



Matthias Beyer, Helmar Carl, Peter Schütz,
Heiko Pietruske (FZR)
Stefan Lenk (SAAS - Systemanalyse und
Automatisierungsservice GmbH)

Betriebshandbuch für die Mehrzweck- Thermohydraulikversuchsanlage TOPFLOW

BMW-Projekt - Förderkennzeichen: 1501265

Wissenschaftlich- Technische Berichte
FZR-405
Juli 2004

Matthias Beyer, Helmar Carl, Peter Schütz,
Heiko Pietruske (FZR)
Stefan Lenk (SAAS - Systemanalyse und
Automatisierungsservice GmbH)

**Betriebshandbuch für die Mehrzweck-
Thermohydraulikversuchsanlage TOPFLOW**

BMWA-Projekt - Förderkennzeichen: 1501265

Bibliothek FZ Rossendorf



01274905



**Forschungszentrum
Rossendorf**



Betriebshandbuch

für die Mehrzweck-Thermohydraulikversuchsanlage

TOPFLOW

(Transient Two Phase Flow Test Facility)



Forschungszentrum Rossendorf e.V.
Institut für Sicherheitsforschung
Postfach 510119, 01314 Dresden

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Freigaben:

	Datum	Unterschrift
Prof. Dr. Frank-Peter Weiß: Direktor FWS		
Dr. Horst-Michael Prasser: Projektleiter TOPFLOW		
Dr. Helmar Carl: Leiter Anlagenbetrieb		

Kenntnisnahme:

	Datum	Unterschrift
M. Beyer:		
P. Schütz:		
H. Pietruske:		
K. Lindner:		
D. Walter:		
M. Tamme:		
H. Rußig:		
S. Weichelt:		

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Vorbemerkungen	5
2. Beschreibung der Anlage	8
2.1 Elektrokesselkreislauf	9
2.2 Teststreckenkreislauf	12
2.3 Kondensatorkreislauf	15
2.4 Abblase- und Kühlsystem	17
2.5 Druckluftsystem	19
2.6 Wasseraufbereitung	20
2.6.1 Erzeugung von vollentsalztem Wasser aus Trinkwasser	21
2.6.2 Füllen des Abblasetanks	22
2.6.3 Rückführung von Wasser aus dem Abblasetank in die Vorrattanks	22
2.6.4 Aufbereitung von Wasser aus der Versuchsanlage (Zirkulationsbetrieb)	23
2.6.5 Regenerieren der Filterpatronen F07/A – F	23
2.7 Prozessleitsystem	25
2.7.1 Funktionsweise	25
2.7.2 Bedienung des Prozessleitsystems	27
3. Inbetriebnahme	35
3.1 Vorbereitung und Kontrolle der Versuchsanlage	35
3.2 Prozessleitsystem	36
3.3 Kühlsystem	38
3.3.1 Automatikbetrieb	38
3.3.2 Handbetrieb	39
3.4 Druckluftsystem	40
3.5 Inbetriebnahme der Kesselspeisepumpe P02 und der Umwälzpumpe P01	41
3.6 Aufwärmen des Kesselkreislaufes	44
3.7 Zuschalten des Elektrokessels	45
3.8 Entgasen des Kesselkreislaufes	48
3.9 Aufwärmen des Teststreckenkreislaufes	49
3.10 Synchronisation des Kesselkreislaufes mit der Dampftrommel	52
3.11 Vorwärmen und Zuschalten des Kondensatorbehälters	52
4. Durchführung von Experimenten	57
4.1 Teststreckenversuche	57
4.1.1 Luft-Wasser-Versuche	57
4.1.2 Dampf-Wasser-Versuche	62
4.1.2.1 Abblasen des Dampfes aus der Dampftrommel in den Abblasebehälter	62
4.1.2.2 Nutzung des Kondensatorbehälters als Wärmesenke	66
4.2 Kondensationsversuche	69
4.2.1 Aufwärmen bzw. Ausdampfen des Kondensatorbehälters	69
4.2.2 Umlaufkühlung	71

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

5. Außerbetriebnahme	74
5.1 Abfahren der Anlage in einen sicheren Zustand bei hohem Druck- und Temperaturniveau.....	75
5.2 Abkühlen der Versuchsanlage.....	76
5.2.1 Kesselkreislauf.....	76
5.2.2 Teststreckenkreislauf.....	77
5.2.3 Kondensatorbehälter	78
5.3 Prozessleitsystem.....	79
6. Spezielle Betriebsarten der Anlage	80
6.1 Ab- und Zuschalten des Elektrokessels bei kurzzeitigen Anlagenstillständen	80
6.2 Abklemmen von Heizrohren.....	81
6.3 Winterbetrieb	81
6.4 Durchführung von Druckproben	82
7. Füllen und Entleeren	85
7.1 Kesselkreislauf	85
7.2 Teststreckenkreislauf	86
7.3 Kondensatorbehälter	87
7.4 Abblase- und Kühlsystem.....	88
8. Abbildungsverzeichnis.....	91
9. Tabellenverzeichnis	92

Anlage 1: Verriegelungsliste

Anlage 2: Kennzeichnung von Armaturen und Messwertaufnehmern

Anlage 3: Anlagenbilder des Prozessleitsystems

Anlage 4: Liste wichtiger Firmen und Ansprechpartner

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



1. Allgemeine Vorbemerkungen

Dieses Betriebshandbuch regelt den Betrieb und die Durchführung von thermohydraulischen Experimenten an der Versuchsanlage TOPFLOW (Transient Two Phase Flow Test Facility) des Instituts für Sicherheitsforschung (IfS) am Forschungszentrum Rossendorf (FZR) e.V. Es gilt für alle am Anlagenbetrieb beteiligten Mitarbeiter des FZR, für Mitarbeiter von Fremdfirmen, die im Auftrage des FZR Arbeiten an der Versuchsanlage ausführen, sowie für andere Versuchsteilnehmer (z.B. Partner vom Kompetenzzentrum Sachsen). Die schriftliche Anerkennung dieses Betriebshandbuches ist Voraussetzung für die Mitwirkung am Betrieb bzw. an Umbauarbeiten der Versuchsanlage. Des Weiteren ist die Teilnahme an einer sicherheitstechnischen Einweisung durch den Sicherheitsbeauftragten des Gebäudes 68 notwendig.

Das Betriebshandbuch tritt nach Unterschrift durch den Institutsdirektor des IfS (Hr. Prof. Dr. rer. nat. F.-P. Weiß) in Kraft. Es gilt bis zu seiner Ablösung mit sämtlichen späteren Ergänzungen bzw. Modifikationen. Ein Exemplar muss stets auf der Warte verfügbar sein.

Die Versuchsanlage TOPFLOW befindet sich im Gebäude 68 in den Räumen 1.1 (Versuchshalle), 1.13 (Warte), 1.14 (Deionatraum), 1.16 (Elektrokesselraum) und 1.19 (Abblasetankraum). Ferner zählt zum Geltungsbereich des vorliegenden Betriebshandbuches der Bereich oberhalb des Werkstatttdachs (Raum 1.12), auf dem die Trockenkühltürme aufgestellt sind. Diese Lokalitäten werden nachfolgend unter dem Begriff „Versuchsanlage TOPFLOW“ zusammengefasst. Im Raum 1.15 (Niederspannungshauptverteilung) ist die Bedienung des Schaltschranks S05 und die Kontrolle der unterbrechungsfreien Stromversorgungen gestattet. Die vorliegende Betriebsanleitung regelt hingegen nicht den Zutritt und die Arbeiten in den Räumen 1.17 (Mittelspannungshauptverteilung) sowie 1.18 (Traforaum). Hier gelten die entsprechenden Vorschriften der Abteilung FVTD des FZR.

Im Bereich der Versuchsanlage TOPFLOW dürfen sich während des Anlagenbetriebs nur Mitarbeiter der Arbeitsgruppe TOPFLOW aufhalten. Hiervon abweichend sind Ausnahmeregelungen möglich. Diese erfordern jedoch im Vorfeld eine Genehmigung durch den Projektleiter TOPFLOW oder den Leiter Anlagenbetrieb. Bei Aufenthalt in der Versuchshalle gelten die entsprechenden Arbeitsschutzbestimmungen. Wartung und Bedienung der Anlage dürfen nur von Personen mit einem Mindestalter von 18 Jahren durchgeführt werden, die entsprechend eingewiesen wurden und mit den besonderen Betriebsverhältnissen der Anlage vertraut sind. Sie benötigen eine Ausbildung, die Gewähr für ausreichende Sachkunde zur Wartung bzw. Bedienung der Versuchsanlage bietet. Die Fachkunde dieser Personen ist gegenüber dem staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Dresden in geeigneter Form nachzuweisen.

Die Leitung des Anlagenbetriebes obliegt dem jeweils eingesetzten Schichtleiter.

Der Schichtleiter ist u.a. für die Einhaltung der folgenden Punkte verantwortlich:

1. Vor der Inbetriebnahme hat sich der Schichtleiter zu vergewissern, dass sich die Anlage in einem ordnungsgemäßen Zustand, gemäß Abschnitt 3.1, befindet. Außerdem gelten die entsprechenden Arbeits- und Brandschutzvorschriften.
2. Beim Anfahren, während der Experimente und beim Abkühlen der Anlage sind die in diesem Betriebshandbuch ausgewiesenen zulässigen Änderungsgeschwindigkeiten für die Temperatur einzuhalten.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

3. Die Versuchsanlage (außer Kühlsystem) darf nur mit vollentsalztem Wasser betrieben werden. Die Wasserqualität ist durch regelmäßige Messungen der wasserchemischen Parameter zu überwachen, wobei die Ergebnisse schriftlich in einem Betriebsbuch gemäß TRD 601, Blatt 1, Anhang 2, festzuhalten sind. Bei festgestellten Abweichungen von den zulässigen Werten ist die Anlage umgehend außer Betrieb zu nehmen und das Wasser aufzubereiten.
4. Bei Elektrokesselbetrieb hat sich der Schichtleiter spätestens alle 24 h nach der Inbetriebnahme vom ordnungsgemäßen Zustand des Kessels sowie des Kesselkreislaufes persönlich zu überzeugen. Die anhand der Checkliste gemäß TRD 601, Blatt 1, Anhang 1, durchgeführten Wartungs- und Kontrollhandlungen sind im Betriebsbuch nachzuweisen.
5. Betriebszustände, bei denen eine ordnungsgemäße Wirksamkeit der Regler und Begrenzer nicht gewährleistet ist oder bei sonstigen Störungen, ist der Elektrokessel abzuschalten und die Anlage bei ständiger Kontrolle der technologischen Parameter abzukühlen.
6. Die wiederkehrende Wartung und Prüfung der Regel-, Sicherheits-, und Warn-einrichtungen ist sorgfältig gemäß der im Betriebsbuch angefügten Checkliste auszuführen. Darüber hinaus ist regelmäßig, mindestens halbjährlich und zusätzlich bei Störungen ein Sachkundiger heranzuziehen. Die halbjährliche Überprüfung muss sich auf die Regel- und Begrenzungseinrichtungen erstrecken, die nicht der zyklischen Überprüfung unterliegen. Die Prüfungen sind im Betriebsbuch zu dokumentieren. Ferner ist alle drei Jahre eine innere Prüfung des Elektrokessels wegen ungenügender Besichtigungsmöglichkeiten des Kesseldruckkörpers durch eine Wasserdruckprüfung gemäß Abschnitt 6.4 zu ergänzen.
7. Die Dampfkesselanlage, die Sicherheitseinrichtungen und die Rettungswege dürfen in ihrer Zugänglichkeit nicht beeinträchtigt werden. Gegenstände, die nicht zum Betrieb, zur Beaufsichtigung, Wartung oder Prüfung der Kesselanlage benötigt werden, dürfen nicht im Kesselraum aufbewahrt werden.
8. Es ist ein Betriebsbuch mit folgenden Eintragungen zu führen:
 - Bestätigungsvermerk des Schichtleiters mit Unterschrift über den ordnungsgemäßen Zustand der Dampfkesselanlage und über die durchgeführten Überprüfungen gemäß Checkliste,
 - Ergebnisse der festgelegten regelmäßigen Wasseruntersuchungen,
 - alle Störfälle sowie besondere Feststellungen anlässlich der Prüfungs- und Wartungsarbeiten an der Kesselanlage,
 - Bestätigungsvermerk eines Sachkundigen über die durchgeführten Wartungen und Prüfungen an den Regel-, Sicherheits- und Begrenzungseinrichtungen.
9. Schwere Unfälle und Schadensfälle gemäß § 28 der Dampfkesselverordnung sind dem Staatlichen Gewerbeaufsichtsamt Dresden unverzüglich mitzuteilen.
10. Jede beabsichtigte Änderung der Anlage ist rechtzeitig dem zuständigen TÜV mitzuteilen. Wesentliche Änderungen bedürfen der Erlaubnis des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Dresden. Änderungen an den Sicherheitseinrichtungen dürfen nur im Einvernehmen mit dem Sachverständigen des zuständigen Technischen Überwachungsvereins vorgenommen werden.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



11. Nach Auslösen des Hausalarms (Sirene und Blitzlampe) ist die Anlage vom Schichtleiter oder Anlagenfahrer mittels eines Notausschalters sofort außer Betrieb zu nehmen und der Sammelplatz P50 aufzusuchen.
12. **Bei Feststellung eines Brandes ist sofort die Alarmzentrale des FZR (3333) zu informieren und die Feuerwehr über den Notruf 112 zu alarmieren. Außerdem gelten die Maßnahmen von Punkt 11.**

Sämtlichen Anordnungen des jeweils verantwortlichen Schichtleiters und des für das Gebäude 68 zuständigen Sicherheitsbeauftragten ist grundsätzlich Folge zu leisten. Das Personal für den Anlagenbetrieb und die Durchführung von Experimenten wird vom Schichtleiter speziell eingewiesen.

Generell sind die aktuellen Unfallverhütungsvorschriften für Druckbehälter sowie die gültigen VDE-Bestimmungen für den Betrieb von Starkstromanlagen zu beachten. Ferner gilt uneingeschränkt:

- An unter Druck stehenden Anlagenteilen darf grundsätzlich nicht gearbeitet werden. Darunter fällt z.B. auch das Nachziehen von Rohrverschraubungen und Flanschverbindungen.
- An drucklosen Anlagenteilen darf nur gearbeitet werden, wenn der Leiter Anlagenbetrieb oder ein von ihm Beauftragter eine Freigabe erteilt hat.
- Arbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nur von der Abt. FVTD oder von qualifiziertem Fachpersonal ausgeführt werden.
- Änderungen in der Mess- und Leittechnik sind zwischen dem Leiter Anlagenbetrieb und dem Verantwortlichen für Messtechnik und Datenerfassung abzustimmen.
- Die Hand- bzw. Vor-Ort-Bedienung von Pumpen und/oder Armaturen zu Wartungs- und Inspektionszwecken außerhalb des eigentlichen Anlagenbetriebs wird als Probetrieb eingestuft. Hierbei ist zu beachten, dass ggf. technologische Verriegelungen nicht oder nur teilweise wirksam sind. Deshalb hat sich der Verantwortliche vor bzw. während des manuellen Probetriebs vom ordnungsgemäßen Zustand des Aggregates bzw. Anlagenteiles sowie von seiner projektmäßigen Funktion zu überzeugen.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

2. Beschreibung der Anlage

Die Versuchsanlage TOPFLOW wurde vom Institut für Sicherheitsforschung des Forschungszentrums Rossendorf zur Untersuchung stationärer und transienter Zweiphasenströmungen sowie zur Validierung von CFD-Codes errichtet (Abb. 2.1). Mit der Anlage können in der jetzigen Ausbaustufe im Dampfbetrieb Drücke bis zu 7 MPa, Temperaturen bis 285°C und Dampfmassenströme bis 1,7 kg/s eingestellt werden. Des Weiteren ist ein Luft/Wasser-Betrieb mit bis zu 900 Nm³/h Druckluft und Wassermassenströmen bis zu 50 kg/s möglich.

TOPFLOW beinhaltet derzeit drei Testsektionen. Dies sind zum einen vertikale Teststrecken in unterschiedlichen Bauformen, der Kondensatorbehälter (ein großer liegender Behälter mit einem Volumen von ca. 18 m³), der je nach montierten Deckeln mit Drücken bis zu 1 bzw. 1,5 MPa beaufschlagt werden kann, sowie die Dampftrommel mit einem Volumen von ca. 8 m³.

Nachfolgend werden die Hauptkomponenten der Versuchsanlage TOPFLOW, die bis auf den Kondensatorbehälter und das Kühlsystem aus Edelstahl gefertigt sind, im Detail vorgestellt. Dies sind:

- der Elektrokesselkreislauf,
- der Teststreckenkreislauf,
- der Kondensatorkreislauf,
- das Abblase- und Kühlsystem,
- das Druckluftsystem,
- die Wasseraufbereitung sowie
- das Prozessleitsystem.

