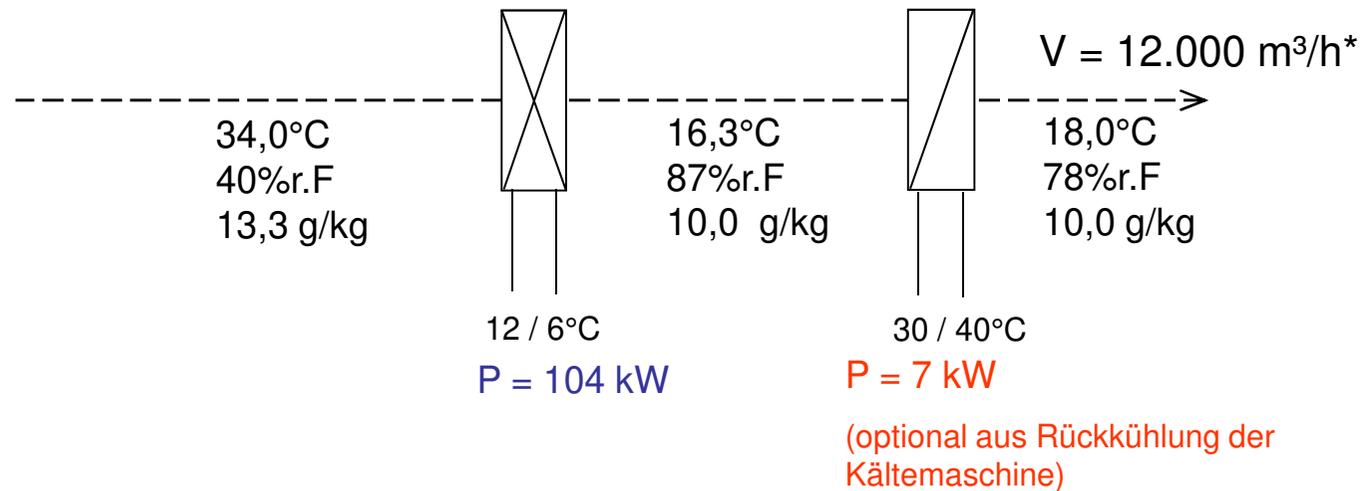
Luftmenge 40.137m<sup>3</sup>/h

**robatherm**  
the air handling company

Gerätetyp	RL 24/30
Projekt	Durlacher Allee, Karlsruhe
Anlage / Position	Zuluft Anlage 5 / ERG 4
Angebotsnummer	1808648.43
Bearbeiter / Datum	CON / 16.04.2019

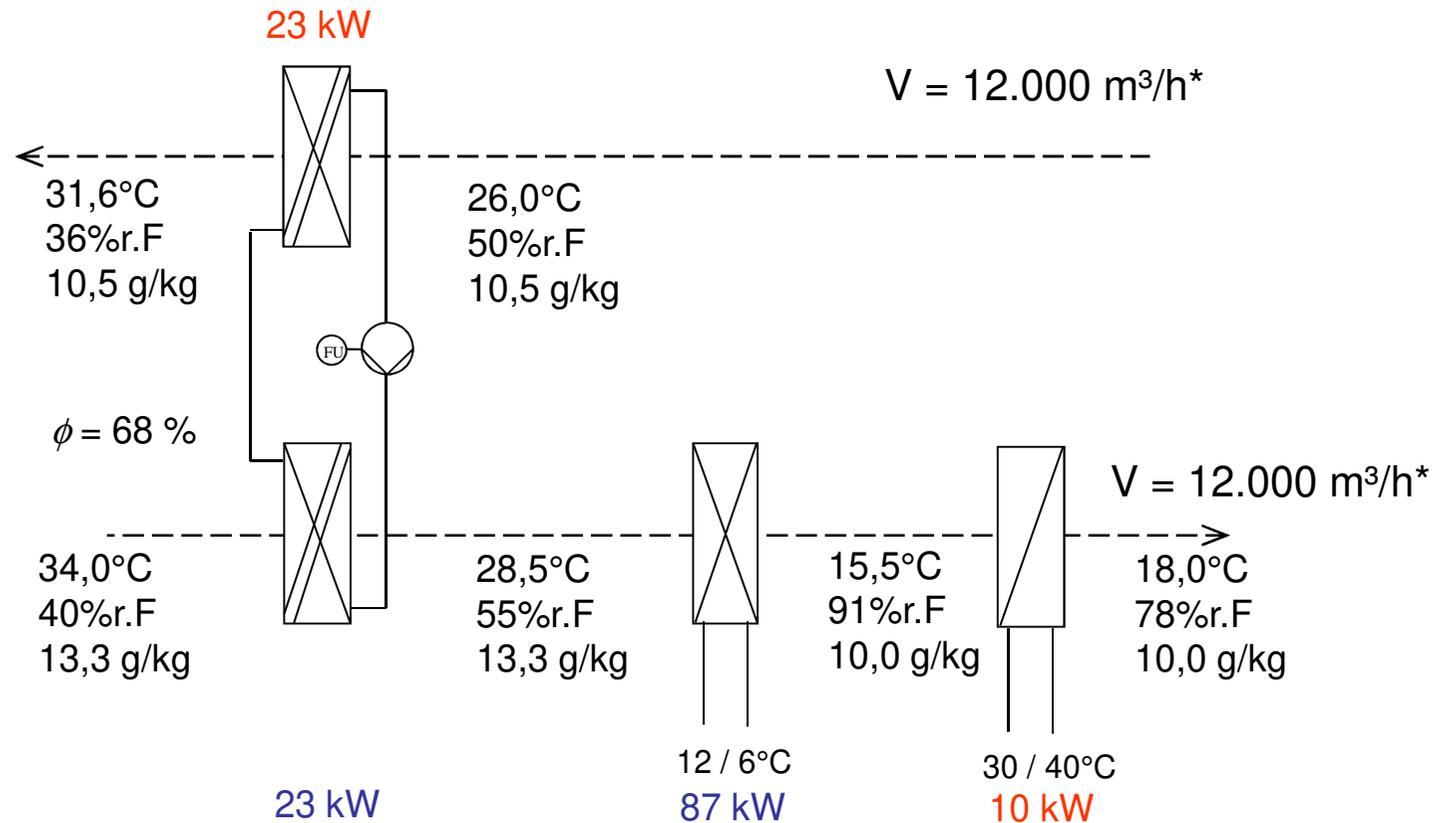
Geräteausführung und Lieferumfang siehe technisches Datenblatt! Die angegebenen Abmessungen beinhalten keine Medienanschlüsse und keine Feldgeräte! (INTAP Vers. 2.43)

