

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
1. Einleitung	1
2. Geräteaufbau	2
3. Anlagenschema	3
4. Kondensatoraufbau (Verflüssiger)	5
4.1 Technische Daten der Geräteauslegung in tabellarischer Form	6
4.2 Sicherheitseinrichtungen	6
4.3 Messgrößen und Anzeigen	7
4.4 Messwerterfassungskarte PC	8
4.5 Software	8
5. Sicherheitshinweise	8
5.1 Allgemeine Sicherheitshinweise	9
6. Vorbereitungsschritte zur Inbetriebnahme	10
6.1 Überprüfen der digitalen Temperaturanzeigen	12
6.1.1 Anordnung der Digitalanzeigen	12
6.2 Behälter auffüllen bzw. nachfüllen	13
6.3 Entfernen der Luft im Behälter	16
6.3.1 Vorgehensweise beim Entlüftungsvorgang	16
6.4 Einstellung des Kühlkreislaufes	17
6.4.1 Ablaufplan: Kühlung einstellen	18
7. Berechnung	19
7.1 Ablaufschema der Berechnung	19
7.1.1 Ermittlung der mittleren Kühlwassertemperatur	19
7.1.2 Ermittlung des abgeführten Wärmestroms Q	19
7.1.3 Ermittlung des Wärmeübertragungskoeffizienten α	20
8. Aufgabenstellung	21

1 Einleitung

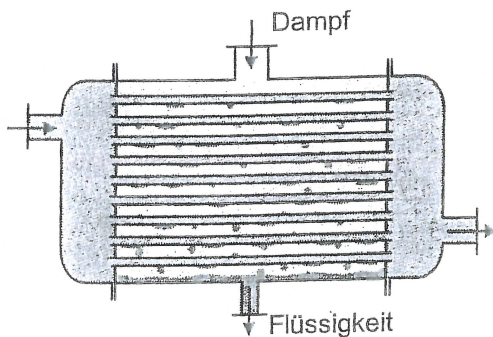


Abb. 1. Aufbau eines Kondensators

Bei Konstruktion und Bau von **Kondensatoren** in Kraftwerken und verfahrenstechnischen Anlagen ist die Kenntnis über den Kondensationsvorgang eine wichtige Voraussetzung.

Mit dem Versuchsstand **WL230 Kondensationsprozess mit PC-gestützter Meßdatenerfassung** kann der Kondensationsprozess an gekühlten Rohren sichtbar gemacht werden. Insbesondere die unterschiedlichen Kondensationsformen wie **Tropfen- und Filmkondensation** können demonstriert werden.

Weiterhin kann der **Einfluß von Druck , Temperatur und Luftgehalt** im Dampf auf den Kondensationsprozess experimentell untersucht werden.

Der Kondensationsprozess findet in einem Glaszylinder statt, so daß der Kondensationsvorgang gut sichtbar ist.

Der Versuchsstand wird mit **destilliertem Wasser** im Unterdruckbereich betrieben. Damit bleibt das Temperaturniveau auf unter 100°C beschränkt und die Ergebnisse sind auf die Praxis leicht übertragbar. Weiterhin gibt es keine Lagerungs- und Entsorgungsprobleme wie bei leichtsiedenden Spezialflüssigkeiten.

Der Versuchsstand ist für den **Ausbildungs- und Versuchsbereich** bestimmt.

2 Geräteaufbau

Mit der Abbildung 2 ist der Geräteaufbau beschrieben.

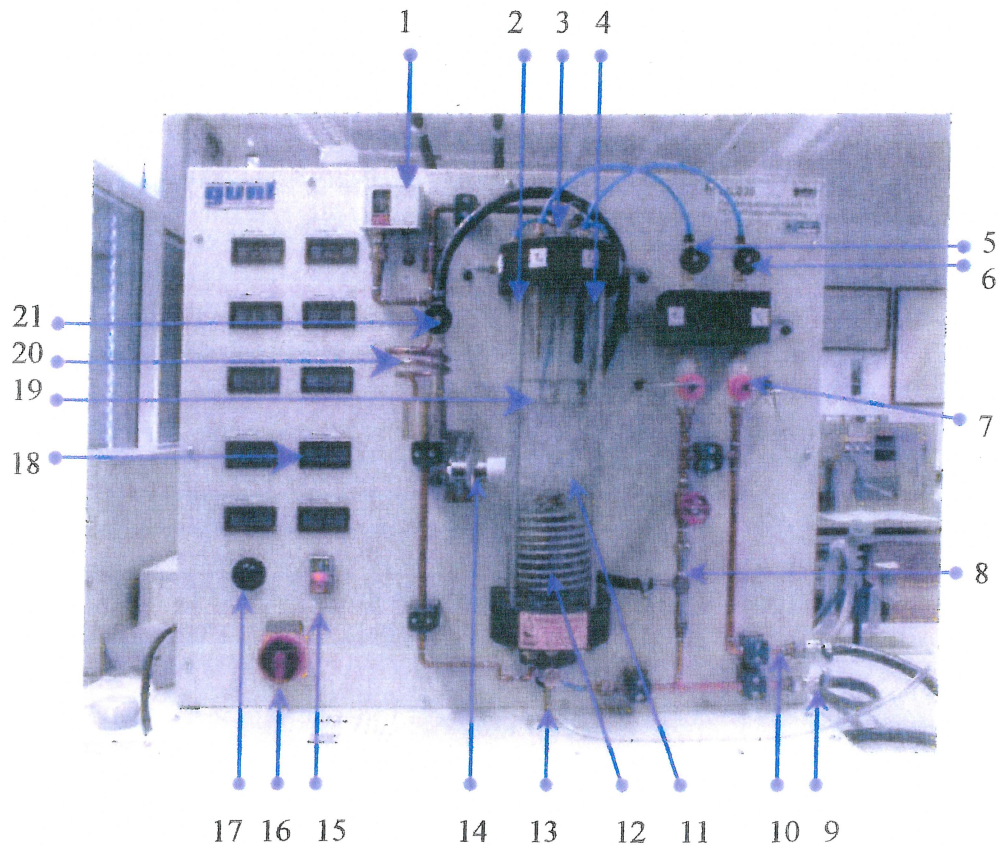


Abbildung 2- Aufbau des Versuchstandes

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 Druckwächter | 11 Behälter |
| 2 Tropfenkondensator | 12 Heizwendel |
| 3 Temperaturfühler t_7 | 13 Füll und Ablassventil Behälter |
| 4 Filmkondensator | 14 Wasserstandwächter |
| 5 Regulierventile Kühlwasserseite
Tropfenkondensation. | 15 Heizungsschalter |
| 6 Regulierventile Kühlwasserseite
Filmkondensation | 16 Hauptschalter |
| 7 Durchflussmesser F_1, F_2 | 17 Heizungsregler |
| 8 Vakuumpumpe | 18 Digitalanzeigen |
| 9 Kühlwasserabfluss | 19 Tropfenabscheider |
| 10 Kühlwasserzufluss | 20 Kondensatabscheider |
| | 21 Regulierventil für
Vakuumpumpe |