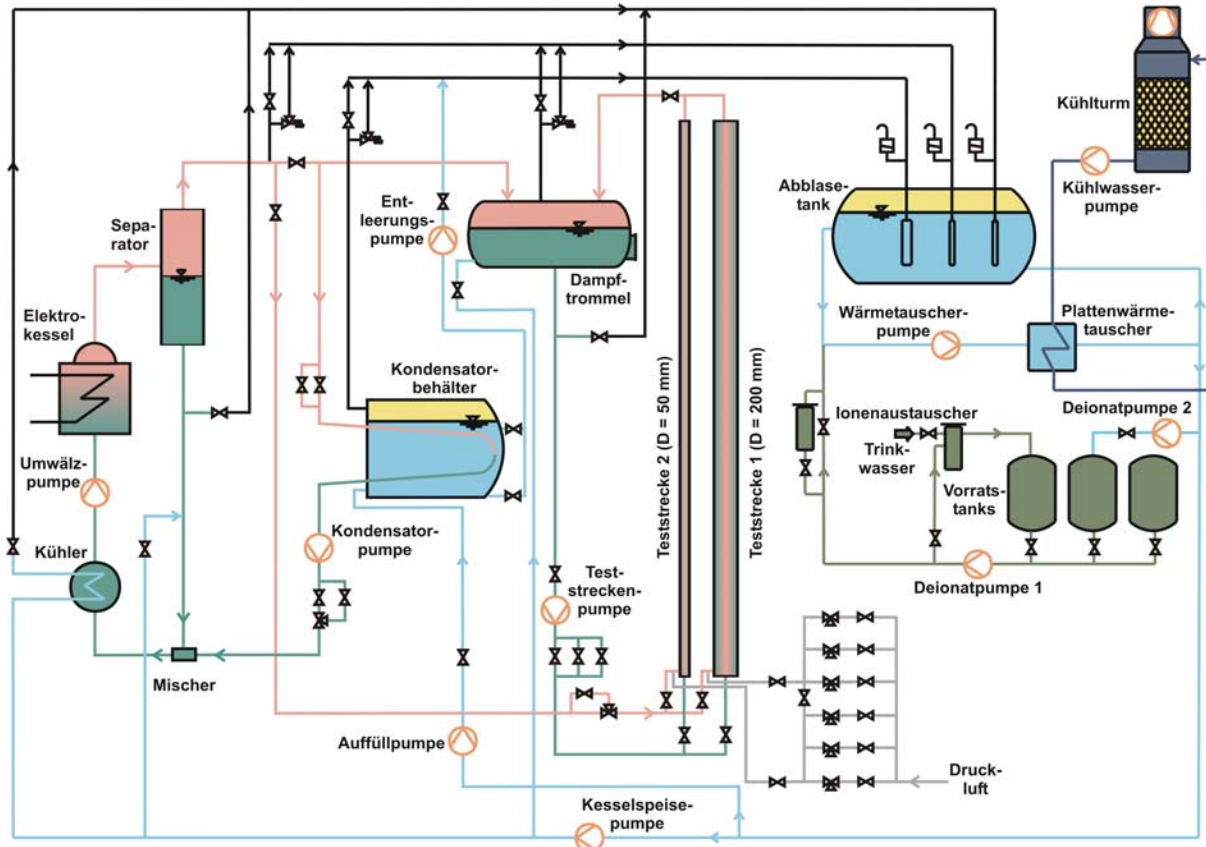


Abb. 2.1 Prinzipielles Schema der Versuchsanlage TOPFLOW

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Die Beschreibungen in diesem Betriebshandbuch beziehen sich auf die aktuellen R & I-Fließbilder 1 bis 5 der Versuchsanlage sowie die in Anlage 3 angefügten Bilder des Prozessleitsystems. Das prinzipielle Schema in Abbildung 2.1 dient zur allgemeinen Orientierung.

2.1 Elektrokesselkreislauf

Dieser Kreislauf verbindet die nachfolgend beschriebenen Komponenten miteinander und dient zur Erzeugung von Sattedampf für die Durchführung der Wasser-Dampf-Experimente.



Abb. 2.2 Elektrokessel

Der **Elektrokessel (D01)** besteht aus 24 parallel geschalteten Rohren ($l = 20 \text{ m}$, $\varnothing = 20 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$; Material: 1.4435), welche im direkten Stromdurchgang beheizt werden. Die Heizleistung des Kessels lässt sich in 9 Stufen zwischen 1,3 und max. 3,9 MW einstellen. Die 24 Rohre sind parallel an je einen Eintritts- und Austrittssammler mit der Nennweite 80 angeschlossen. Zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Durchströmung der Heizrohre sind am Eingang der Rohre Drosselscheiben (Bohrung: $\varnothing = 2,3 \text{ mm}$) installiert. Um eine Verschmutzung dieser Drosselscheiben und damit die Verstopfung von Heizrohren zu vermeiden, wurde vor dem Eintrittssammler das Filter 108F mit einer Maschenweite von 2 mm eingebaut.

Der zum Beheizen der Rohre erforderliche Strom wird von einem ölgekühlten Schalttrafo geliefert. Elektrokessel und Schalttrafo bilden eine kompakte Baueinheit mit einer Länge von 4,8 m, einer Breite von 2,3 m und einer Höhe von 3,8 m. Das Gesamtgewicht beträgt ca. 20 t, wovon 15 t auf den Transformator (einschließlich 2,8 m³ Öl) und 5 t auf den Kessel nebst Stahlkonstruktion und Ölwanne entfallen.

Der **Separator (B01)** dient im Elektrokesselkreislauf zur Abtrennung des Sattedampfes aus dem im Kessel erzeugten Wasser-Dampf-Gemisch. Das Wasser wird mit dem im Kesselkreislauf zirkulierenden Speisewasser bzw. mit dem Kondensat vom Rücklauf des Kondensatorbehälters gemischt und über die Umwälzpumpe dem Elektrokessel wieder zugeführt. Der abgetrennte Dampf wird durch den oberen Austrittsstutzen entnommen und kann für das jeweils geplante Experiment genutzt werden.

Der Separator ist ein zylindrischer Behälter mit einem flachen unteren und oberen Boden bzw. Deckel. Er hat einen Durchmesser von 0,5 m, eine Höhe von 2,5 m, ein Volumen von 400 l und ein Gewicht von ca. 1,2 t.

Die Funktion des **Wärmetauschers (W01)** ist es, Umlaufwasser des Kessels vor Eintritt in die Umwälzpumpe zu kühlen, um auf der Saugseite der Pumpe Kavitation zu verhindern. Außerdem lässt sich durch eine geregelte Kühlung die Dampferzeugungsrate beeinflussen. Als Kühlmedium wird Kesselspeisewasser verwendet.



Abb. 2.3 Separator

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



Abb. 2.4 Wärmetauscher W01

Der Wärmetauscher besteht aus einem liegenden Mantel, in dem das Umlaufwasser des Kessels um die Rohre strömt. Das mittels der Kesselspeisepumpe aus dem Abblasetank angesaugte Wasser ($t \leq 60^\circ\text{C}$) durchströmt zur Wärmeabfuhr 11 U-Rohre. Der Wärmetauscher hat eine Austauschfläche von $6,21 \text{ m}^2$. Seine Maximalwerte für Druck und Temperatur betragen 10 MPa und 300°C .

Die **Umwälzpumpe (P01)** ist eine horizontale, einstufige und wassergekühlte Kreiselpumpe mit Gleitringdichtung, die während des Betriebes dem Elektrokessel eine Wassermenge von bis zu 11 kg/s zuführt. Die P01 ist für einen maximalen Druck von $9,8 \text{ MPa}$ und eine maximale Temperatur von 308°C ausgelegt. Zur Überwindung des Druckverlustes am Kesseleintritt und zur Herstellung einer gleichmäßigen Durchströmung aller 24 Heizrohre ist eine Druckerhöhung durch die Pumpe von $1,55 \text{ MPa}$ notwendig. Die maximale Förderhöhe der Pumpe beträgt $207,5 \text{ m}$.



Abb. 2.5 Umwälzpumpe



Abb. 2.6 Kesselspeisepumpe

Die Nachspeisung des Elektrokesselkreislaufs zum Ausgleich der abgeführten Dampfmenge erfolgt mit Hilfe der **Kesselspeisepumpe (P02)**. Diese Pumpe ist als horizontale, fünfzehnstufige und wassergekühlte Hochdruck-Gliederpumpe ausgeführt, die sich mit einer am Motor angeschlossenen Thyristorsteuerung bis zu Drehzahlen von max. 2937 min^{-1} stufenlos regeln lässt. Dadurch kann die

Pumpe in einem weiten Druck- (bis max. $10,2 \text{ MPa}$) und Durchsatzbereich (bis $15 \text{ m}^3/\text{h}$) eingesetzt werden. Die maximale Temperatur des Fördermediums beträgt 70°C .

Saugseitig ist die P02 absperrbar (502AVH) mit dem drucklosen Abblasetank B03 verbunden. Zur Gewährleistung der Wasserqualität sind in der Saug- und Druckleitung jeweils ein Filterelement eingebaut. Da die Druckseite der Pumpe abgesperrt werden kann (107AVH, 412RVA, 501AVH, 511AVH, 517AVH und 518AVH), ist im nicht absperrbaren Bereich das Mindestmengenventil 510MV eingebaut, das einen Betrieb der Pumpe mit einer Fördermenge unter $10 \text{ m}^3/\text{h}$ verhindert. Die Rezirkulationsleitung vom 510MV endet im Abblasetank. Ferner sind zum Schutz der Pumpe gegen Überdruck im nicht absperrbaren Bereich das Sicherheitsventil 516SV (Öffnungsdruck $9,5 \text{ MPa}$) und der Druckbegrenzer 514DV (Öffnungsdruck $9,0 \text{ MPa}$) installiert.

Neben dem Auffüllen des Kessel- und Teststreckenkreislaufes wird die P02 außerdem zur Förderung des Kühlmediums durch den W01 verwendet.

Die einzelnen Komponenten des Kreislaufs sind durch Rohrleitungen (DN 50 bis 125) aus dem Werkstoff 1.4571 miteinander verbunden. Als Dichtungen für die Flanschverbindungen werden Kammprofilabdichtungen aus Edelstahl mit Graphitbeschichtung verwendet.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Zum Schutz des Kesselkreislaufes ist das Sicherheitsventil 106SV in der Dampfleitung direkt nach dem Separator eingebunden. Es begrenzt den Druck im Kesselkreislauf auf 8,4 MPa. Außerdem verhindern die Druckbegrenzer bzw. -wächter PIZ1-03 (9,0 MPa) vor dem Elektrokessel sowie PIZ1-02 (7,5 MPa), PIZ1-04 (7,55 MPa), PIZ1-05 (7,8 MPa) danach eine unzulässige Druckerhöhung im Kreislauf, indem sie bei Überschreitung der Grenzwerte eine automatische Kesselabschaltung auslösen. Des Weiteren begrenzt das Prozessleitsystem den Druckanstieg im Kesselkreislauf, indem es bei Überschreitung eines Druckes von 7,3 MPa die Leistung des E-Kessels jeweils nach 5 Minuten um eine Stufe reduziert. Ferner wird die Druckdifferenz über den Kessel durch PDIZ1-03 (> 1 MPa) und die Durchflussmenge im Kessel durch FZ1-03 (> 28 m³/h) überwacht.

Zum Schutz des Elektrokessels sind weiterhin an jedem Heizrohr 2 Thermoelemente angeordnet, die sich ca. 0,45 m und 0,5 m oberhalb des Austrittssammlers befinden. Überschreitet die gemessene Temperatur an nur einem der Heizrohre 350°C oder beträgt die Temperaturdifferenz zwischen 2 Thermoelementen am selben Heizrohr mehr als 35 K, wird der Kessel abgeschaltet. Weitere Schutzeinrichtungen an Elektrokessel und Transformator sind detailliert in der „Bescheinigung über die Vor-Ort-Prüfung der elektrischen Steuer- und Sicherheitseinrichtungen einer überwachungsbedürftigen Anlage“ vom TÜV Süddeutschland bzw. in der Verriegelungsliste, Anlage 1, aufgeführt.

Die Füllstandsregelung im Separator erfolgt durch den Regelkreis LICZ1-02, der zum Füllen des B01 Speisewasser von der Druckseite der Kesselspeisepumpe P02 über die Regelarmatur 101RVA zuspist bzw. über die 104RVA Inhaltswasser aus dem Separator zum Abblasesystem ableitet. Ferner ist im oberen Austrittsstutzen des Separators eine Nadelsonde (QZ1-01) installiert, die an diesem Punkt Phasenänderungen signalisiert. Die Druckregelung im Kesselkreislauf wird vom Regelkreis PIC1-06 ausgeführt, der mit Hilfe der Regelarmatur 508RVA über die Kühlleistung des W01 den Druck regelt.

Der Kesselkreislauf ist mit vollentsalztem Wasser (Deionat) gefüllt. Zur Kontrolle der Wasserqualität ist zwischen M01 und W01 eine Wasserentnahmestelle für einen Probenahmekühler installiert, an dem während des Kesselbetriebs einmal pro Tag eine Probe zu entnehmen und auf pH-Wert sowie Leitfähigkeit zu analysieren ist.

Der Kesselkreislauf ist dampfseitig mit dem Teststreckenkreislauf und dem Kondensatorkreislauf verbunden, wobei die Trennung durch die Absperrarmaturen 427AVA und 205AVA erfolgt. In der Dampfleitung des Elektrokesselkreislaufes 004-D-100 kann die abgegebene Dampfmenge mit der Durchflussmessstelle FI1-02 bestimmt werden. Begrenzt wird der Elektrokesselkreislauf durch die Regelarmatur 103RVA zum Abblasesystem, die Regelarmaturen 202RVA und 203RVA kondensatseitig zum Kondensatorkreislauf, die kühlwasserseitige Verbindung vom W01 (508RVA) zum Abblase- und Kühlsystem sowie die speisewasserseitige Verbindung (101RVA / 104RVA) ebenfalls zum Abblase- und Kühlsystem. Zur sicheren Funktion des Kesselkreislaufes ist es außerdem notwendig, dass die P01, die P02, der Ölkühler des Elektrokessels und der Probenahmekühler von Wasser aus dem Kühlsystem (P11) durchströmt werden.



Abb. 2.7 Probenahmekühler

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

2.2 Teststreckenkreislauf

Der Teststreckenkreislauf beinhaltet die Testsektionen (z.B. 2 vertikale Teststrecken TS1: DN 200 und TS2: DN 50, siehe Abb. 2.8, bzw. die variable Gaseinspeisung, Abb. 2.9, 2.10), die Dampftrommel (B02) und die Teststreckenpumpe (P04). Dieser Kreislauf wird zur Durchführung von Dampf/Wasser- bzw. Luft/Wasser-Experimenten in den Testsektionen sowie für Kondensationsversuche in der Dampftrommel genutzt.

Die **Teststrecken** bestehen aus Rohrsegmenten unterschiedlicher Länge (zwischen 0,25 und 4 m), die mittels Flanschverbindungen zu einer Gesamtlänge von ca. 9 m zusammengesetzt werden. Diese Flanschverbindungen, die nur einen minimalen Kantenversatz aufweisen, sind nach DIN 2512 in Nut-Feder-Form ausgeführt. Als Dichtungen werden mit Graphit beschichtete Kammprofil-dichtungen verwendet. Die Segmente sind dergestalt gefertigt, dass in der TS 1 die Instrumentierung (spezielle Gittersensoren) alle 50 cm und in der TS 2 alle 25 cm angeordnet werden kann. Außerdem sind für den Anschluss weiterer Messwertnehmer (z.B. Druck oder Temperatur) an den Rohrsegmenten seitlich Stutzen im Abstand von 50 cm (TS 1) bzw. von 25 cm (TS 2) angeschweißt.

Der Teststreckeneingang befindet sich in der Grube der Versuchshalle. Die Dampfzufuhr zu den Teststrecken erfolgt über die Rohrleitungen 049-D-50 und 050-D-50, wobei jede TS durch die Absperrarmaturen 440AVA (TS 1) bzw. 441AVA (TS 2) einzeln absperrbar ist. Der Dampf wird mittels spezieller Einperlvorrichtungen eingespeist. Um den Einfluss verschiedener Einperlformen untersuchen zu können, sind diese Vorrichtungen demontierbar ausgeführt.

Zur Regelung kleiner Dampfmengen (0,027 – 0,27 kg/s) wird der Regelkreis FIC4-05 genutzt. Er bedient das Regelventil 422RVA, das sich in der Dampfzuleitung 051-D-50 befindet. Das Dreiwegeventil 428AHA gewährleistet die Trennung des Bypasses von der Hauptleitung. Sollen Dampfmengen von mehr als 0,25 kg/s in die TS eingespeist werden, ist die Hauptleitung zu nutzen. Dabei erfolgt die Regelung großer Dampfmassenströme durch die Anpassung der Druckdifferenz zwischen Elektrokessel- und Teststreckenkreislauf (PIC1-06 – PIC4-04) ohne spezielle Regelarmatur.

Die Einstellung des Massenstromes der flüssigen Phase zu den Teststrecken wird mittels der Regelarmaturen 405RVA bis 407RVA vorgenommen, die durch die Regelkreise FIC4-01 (4,75 – 50 kg/s), FIC4-02 (0,5 – 5 kg/s) und FIC4-03 (0,05 – 0,5 kg/s) angesteuert werden.

Die Wasser-Dampf/Gas-Gemische strömen nach den Teststrecken durch die mit der Armatur 444AHA absperrbare Rohrleitung 012-HWD-250 zur Dampftrommel.