## V01 Referenz: Entfeuchtung und Nacherhitzung ohne WRG

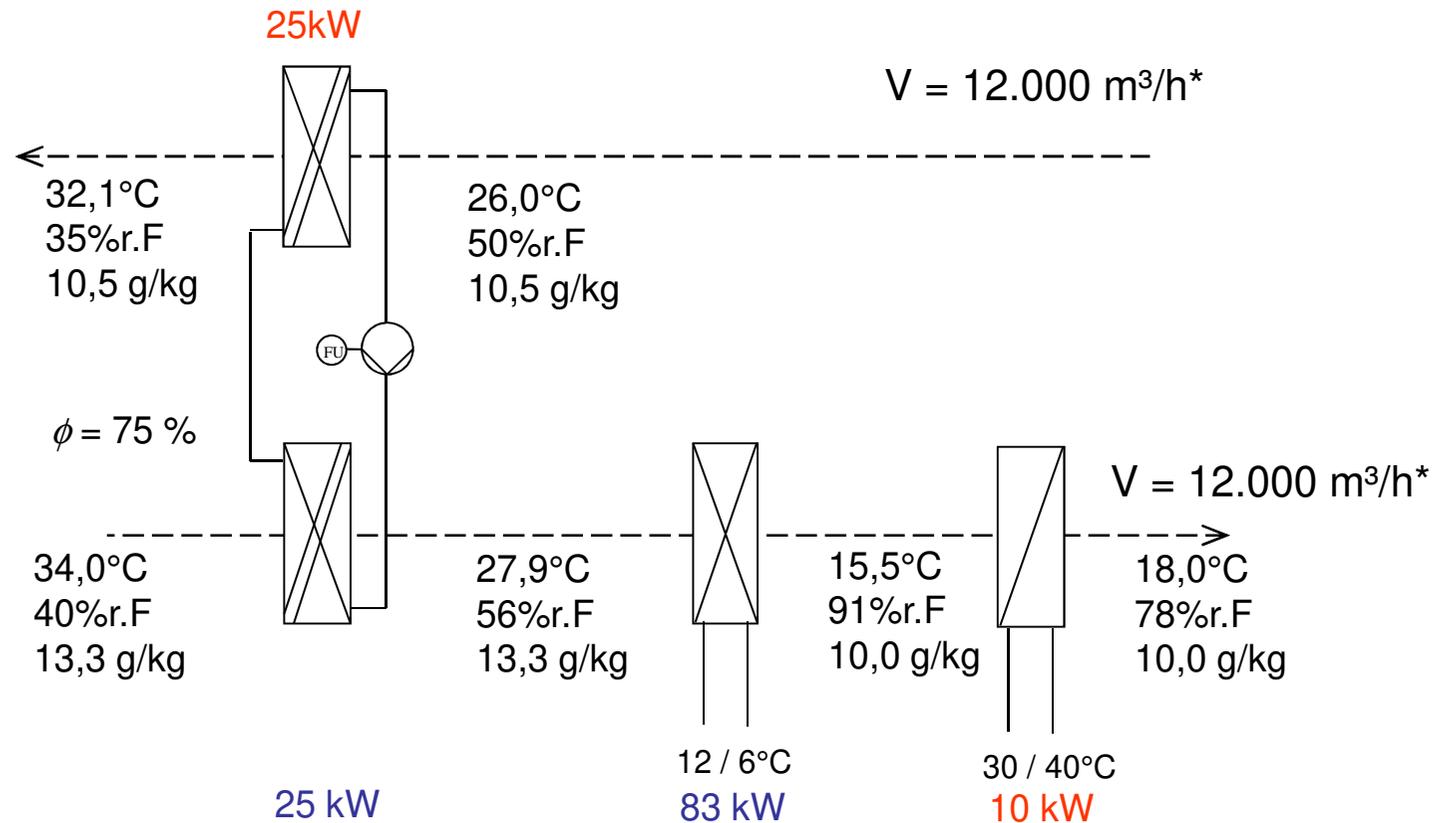


