

## Diplomarbeit Nr. 5/2023

# Optimierung der Kälteversorgung bei der FEV Dauerlaufprüfzentrum GmbH



## Bearbeiter: Benjamin Reinhard Goedecke

### Aufgabenstellung

In der FEV Dauerlaufprüfzentrum GmbH, kurz DLP, werden Fahrzeugantriebe im Rahmen des Dauerlaufs getestet. Zur Versorgung der Prüfstandtechnik steht ein Anlagenpark zur Konditionierung verschiedener Medien zur Verfügung. Ein Problem stellt dar, dass an heißen Tagen die Kältemaschinen (Vorlauftemperatur 6 °C) aufgrund ihrer Aufstell- und Betriebsbedingungen sowie der zur Verfügung stehenden Gesamtkälteleistung die Solltemperaturen nicht mehr einhalten können. Dies führt sukzessive zur Abschaltung von Prüfständen, was aus wirtschaftlichen Gründen nicht akzeptabel ist. Als Lösungsansatz bietet sich die adiabatische Kühlung der angesaugten Luft an.

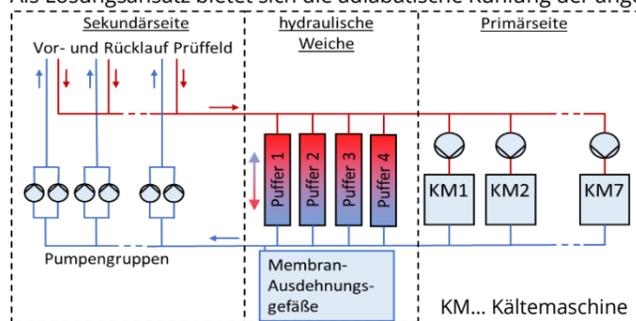


Abb. 1: Grobschema des K6-Systems



Abb. 2: Blick auf den Anlagenpark in Richtung Westen

### Motivation

Das sogenannte K6 ist das teuerste und gleichzeitig wichtigste Medium am Standort. Der K6-Jahresstromverbrauch von 1,5 GWh (2022) beträgt 17 % des Gesamtverbrauchs des DLP. Jede lufttechnische Anlage, die Server und Prüfstandssteuerungen, die wassergekühlten Tiefkältemaschine sowie mobile Aggregate sind an das K6 angeschlossen. Ab einer K6-Temperatur von 12 °C kommt es zur manuellen Zwangsabschaltung von Prüfständen.

### Steckbrief der Bestandsanlage

- Gesamtkälteleistung 6,7 MW, elektrische Leistung 2,2 MW
- 7 luftgekühlte Kompressionskältemaschinen (6x Schrauben- und 1x Radialverdichter)
- Sollwert- und Zuschaltvorgaben durch Anlagenleittechnik
- Autarke Regelung jeder einzelnen Kältemaschine
- Zwischenkreis 34 % Glykol/Wasser

### Analyse der Kreisprozesse der Kältemaschine

Der ermittelte EER ist stark abhängig von der Außentemperatur: Bei 20 °C liegt er bei 3,25, bei 30 °C erreicht die untersuchte Maschine einen EER von 1,75 bis sogar 1,2. Bei zu hoher Ansaugtemperatur ist eine deutlich höhere Verflüssigungstemperatur und damit ein höherer Verflüssigungsdruck nötig. Die hohe Verdichterarbeit bedeutet auch hohe Öltemperaturen, bis es zum Erreichen der Abschaltgrenze von 91 °C kommt. Durch Verminderung der Kühlleistung kann die Solltemperatur des K6 nicht mehr gehalten werden.



Abb. 3: Abluft gelangt vor die Verflüssiger

### Detektion des Strömungs- und Temperaturfeldes

Es wurden Temperaturdifferenzen zwischen Umgebung und Zuluft vor den Verflüssigern von 13 K festgestellt, die sich mit Kurzschlüssen zwischen Zuluft und warmer Abluft begründen lassen. Durch die dichte und windgeschützte Anordnung/Umbauung ist die Frischluftzufuhr nicht ausreichend vorhanden. Besonders im mittleren Bereich der Maschine treten Temperaturspitzen auf.

### Optimierungskonzepte

- Ölkreislauf der Kältemaschine thermisch konditionieren
- Strömungsoptimierung der Umgebungsluft
- Rückkühlung des Kältemittels vor dem Verflüssiger über K40, Wärmerückgewinnung
- offene Verdunstungskühlung:
  - Füllkörperberieselung, Netze
  - Wassernebel → Vorzugsvariante

### Auslegung der offenen Verdunstungskühlung

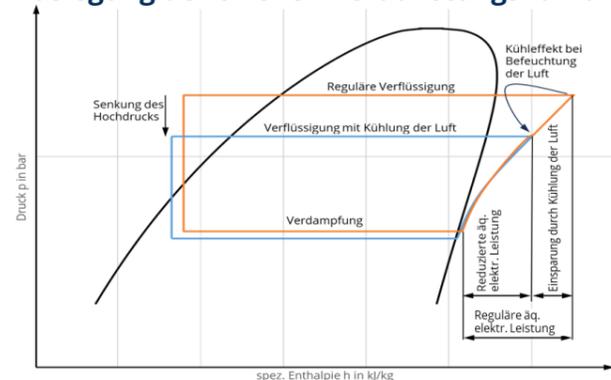


Abb. 4: Schematisches Druck-Enthalpie-(lg p, h)-Diagramm des Kreisprozesses der Kältemaschine bei Abkühlung der Umgebungsluft

Die Verdunstungskühlung wird als Hochdrucksystem ( $p_{\text{nenn}} = 100 \text{ bar}$ ) ausgeführt. Die 352 Hohlkegeldüsen erzeugen ein feines Tropfenspektrum mit einem Sauterdurchmesser von 20  $\mu\text{m}$  bei 100 bar und 37  $\mu\text{m}$  bei 20 bar. Der Volumenstrom an Wasser kann über den Düsenvordruck mittels einer FU-geregelten Hubkolbenpumpe variiert werden. Hierfür sind alle

notwendigen Berechnungen in die Regelung implementiert.

**Gesetzliche Anforderungen nach 42. BImSchV müssen eingehalten werden!**

Das System verfügt über eine Wasserenthärtung und eine Desinfektionseinrichtung mit Ultraschall und UV-Licht. Diese ist hochwirksam gegen Legionellen, auch in Amöben.

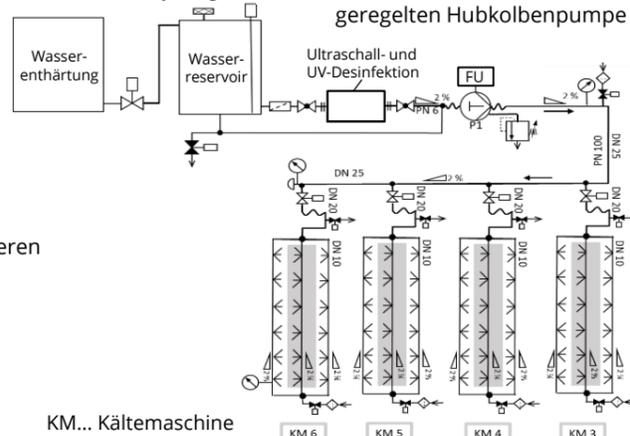


Abb. 5: Anlagenschema der Verdunstungskühlung

In Zusammenarbeit mit der FEV Dauerlaufprüfzentrum GmbH