Alternativ zur Dampfeinspeisung besteht an beiden TS die Möglichkeit, Druckluft aus dem Netz des FZR zuzuführen. Die Anschlüsse für die Druckluft sind an der Dampfeinspeisung zu den Teststrecken angebracht und werden mit folgenden Armaturen

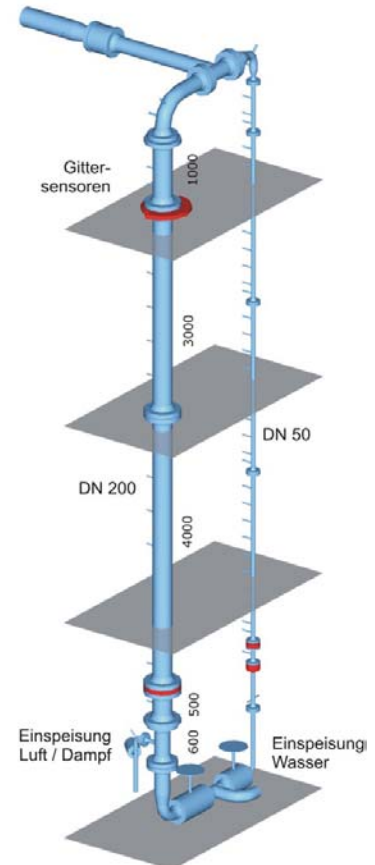


Abb. 2.8 Vertikale Teststrecken

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

abgesperrt: TS1 - 460AHA, TS2 – 461AHA. Zur Einperlung der Druckluft werden die gleichen Vorrichtungen genutzt wie für den Dampf. Die Zuführung der Druckluft vom Druckluftsystem zu den Teststrecken wird durch Schlauchverbindungen realisiert. Um Schäden an der Anlage zu vermeiden, sind entweder die Armaturen 440AVA und 441AVA (Luftbetrieb) oder die Armaturen 460AHA und 461AHA (Dampfbetrieb) zu schließen und mit je einem Vorhängeschloss zu sichern.

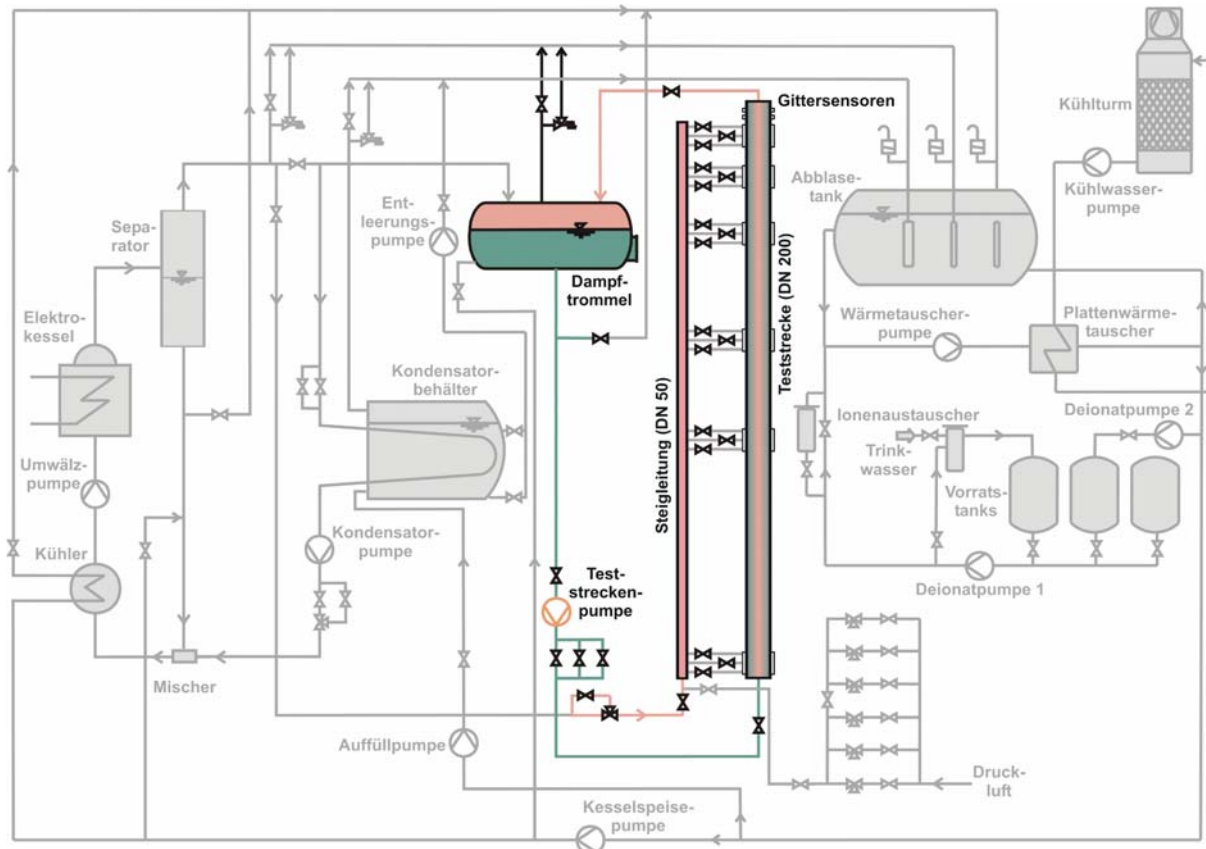


Abb. 2.9 Teststreckenkreislauf mit variabler Gaseinspeisung

Eine weitere Form der Testsektionen ist die **variable Gaseinspeisung** (Abb. 2.9).

Hierbei handelt es sich um ein aus 3 Segmenten (Länge: 2 m, 3 m, 3 m) zusammengesetztes vertikales Rohr mit einem Nenndurchmesser von 200 mm, an dem 6 ringförmige Einspeisemodule für Luft bzw. Dampf (Abb. 2.10) in verschiedenen Höhenpositionen angeschweißt sind. Jedes Modul besteht aus 3 unabhängigen Kammern, von denen Bohrungen in den Innenraum des Rohres führen. Die obere und untere Kammer sind mit je 72 Bohrungen im Durchmesser von 1 mm ausgerüstet, während die mittlere Kammer 32 Bohrungen mit einem Durchmesser von 4 mm aufweist.

Zur Erfassung der Messdaten werden oberhalb des vertikalen Rohres zwei Gittersensoren eingebaut. Der Abstand zwischen dem Messpunkt des unteren Gittersensors und den Einspeisemodulen beträgt jeweils ca.: 280, 550, 1500, 2540, 4470 und 7750 mm.

Das vertikale Rohr der variablen Gaseinspeisung wird

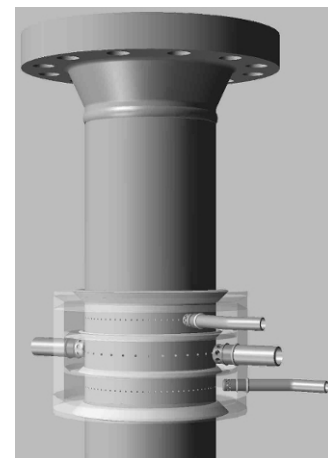


Abb. 2.10 Einspeisemodul der variablen Gaseinspeisung

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

anstelle der TS1 in den Teststreckenkreislauf montiert. Die Zuführung der flüssigen Phase erfolgt wie bei der TS1 über die Armatur 442AVA. Die Einspeisung der Luft- bzw. Dampfphase wird in diesem Fall nicht über die Einpervorrichtung im unteren Bereich der Testsektionen durchgeführt, sondern mit Hilfe der 6 bereits beschriebenen Module realisiert. Dazu sind die Kammern dieser Module einzeln absperrbar mit einer zentralen Steigleitung verbunden, die anstelle der TS2 in die Versuchsanlage eingebaut ist. In diese Steigleitung wird je nach Experiment Luft über die Armaturen 460AHA bzw. 461AHA oder Dampf mit der Armatur 441AVA eingespeist.



Abb. 2.11 Dampftrommel

Die **Dampftrommel (B02)** ist ein liegender zylindrischer Behälter (p_{\max} : 10 MPa, t_{\max} : 320°C) mit einer Länge von 5,3 m, einem Außendurchmesser von 1,6 m und einem Volumen von 7,4 m³. Insgesamt besitzt der B02 17 Stutzen. Neben Flanschen zum Anschluss des Teststreckenkreislaufes, des Sicherheitsventils und der Messtechnik verfügt die Dampftrommel über ein Mannloch für Inspektionszwecke und einen Flansch zum Einbau eines Bündels für Kondensationsversuche in einer späteren Ausbaustufe von TOPFLOW.

Bei den Teststreckenversuchen mit Wasser/Dampf- bzw. Wasser/Luft-Gemischen dient der B02 zur Phasenseparation. Nach der Phasenseparation wird die gasförmige Phase entweder zum Abblasetank geleitet, kondensiert (Dampf) bzw. ins Freie geblasen (Luft) oder in das Kondensatorbündel geleitet (Dampf), kondensiert und mittels Kondensatorpumpe wieder in den Elektrokesselkreislauf zurückgeführt.

Zur Absicherung der Dampftrommel und des Teststreckenkreislaufes gegen Überdruck dient das Sicherheitsventil 411SV, das bei einem Druck von 8,4 MPa öffnet. Die Druckregelung in der Dampftrommel erfolgt mit den parallel in der Ausblaseleitung installierten Regelarmaturen 410RVA (Arbeitspunkt) und 421RVA, wobei die 421RVA über den Regelkreis PIC4-04 angesteuert wird. Sicherheitsventil und Ausblaseleitung sind mit dem Abblasesystem verbunden. Außerdem besteht eine dampfseitige Verbindung zum Kondensatorbehälter und Kesselkreislauf über die Leitung 013-D-100, in der mit der Durchflussmessstelle FI4-09 die Dampfmenge sowohl in Richtung B02 (sekundär) als auch in Richtung Kesselkreislauf (primär) gemessen werden kann. Ferner ist in dieser Leitung oberhalb des B02 eine Nadelsonde (QI4-01) zur Kontrolle der flüssigen oder gasförmigen Phase installiert.

Der Füllstand in der Dampftrommel wird mit dem Regelkreis LIC4-01 eingestellt, der die Regelarmaturen 412RVA und 413RVA als Stellglieder nutzt. Während über die Armatur 413RVA Wasser aus der Rohrleitung 008-HW-250 direkt unterhalb des B02 entnommen und zum Abblasesystem geleitet wird, erfolgt die Zusp eisung mit Wasser von der Druckseite der Kesselspeisepumpe P02 über die 412 RVA in die Rezirkulationsleitung zwischen P04 und B02. Diese Einspeisung wurde gewählt, um möglicherweise auftretende thermische Belastungen der Dampftrommel zu minimieren.

Die **Teststreckenpumpe (P04)** hat die Aufgabe, Wasser aus der Dampftrommel durch die Testsektionen zu fördern. Die Drehzahl der Pumpe wird

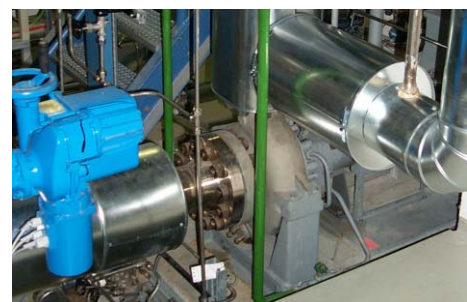


Abb. 2.12 Teststreckenpumpe

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

durch einen Frequenzumrichter gesteuert. Dadurch können Massenströme in einem breiten Parameterbereich bis zu 200 m³/h bei einer Druckerhöhung ≤ 0,8 MPa durch die TS gedrückt werden.

Konstruktiv ist die P04 als horizontale, einstufige und wassergekühlte Kreiselpumpe mit Gleitringdichtung ausgeführt. Sie ist für einen maximalen Druck von 10 MPa und eine maximale Temperatur von 300°C ausgelegt. Für den sicheren Betrieb der Pumpe ist es erforderlich, dass sie ständig von Wasser durchströmt wird. Der Frequenzumrichter ist deshalb zum Schutz der Pumpe gegen Überhitzung im unteren Bereich auf 50 % begrenzt, wodurch eine Unterschreitung der minimalen Drehzahl von 1500 min⁻¹ verhindert wird. Außerdem verfügt sie über eine Mindestmengenleitung, deren Armatur 408MV bei ca. 6,25 kg/s öffnet. Die Pumpe kann saugseitig mit der Armatur 404AHA und druckseitig mit den Armaturen 415AHA – 417AVA abgesperrt werden.

Zur Reinigung des Mediums im Teststreckenkreislauf befindet sich zwischen der Druckseite der P04 und den Regelarmaturen 405RVA – 407RVA das mechanische Filter 420F mit einer Maschenweite von ca. 1 mm.

2.3 Kondensatorkreislauf

Der Kondensatorkreislauf verbindet ein im Kondensatorbehälter eingebautes Bündel aus 8 Rohren mit Hilfe der Kondensatorpumpe mit dem Elektrokesselkreislauf. Dieser Kreislauf ermöglicht sowohl Kondensationsversuche, bei denen das Betriebsverhalten und die Effektivität von Wärmeaustauscherbündeln untersucht werden soll, als auch generische experimentelle Untersuchungen zur Dampfkondensation in U-förmigen Rohrschleifen in Ab- und Anwesenheit nicht kondensierbarer Gase.

Beim Kondensatorversuch wird der Dampf in das im Kondensatorbehälter angeordnete Testbündel geleitet und dort kondensiert. Die Freilegung des Bündels (d.h. die Oberfläche, an der Dampfkondensation stattfindet) wird hierbei durch Variation des Füllstandes innerhalb der Rohre mittels Kondensatorpumpe eingestellt. Das anfallende Kondensat gelangt anschließend wieder zurück in den Elektrokesselkreislauf.



Abb. 2.13 Kondensatorbehälter

Der **Kondensatorbehälter (W02)** ist ein liegender zylindrischer Behälter, der an der Rückseite mit einem halbkugelförmigen und an der vorderen Seite mit einem flachen Deckel verschlossen ist. Der Behälter hat eine Gesamtlänge von ca. 6,4 m, einen äußeren Durchmesser von 2,0 m und fasst ein Volumen von 17,7 m³. Er kann derzeit mit einem Innendruck bis max. 1 MPa bei einer Temperatur bis zu 180°C beaufschlagt werden. Zur optischen Erfassung der Effekte im Behälter sind beide Deckel mit Schaugläsern ausgestattet. Zur Verbesserung der Sichtverhältnisse ist der Innenraum beleuchtet. Außerdem sind zur Erfassung der Temperaturfelder je 11 Thermo-elemente in 8 Ebenen im Behälter und 12 Thermo-elemente auf der Außenseite installiert.

Außerdem sind zur Erfassung der Temperaturfelder je 11 Thermo-elemente in 8 Ebenen im Behälter und 12 Thermo-elemente auf der Außenseite installiert.

Am flachen Deckel ist das Rohrbündel montiert, das aus 8 einzeln absperzbaren und leicht gegenüber der Horizontalen geneigten U-förmigen Rohrschleifen besteht. Die Rohre haben einen Außendurchmesser von 44 mm bei einer Wandstärke von 2,9 mm. Sie enden an zwei Sammlern, von denen der obere in die Dampfleitung 004-D-100 eingebunden ist, während der untere über die Rohrleitung 005-HW-80 mit der

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Saugseite der Kondensatorpumpe verbunden ist. Die Wärmetauscherrohre können mit einem Innendruck bis max. 10 MPa bei einer Temperatur bis 300°C beaufschlagt werden.

Der Zylinderschuss und der halbkugelförmige hintere Deckel sind über einen Zwischenring miteinander verbunden, der zur Aufnahme der Dichtungen sowie zur Durchführung von Mess- und Entwässerungsleitungen dient. Den Verschluss des hinteren Halbkugelbodens bildet ein flacher Behälterabschlussdeckel. Dieser ist neben einer Öffnung für ein Schauglas noch mit einer weiteren Durchführung für die Entleerungsleitung des W02 ausgestattet.

Die **Kondensatorpumpe (P03)** ist eine horizontale, einstufige Kreiselpumpe mit gekühlter Gleitringdichtung. Zum sicheren Betrieb der Pumpe ist es daher erforderlich, dass sie mit Kühlwasser durchströmt wird. Ebenso wie die P04 wird sie durch einen Frequenzumrichter gesteuert, der die minimale Drehzahl der Pumpe auf 1050 min⁻¹ begrenzt. Die Kondensatorpumpe kann auf der Saugseite mit der Absperrarmatur 200AVA sowie auf der Druckseite mit den Regelarmaturen 202RVA und 203RVA abgesperrt werden. Um eine Überhitzung der Pumpe zu verhindern, ist im nicht absperrbaren Bereich eine Mindestmengenleitung installiert, deren Armatur 206MV bei ca. 1 kg/s öffnet. Da die Mindestmengenleitung direkt mit der Saugseite der Pumpe verbunden ist, muss darauf geachtet werden, dass die P03 nicht längere Zeit mit geschlossenen Armaturen auf der Druckseite betrieben wird. Die Pumpe ist für einen maximalen Druck von 10 MPa bei 300°C ausgelegt und erreicht einen maximalen Massenstrom von 13 m³/h bei einer maximalen Druckerhöhung von 1,1 MPa.



Abb. 2.14 Kondensatorpumpe

Der Dampf aus dem Separator bzw. der Dampftrommel wird dem oberen Sammler des Bündels über die Absperrarmaturen 201AVA oder 231AVA zugeführt und als Kondensat mit der P03 über den Mischer zum Elektrokesselkreislauf zurück gefördert. Um eine konstante Wärmeübertragung im W02 zu gewährleisten, werden die Regelkreise FIC2-02 (0,27 bis 2,7 kg/s) mit der Regelarmatur 203RVA und FIC2-03 (0,03 bis 0,3 kg/s) mit der 202RVA genutzt. Beide Regelarmaturen sind parallel an der Druckseite der P03 angeordnet. Die Dreiwegarmatur 211AHA trennt Haupt- und Bypassleitung voneinander.