\* Luftmenge bezogen auf 20°C

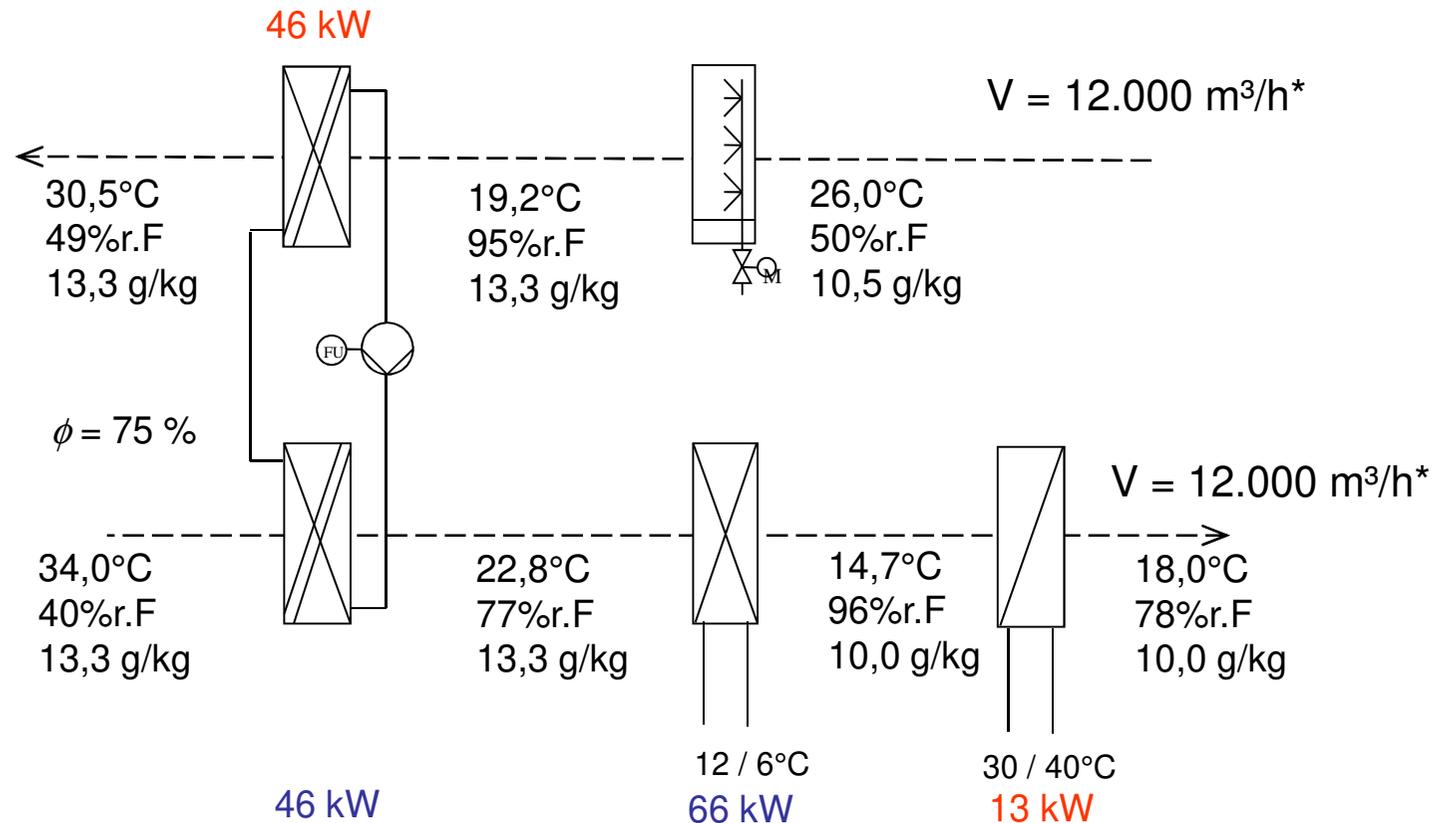
## V02a: KV-System + Entfeuchtung und Nacherhitzung