2 Geräteaufbau

Mit der Abbildung 2 ist der Geräteaufbau beschrieben.

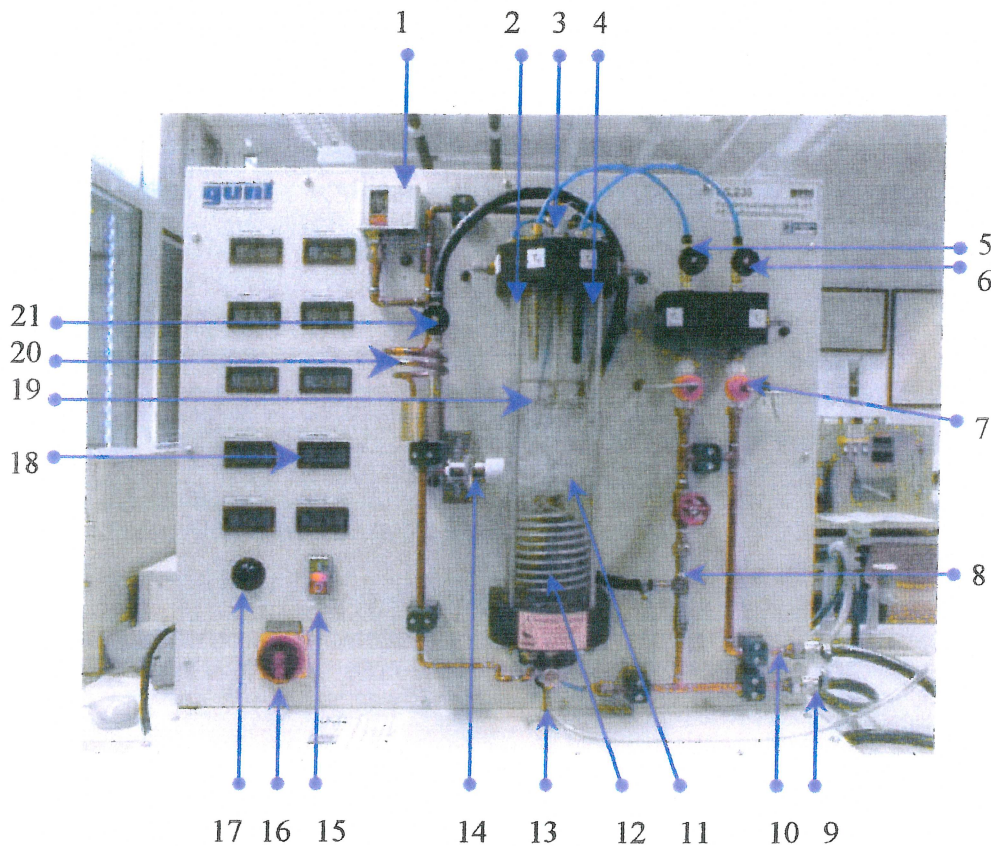


Abbildung 2: Aufbau des Versuchstandes

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 Druckwächter | 11 Behälter |
| 2 Tropfenkondensator | 12 Heizwendel |
| 3 Temperaturfühler t_7 | 13 Füll und Ablassventil Behälter |
| 4 Filmkondensator | 14 Wasserstandwächter |
| 5 Regulierventile Kühlwasserseite
Tropfenkondensation. | 15 Heizungsschalter |
| 6 Regulierventile Kühlwasserseite
Filmkondensation | 16 Hauptschalter |
| 7 Durchflussmesser F_1, F_2 | 17 Heizungsregler |
| 8 Vakuumpumpe | 18 Digitalanzeigen |
| 9 Kühlwasserabfluss | 19 Tropfenabscheider |
| 10 Kühlwasserzufluss | 20 Kondensatabscheider |
| | 21 Regulierventil für
Vakuumpumpe |