Abb. 2.15 Auffüllpumpe

Zum Schutz des Kondensatorbehälters gegen einen unzulässigen Druckanstieg ist im nicht absperrbaren Bereich der Leitung 023-D-125 das Sicherheitsventil 308SV installiert, das den Druck auf 1,0 MPa begrenzt. Die Druckregelung sekundärseitig im W02 erfolgt mit dem Regelkreis PIC3-01, der die Regelarmatur 304RVA als Stellglied nutzt. Sicherheitsventil und Regelarmaturen leiten den Dampf in die Niederdruck-Abblaseleitung. Der Füllstand im Kondensatorbehälter wird mit den Regelkreisen FIC3-01 (Zuspeisen) und LIC3-06 (Ausschleusen) eingestellt und überwacht, wobei die **Auffüllpumpe (P05)** über die Regelarmatur 310RVA für die Wasserzufuhr aus dem Abblasetank sorgt. Die P05 ist als vertikale mehrstufige Kreiselpumpe ausgeführt, die

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

einen Massenstrom von 10 m³/h bei einer Druckerhöhung von 1,6 MPa fördert. Um eine Überhitzung der Pumpe zu vermeiden, sollte sie stets mit einer Mindestmenge ≥ 6 m³/h ($p \leq 2,0$ MPa) betrieben werden. Die maximale Temperatur im Zulauf darf 60°C nicht übersteigen. Die P05 ist auf der Druckseite mit den Armaturen 306AVH und 313AVH sowie auf der Saugseite mit der 519AKH absperrbar.

Die Wasserausschleusung erfolgt mittels der **Entleerungspumpe (P06)** über die Armatur 307RVA. Die P06 ist eine horizontale einstufige Kreiselpumpe. Sie fördert 5 m³/h und erzeugt dabei eine Druckerhöhung von 0,08 MPa. Beim Betrieb der Entleerungspumpe darf eine Mindestmenge von 0,7 m³/h nicht unterschritten werden. Die P06 ist für maximale Medientemperaturen von 100°C ausgelegt. Sie kann auf der Saugseite mit der Armatur 302AVH abgesperrt werden. Auf der Druckseite ist lediglich die Rückschlagklappe 312ZK installiert.



Abb. 2.16 Entleerungspumpe

Außerdem sind am W02 zu dessen Füllstandsüberwachung vier Nadelsonden in den Höhenpositionen 1,50; 1,55; 1,65 und 1,70 m installiert. Des Weiteren befindet sich zur Anzeige der Dampf- bzw. der flüssigen Phase eine Nadelsonde oberhalb des Eintrittssammlers in der Dampfzuleitung und eine nach dem Austrittssammler in der Kondensatabflussleitung.

In Abhängigkeit von den experimentellen Anforderungen kann im W02 sekundärseitig eine Umlaufkühlung eingestellt werden. Zu diesem Zweck wird die Durchflussregelung FIC3-01 im Zusammenwirken mit der Füllstandsregelung LIC3-06 genutzt (Abschnitt 4.2.2).

2.4 Abblase- und Kühlsystem

Das **Abblasesystem** besteht aus zwei Hochdruck- und einer Niederdruck-Abblaseleitung sowie dem Abblasetank (B03). Es erfasst die aus den Kessel-, Teststrecken-, sowie Kondensatorkreisläufen abgeführten Massenströme und kondensiert bzw. kühlt diese im B03. Eine weitere Funktion des Systems ist die Speicherung und Bereitstellung von Speisewasser entsprechend den Anforderungen des Anlagenbetriebes.

Der **Abblasetank (B03)** ist ein liegender zylindrischer Behälter mit einer Länge von 5,16 m, einem Durchmesser von 2,3 m und einem Volumen von 19,4 m³. Er ist drucklos und besitzt eine Entlüftungsleitung, die mit der Atmosphäre verbunden ist. Der maximale Füllstand im Behälter beträgt 2,1 m (Überlauf), die maximale Betriebstemperatur 65°C. Zur Einleitung und Kondensation von Dampf bzw. Wasser-Dampf-Gemischen in das Behälterwasser sind die Abblaseleitungen aus der Anlage mit senkrechten Tauchrohren verbunden, die an den unteren Enden perforierte Ausläufe besitzen.

Die erste Hochdruck-Abblaseleitung zur ausschließlichen Dampfabfuhr (020-D-80) verbindet die Sicherheitsventile 106SV (Kesselkreislauf) und 411SV (Dampftrommel), die Ausblaseleitung der Dampftrommel (410RVA und 421RVA) sowie die Leitung 071-D-50 nach dem Separator über die Regelarmatur 103RVA mit dem Abblasetank, während die zweite Hochdruck-Abblaseleitung (045-HWD-50) die Wasser-Dampf-Gemische unterhalb des Separators (035-HWD-50, 104RVA), vom Wärme-

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

tauscher W01 (018-KW-50, 508RVA) und nach der Dampftrommel (060-HW-25, 413RVA) aufnimmt und in den B03 einleitet.

An die Niederdruck-Abblaseleitung sind über die Leitung 022-D-125 das Sicherheitsventil 308SV, die Abdampfleitung 023-D-125 (304RVA und 314RVA) aus dem Kondensatorbehälter sowie die Leitungen 024-HW-50 von der Druckseite der Entleerungspumpe P06 und 019-KW-40 vom Druckbegrenzer der P02 (514DV) angeschlossen.

Zum Schutz der Abblaseleitungen gegen Kondensationsschläge sind diese mit drei Vakuumbrechern (509ZV, 513ZV – Hochdruck und 507ZV – Niederdruck) ausgerüstet, die das Entstehen eines Unterdrucks in den Leitungen verhindern.

Die dem B03 von den Abblaseleitungen zugeführte Wärmemenge wird vom **Kühlsystem** an die Umgebung abgeführt. Es besteht aus:

- dem Zwischenkühlkreislauf,
- dem Hauptkühlkreislauf,
- dem Kreislauf zur Versorgung der technologischen Kühlstellen.

Der **Zwischenkühlkreislauf** besteht aus der Wärmetauscherpumpe P07 und dem Plattenwärmetauscher W03. Er überträgt die Wärmemenge aus dem Abblasetank in den Hauptkühlkreislauf, indem die P07 das Deionat aus dem B03 durch den Plattenwärmetauscher zirkulieren lässt. W03 und P07 sind vom Abblasetank mit den Armaturen 300AVH und 305AVH absperrbar.



Abb. 2.17 Plattenwärmetauscher

Die **Wärmetauscherpumpe (P07)** ist eine horizontale einstufige Kreiselpumpe mit einer eigenmediumgekühlten Gleitringdichtung. Die Pumpe fördert 150 m³/h bei einer Druckerhöhung von 0,14 MPa. Der **W03** ist modular aufgebaut und besteht aus 238 Platten, die von 8 Spannschrauben gehalten werden. Er stellt eine Wärmetauscherfläche von 120 m² bereit und ist beidseitig für einen Überdruck von 1 MPa bei einer maximalen Temperatur von 60°C ausgelegt.

Der **Hauptkühlkreislauf** führt die Wärme aus dem W03 und von den technologischen Kühlstellen an die Umgebung ab. Er verbindet den W03, die Kühlturmpumpe P08, den Druckausgleichsbehälter B06 und die Kühltürme K01 miteinander. Die



Abb. 2.18 Druckausgleichsbehälter

Kühlturmpumpe (P08) ist eine horizontale Kreiselpumpe mit eigenmediumgekühlter Gleitringdichtung. Sie fördert ein Wasser-Glykol-Gemisch, dessen Glykolkonzentration (Diethylenglykol > 34%) einen Frostschutz für Temperaturen bis mindestens -20°C gewährleistet. Die P08 erreicht eine Fördermenge von 215,8 m³/h bei einer Druckerhöhung von 0,27 MPa und einer Betriebstemperatur von 33°C. Zu Reparaturzwecken kann die Kühlturmpumpe mit den Armaturen 601AKH, 602AKA und 628AVH abgesperrt werden.

Um im geschlossenen Kühlsystem die Ausdehnung des Mediums zu kompensieren, ist der **Druckausgleichsbehälter (B06)** mit dem System verbunden. Der B06 hat ein Gesamtvolumen von 0,6 m³, das sich in je einen durch eine Membran getrennten Wasser- und Gasbereich aufteilt. Der Behälter begrenzt den Druck im Kühlsystem auf 0,6 MPa. Er ist für eine Temperaturspanne von 0

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

bis 120°C ausgelegt. Der maximal zulässige Druck beträgt 1,0 MPa.

Die **Trockenkühltürme (K01)** sind in 4 Sektionen unterteilt, von denen jede eine Leistung von 1,1 MW (bei $t_{\text{Luft}} = 25^\circ\text{C}$, $\Delta t = 20 \text{ K}$, $m_{\text{W}} = 53,95 \text{ m}^3/\text{h}$) übertragen kann. Jede Sektion (Druckverlust 0,17 MPa) besteht wiederum aus 10 Ventilatoreinheiten, die EMSR-seitig in zwei Gruppen zu je 5 Lüftern zuschaltbar sind. Damit lassen sich 8 verschiedene Kühlstufen einstellen. Die automatische Zuschaltung einer Kühlstufe erfolgt, nachdem das Kühlwasser eine Temperatur von 33°C erreicht hat. Um ein häufiges Zu- und Ausschalten der Kühler zu vermeiden, schaltet sich eine Kühlstufe erst ab, wenn die Kühlwassertemperatur auf 27°C abgefallen ist. Zu Wartungszwecken sind die vier Kühlturmsektionen einzeln am Ein- und Austritt mit den Absperrklappen 611 – 614AKH bzw. 641 – 644AKH absperrbar.



Abb. 2.19 Kühltürme

Der **Kreislauf zur Versorgung der technologischen Kühlstellen** arbeitet mit der Kühlwasserpumpe P11, die einen Teil des Wasser/Glykol-Gemisches nach der Druckseite der P08 ansaugt und den folgenden Verbrauchern zur Verfügung stellt:

- Ölkühler am Schalttransformator 6 kV – 100 V des Elektrokessels;
- Gleitringdichtung, Lager und Getriebe an der Pumpe P01;
- Luftkühler des Elektromotors und Getriebe an der Pumpe P02;
- Gleitringdichtungen und Lager an den Pumpen P03 und P04 sowie
- Probenahmekühler W04.

Die reale Kühlwassermenge ist während des Betriebs an den jeweiligen Verbrauchern mit den Absperrarmaturen der Kühlstellen entsprechend den Temperaturen an den Verbrauchern einzustellen.

Das erwärmte Kühlwasser wird dem Hauptkühlkreislauf nach dem Plattenwärmetauscher zugeführt. Konstruktiv ist die **Kühlwasserpumpe (P11)** als horizontale Kreiselpumpe mit eigenmediumgekühlter Gleitringdichtung ausgeführt. Sie fördert eine Kühlwassermenge von 18,8 m³/h und erzeugt dabei eine Druckerhöhung von 0,18 MPa. Zu Reparaturzwecken ist die P11 auf der Saugseite (628AVH) und auf der Druckseite (504AVH, 615AVH, 625AVH, 649AVH, 650AVH und 652AVH) absperrbar.



Abb. 2.20 Druckluftregelstation

2.5 Druckluftsystem

Dieses System wird zur Bereitstellung von Druckluft für Teststreckenexperimente und zum Aufbau eines Vordruckes im Kesselkreislauf bei Inbetriebnahme der Anlage für Dampfexperimente genutzt. Die Druckluft wird aus dem Netz des FZR entnommen, das gefilterte, trockene Luft mit einem Druck zwischen 0,6 und 0,7 MPa bereitstellt. Das FZR-Druckluftnetz ist mit der Armatur 423AVH von der Versuchsanlage absperrbar. Um den großen Volumenstrombereich von 0,08 l/min bis 900 m³/h mit der notwendigen Fehlertoleranz (1%) einregeln zu können, ist die Luftzufuhr sechssträngig aufgebaut.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Jeder Strang besteht aus einem Durchflussregler (450RVA – 455RVA¹) und einer nachgeschalteten Dreiwegearmatur (470AHA, 471AVM – 475AVM), die die Durchflussregler im inaktiven Zustand einzeln absperren und mögliche Leckagen in die Versuchshalle ableiten. Die Steuerung der Durchflussregler 450RVA – 455RVA erfolgt mit den Regelkreisen FIC4-10 – FIC4-15.

Nach den Dreiwegearmaturen sind je 3 Stränge (450RVA bis 452RVA und 453RVA bis 455RVA) zu zwei Sektionen zusammengeführt und mittels Druckschläuchen mit den vertikalen Teststrecken TS1 bzw. TS2 verbunden, wobei von jeder Sektion in jede VTS Luft eingblasen werden kann. Die Absperrung der Teststrecken vom Druckluftsystem erfolgt mit den Armaturen 460AHA und 461AHA. Zum Schutz der Durchflussregler vor Wassereinbruch aus den Teststrecken sind beide Sektionen mit den Magnetventilen 480AVM und 481AVM ausgerüstet. Um Druckluft von den Durchflussreglern 450RVA bis 452RVA in die TS2 bzw. von 453RVA bis 455RVA in die TS1 einzuleiten, ist die Absperrarmatur 424AHH in der Verbindungsleitung zwischen beiden Sektionen zu öffnen.

Vor Demontage der Druckschläuche sind die Armaturen 425AHH und 460AHA (TS1) bzw. 426AHH und 461AHA (TS2) zu schließen und in den Schläuchen durch Öffnen der Armaturen 462AHH bzw. 463AHH ein Druckausgleich durchzuführen.

Ist die **variable Gaseinspeisung** montiert, wird die Druckluft über die Absperrarmaturen 425AHH und 460AHA (großer Bereich) bzw. 426AHH und 461AHA (kleiner Bereich) ausschließlich der Steigleitung zugeführt und von dort mit Hilfe der 6 Einspeisemodule in die Testsektion DN 200 eingeperlt.

2.6 Wasseraufbereitung

Da zum Betrieb der Versuchsanlage vollentsalztes Wasser (Leitfähigkeit bei 25°C < 10 µS/cm sowie pH-Wert zwischen 7 und 8) verwendet wird, verfügt sie über Komponenten zur Erzeugung, Aufbereitung und Speicherung dieses Betriebsstoffes. Die Wasseraufbereitungsanlage besteht aus drei Vorratsbehältern B07/A-C, sechs Mischbettfilterpatronen F07/A-F, zwei Deionatpumpen P09 und P12, einem mechanischen Filter 710F sowie einer Vorort-Steuerung mit der notwendigen Messtechnik.

Die **Vorratsbehälter (B07/A-C)** bestehen aus Kunststoff und haben eine Länge von 2,29 m, eine Breite von 1,30 m sowie eine Höhe von 2 m, so dass sich pro Behälter ein nutzbares Volumen von ca. 5 m³ ergibt. Im oberen Bereich sind sie über eine Entlüftung mit der Umgebung verbunden. Um die Wasserqualität in den Behältern zu erhalten, wurden in die Entlüftungsleitungen spezielle Feinstaubfilter eingebaut.



Abb. 2.21 Deionat-Vorratsbehälter

Die Auslaufstutzen aller drei Behälter sind absperrenbar (715AVH – 717AVH) mit einer Sammelleitung verbunden, aus der die **Deionatpumpe Vorlauf (P09)** das Medium ansaugt. Die P09 ist eine vertikale Kreiselpumpe mit Gleitringdichtung, die eine Fördermenge von 2,5 m³/h bei einer Druckerhöhung von 0,25 MPa bereitstellt.

Die Wasseraufbereitungsanlage ist an das Trinkwassernetz des FZR mittels des Ventils 706AVH angeschlossen. In dieser Leitung ist in Strömungsrichtung das me-

¹ Bei den Reglern 451RVA – 455RVA sind Durchflussmess- und Regeleinrichtung in einem Gerät zusammengefasst, während die Regelarmatur 450RVA und der zugehörige Durchflussmesser als Einzelkomponenten ausgeführt wurden.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



Abb. 2.22 Mischbettfilterpatronen

chanische Filter installiert, an das sich parallel zwei Stränge mit je zwei in Reihe geschalteten **Mischbettfilterpatronen (F07/A-D)** anschließen. Jede Patrone hat ein Volumen von ca. 50 l und ermöglicht eine Ionenaustauscherkapazität von 3,25 m³ Rohwasser mit einer Leitfähigkeit von ca. 600 µS/cm. Die maximale Durchflussleistung einer Patrone beträgt 1 m³/h. Die maximale Zulauftemperatur liegt bei 50°C und ist durch die geringe Temperaturbeständigkeit des Ionenaustauscherharzes begrenzt. Nach den Filterpatronen strömt das Deionat in den Vorratsbehälter B07/A. Die **Deionatpumpe Rücklauf (P12)** saugt aus der Entleerungsleitung des B03 und fördert das Wasser zur Aufbereitung in den B07/B. Die P12 ist baugleich mit der P09 und arbeitet mit folgenden Parametern: Fördermenge von 3,0 m³/h bei einer Druckerhöhung von 0,15 MPa. Die P12

besitzt einen Trockenlaufschutz, der die Pumpe bei Betrieb ohne Medium abschaltet. Da sich bei längerer Lagerung des Deionates in den Vorratsbehältern die Leitfähigkeit verschlechtert, wurden im Anschluss an die P09 in der Leitung 037-KW-25 zwei weitere Mischbettfilterpatronen (F07/E und F) parallel installiert, die je nach Bedarf durchfahren oder umgangen werden können. Bei Nutzung dieser Filterpatronen kann das Deionat mit einer Leitfähigkeit < 0,2 µS/cm bereitgestellt werden.

Gemäß den Aufgaben kann die Wasseraufbereitungsanlage in den weiter unten beschriebenen vier Betriebsarten genutzt werden. Voraussetzung für den Betrieb der Anlage ist die ordnungsgemäße Installation der Filterpatronen 710F und F07/A-F. Zur Inbetriebnahme der Wasseraufbereitung ist der Schaltschrank S20 im Raum 1.14 zu öffnen und das System mit dem Hauptschalter einzuschalten. Außerdem besteht am Schaltschrank die Möglichkeit, die Füllstände der Vorratsbehälter (LIS7-01 – LIS7-03) zu kontrollieren, drei Betriebsarten auszuwählen und Störungssignale zu prüfen.