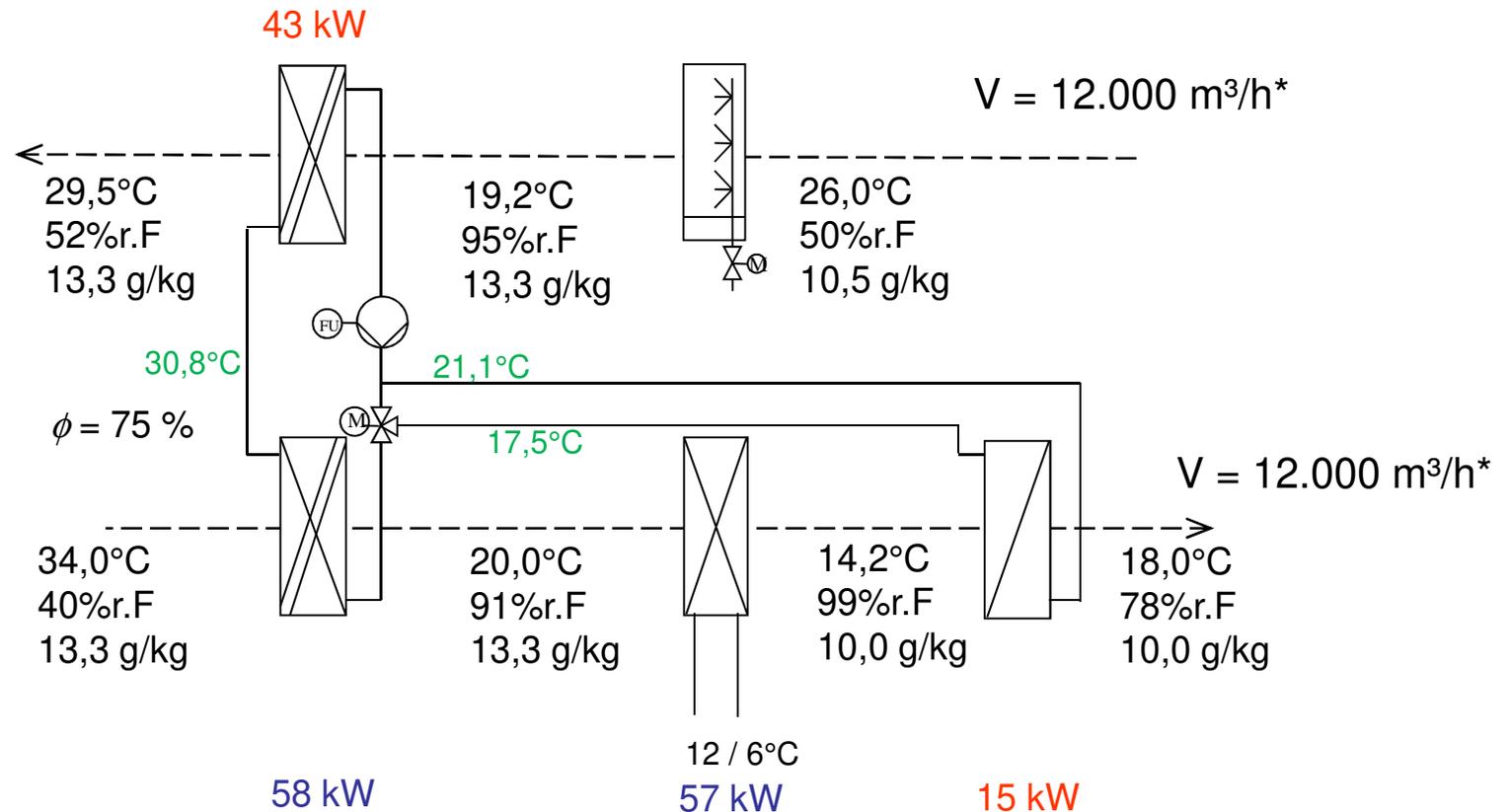
## V02b: KV-System + Entfeuchtung und Nacherhitzung