3 Anlagenschema

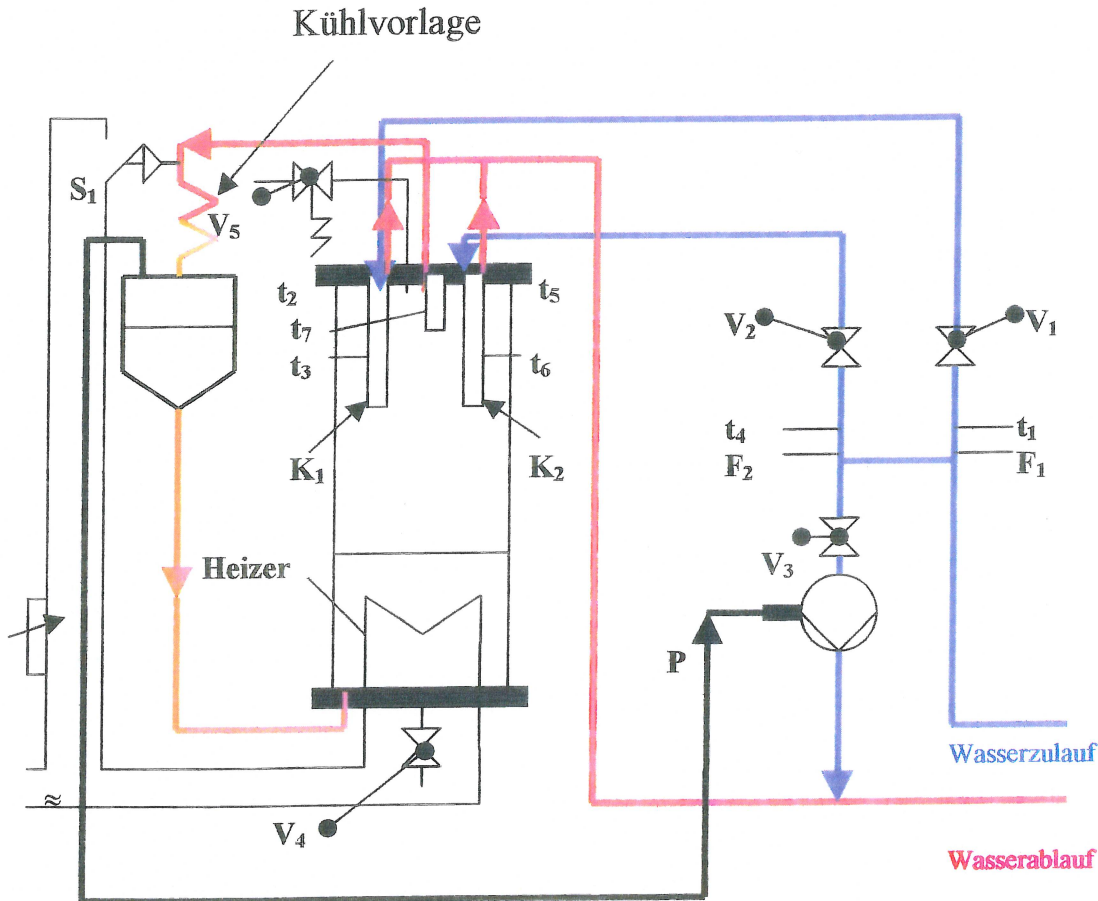


Abbildung 3. Anlagenschema

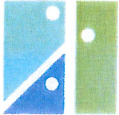
Anlagenschema

Die beiden Kondensatorrohre K_1 , K_2 sind im oberen Teil des Behälters angebracht. Die linke Seite K_1 ist poliert und vergoldet ausgeführt zum Erzielen einer Tropfenkondensation. Die rechte Seite K_2 ist matt aus Kupfer zum Erzielen einer Filmkondensation. Sie werden von innen mit Kühlwasser durchströmt (Siehe hierzu auch 4. Kondensatoraufbau).

Die vom Sattdampf, an die Kondensatorrohre abgegebene Wärme kann über die Messung der Zu- und Ablauftemperatur (t_1 und t_2 bzw. t_4 und t_5) sowie des Mengenstroms (F_1 bzw. F_2) bestimmt werden.

Der Kühlwasserstrom wird über die Regulierventile V_1 bzw. V_2 eingestellt.

Der Anzeigebereich des Mengenstroms beträgt 0-199 l/h. Werden die Ventile weiter geöffnet, erlischt die Digitalanzeige. Da der Kühlwasserstrom des jeweiligen Kondensatorrohres von der gleichen Wasserleitung versorgt wird und dadurch beeinflusst wird, ist der Betrieb nur einer Seite möglich. Es erfolgt also entweder Tropfen- oder Filmkondensation.

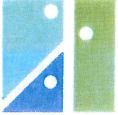


Im unterem Teil des Behälters befindet sich der in der Leistung einstellbare Heizer, der in Form einer Heizwendel ausgeführt ist, und mit einer Leistung zwischen 0-3000 Watt arbeitet.

Die Anzeige t_7 zeigt die Behältertemperatur bzw. die Sattdampf - Temperatur an. Der absolute Behälterdruck wird über p_{abs} gemessen. Das Sicherheitsventil V_5 öffnet sich bei einem Überdruck $\geq 1,2$ bar. Der Druckwächter S_1 schaltet den Heizer bei unzulässigem Überdruck ab. Mit Hilfe der Wasserstrahlpumpe kann der Behälter bis $p \approx 0,3$ bar evakuiert werden (Siehe hierzu auch 6.3 Entfernen der Luft).

Ein in der Wasserstrahlpumpe befindliches Rückschlagventil verhindert ein Rückströmen von Wasser in den Behälter. Kühlvorlage und Wasserabscheider verringern den Verlust von Flüssigkeit, die in Form von Dampf beim Entlüftungsvorgang entweicht. Das abgeschiedene Wasser fließt dem Behälter wieder zu.

Das Ventil V_4 ist für das Entleeren und Befüllen mit destilliertem Wasser des Gefäßes zuständig, wobei man beim Füllen den Unterdruck im Behälter ausnutzt und das destillierte H_2O hereinsaugt.



4 Kondensatoraufbau (Verflüssiger)

Der Versuchstand ist mit zwei Kondensatorrohren ausgerüstet, die im Behälterdeckel eingesetzt sind.

Die Kondensatorrohre werden längs mit Kühlwasser durchspült. Das eintretende Kühlwasser wird zunächst durch ein Tauchrohr an das untere Ende geleitet und strömt dann an der inneren Wandung des Kondensators nach oben. Das Tauchrohr gewährleistet somit eine gleichmäßige Kühlung über die gesamte Länge. Die Kondensatoren sind aus Kupfer aufgebaut, um eine hohe Wärmeleitfähigkeit sicherzustellen. Der linke Kondensator ist zusätzlich vergoldet und poliert, um eine Tropfenkondensation zu erzielen. Die rechte Seite ist kupfermatt, um eine Filmkondensation zu erzielen. Mit Hilfe zweier (Thermoelemente (wird je die Oberflächentemperatur ermittelt und über die Digitalanzeige (t_3 = Tropfenkondensation; t_6 = Filmkondensation) angezeigt)).

Das erwärmte Kühlwasser wird am Kondensatoraustritt mit einem PTC – Sensor im Deckel gemessen.