2.6.1 Erzeugung von vollentsalztem Wasser aus Trinkwasser

Voraussetzung für diese Betriebsart ist freies Volumen im Behälter B07/A. Ist dies nicht der Fall, kann Medium über die Verbindungsleitung 036-KW-50 in andere Behälter abgelassen oder mit der P09 in den B03 abgepumpt werden (siehe 2.6.2). Ferner ist zu prüfen, ob sich der Füllstand in allen Vorratsbehältern unter dem Grenzwert (4,8 m³) befindet.

Folgende Armaturenzustände sind herzustellen: geschlossen: 715AVH – 718AVH; offen: 706AVH, 711AVH, 712AVH und 719AVH bzw. 721AVH. Danach ist am Schaltschrank mit dem Drehschalter die Stellung „Tank füllen“ zu wählen und mit dem zugehörigen Kippschalter zu aktivieren. Nach diesen Schalthandlungen öffnet das Magnetventil 707AVM und Wasser strömt durch die Filterpatronen in den B07/A. Öffnet das Magnetventil nicht, ist zu prüfen, ob die Signallampe „Leitfähigkeit“ im Schaltschrank leuchtet. Ist dies der Fall, besteht die Möglichkeit, durch kurzzeitiges Betätigen (2 - 3 s) der grünen Taste unter der Signallampe „Leitfähigkeit“ eine Grenzwertüberbrückung für die Leitfähigkeitskontrollen nach den Filterpatronen (QIS7-01 bzw. QIS7-02) durchzuführen. Hilft diese Maßnahme nicht weiter, sind die Filterpatronen erschöpft und müssen regeneriert werden. Leuchtet die Signallampe „Rohwasser“ ist der Druck im Trinkwassernetz zu gering (< 0,1 MPa) oder das Ventil 706AVH nicht geöffnet.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Während des Betriebs sind die Wasserqualität nach den Filterpatronen QIS7-01 und QIS7-02 sowie der Füllstand LIS7-01 zu kontrollieren. Erreicht der Füllstand im Behälter B07/A den oberen Grenzwert (4,8 m³) oder die Leitfähigkeitsmessungen QIS7-01 bzw. QIS7-02 ihren Schwellwert (0,5 µS/cm), schließt das Magnetventil 707AVM automatisch.

2.6.2 Füllen des Abblasetankes

Zum Füllen des B03 mit Deionat ist zu kontrollieren, ob die Höhenstandsanzeigen LIS7-01 – LIS7-03 sich oberhalb des Grenzwertes von 0,6 m³ befinden. Außerdem muss folgender Armaturenzustand hergestellt werden: geschlossen: 702AVH, 706AVH, 718AVH, 722AVH und 723AVH geöffnet: 703AVH und 500AVA, sowie in Abhängigkeit des Behälters, aus dem gefüllt werden soll, eine der Armaturen 715AVH – 717AVH. Die anderen beiden Armaturen sind ebenfalls zu schließen. Danach den Drehschalter in Stellung „Anlage füllen“ stellen und mit dem zugehörigen Kippschalter die Funktion aktivieren.

Nach diesen Aktionen läuft die P09 an und fördert Deionat in den B03. Je nach Qualität des Deionates können die Filterpatronen F07/E und F07/F mit durchfahren werden. Dazu müssen die Armatur 703AVH geschlossen und die 722AVH oder 723AVH bzw. beide geöffnet werden. Läuft die P09 nicht an, ist zu kontrollieren, ob sich der Füllstand in einem der Tanks B07/A-C unterhalb des Grenzwertes (0,6 m³) befindet. Ist das der Fall, muss der entsprechende Füllstand über den Grenzwert angehoben werden. Läuft die P09 an und erzeugt keine Förderhöhe (PI7-02), ist der Kippschalter auszuschalten und die Entlüftungsschraube an der Pumpe solange zu öffnen bis Wasser austritt. Nach dem Verschließen dieser Schraube kann die Funktion erneut eingeschaltet werden. Unterschreiten die Messungen LIC7-01 – LIC7-03 den Grenzwert von 0,6 m³, schaltet die P09 automatisch ab. Beim Füllen des B03 sind die Füllstandsmessungen LIAS±5-01 bzw. LI5-02 zu kontrollieren. In dieser Betriebsart erreicht die P09 bei Umfahrung der Filterpatronen F07/E und F07/F eine Fördermenge von ca. 3,5 m³/h sowie bei Nutzung der Patronen ca. 2 m³/h.

2.6.3 Rückführung von Wasser aus dem Abblasetank in die Vorrattanks

Besteht die Notwendigkeit Wasser aus dem B03 in die Vorrattanks zurück zu fördern, ist zu prüfen, ob im B07/B ausreichend freies Volumen verfügbar ist. Ist dies nicht der Fall, kann Deionat in den B07/A bzw. B07/C abgelassen werden.

Der Schaltschrank S20 muss eingeschaltet sein, da sonst die automatische Abschaltung der P12 nicht funktioniert. Ferner ist zu kontrollieren, ob LIS7-01 – LIS7-03 unterhalb des oberen Grenzwertes (4,8 m³) stehen. Danach ist folgender Armaturenzustand herzustellen: geschlossen: 702AVH, 703AVH, 706AVH sowie 715AVH – 718AVH; offen: 515AHH.

Jetzt können am Schaltschrank S12 der Hauptschalter eingeschaltet und die P12 in Betrieb genommen werden. Läuft die Pumpe ordnungsgemäß an, wird dieser Zustand mit der Signallampe „in Betrieb“ angezeigt. Läuft die Pumpe nicht an, sind die LIS7-01 – LIS7-03 nochmals zu kontrollieren. Falls die P12 trotzdem nicht fördert, ist sie abzuschalten und zu entlüften (siehe P09, Abschnitt 2.6.2).

Während des Betriebes der P12 sind die Füllstände im B03 und B07/B zu überwachen. Erreicht LIS7-02 den Grenzwert (4,8 m³) schaltet die P12 automatisch ab, was am S12 mit dem Signal „Tank voll“ angezeigt wird. Ist der B03 leer, wird die P12 ebenfalls abgeschaltet (Trockenlaufschutz).

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



2.6.4 Aufbereitung von Wasser aus der Versuchsanlage (Zirkulationsbetrieb)

Nach der Rückführung von Wasser aus der Versuchsanlage oder nach längerer Speicherung von Deionat in den Vorratsbehältern kann die Leitfähigkeit im System über 0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ansteigen. Zur Aufbereitung sind folgende Bedingungen zu prüfen bzw. einzustellen:

- Füllstände LIS7-01 – LIS7-03 befinden sich zwischen dem unteren (0,7 m^3) und oberen Grenzwert (4,7 m^3);
- im Behälter B07/A ist ein ausreichend freies Volumen verfügbar, wenn aus B07/B oder B07/C angesaugt werden soll;
- folgende Armaturen sind geschlossen: 703AVH, 706AVH, 718AVH bzw.
- geöffnet: 702AVH, 711AVH, 712AVH, 719AVH, 721AVH.

Ferner muss, in Abhängigkeit aus welchem Behälter Wasser gefördert werden soll, eine der Armaturen 715AVH, 716AVH oder 717AVH geöffnet sein. Danach ist im Schaltschrank der Wasseraufbereitungsanlage der Drehschalter in Stellung „Zirkulation“ zu bringen und der zugehörige Kippschalter zu aktivieren. Sind alle Voraussetzungen erfüllt, läuft die P09 an und fördert Wasser aus dem ausgewählten Behälter B07/A - C über die Filterpatronen F07/A-D in den B07/A. Läuft die Pumpe nicht an, sind die oben genannten Bedingungen nochmals zu prüfen. Läuft die P09 an, erzeugt aber keinen Druck, ist sie zu entlüften (siehe Abschnitt 2.6.2). Steigt der Druck am Manometer PI7-02 auf 0,4 MPa, sind die Armaturenstellungen nochmals zu kontrollieren. Außerdem kann das mechanische Filter 710F verschmutzt sein. Auch in dieser Betriebsart kann die Grenzwertüberbrückung für die Leitfähigkeitskontrollen (QIS7-01 bzw. QIS7-02) gemäß Abschnitt 2.6.1 genutzt werden.

Während des Betriebes sind die Füllstände LIS7-01 – LIS7-03, die Arbeitsweise der P09 sowie die Wasserqualität nach den Filterpatronen QIS7-01 und QIS7-02 zu kontrollieren. Sinkt der Füllstand in einem der Behälter B07/A – C unter den Grenzwert von 0,7 m^3 ab oder übersteigt er den Grenzwert von 4,7 m^3 , schaltet die P09 automatisch ab. Die Abschaltung erfolgt ebenfalls, wenn die Leitfähigkeitsmessungen QIS7-01 bzw. QIS7-02 ihren Schwellwert (0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$) erreichen. In dieser Betriebsart hat das System eine Leistungsfähigkeit von ca. 1 m^3/h .

Generell ist zu beachten, dass beim automatischen Ab- und Wiederschalten der einzelnen Funktionen durch die LIS7-01 – LIS7-03 eine Hysterese von 0,1 m^3 berücksichtigt werden muss. Zum Beispiel erfolgt das Abschalten der Füllfunktion der B07/A-C nicht bei Überschreitung von 4,8 m^3 sondern erst bei Füllständen über 4,9 m^3 (Anzeige: 5,0 m^3). Wogegen die Zuschaltung der Füllfunktion erst bei Unterschreiten von 4,7 m^3 (Anzeige: 4,6 m^3) möglich ist. Dies gilt für alle entsprechenden Grenzwertschaltungen!

2.6.5 Regenerieren der Filterpatronen F07/A – F

Bei einer durchschnittlichen Leitfähigkeit des Rohwassers von 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ kann ein Strang (zwei Patronen in Reihe geschaltet) ca. 6,5 m^3 Wasser entsalzen. Wird diese Menge überschritten, nimmt die Leitfähigkeit des Deionats nach den Mischbettfilterpatronen F07/A-D ständig zu. Bei einer Leitfähigkeit größer als 0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ spricht die Grenzwertüberwachung an (Alarmsignal). Das bedeutet, dass die Patronen erschöpft sind und regeneriert werden müssen. Das Gleiche gilt auch bei Anstieg der Leitfähigkeit am Messgerät QI7-04 größer als 0,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ für die Filterpatronen F07/E bzw. F07/F. Zum Regenerieren sind folgende Arbeitsschritte durchzuführen:

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

- Schließen der Armaturen 711AVH, 712AVH, 719AVH und 721AVH bzw. 722AVH und 723AVH;
- Öffnen der Bajonettverschlüsse an den Schlauchkupplungen und Abziehen der Schläuche sowie
- Drehen und Entleeren der Patronen in Gullynähe.

Um Beschädigungen an den Patronen zu verhindern, müssen diese frostfrei gelagert werden!

Die Montage der Patronen nach der Regeneration erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Ungefähr 5 bis 10 min nach Inbetriebnahme der Patronen sind diese an den Schrauben zwischen dem Ein- und Austrittsstutzen zu Entlüften. Hierzu ist die Schraube vorsichtig zu öffnen bis Wasser austritt und danach wieder zu verschließen.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

2.7 Prozessleitsystem

2.7.1 Funktionsweise

Die Versuchsanlage TOPFLOW verfügt über ein modernes, modular aufgebautes Leitsystem. Zur Steuerung der Anlage und zur Visualisierung der Betriebsparameter werden Anwendungsprogramme auf der Basis der Programmsysteme PCWORX (Phoenix Contact), InTouch (Wonderware Corp.) und DIAdem (National Instruments) verwendet, die auf drei Intel-PC mit dem Betriebssystem WinNT 4.0 installiert sind. Die Datenerfassung und –verarbeitung im Prozessleitsystem (PLS) ist in Abbildung 2.23 dargestellt. Sie erfolgt in zwei Hierarchiestufen:

Im **Feldbereich**, d.h. direkt in der Anlage, werden Daten von Sensoren und Transmittern erfasst, Verknüpfungen und Regelalgorithmen berechnet sowie Stellgrößen an diverse Aktoren (z.B. Ventile oder Pumpen) ausgegeben. Die Funktionalität der Feldebene ist jeweils in Automatisierungsstationen konzentriert, die je nach vorgesehener Funktion Aufgaben im Bereich von einfachen Datenein- bzw. -ausgaben bis zur logisch – arithmetischen Signalverarbeitung, ähnlich einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS), abarbeiten. Neben den Antrieben der Armaturen sind die in Tabelle 2.1 aufgelisteten Stationen des Feldbereiches mit dem Rechner FWSF73 über das Bussystem INTERBUS-S verbunden:

Tabelle 2.1 Mit INTERBUS-S vernetzte Stationen der Versuchsanlage

Bezeichnung	Signalverarbeitung	Ort / Schrank
Regelstation Kühlung	mit Controller	S17
Eingabestation Kondensatorbehälter	nur Ein- bzw. Ausgabe	S27
Regelstation Kondensatorbehälter	mit Controller	S26
Busmodul Frequenzumrichter P03	nur Ein- bzw. Ausgabe	S19
Eingabestation Versuchsfeld	nur Ein- bzw. Ausgabe	S19
Busmodul Frequenzumrichter P04	nur Ein- bzw. Ausgabe	S21
Eingabestation Teststrecke	nur Ein- bzw. Ausgabe	S25
Regelstation Teststrecke	mit Controller	S24
Eingabestation Frischdampf	nur Ein- bzw. Ausgabe	S28
Regelstation Luft	mit Controller	S35
Regelstation Frischdampf	mit Controller	S01

Die Rechner FWSF72, FWSF73 und FWSFFS01 bilden die **Prozessleitsystem-Ebene**. Diese Rechner und die in Tabelle 2.2 enthaltenen Stationen der Versuchsanlage sind mit dem internen TCP/IP Netzwerk untereinander verbunden. Das Zusammenwirken der Programme auf diesen Rechnern funktioniert nach dem Client - Server Prinzip, wobei die Serverprogramme entsprechend den Anweisungen der angeschlossenen Clients die Ihnen zugewiesenen Prozeduren ausführen. Als Protokollverfahren zwischen den Programmen kommen OPC² und DDE³ zur Anwendung.

² OPC bedeutet OLE for process control, wobei OLE für Object Link Embedding steht.

³ DDE ist die Abkürzung für Dynamic Data Exchange.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

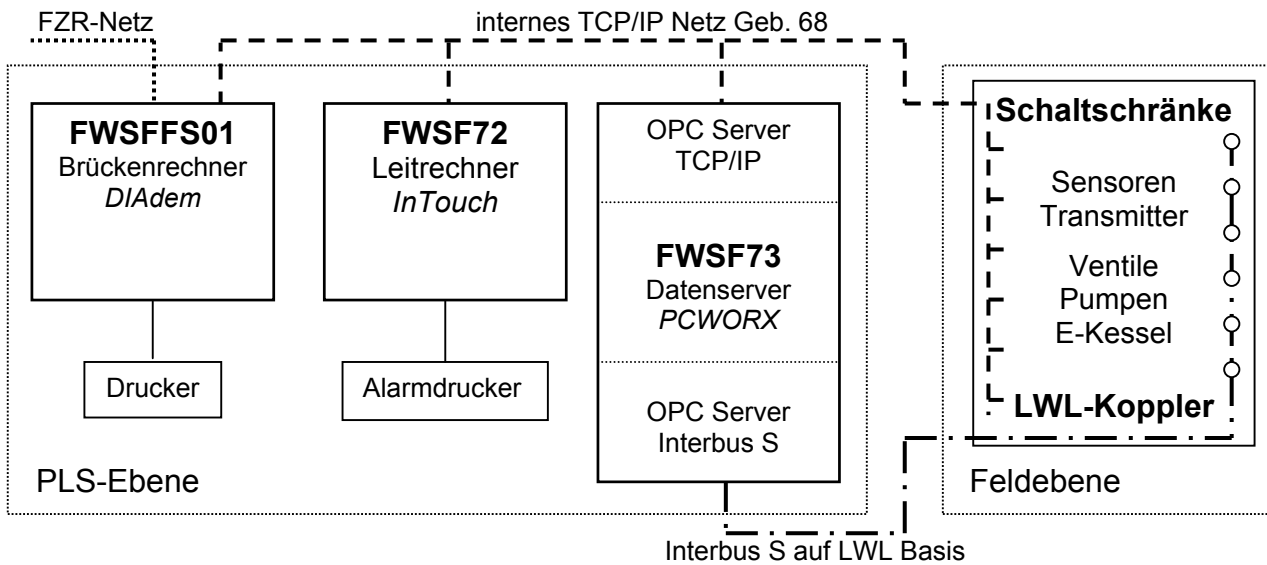


Abb. 2.23 Struktur und Kommunikation des Prozessleitsystems mit den Anlagenkomponenten

Tabelle 2.2 Auflistung der im internen TCP/IP Netzwerk verbundenen Stationen

Bezeichnung	Ort / Schrank
Etherneteingabestation Teststrecke	S29
Etherneteingabestation Dampftrommel	S30
Etherneteingabestation Kondensatorbehälter	S31

Hauptaufgabe des Rechners **FWSF73** ist das Datenmanagement zwischen dem PLS und der Versuchsanlage. Diese Aufgabe wird mit Hilfe eines OPC Datenservers gelöst, der anstehende Prozessdaten für die angeschlossenen Clients zur Verfügung stellt oder von den Clients generierte Befehle, Parameter und Sollwerte an die Feldebene überträgt. Für Servicezwecke kann von diesem Rechner mit dem Programm PCWORX auch die Konfiguration und Diagnose der Controllerprogramme in den Automatisierungsstationen im Feldbereich und die Visualisierung von Variablen vorgenommen werden.