## V03: KVS mit adiabater Kühlung + Entfeuchtung und Nacherhitzung

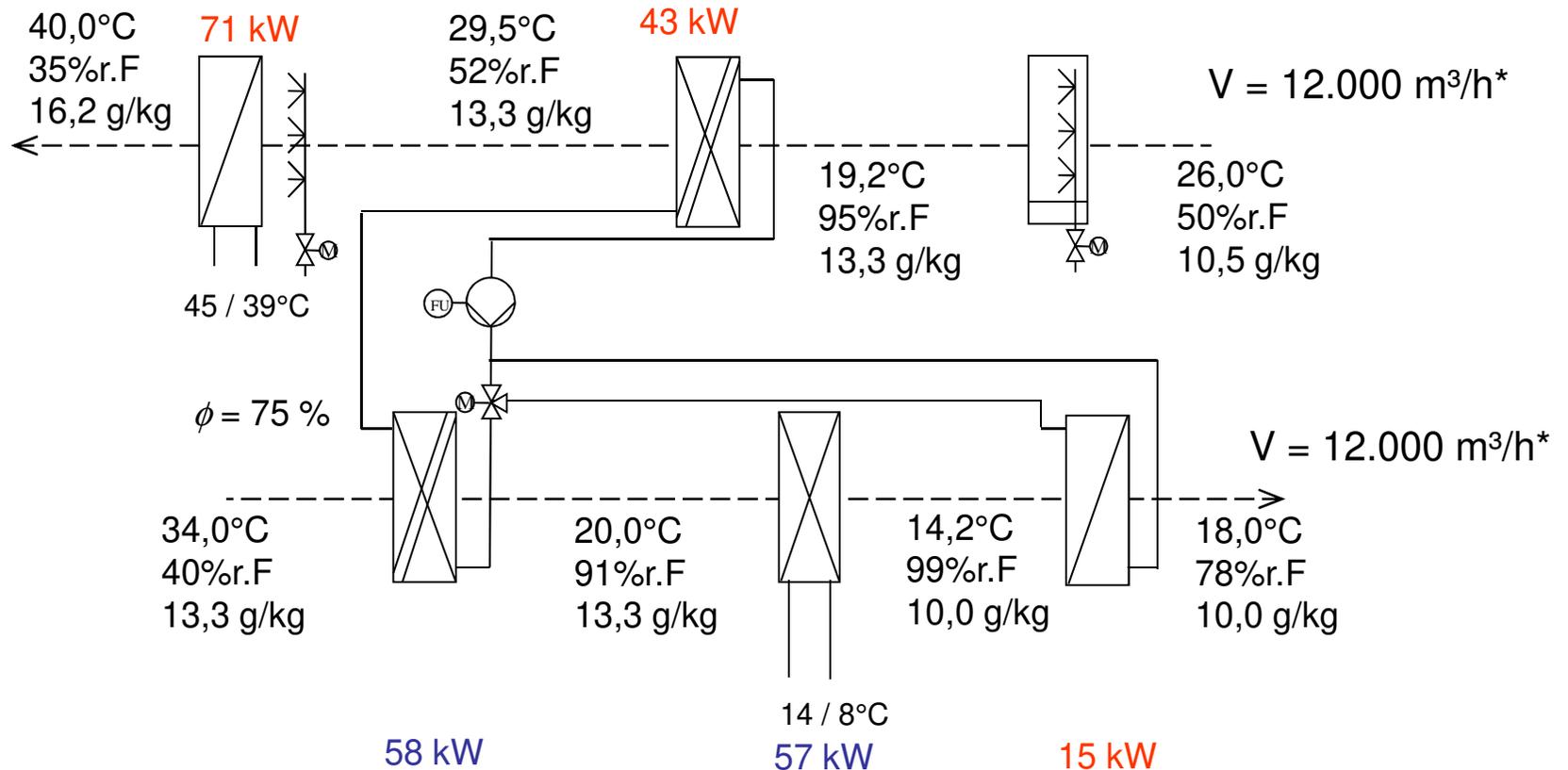


## V04: KVS mit adiabater Kühlung + Entfeuchtung und Entfeuchtungsrückgewinnung



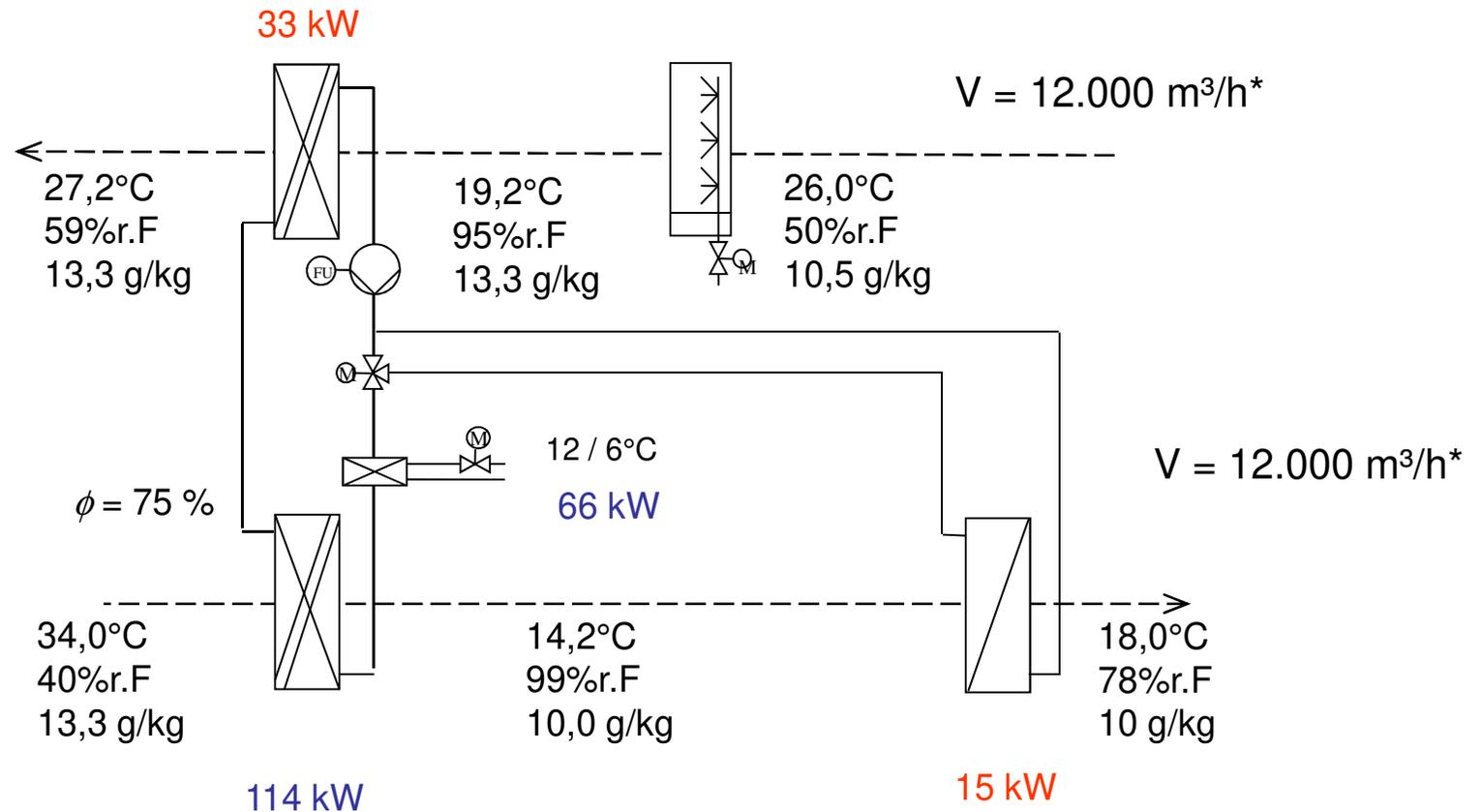