Abmessungen des Kondensatorrohres

Außendurchmesser: 12 mm

gekühlte Länge: 96 mm

gekühlte Oberfläche: 36.18 cm²

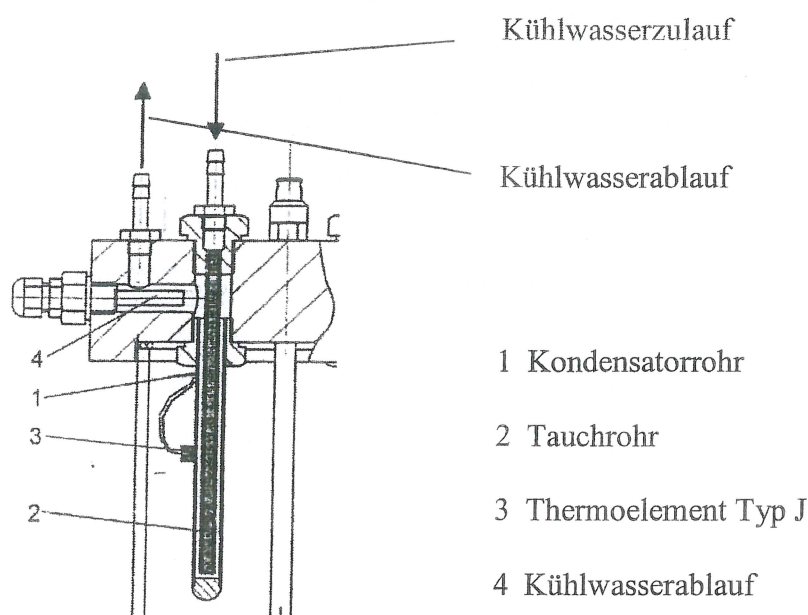
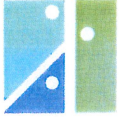


Abbildung 4. Rohrcondensator im Schnitt



4.1 Technische Daten der Geräteauslegung in tabellarischer Form

▪ Abmessungen

L * B * H	900 * 455 * 820 mm
Gewicht	65 kg

▪ Versorgung

Elektrisch	230 V 50 Hz 16 A (120 V 60 Hz 32 A)
------------	--

Kaltwasserbedarf max.	199 l/h
--------------------------	---------

Kaltwasserdruck min.	1 bar
-------------------------	-------

▪ Prozessbehälter

Volumen	2.850 l
Verdampfungsflüssigkeit	destilliertes H ₂ O
Füllmenge	ca. 1.1 l
Druckbereich, p _{abs.} :	0,1-1,0 bar, abs.

4.2 Sicherheitseinrichtungen

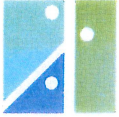
Pressostat	2 bar, abs.
------------	-------------

Sicherheitsventil	1,2 bar, abs.
-------------------	---------------

▪ Wasserstrahlpumpe

Wasserstrom:	240 – 720 l/h
--------------	---------------

Endvakuum bei 0,5 bar Wasserdruck
und 14°C Wassertemperatur 16 mbar.



▪ **Kondensator**

Außendurchmesser:	12 mm
gekühlte Länge:	96 mm
gekühlte Oberfläche:	36.18 cm ²
Oberflächenqualität:	Tropfenkondensation Filmkondensation
	Gold, poliert Kupfer, matt
Kühlwasserstrom	0 - 199l/h

▪ **Heizer**

Heizleistung, einstellbar	0 - 3000 W
---------------------------	------------

4.3 Messgrößen und Anzeigen

▪ **Temperatur**

Kühlwasserein – und austritt

Dampf Temperatur:

PTC - Sensor mit Transmitter

Messbereich: 0 – 100 °C

Ausgang: 0 – 5 V

Oberflächenkondensator

Thermoelement J mit Transmitter

Messbereich: 0 – 200 °C

Ausgang: 0 – 5 V

▪ **Durchfluss**

Messturbinen mit Transmitter

Messbereich: 12 – 199,9 l/h

Ausgang: 0 – 5 V

▪ **Druck**

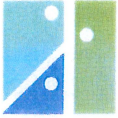
Elektronischer Drucksensor

Messbereich: 0 - 4 bar, abs.

Ausgang: 0 – 10 V

▪ **Anzeigen**

LCD – Anzeigen 3 ½ digital



4.4 Messwerterfassungskarte PC

Analogeingänge:	16 * 0 – 10 V, unipolar
Analogausgänge:	16 * 0 – 10 V, unipolar
Digitaleingänge:	8 * TTL
Digitalausgänge:	8 * TTL, gepuffert
Zähler:	1 * 16 bit

4.5 Software

Runtime – Version von Visual Designer wird komplett konfiguriert. Die Software erlaubt eine online Darstellung aller Messgrößen. Die Messwerte werden graphisch in der Form eines Linienschreibers und numerisch angezeigt. Wichtige Kenngrößen werden online aus den Messgrößen berechnet.

5 Sicherheitshinweise

Ausgehende Gefahren vom Versuchsstand auf die bedienende Person/ en während des Laborbetriebes

**Achtung ! Unbedingt durchlesen
Verbrennungs - und Verbrühungsgefahr**

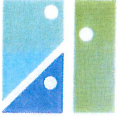


Der Behälter eines Polymethylmethacrylat (Plexiglas – PMMA – Zylinder) mit Peripherie wie Kondensatabscheider kann Temperaturen von bis zu 100 C° aufweisen.

Es ist darauf zu achten, dass nur die zur Bedienung notwendigen Schalter und Ventile berührt werden und Sicherheitsabstand vom Gerät eingehalten wird.

Beim Bedienen des Füll – und Ablassventil V₄ kann heißes Wasser austreten!

Der Versuch ist abzubrechen bei Austreten von Wasser aus dem inneren oder äußeren Bereich!



Achtung Stromschlag!



Versuchsstand WL 230, Personal – Computer mit Monitor
vor Wasser und Feuchtigkeit schützen.

Achtung Brand – und Explosionsgefahr!



Das Gerät ist ausgelegt für den Betrieb mit destilliertem Wasser,
bei brennbaren Flüssigkeiten wie Azeton, Äther, Alkohol besteht bei
Überhitzung der Heizwendel Brand – und Explosionsgefahr.

>> **Lebensgefahr** <<

Der Betrieb ist nur mit destilliertem bzw. entsalztem Wasser zulässig!

Ausgehende Gefahren für Gerät und Funktion während des Laborbetriebs:

Überhitzungsgefahr! Durchbrennen des Heizers



Heizer ist nur einzuschalten, wenn der Wasserstand im Behälter
3-4 cm oberhalb der Heizwendel liegt.

Wasserstand kontrollieren Siehe hierzu Kapitel: Behälter auffüllen.