Der Rechner **FWSF72** ist der eigentliche Prozessleitrechner mit dem Visualisierungssystem InTouch für die Mensch – Maschine – Kommunikation mit der Versuchsanlage. Die Darstellung der Prozessparameter erfolgt kreislaufspezifisch mittels 10 Anlagenbildern. Die Eingabe der Sollwerte, Stellgrößen und Stellbefehle in Reglerleitbildern ermöglichen spezielle Bedienfenster für einzelne Anlagenkomponenten.

Zur Erfassung und Online-Visualisierung der versuchsspezifischen Anlagendaten dient der Rechner **FWSFFS01** mit dem Messwerterfassungs- und Visualisierungsprogramm DIAdem, der außerdem als Schnittstelle zwischen dem internen Netz in der Versuchshalle und dem FZR-Netz genutzt wird. Er ist so konfiguriert, dass eine direkte Verbindung zwischen den Teilnehmern beider Netzwerke nicht möglich ist. Es besteht lediglich die Möglichkeit, Datenfiles aus dem internen Netz auf diesen Rechner zu kopieren und vom FZR-Netz auf diese Files zuzugreifen.

Für Zwecke der Fernwartung verfügt jeder Rechner über eine serielle Schnittstelle zum Anschluss eines Telefonmodems.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

2.7.2 Bedienung des Prozessleitsystems

Nach dem Start des PLS öffnet sich der Startbildschirm mit folgenden Fenstern:

Im oberen Bereich wird die Statusleiste mit dem Symbol zur Busdiagnose, dem Namen des aktuellen Prozessleitbildes und der Datum / Uhrzeit-Anzeige dargestellt. Das Symbol zur Busdiagnose kann zwei Zustände signalisieren:

entweder Bus in Ordnung:  oder Bus fehlerhaft: .

Durch Bedienen des jeweiligen Symbols öffnet sich ein Fenster mit detaillierten Informationen über den Zustand des Interbuses. Korrekt arbeitende Busteilnehmer sind grün und mit dem Fehlercode „0“, fehlerhafte - rot oder mit einem Fehlercode ungleich „0“ dargestellt. Die Variablennamen in Abbildung 2.4 bedeuten: TOP - Zentrales Interbussegment sowie die unterlagerten Interbussegmente: RS_FD – Frischdampf, RS_KO: Kondensator, RS_KUE: Kühlsysteme, RS_TES: Testsektionen, RS_DL: Druckluft.

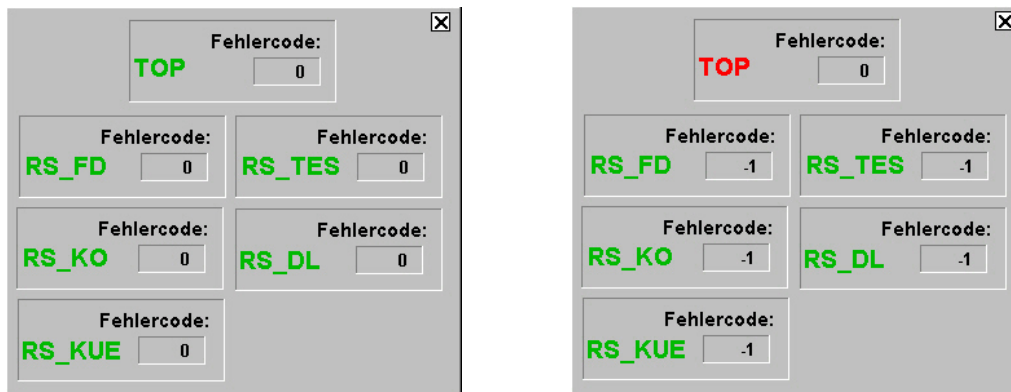


Abb. 2.24 Informationen über den Zustand des Interbuses

Das Umschalten von Prozessleitbildern erfolgt wahlweise über animierte Tasten im unteren Bereich des Bildschirms (Abb. 2.25) oder über die Funktionstasten F1 – F10 sowie F12 auf der Tastatur des Rechners, wie in Tabelle 2.3 beschrieben.

Tabelle 2.3 Funktionstasten zur Bedienung der Prozessleitbilder

Taste	Bild	Taste	Bild
F1	Elektrokesselkreislauf	F7	VTS Luft
F2	Kondensatorkreislauf	F8	Druckluft
F3	Kühlkreislauf	F9	VGE ⁴ Dampf
F4	Diff.-druck 1	F10	VGE Luft
F5	Diff.-druck 2		
F6	VTS ⁵ Dampf	F12	Alarm



Abb. 2.25 Tastenlayout im PLS

Die beiden Tasten am rechten Rand des Tastenblockes erzeugen im S29 je ein Signal zum Start der Sondermesstechnik durch Ausgabe eines Impulses auf den OPC-

⁴ VGE – Variable Gaseinspeisung

⁵ VTS – Vertikale Teststrecken

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Server. Die Funktion dieser Signale ist vor der Durchführung von Experimenten mit dem Anlagenpersonal abzustimmen.

Auf dem linken Bildschirm wird außerdem das Fenster zur Eingabe der Startbedingungen für den Elektrokessel, der Betriebsart der Durchflussmessstelle F14-09 und eine Taste zur Anzeige von zusätzlichen Prozessparametern für Servicezwecke dargestellt. Während des Anlagenbetriebes kann dieses Bild mit der Taste „Startparameter“ aufgeschaltet werden.

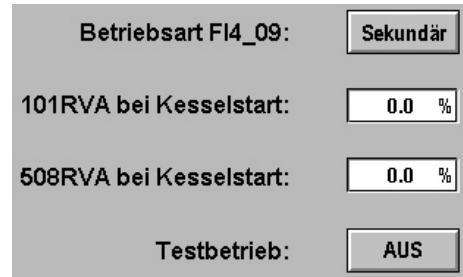


Abb. 2.26 Startparameter

Das PLS nutzt zur Kommunikation mit dem Anlagenpersonal nicht bedienbare Ausgabefelder (Messstellen) und Bereiche auf den Prozessbildern, die nach Bedienung mit der Maus vordefinierte Aktionen ausführen. Zu diesen Felder gehören zum Beispiel Ventil-, Pumpen und Reglersteuerungen, deren grundsätzliche Bedienung im Folgenden beschrieben wird.

• Absperrarmaturen

Diese Art von Armaturen (AVA bzw. AHA) kann nur geöffnet oder geschlossen werden. Zwischenstellungen lassen sich nicht anfahren. Mit der Bedienung (linke Maustaste) des Ventilsymbols wird ein spezielles Fenster geöffnet, das die entsprechenden Bedienschaltflächen enthält. Grau beschriftete Bedienflächen sind abhängig von der technologischen Situation gesperrt. Nach der Bedienung schließt sich das Fenster automatisch. Folgende Informationen werden, soweit vorhanden, angezeigt:

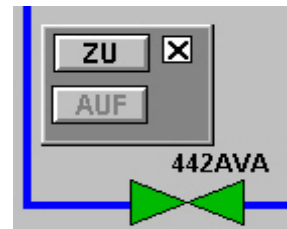


Abb. 2.27 Absperrarmatur

Antrieb gestört :	rot blinkend (unquittiert) / rot (quittiert)
Armatur auf:	grün
Armatur zu:	schwarz
Antrieb schließt:	grün blinkend, Ausschrift „schließt“
Antrieb öffnet:	grün blinkend, Ausschrift „öffnet“
Vor Ort Schaltung:	Ausschrift „Ort /Aus“

• Regelarmaturen

Regelarmaturen (RVA) können nicht direkt gesteuert werden. Ihre Bedienung erfolgt über die zugehörigen Reglerleitbilder, die durch Aktivieren des Ventilsymbols mit der linken Maustaste geöffnet und danach neu positioniert werden können.

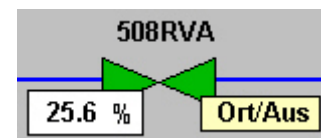


Abb. 2.28 Regelarmatur

Der Zustand der Regelarmaturen wird folgendermaßen visualisiert:

Antrieb gestört:	rot blinkend (unquittiert) / rot (quittiert)
Armatur nicht zu:	grün
Armatur zu:	schwarz
Antrieb fährt:	grün blinkend
Vor Ort Schaltung:	Ausschrift „Ort /Aus“
Öffnungsgrad der Armatur:	Ausschrift als Zahl in %

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

• **Pumpen ohne Frequenzumrichter**

Pumpen ohne Frequenzumrichter (P01, P05 - P12) werden analog zu den Antrieben von Absperrarmaturen an- bzw. ausgeschaltet. Erscheint eine Bedienfläche grau beschriftet, so ist diese aus technologischen Gründen für die Bedienung gesperrt. Folgende Zustände werden angezeigt:

- Pumpe gestört: rot blinkend (unquittiert) / rot (quittiert)
- Pumpe ein: grün
- Pumpe aus: dunkelgrau
- Vor Ort Schaltung: Ausschrift „vor Ort“
- Reparaturschalter gesichert: Ausschrift „Rep.“

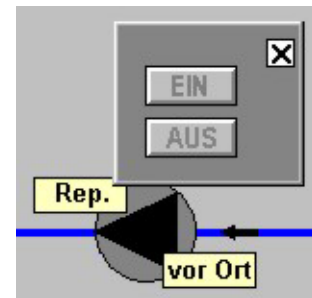


Abb. 2.29 Pumpe ohne Frequenzumrichter

• **Pumpen mit Frequenzumrichter**

Pumpen mit Frequenzumrichter (P02 – P04) erhalten neben den Ein- und Ausschaltimpulsen zusätzlich analoge Sollwerte.

Nach dem Einschalten wird ein Minimalsollwert vorgegeben, der durch Eingabe als Zahl (1) oder im Tipptrieb (2) verändert werden kann. Im Tipptrieb erhöht sich der Sollwert um ein festes Inkrement bzw. verringert sich um ein festes Dekrement. Bei dauernder Bedienung der entsprechenden Bedienschaltfläche erfolgt die Inkrementierung / Dekrementierung im Abstand von 0,5 s. Der Wertebereich erstreckt sich vom Minimalwert bis 100% oder zu einem fest programmierten Maximalwert in % (P02 - 60%).

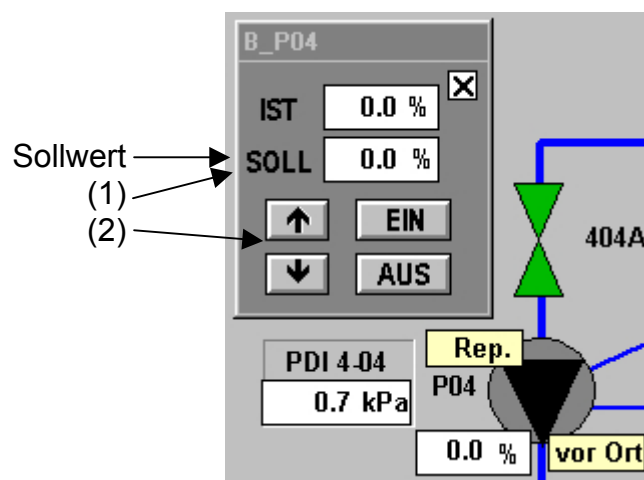


Abb. 2.30 Pumpe mit Frequenzumrichter

• **Aufbau und Bedienung von Regelkreisen**

Regelkreise werden als DDC Regler (direct digital control) in den Controllern ausgeführt. Nähere Informationen zu den Regelalgorithmen und Programmstrukturen sind in der Programmdokumentation (TOPFLOW Dokumentation Ordner 12/21) beschrieben. Die Bedienung der Regler erfolgt über das jeweilige Reglerleitbild.

Die meisten im PLS implementierten Regler verfügen über drei Betriebsarten:

Aus: Der Regelkreis ist abgeschaltet. Die Stellgröße ist gleich 0. Das zugehörige Stellglied ist gegebenenfalls freigegeben für andere Regelungen.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Hand: Der Regelkreis ist geöffnet. Die Vorgabe der Stellgröße erfolgt über die Handstellgröße in %. Die Handstellgröße kann als Zahl (1) oder im Tippbetrieb (2) (vergleiche Pumpen mit Frequenzumrichter) eingegeben werden. Die ausgegebene Stellgröße wird nochmals neben den Bedienelementen angezeigt (3). Mit dem Übergang in den Handbetrieb wird die aktuelle Stellgröße als Handstellgröße übernommen. Bei Füllstandsregelungen entspricht das Vorzeichen der Stellgrößen deren Wirkung auf die Regelgröße.

Auto: In dieser Betriebsart ist der Regelkreis geschlossen. Mit dem Übergang aus dem Handbetrieb wird der aktuelle Istwert der Regelgröße als Sollwert aktiviert. Dies ermöglicht eine stoßfreie Umschaltung in den geregelten Betrieb. Die Veränderung des Sollwertes erfolgt analog zur Vorgehensweise bei der Handstellgröße durch Zifferneingabe über die mit dem Zahlenwert gekoppelte Bedienfläche (4) oder im Tippbetrieb (5).

Achtung: Bei der numerischen Eingabe von Handstellgrößen oder Sollwerten ist als Trennzeichen für die Dezimalstellen unbedingt ein Punkt einzugeben! Außerdem sind die Werte grundsätzlich ohne Maßeinheiten einzutragen.

Die Anzeige von Ist- und Sollwert erscheint im optischen Vergleich zwischen Balken (6) - Istwert - und Zeiger (7) - Sollwert - sowie als Zahlenwert. Zur Orientierung sind Soll- und Istwert in ihren Farben als Echtzeitrend (8) im Reglerbild enthalten.

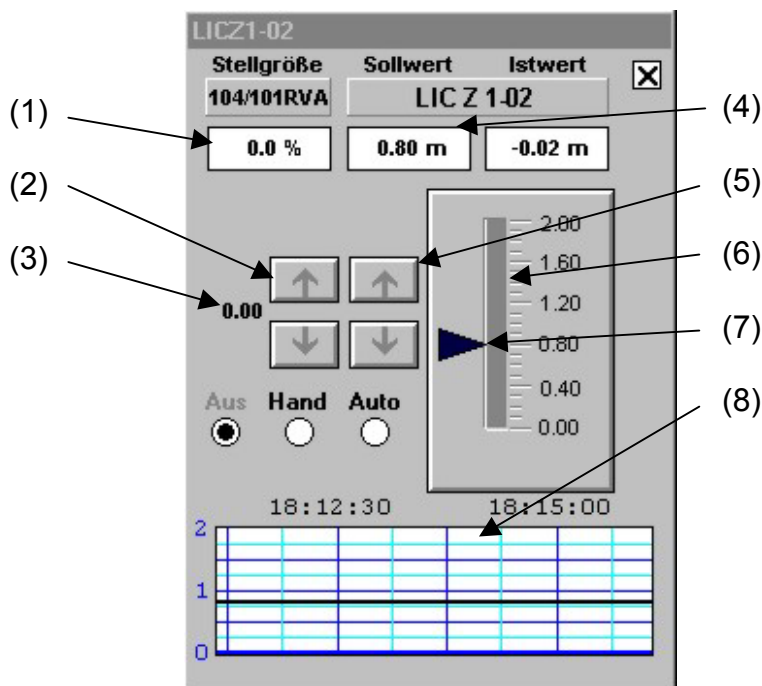


Abb. 2.31 Bedienung von Regelkreisen

Änderungen der Regelgröße in der Umgebung des augenblicklichen Arbeitspunktes werden durch Verstellung des entsprechenden Sollwertes ausgeführt. Bei der Wahl eines neuen Arbeitspunktes ist wie folgt zu verfahren:

- Regler in den Handbetrieb umschalten,
- durch Ändern der Handstellgröße des Sollwertes (z.B. Regelventilstellungen) gewünschten Istwert einstellen,
- Achtung: auf genügend große Stellreserve achten!

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

- Umschalten in den Automatikbetrieb,
- Nachjustieren des Sollwertes.

Außer den bereits beschriebenen Funktionen besteht im PLS die Möglichkeit, den Zeitverlauf von Prozessgrößen zu beobachten. Zu diesem Zweck kann mit der Taste „Trend“ im unteren Bereich des Bildschirms die Trenddarstellung aufgeschaltet werden. Danach erscheint auf dem linken Bildschirm das Trenddiagramm, bei dem die x-Achse zur Darstellung der Zeit dient und die y-Achse die jeweiligen Prozessgrößen anzeigt.