## V04c: KVS mit adiabater Kühlung + Entfeuchtung und Entfeuchtungsrückgew. + hybr. Rückkühlung



Kühler mit vergrößerter Fläche und höherer Kaltwassertemperatur

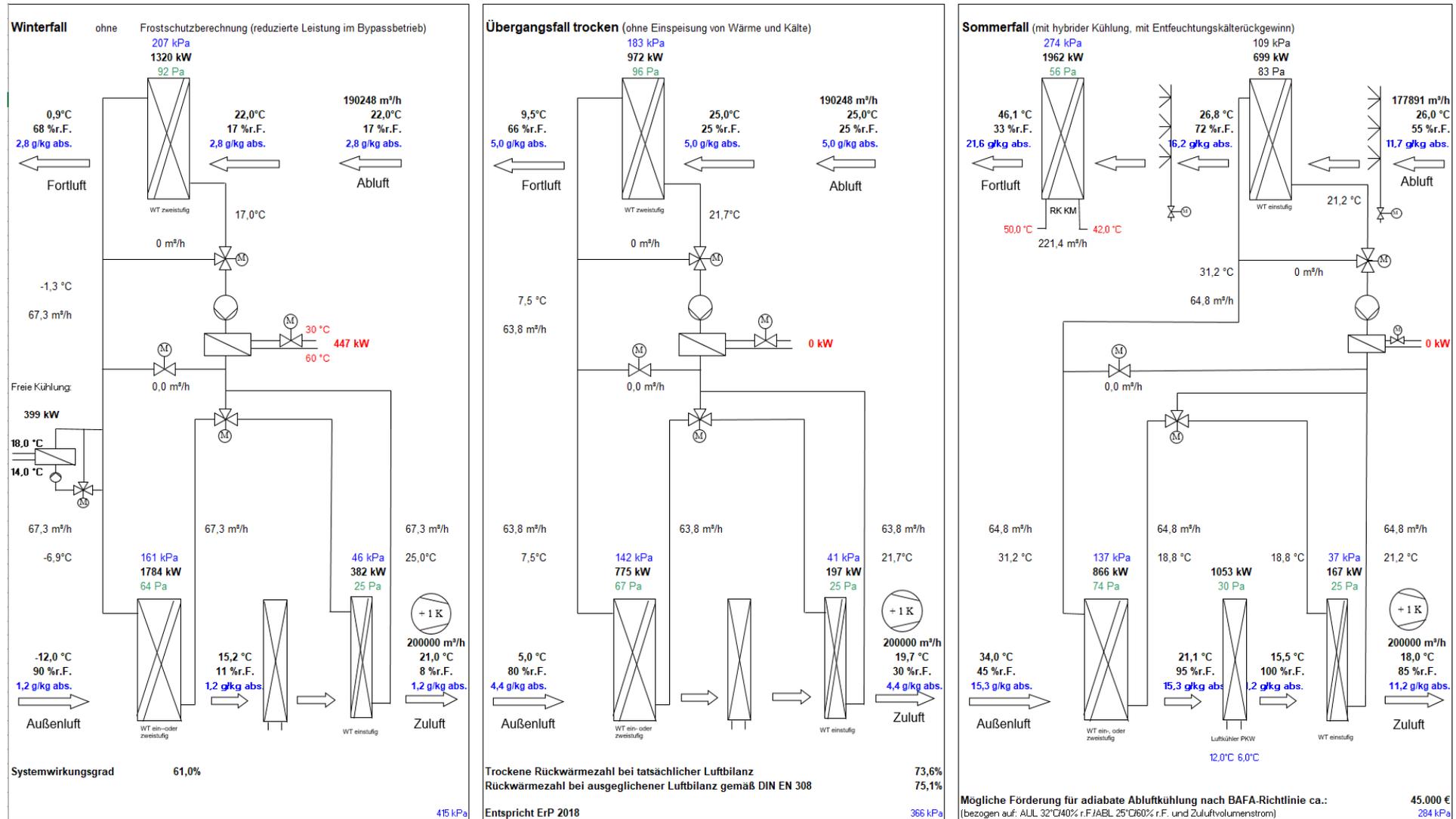
## V05: KVS mit adiabater Kühlung integr. Entfeuchtung und Entfeuchtungsrückgewinnung