Verschmutzung der Kondensatoren
und Verschlechterung des Wärmeüberganges



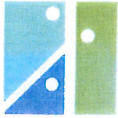
Behälter (PMMA – Zylinder) nur mit sauberem destillierten Wasser
auffüllen.

Heizer, Dichtungen und Materialien sind auf den Betrieb mit destilliertem
Wasser abgestimmt.

5.1 Allgemeine Sicherheitshinweise

Folgende allgemeine Sicherheitshinweise sind zu beachten:

- Gerät nicht unbeaufsichtigt betreiben!
- Wasserstand überwachen!
- Arbeiten wie Wartung und Reparatur am Gerät nur durch Fachpersonal durchführen lassen!
- Beim Öffnen der Rückwand und bei Arbeiten an der Elektrik Netzstecker ziehen!



6 Vorbereitungsschritte zur Inbetriebnahme

1. Stromversorgung sicherstellen
Hauptschalter der Stromversorgungsleiste, an dem sich der Versuchsstand befindet, einschalten. Kippschalter nach rechts umlegen.

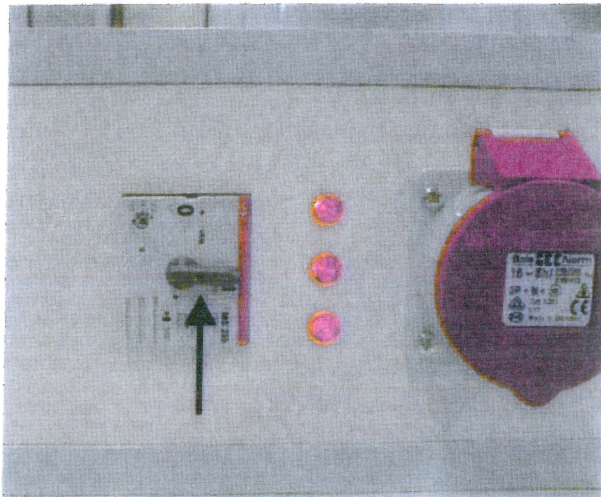


Abbildung 6.0.0.1 Hauptschalter Stromversorgungsleiste

2. Einschalten des Stromversorgungsmoduls, mit dem der Versuchsstand und Personal Computer verbunden ist.
(Schalter links und rechts hinter der Anlage)

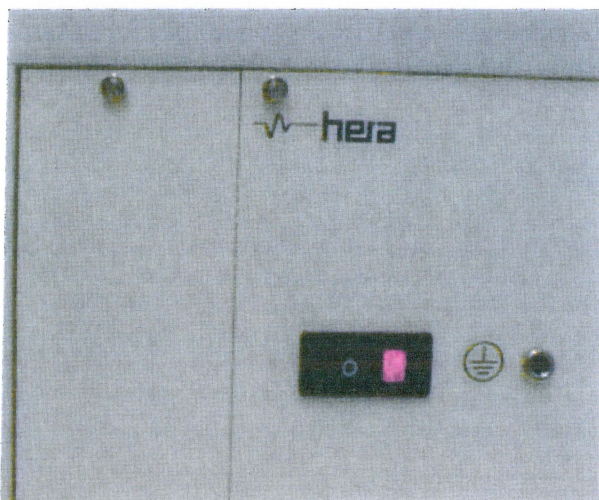
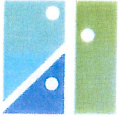


Abbildung 6.0.0.2 Schalter

3. PC hochfahren
Achtung: PC nicht hochfahren, falls Schritt 4 nicht erfüllt ist!



4. Hauptschalter des Versuchsstandes WL230 einschalten
(Drehung nach rechts).

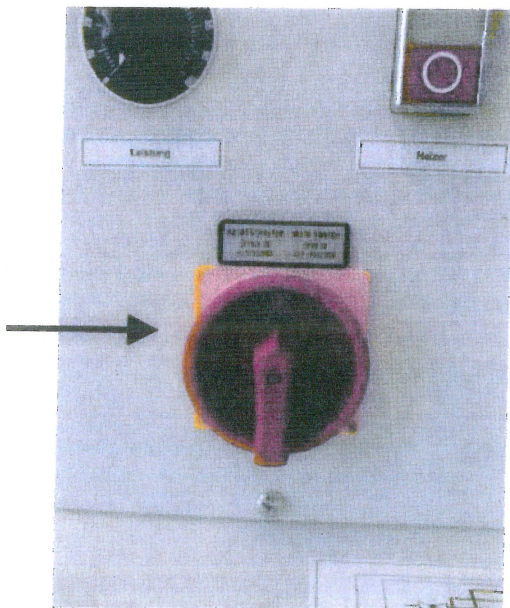
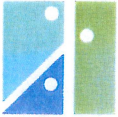


Abbildung 6.0.0.3 Hauptschalter des Versuchsstandes

5. PC starten, falls eine PC – unterstützter Versuch erwünscht ist.



6.1 Überprüfen der digitalen Temperaturanzeigen

Nachdem der Hauptschalter am Versuchsstand WL230 eingeschaltet ist, werden die Temperaturen für

Kühlwassereintritt	t_1, t_4
Kühlwasseraustritt	t_2, t_5
Kondensatoroberfläche	t_3, t_6
Behältertemperatur (Sattdampf Temperatur)	t_7

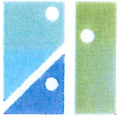
angezeigt.

Sie weisen bei korrekter Kalibrierung des Gerätes die gleichen Werte auf. Toleranzen von 1% des Skalenwertes sind nach Herstellerangaben erlaubt (Siehe auch Anlage der Firma Gunt). Die Temperaturen der Kondensatoroberflächen liegen ca. 2-3 °C unterhalb der anderen Temperaturen bedingt durch Verdunstungskälte.

6.1.1 Anordnung der Digitalanzeigen

Linke Seite Tropfenkondensator rechte Seite Filmkondensator

t_1 Kühlwassereintritt	t_4 Kühlwassereintritt
t_2 Kühlwasseraustritt	t_5 Kühlwasseraustritt
t_3 Kondensatoroberfläche	t_6 Kondensatoroberfläche
F_1 Durchflussanzeige Kühlwasser	F_2 Durchflussanzeige Kühlwasser
Anzeige [p_{abs}] Behälterdruck	t_7 Behältertemperatur



6.2 Behälter auffüllen bzw. nachfüllen

1. Kontrolle, ob der Wasserstand des Behälters ca. 2-3 cm über der Sonde für die Sicherheitsabschaltung der Heizwendel liegt.