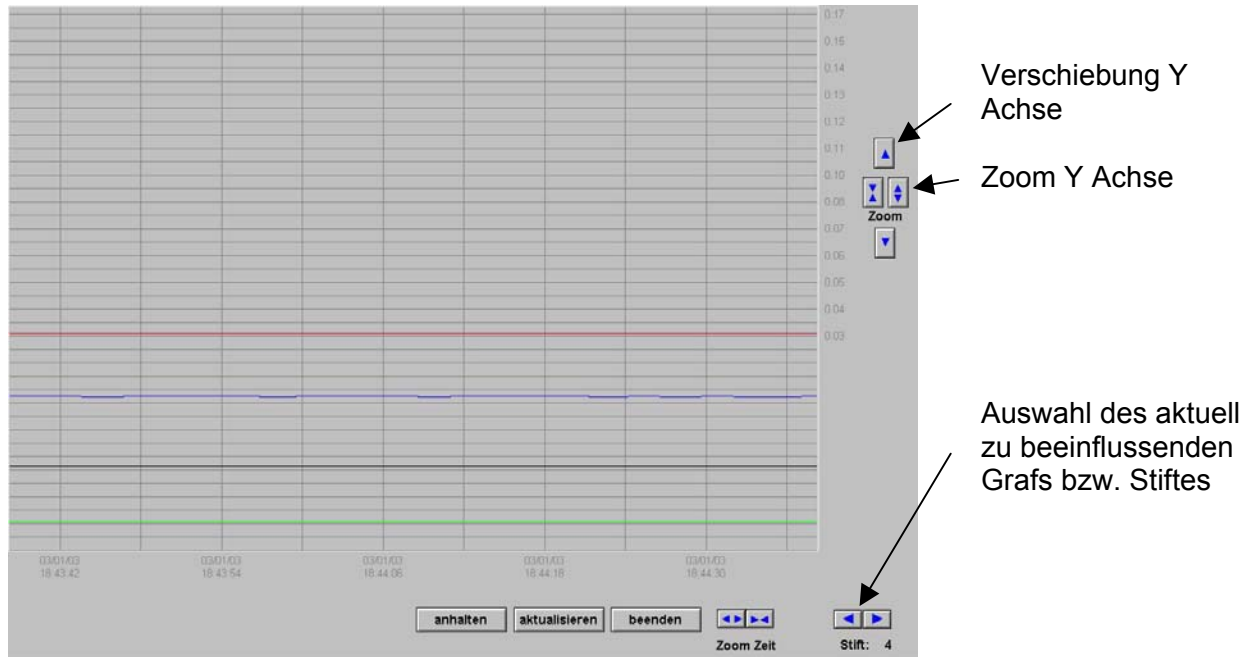


Abb. 2.32 Echtzeittrend

Durch Doppelklick mit der linken Maustaste öffnet sich das Steuerfenster des Trendobjektes. Hier können online Prozessgrößen hinzugefügt (1) oder ersetzt werden. Dabei sollte die Skalierung - MaxScale - (2) immer gleich 1 gesetzt werden. Das Hinzufügen einer Prozessgröße erfolgt durch Doppelklick mit der linken Maustaste im entsprechenden Feld der Spalte „Tagname“. Aus der nunmehr angezeigten Datenpunktliste kann die gewünschte Variable ausgewählt werden. Es können keine Variablen aus dem Trend entfernt werden. Es besteht lediglich die Möglichkeit, bestehende Variablen zu ersetzen.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

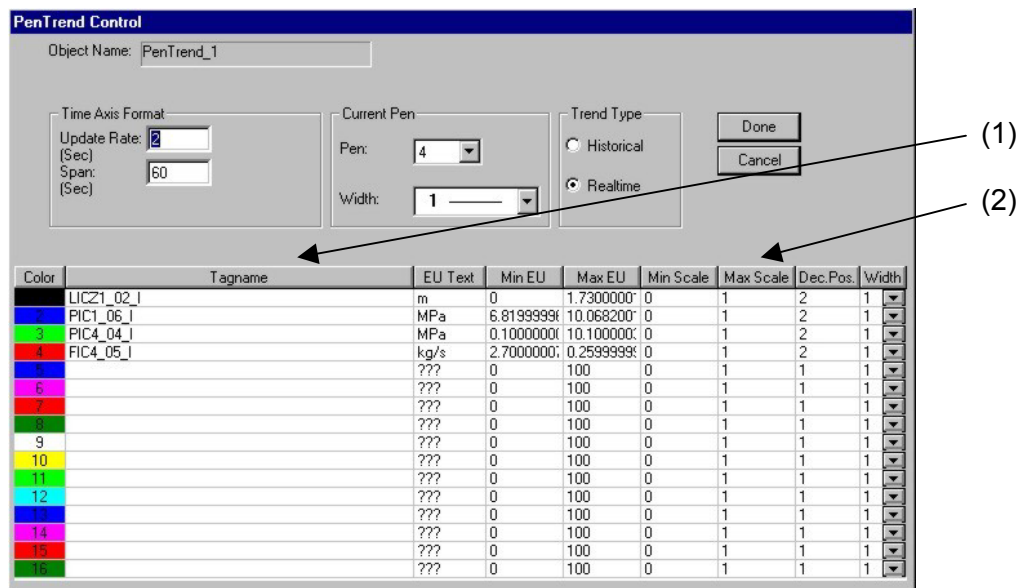


Abb. 2.33 Konfigurationsfenster für die Trenddarstellung

Weitere Funktionen des Leitsystems sind die Überwachung des Anlagenbetriebs sowie die Generierung und Darstellung von Alarmmeldungen. Die Bedingungen für diese Meldungen sind in der Topflow-Dokumentation Ordner 15/21, Lasche 2 aufgelistet.

Alarmzustände werden, sofern die zugehörige Variable visualisiert wird, in den Prozessleitbildern rot gekennzeichnet. Unquitierte Alarmzustände blinken zusätzlich mit hoher Frequenz. Außerdem erscheinen alle Alarmer in der Alarmliste.

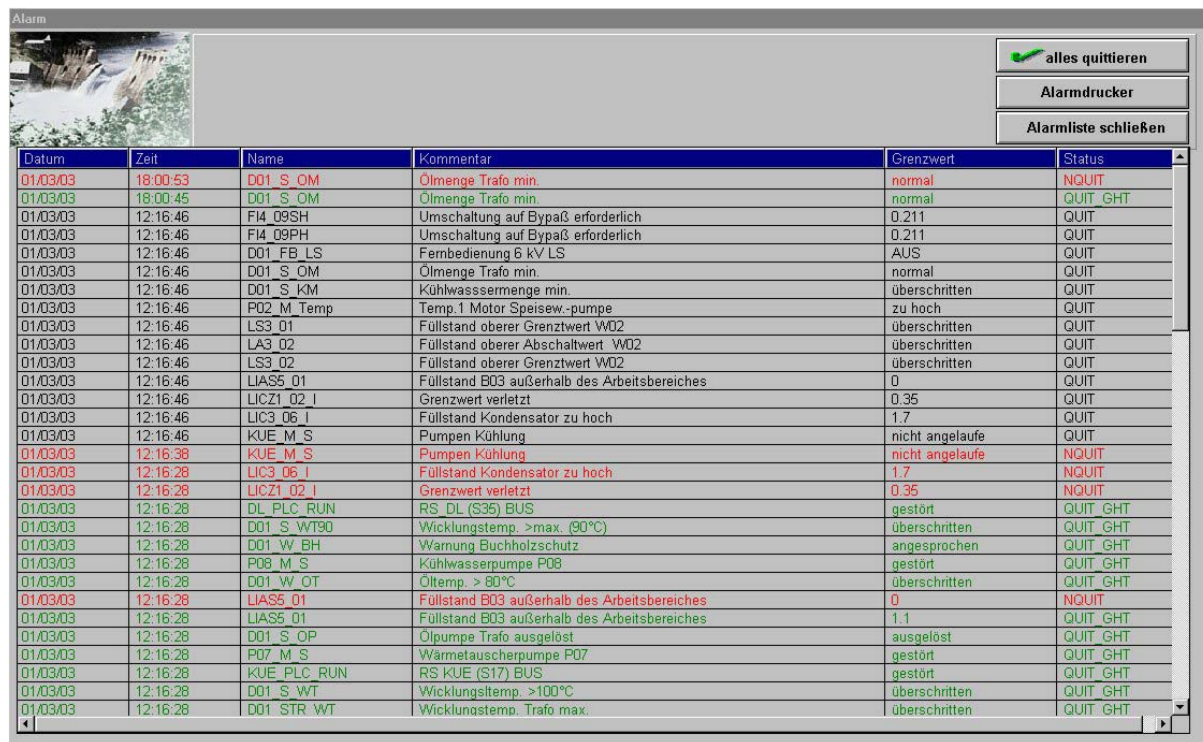


Abb. 2.34 Alarmprotokoll

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Das Alarmprotokoll wird durch die gleichnamige Taste im PLS oder die Funktionstaste F12 aufgerufen. Die Beschriftung dieser Taste wird in roter Farbe dargestellt, sobald eine neue unquittierte Alarmmeldung ansteht. Sonst ist der Text schwarz.

Für die schnelle Erkennung von Alarmen ist die Alarmliste auszugsweise auch in der unteren Menüleiste sichtbar. Bei neuen Alarmen wird diese Liste rot blinkend unterlegt. Durch Anklicken der roten Fläche mit der linken Maustaste werden alle Alarme quittiert und gleichzeitig die vergrößerte Alarmliste aufgeschaltet.

Generell werden „kommende“ Alarme (rot = NQUIT), „gehende“ Alarme (grün = QUIT_GHT) und quittierte aber noch existierende Alarmzustände (schwarz = QUIT) dargestellt. Zum Quittieren von Alarmmeldungen sind auf den Prozessbildern die betreffenden Messwerte oder Betriebsmittel mit der linken Maustaste anzuwählen, wodurch das Blinken des entsprechenden Objektes in eine dauerhafte rote Markierung übergeht. Außerdem können in der Alarmliste durch Betätigen der Taste „Alles Quittieren“ sämtliche anstehenden „unquittierten“ Alarme gleichzeitig quittiert werden. Es besteht die Möglichkeit, die Meldungen in der Alarmliste auf dem in der Warte befindlichen Alarmedrucker auszugeben. Dazu kann dieser Drucker während der Laufzeit des PLS konfiguriert werden, wobei der Aufruf über die entsprechende Taste im Alarmprotokoll erfolgt.

In dem sich öffnenden Fenster können menügestützt folgende Funktionen ausgeführt werden:

- Starten und Stoppen des Alarmedrucks,
- Auswahl der Spalten der Alarmliste,
- Auswahl des Druckerports (auf dem ausgewählten Port darf im Betriebssystem kein Druckertreiber installiert sein),
- Filterung nach Art der Alarme (quittiert bzw. unquittiert),
- Filterung nach Alarmgruppen und Priorität (im PLS nicht verwendet).

Im Fenster für den Alarmedrucker lassen sich einzelne Konfigurationsvarianten speichern.

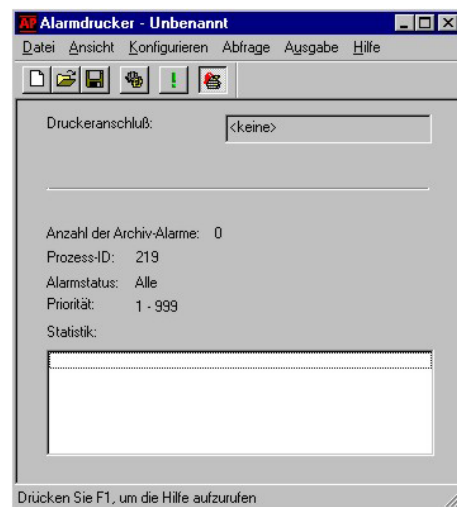


Abb. 2.35 Konfigurationsfenster des Alarmedruckers

Außer den bereits beschriebenen Funktionen bilanziert das Prozessleitsystem einige geschlossene Druckdifferenzketten im Kessel-, Kondensator- bzw. Teststreckenkreislauf. Die Differenzdrücke werden auf zwei Prozessbildern in numerischer Form und als Balkendiagramme nach Kreisläufen geordnet dargestellt. Die grafische Anzeige der Differenzdrücke kann zur besseren Visualisierung auf einen Maximalwert normiert werden. Der Eintrag erfolgt zum Beispiel in dieser Abbildung in das Feld „50.0 kPa“. Die eingetragenen Werte speichert das PLS, so dass sie bei der nächsten Anzeige automatisch berücksichtigt werden.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind für die folgenden Druckdifferenzmessstellen feste Normierungen definiert, die im Balkendiagramm in der Farbe blau dargestellt werden:

- PDI 1-01 2000 kPa
- PDI 1-04 2000 kPa
- PDI 4-04 1000 kPa
- PDI 4-05 1000 kPa

Ferner ermittelt das PLS die Energiezu- und -abflüsse der Hauptkomponenten in der Versuchsanlage, die das Anlagenpersonal zur überschlägigen Leistungsbilanzierung nutzen kann. Die Energieströme werden mit Hilfe der gemessenen Durchflussmengen sowie der errechneten Enthalpien bestimmt und in einem speziellen Prozessbild schematisch dargestellt. Zur übersichtlichen Anzeige der errechneten Größen werden diese einem Tiefpassfilter unterworfen.

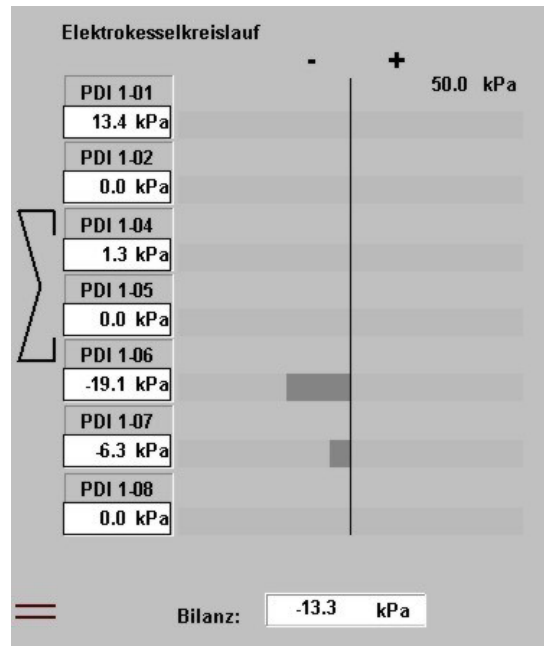


Abb. 2.36 Druckdifferenzmessung im Kesselkreislauf

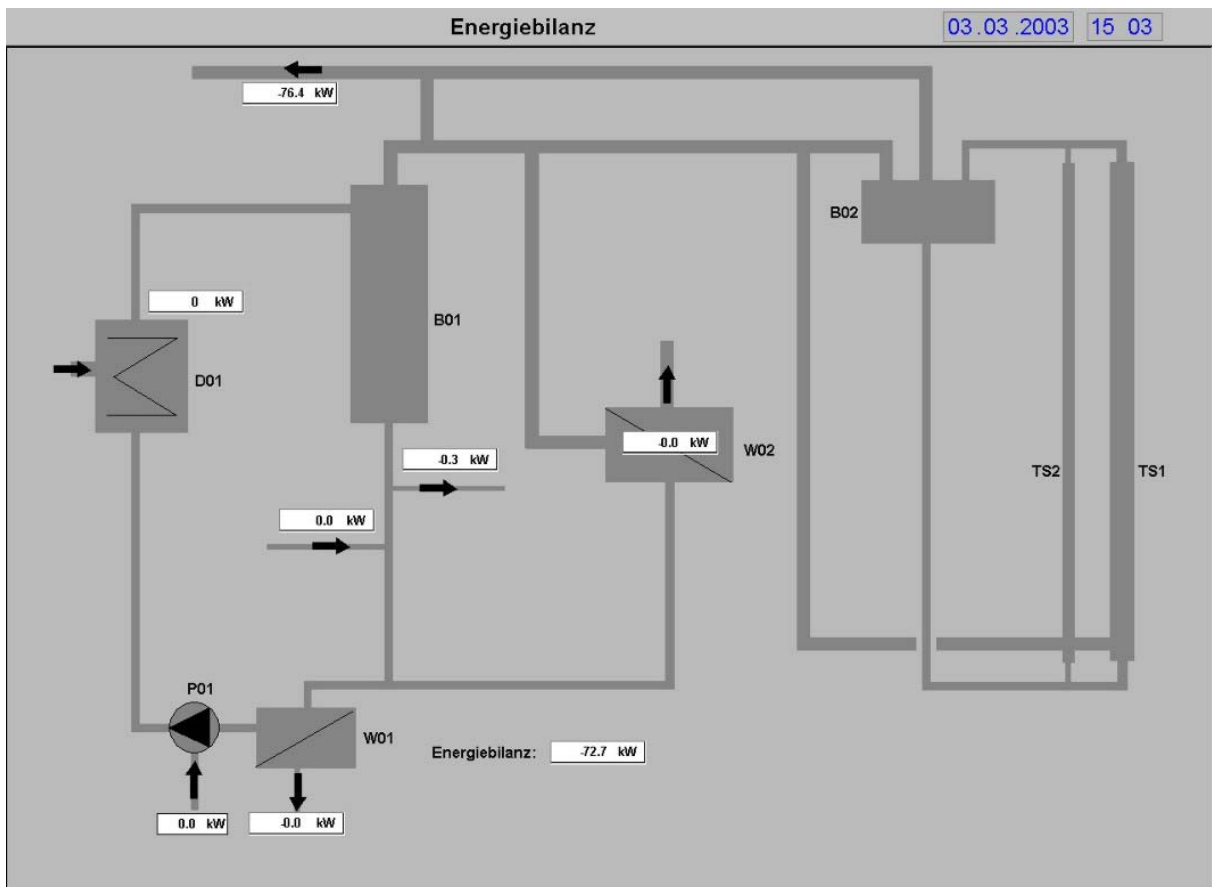


Abb. 2.37 Energiebilanz

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



3. Inbetriebnahme

3.1 Vorbereitung und Kontrolle der Versuchsanlage


Vor dem Anfahren der Anlage sind neben den in Kap. 1 aufgeführten Positionen folgende Punkte zu kontrollieren und im Betriebsbuch zu protokollieren:

- Die Umbau- bzw. Wartungsarbeiten sind ordnungsgemäß abgeschlossen und seitens des Anlagenbetreibers abgenommen.
- Die Anlage ist komplett montiert. Besonders zu prüfen sind Mannlöcher und Blindflansche an den Behältern sowie die Flansche im Bereich der Teststrecken (Sondermesstechnik).
- Sind Dampfversuche geplant, muss die Anlage komplett isoliert sein.
- Bei Experimenten mit der variablen Gaseinspeisung muss überprüft werden, ob die Steigleitung vollständig entleert ist. Andernfalls ist dieser Zustand entsprechend Abschnitt 7.2 herzustellen.
- Die MSR- und Rechentechnik sowie das interne Rechnernetz und der INTERBUS-S sind geprüft und betriebsbereit.
- Die Kreisläufe sind ordnungsgemäß gefüllt (siehe Abschnitt 7). Sämtliche Entleerungs- und Entlüftungsventile sind geschlossen. Im Kessel-, Teststrecken- und Kondensatorkreislauf befindet sich Deionat mit den vorgeschriebenen wasserchemischen Parametern. Der Hauptkühlkreislauf und der Kreislauf zur Versorgung der technologischen Kühlstellen sind mit Glykol/Wasser-Gemisch gemäß Abschnitt 2.4 gefüllt.
- Das Druckluftsystem des FZR ist einsatzbereit (Parameter siehe Abschnitt 2.5).
- Während eines Kontrollganges vor Beginn der Schalthandlungen hat sich der Anlagenfahrer vom ordnungsgemäßen Zustand der Versuchsanlage, vor allem von der Dichtheit der Flanschverbindungen, Gleitringdichtungen an Pumpen sowie Stopfbuchsen an Armaturen, zu überzeugen.
- Vor Dampfversuchen sind folgende Punkte zusätzlich zu kontrollieren:
 - am Transformator und in der Ölauffangwanne sind keine Ölleckagen festzustellen,
 - der Transformator ist betriebsbereit,
 - der Berührungsschutz am E-Kessel ist geschlossen,
 - das Blockheizkraftwerk am Forschungsstandort Rossendorf ist betriebsbereit,
 - der 6kV Schalter steht in Stellung „Fern“,

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

- Beim Betrieb des E-Kessels mit einer Leistung über 3 MW ist die Signalanlage auf der Warte zu beachten. Es gelten folgende Einschränkungen:

Tabelle 3.1 Beschreibung der Signalanlage auf der Warte

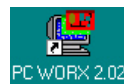


	Signal leuchtet:	Energieverbrauch bis einschließlich:
	kein	Stufe 7
	weiß	Stufe 8
	weiß + grün	Stufe 9

Ertönt das akustische Signal ist die Leistung des Elektrokessels auf die entsprechende Stufe zu reduzieren.