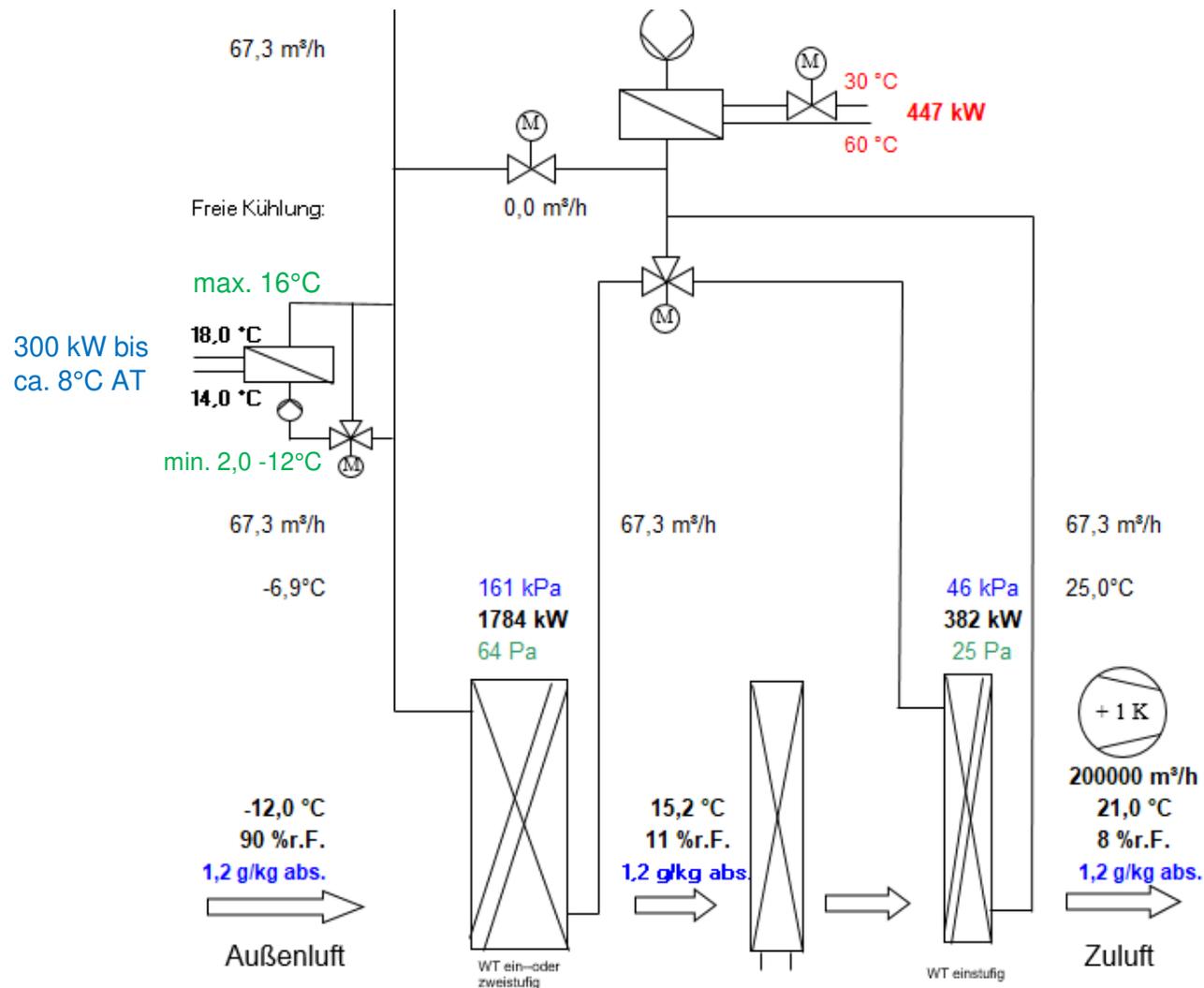
		Var 1	Var 2a	Var 2b	Var 3	Var 4	Var 5
<b>Anlagen 200.000 m³/h</b>		Kühler + Erhitzer	WRG + Kühler + Erhitzer (ErP 2018)	WRG + Kühler + Erhitzer	adiab. Kühlung + Kühler + Erhitzer	zus. Entfeuchtungsrückgew.	integr. PWT Kälte
Rückwärmzahl	[%]	0	68	75	75	75	75
ext. Kälteleistung	[kW]	1664	1392	1328	1056	912	1056
ext. Heizleistung Sommer	[kW]	112	160	160	208	0	0
ext. Heizleistung Winter -16°C	[kW]	2112	736	512	512	512	512
Nachheizung Sommer	[MWh]	336	336	336	336	0	0
Heizenergie Winter	[MWh]	7360	1664	1088	1088	1088	1088
Kühlenergie (Wetterdaten: Karlsruhe)	[MWh]	1184	1164,8	1163,2	976	651,2	683,2
El. Energie (luftseitige Druckverluste)	[MWh]	155	578	405	440	371	311
Energiekosten *	[€/a]	526.400	302.400	248.000	235.200	174.400	169.600
Einsparung rel. Komponenten		-	0%	18%	22%	42%	44%