Siehe Abbildung!

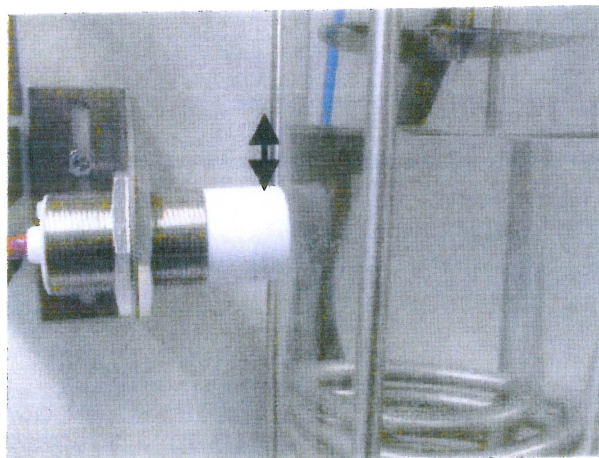


Abbildung 6.2.0.1 Sonde Notaus Heizer

Ist dies nicht der Fall, bitte folgendermaßen vorgehen:

2. Anschließen eines Klarsichtschlauches an das Ablaufventil V_4 , und das Ende des Schlauches in den Vorratsbehälter mit destilliertem Wasser eintauchen.

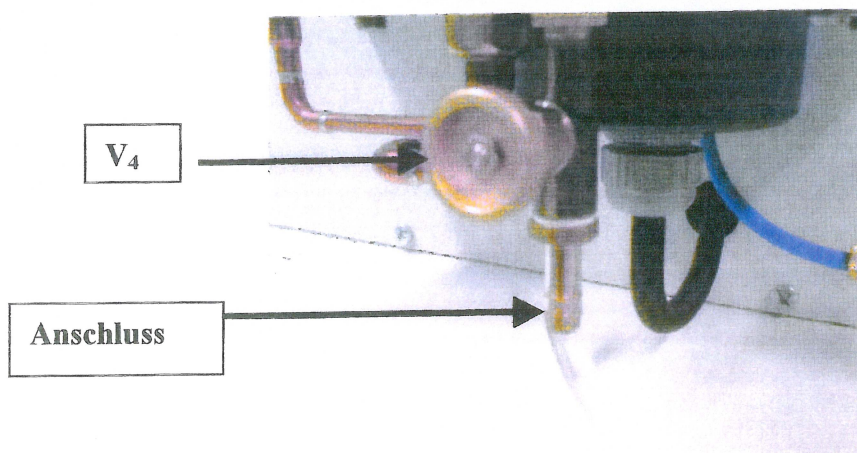
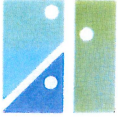


Abbildung 6.2.0.2 Anschluss V_4



3. Kontrollieren, ob Kühlwasserregulierventile V_1 und V_2 geschlossen sind.

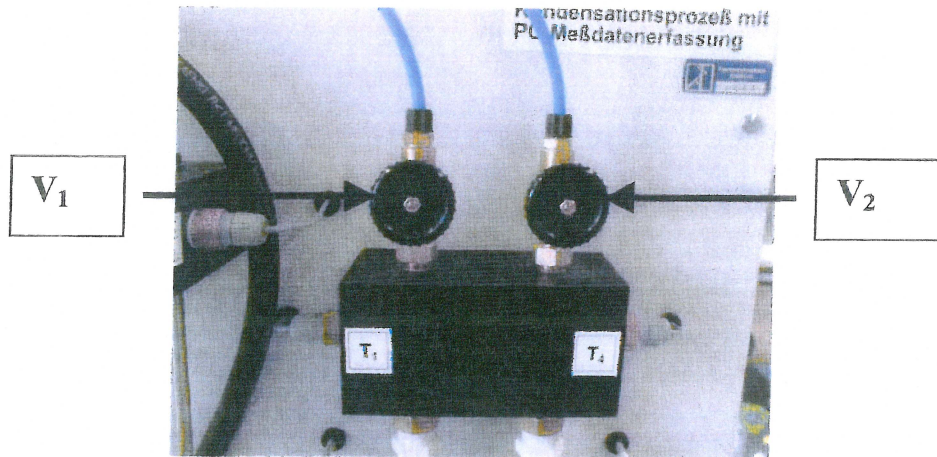


Abbildung 6.2.0.3 Kühlwasserregulierventile

4. Wasserhahn komplett öffnen: grüner Drehknopf.

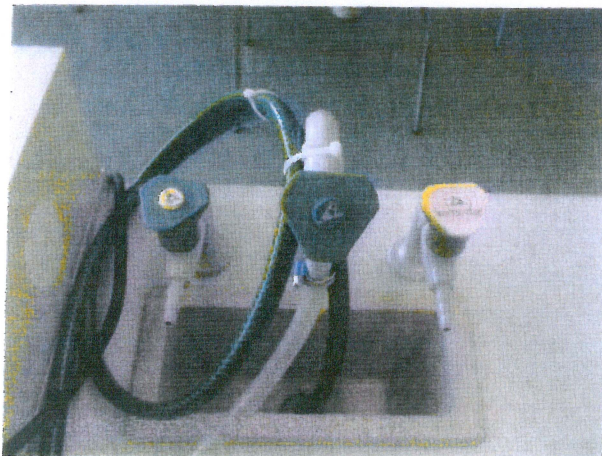


Abbildung 6.2.0.4 Wasserhahn

5. Vakuumpumpe (Wasserstrahlpumpe) mit rotem Drehknopf öffnen.
Es stellt sich ein hörbares Geräusch ein.

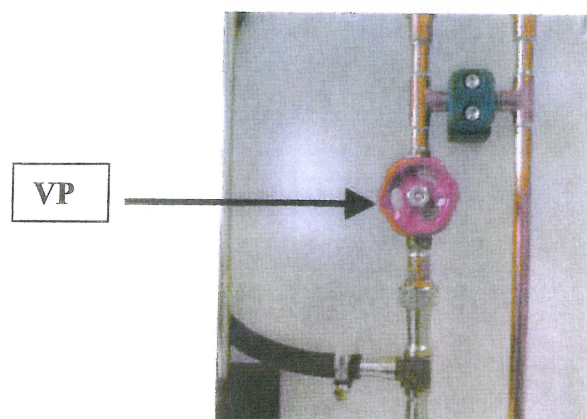
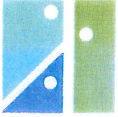


Abbildung 6.2.0.5 Vakuumpumpe



6. Anschließend vorsichtig Regulierventil über dem Kondensatabscheider öffnen und dabei den Behälterdruck Anzeige p_{abs} beobachten.
Ventil solange geöffnet lassen, bis der Behälter einen absolut Druck von 0,3 bar aufweist.