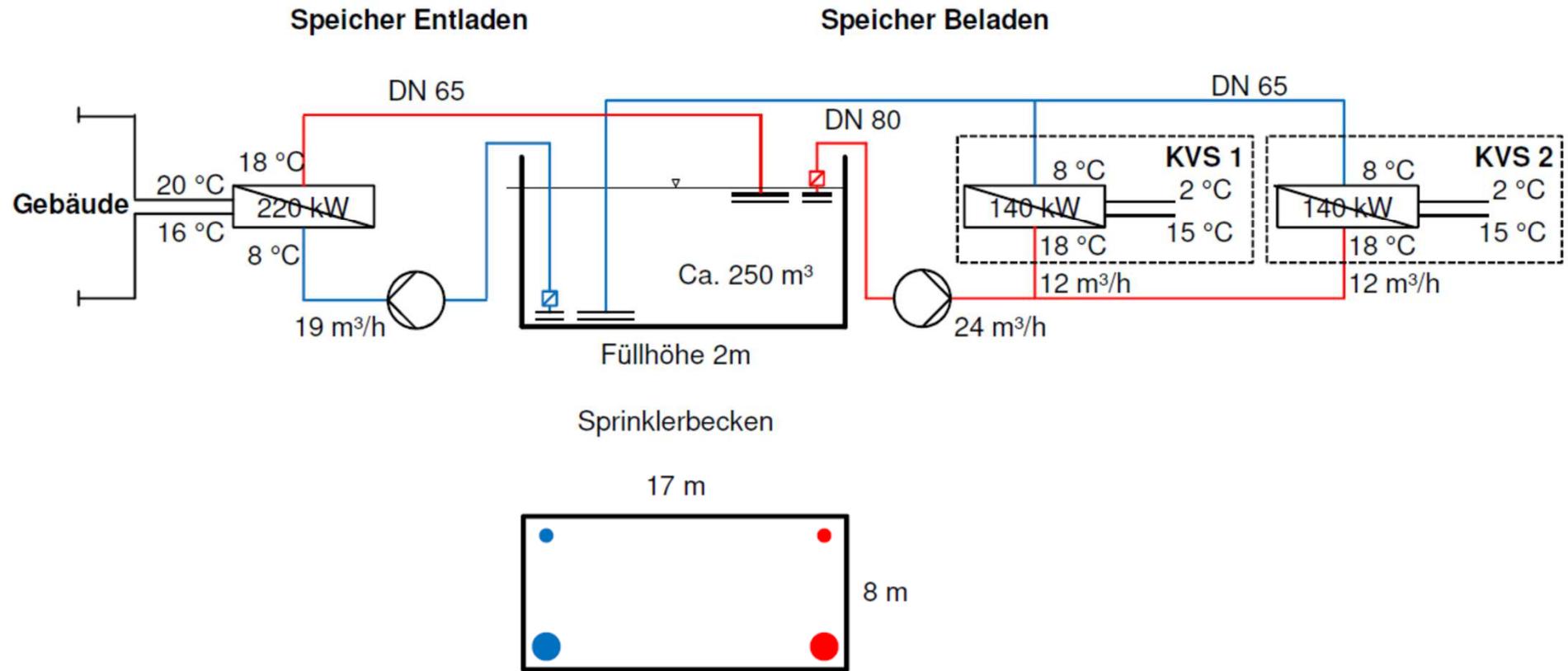
\* 50 €/MWh Heizung, 100 €/MWh Kälte, 150 €/MWh Strom

## Systemauslegung: Durlacher Allee



## Winterbetrieb bei -12°C







## Dienstleistung und Lieferung von TAUT und Partnern

- Konzepterstellung und individuelle Planung von HKVS und Dimensionierung aller erforderlichen Komponenten (prinzipiell fabrikatsunabhängig).
- Ermittlung des wirtschaftlichen Optimums und aller energetischen Betrachtungen
- Projektbegleitung vom Konzept bis zur Abnahme und Leistungsmessung möglich.
- Monitoring im laufenden Betrieb
- Zusammenarbeit mit Planungsbüros, dem Geräte- bzw. Anlagenbauer oder dem Bauherrn.
- Lieferung von Komponenten über Fa. Walter Müller AG / GmbH (Regelung und Hydraulik) und / oder BETAL GmbH (Wärmeübertrager und Befeuchtung).
- Komplettsysteme über die Fa. Walter Müller GmbH.



# Modul Wärmeübertrager für Retrofit