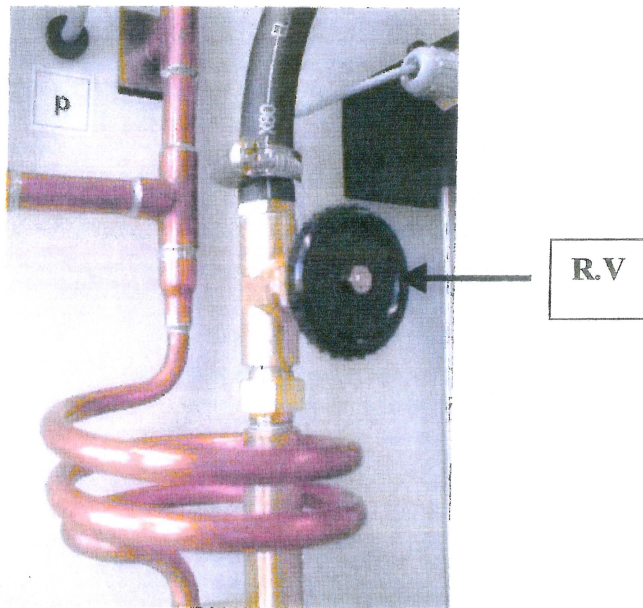
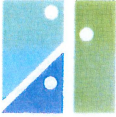


Abbildung 6.2.0.6 Regulierventil

7. Evakuierung des Plexiglaszylinders (Regulierventil und roter Drehknopf der Vakuumpumpe schließen) beenden.
Ablaufventil V_4 öffnen, bis sich der gewünschte Wasserspiegel eingestellt hat.
Hiermit ist der Auffüllvorgang abgeschlossen.



6.3 Entfernen der Luft im Behälter

Um die Wärmeübertragung vom Satttdampf über die Kondensatoroberfläche so groß wie möglich zu halten, muss die Luft im Plexiglaszylinder möglichst restlos entfernt werden. Bei Vorhandensein von nicht kondensierenden Gasen nimmt der Wärmeübertragungskoeffizient stark ab. Die schlechtesten Wärmeleiter sind die Gase (man spricht auch von der isolierenden Wirkung der Luft).

Die Wärmeleitfähigkeit von Luft liegt bei einem Druck von $p = 1,013 \text{ bar}$ bei $\lambda = 0,024 \text{ W/m K}$ gegenüber Wasser als flüssigem Stoff mit $\lambda = 0,598 \text{ W/m K}$.

6.3.1 Vorgehensweise beim Entlüftungsvorgang

- ❖ Wie im Abschnitt - Auffüllen - beschrieben, mit der Vakuumpumpe den noch nicht beheizten Behälter auf 0,3 bar evakuieren und beenden.
- ❖ Heizer einschalten.

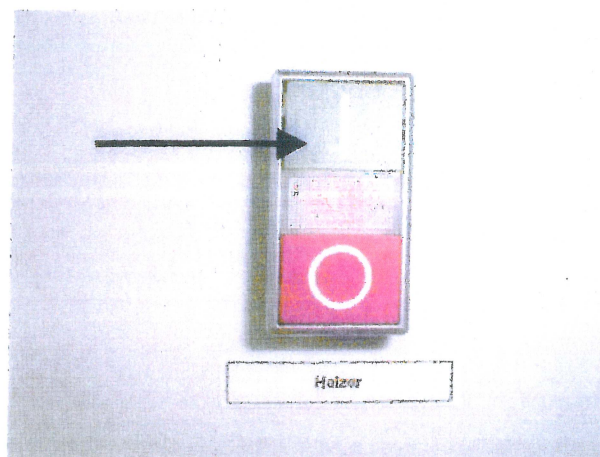
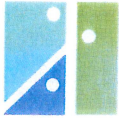


Abbildung 6.3.1 Hauptschalter Heizer

Kontrolleuchte muss aufleuchten

- ❖ Regler auf ca. 50 % Leistung einstellen.
- ❖ Abwarten, bis sich im Behälter eine Temperatur t_7 von 80 °C einstellt.
- ❖ Vakuumpumpe einschalten und vorsichtig das Regulierventil öffnen und einstellen, so dass kein Wasser in den Kondensatabscheider abgeführt wird, was sich mit einem knackenden Geräusch bemerkbar macht.
- ❖ In diesem Zustand den Versuchsstand ca. 3 Minuten betreiben und laufend kontrollieren, ob die Kühlvorlage auch heiß wird (dies ist ein Indiz, dass Dampf austritt).
- ❖ Vakuumpumpe mit Regulierventil und Heizer abschalten.

Mit diesem letzten Arbeitsschritt ist der Versuchsstand für den Laborbetrieb vorbereitet.



6.4 Einstellung des Kühlkreislaufes

Achtung: Bevor man mit der Einstellung des Kühlkreislaufes beginnt, müssen die Punkte

- Behälter auffüllen
- Entfernen der Luft im Behälter

erfolgreich abgeschlossen sein.

Für die reproduzierbare Auswertung des Versuches ist es nur möglich, **einen** Kondensator getrennt zu betreiben, da sich die Kühlwasserkreisläufe gegenseitig beeinflussen.

Tropfenkondensation Oberfläche: Gold poliert

Regulierventil	V_1
Durchflussanzeige	F_1
Eintrittstemperatur	t_1
Austrittstemperatur	t_2
Oberflächentemperatur des Kond. (linke Seite der Digitalanzeigen)	t_3

Filmkondensation Oberfläche Kupfer

Regulierventil	V_2
Durchflussanzeige	F_2
Eintrittstemperatur	t_4
Austrittstemperatur	t_5
Oberflächentemperatur des Kond. (rechte Seite der Digitalanzeigen)	t_6

Die Durchflussanzeigen sind für einen Bereich von 0-199 l/h ausgelegt. Für den Laborbetrieb sind Werte von 20 – 100 l/h anzustreben bzw. nach Ablaufplan exakt einzuregulieren. Je nach Geschicklichkeit des Bedieners ist die Einstellung auf Werte von $\Delta V = 0,5$ l/h möglich.

6.4.1 Ablaufplan: Kühlung einstellen

- ❖ Wasserhahn ganz öffnen:
grüner Drehknopf am Labortisch
 - ❖ Überprüfen, ob die Wasserstrahlpumpe abgeschaltet ist:
rotes Drehrad
 - ❖ Ventil **V₁ Tropfenkondensation**
Linkes schwarzes Drehrad soweit öffnen, bis der erwünschte Durchfluss F_1 sich eingestellt hat, hierfür muss V_2 geschlossen sein.
- bzw.
- ❖ Ventil **V₂ Filmkondensation**
Rechtes schwarzes Drehrad soweit öffnen, bis der erwünschte Durchfluss F_2 sich eingestellt hat, hier muss V_1 geschlossen sein.

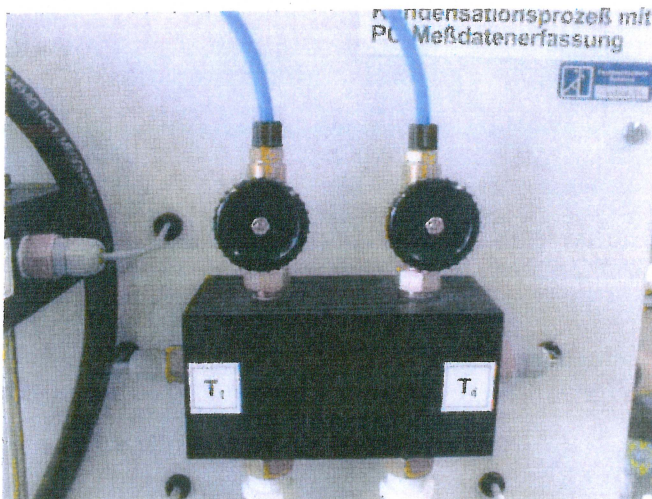
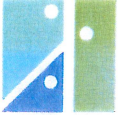


Abbildung 6.4.1 Kühlwasserregulierventil

Einstellen eines stationären Zustandes den Gleichgewichtszustandes $f(p, t)$

- ❖ Hauptschalter der Heizung einschalten
- ❖ Heizungsregler, Leistungsangabe in Prozent so einstellen, dass die Dampftemperatur t_7 konstant bleibt.
- ❖ Nun einige Minuten warten, bis man den **stationären Zustand** wirklich erreicht hat. Thermodynamische Prozesse laufen relativ langsam ab.
- ❖ Kondensationsvorgang ist deutlich zu beobachten
- ❖ Temperaturen und Durchflüsse ablesen und auf Formblatt notieren
- ❖ Ermittlung des Wärmeübergangskoeffizienten α [$\text{kW}/\text{K m}^2$]



7 Berechnung

7.1 Ablaufschema der Berechnung

7.1.1 Ermittlung der mittleren Kühlwassertemperatur

Die im Versuch ermittelten Werte der Kühlwassertemperaturen bei **Tropfenkondensation:**

t_1 für die Eintrittstemperatur

t_2 für die Austrittstemperatur

bei **Filmkondensation:**

t_4 für die Eintrittstemperatur

t_5 für die Austrittstemperatur

werden über die Formel für die mittlere Kühlwassertemperatur bestimmt

$$t_{km} = \frac{t_E + t_A}{2}$$

7.1.2 Ermittlung des abgeführten Wärmestroms \dot{Q}

Die Dichte des Kühlwassers und die spezifische Wärmekapazität werden mit Hilfe der Tafel 10.2 ermittelt.

Siehe Anlagen!

ρ [kg/m³]

c_p [kJ/ kg K]

Der Kühlwasserstrom wird von [dm³/ h] in [m³/ s] umgerechnet.

für Tropfenkondensation F_1

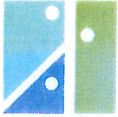
für Filmkondensation F_2

$\dot{V} = [\text{m}^3/\text{s}]$

$$\dot{Q} = \rho \cdot \dot{V} \cdot c_p \cdot (t_A - t_E)$$

und daraus der Wert ermittelt.

$\dot{Q} = [\text{kJ}/\text{s}]$



es ergibt sich die Wärmestromdichte mit

$$\dot{A} = 0,003618 \cdot m^2$$

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{A} \cdot \left[\frac{kW}{m^2} \right]$$

7.1.3 Ermittlung des Wärmeübertragungskoeffizienten α

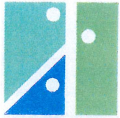
Mit der Sattdampftemperatur t_7 und der Oberflächentemperatur des jeweiligen Kondensators

Erhält man

$$\alpha = \frac{\dot{Q}}{A \cdot (t_7 - t_3)} \quad \text{für Tropfenkondensation}$$

bzw.

$$\alpha = \frac{\dot{Q}}{A \cdot (t_7 - t_6)} \quad \text{für Filmkondensation}$$



Aufgabenstellung

1. Bei der 1. Aufgabe (Kondensation mit Luft) variieren den Behälterdruck folgendes:

	1	2						
F_1 [l/h]	50	50						
P_{abs} [bar]	0,6	0,8						

2. Bei der 2. Aufgabe (Kondensation ohne Luft) variieren sie die Wasserdurchflussmenge folgendes:

	1	2	3	4	5	6	7	8
F_1 [l/h]	100	90	80	60	50	40	30	20
P_{abs} [bar]	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36

3. Bei der 3. Aufgabe (Kondensation ohne Luft) variieren den Behälterdruck folgendes:

	1	2	3	4	5	6		
F_1 [l/h]	60	60	60	60	60	60		
P_{abs} [bar]	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3		