3.2 Prozessleitsystem

Die Funktion des PLS ist zum Betrieb der Anlage unbedingt erforderlich, d.h. bei Fehlern an der Rechen- bzw. Netztechnik ist die Inbetriebsetzung zu unterbrechen bis die ordnungsgemäße Funktion der Hard- und Software wieder hergestellt ist. Nachfolgend wird die Inbetriebsetzung des PLS beschrieben, die nach längeren Stillstandszeiten der Versuchsanlage ($\geq 2 - 3$ Tage) oder nach Abschaltung der Rechner FWSF72 bzw. FWSF73 auszuführen ist.

Voraussetzung für die Funktion des internen Netzwerkes und des INTERBUS-S ist die korrekte Spannungsversorgung und damit die fehlerfreie Funktion aller Busteilnehmer. Aus diesem Grund sollte die Spannungsversorgung aller Schaltschränke in der Anlage vor Inbetriebnahme des PLS überprüft werden, d.h. alle Hauptschalter müssen eingeschaltet sein. Im Anschluss daran erfolgt gemäß den nachfolgend beschriebenen Schritten die Konfiguration des INTERBUS-S und die Kopplung der Server- und Clientprogramme beider Rechner.

1. Einschalten der Spannung im S22 (Rechnerschrank auf der Warte, Raum 1.13), Prüfen der Funktion des Ethernet-Switches;
2. Einschalten der LCD-Monitore;
3. Starten und Hochfahren der PCs ‚FWSF72‘ und ‚FWSF73‘, die Anforderung der Kennworte mit ‚ENTER‘ quittieren;
4. Auf dem Rechner **FWSF73** das Programm ‚PC WORX 2.02‘ starten; 
5. Nach Hochfahren dieses Programms: ‚Datei‘ ‚Öffnen‘, Auswahl: Ordner c:\pcworx\project\TOP.BG4;
6. Positionierung des Mauszeigers auf das Symbol ‚Anschaltbaugruppe Zurücksetzen‘ in der 2. Zeile 3. Symbol von rechts; 
7. Bestätigung von „Möchten Sie in den Betriebszustand Konfiguration Online wechseln“;
8. Warnung „Anschaltbaugruppe wirklich zurücksetzen?“ mit ‚Ja‘ bestätigen;
9. Anklicken ICON ‚Betriebszustand wechseln‘ 2. Reihe 7. Icon von rechts 
10. Umschalten auf „Konfiguration online“ und mit ‚OK‘ bestätigen;


Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

11. Nach erfolgreicher Parametrierung wird im unteren Teil des Fensters die Meldung ‚Bus läuft‘ angezeigt;
12. Parametrierung der unterlagerten Bussektionen gemäß den Schritten 5 – 11 in folgenden Ordnern:
 - c:\pcworx\project\CO_FD.BG4;
 - c:\pcworx\project\CO_TES4.BG4;
 - c:\pcworx\project\CO_KO.BG4;
 - c:\pcworx\project\CO_KUE.BG4;
 - c:\pcworx\project\CO_DL.BG4;
13. Nach erfolgreichem Neustart aller Bussektionen, Öffnen der Datei “TOP.BG4“, Wiederholung der Schritte 6 – 11 und Beenden des Programms PCWORX;
14. Starten des Programms: ‚OPCLink‘



15. Starten des Prozessleitsystems der Versuchsanlage mit dem Icon auf dem Rechner **FWSF72**.



Nach dem Start des PLS ist am Rechner  FWSF72 in der linken oberen Ecke des linken Bildschirms das Symbol anzuklicken und im sich öffnenden Fenster die ordnungsgemäße Funktion des INTERBUS-S zu prüfen. Dazu sollten alle Bussektionen den Fehlercode 0 ausgeben und in grüner Farbe dargestellt sein. Ist dies nicht der Fall, muss die ‚Visualisierung‘ auf FWSF72 und danach das Programm ‚OPCLink‘ auf FWSF73 beendet sowie das Programm ‚PC WORX 2.02‘ erneut gestartet werden. Im PC WORX besteht dann die Möglichkeit, durch Öffnen und Analysieren der einzelnen Bussektionen diese zu prüfen und Fehler zu lokalisieren. Ist kein Fehler feststellbar, anhand der Anzeigen im PLS aber ersichtlich, dass das System nicht ordnungsgemäß arbeitet (unkontrollierte Anzeigen und Blinken von Armaturen), ist die Servicefirma zu benachrichtigen.

Treten während der Inbetriebnahme der Versuchsanlage oder bei der Durchführung von Experimenten Funktionsstörungen im PLS auf, ist der Not-Aus Taster am S17 zu betätigen und die Kühlung der Pumpen (P01 – P04) mit der P11 im Handbetrieb (Abschnitt 3.3.2) zu gewährleisten.

Der Start und die Nutzung der Messwerterfassungs- und Visualisierungssoftware DIAdem auf dem Rechner FWSFFS01 wird in Abschnitt 4.1.1 ausführlich beschrieben.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

3.3 Kühlsystem

Die Nutzung des Kühlsystems ist in den folgenden zwei Betriebsarten möglich:

3.3.1 Automatikbetrieb

Sind mit der Versuchsanlage Dampfexperimente geplant, ist das Kühlsystem im Automatikbetrieb zu benutzen. Diese Betriebsart bietet den Vorteil, dass der Anlagenfahrer bei ordnungsgemäßer Funktion des Systems lediglich die Kühlwassertemperaturen (TIC6-01 und TI6-02; TIS5-04 und TIS⁺5-02) periodisch prüfen, jedoch keine Schalthandlungen vornehmen muss.

Voraussetzung für die Nutzung des Kühlsystems ist der projektmäßige Zustand, siehe auch Abschnitte: 2.4, 6.3 und 7.4. Zur Überführung in den Automatikbetrieb sind folgende **Schalthandlungen und Kontrollen** durchzuführen:

1. Armaturen geschlossen: 604AVH, 654AVH, 627AVH, 617AVH, 650AVH, 655AVH, 311AVH und 515AHH, 505AVH, 660AKH, 661AKH.
2. Armaturen geöffnet: 611AKH – 614AKH, 641AKH – 644AKH, 609AVH, 601AKH, 602AKA, 603AKH, 605AHH – 608AHH, 628AVH, 651AVH, 616AVH, 652AVH, 520AVH, 626AVH, 629AVH, 300AVH und 305AVH.
3. Die Kühlwassermenge zu den technologischen Verbrauchern wird mit folgenden Armaturen eingeregelt: 504AVH (P01); 649AVH, 615AVH (P02); 230AVH (P03); 418AVH (P04); 656AVH (Probenabkühler); 625AVH (Ölkühler E-Kessel).
4. Füllstand im Abblasebehälter (LI5-02) > 1,20 m.
5. Im Raum 1.14 sind von den Reparaturschaltern der Pumpen P07, P08 und P11 mit dem entsprechenden Schlüssel (Warte) die Schlösser zu entfernen und die Schalter einzuschalten. Gleiches gilt für die 8 Gruppen der Trockenkühltürme auf dem Werkstattdach.
6. Am S06 im Raum 1.14 ist der Schalter im linken oberen Bereich in Stellung „Fern“ zu schalten.
7. Am S17 im Raum 1.13 die Schalter ‚Kühlwasserpumpe‘ und ‚Kühltürme‘ auf ‚Fern‘ schalten sowie die Betriebsbereitschaft der Kühltürme und der P08 mittels der Kontrolllampen ‚Rep. Schalter ein‘ prüfen.
8. Im Reglerleitbild **TIC6-01** (Prozessbild ‚Kühlung‘; Messstelle TIC6-01 betätigen) ist die Anzeige der Meldung ‚Kühlung bereit‘ zu kontrollieren.
9. Einschalten des Systems durch Betätigen der Taste ‚Kühlung ein‘.

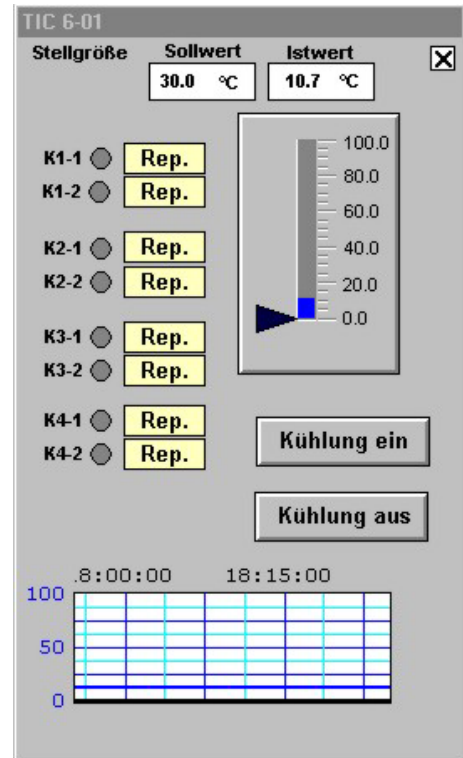


Abb. 3.1 Steuerung des Kühlsystems

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



Nach diesen Aktivitäten startet die P11 sofort und die P07 mit 10 s Zeitverzögerung, was auf dem Prozessbild ‚Kühlung‘ angezeigt wird. Die Kühltürme und die P08 sind betriebsbereit, bleiben aber vorerst abgeschaltet.

Erreicht die Kühlwassertemperatur (TIC6-01) 25°C, läuft die P08 automatisch an. Der Sollwert für die Kühlwassertemperatur beträgt 30°C und ist im PLS fest eingestellt. Die Hysterese zum Zu- bzw. Abschalten der Kühltürme beträgt ±3 K, d.h. bei 33°C wird eine Stufe zu- sowie bei 27°C wieder abgeschaltet. Die Zeitverzögerung beim Zu- bzw. Abschalten beträgt 30 s bzw. 90 s. Nach Anlaufen der Pumpen ist die ordnungsgemäße Funktion (Dichtheit, Laufgeräusche, Förderhöhe und –menge) auf dem PLS bzw. vor Ort zu kontrollieren.

- P11: PDI6-111 ≈ 1 - 1,5 bar, FI6-01 (nur P11 in Betrieb) ≈ 4 - 5 kg/s;
- P07: PDI5-107 ≈ 1,1 bar, FIS-5-03 ≈ 60 kg/s;
- P08: PDI6-108 ≈ 2,2 bar, FI6-01 (P08 + P11 in Betrieb) ≈ 48 kg/s.

Außerdem sollte die Kühlung der Pumpen P01, P03 und P04 an den dazu vorhandenen Schaugläsern kontrolliert werden. An den verbleibenden Verbrauchern ist die Kühlwirkung anhand der Vor- und Rücklauftemperaturen des Mediums zu überprüfen.

Der Automatikbetrieb des Kühlsystems kann mit der Taste ‚Kühlung aus‘ beendet werden, was die sofortige Abschaltung der P07, P08 und P11 sowie aller Kühlturmsektionen bewirkt. Aus diesem Grund ist beim Abschalten des Systems der technologische Zustand der Versuchsanlage zu berücksichtigen. Die Abschaltung der P07 hat den automatischen Ausfall der P02 zur Folge! Die Außerbetriebnahme der P11 bewirkt die Abschaltung der P01 – P04! Es ist zu beachten, dass die P01 – P04 auch nach Außerbetriebnahme des E-Kessels bis zu einer Medientemperatur an den Pumpen < 80°C gekühlt werden müssen.

3.3.2 Handbetrieb

Im Vergleich zum Automatikbetrieb besteht in dieser Betriebsart die Möglichkeit, die Pumpen P07, P08 und P11 sowie die Kühlturmsektionen einzeln entsprechend den technologischen Notwendigkeiten einzuschalten. Der Handbetrieb wird bei folgenden Anlagenzuständen eingesetzt:

- P11 bei der Durchführung von Luft-Wasser-Versuchen zur Kühlung der Teststreckenpumpe,
- P11 für die Nachkühlung der P01 – P04 nach Abschaltung des E-Kessels,
- P11 und P07 zum Füllen der Dampftrommel sowie des Kesselkreislaufes mit Hilfe der P02,
- P11 und P07 bei Testbetrieb der Pumpen P01 – P04 und
- Testbetrieb der Pumpen P07, P08 oder P11.

Die Voraussetzungen für den Handbetrieb entsprechen den in Abschnitt 3.3.1 aufgeführten Punkten. Ebenso gelten die Schalthandlungen und Kontrollen Nr. 1 – 4. In dieser Betriebsart sind jedoch folgende Besonderheiten zu beachten:

1. Es sind nur die Reparaturschalter der Pumpen zu entsichern und einzuschalten, die für den Anlagenbetrieb notwendig sind.
2. Werden die Pumpen P07 oder P11 benötigt, so ist am S06 im Raum 1.14 der Schalter in Stellung „Hand“ zu schalten. Danach können beide Pumpen am S06 In- bzw. Außerbetrieb genommen werden.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

3. Für die P08 muss der Schalter ‚Kühlwasserpumpe‘ am S17 in der Warte auf „Ort“ geschaltet werden, die Betriebsbereitschaft wird mit der Kontrolllampe ‚Rep. Schalter ein‘ signalisiert. Danach kann die P08 am S17 ein- bzw. ausgeschaltet werden.
4. Sollen die Kühltürme in dieser Betriebsart genutzt werden, sind die entsprechenden Reparaturschalter einzuschalten, die Kontrolllampen ‚Rep. Schalter EIN‘ zu kontrollieren und der Schalter unterhalb der Kühlturmsteuerung auf „Ort“ zu schalten. Danach können die Sektionen einzeln mit Hilfe der Taster EIN bzw. AUS in- oder außer Betrieb genommen werden. Die Funktion ist anhand der Kontrolllampe „Ein“ zu prüfen.

Die Kontrollen der Pumpen und Kühlstellen sind wie in Abschnitt 3.3.1 beschrieben durchzuführen.

3.4 Druckluftsystem

Die Inbetriebnahme des Druckluftsystems richtet sich nach den durchzuführenden Experimenten. Sind **Dampf-Wasser-Versuche** geplant, ist das Ventil 213AHH zu öffnen. Der Abgang für dieses Ventil befindet sich in der Druckluftleitung über der P05. Außerdem müssen die Ventile 214AHH geöffnet sowie 226AVH geschlossen werden (zwischen S13 und S21). Diese Maßnahme stellt den erforderlichen Druck an der Steuerseite des 208AVP her, um im Separator den notwendigen Vordruck zum Start der P01 einzustellen. Neben der Drucklufteinspeisung besteht die Möglichkeit, Stickstoff mit Drücken bis zu 7 MPa in den Kesselkreislauf einzuspeisen. Die hierzu notwendigen Schalthandlungen sind in Abschnitt 6.1 ausführlich erläutert.

Für **Luft-Wasser-Versuche** ist die Armatur 423AVH zu öffnen. Für diesen Vorgang sollte Gehörschutz benutzt werden, da bis zum Schließen der eigenmediumgesteuerten Regelarmatur 450RVA mit nicht unerheblicher Geräuschentwicklung zu rechnen ist. Ferner sind die Schlauchverbindungen (siehe Abschnitt 2.5) zwischen der Druckluftanlage und den Testsektionen zu kontrollieren und die Armaturen 460AHA und 461AHA sowie 440AVA und 441AVA auf geschlossenen Zustand zu prüfen.

Danach können die Handarmaturen nach folgendem Schema geöffnet werden:

Tabelle 3.2 Armaturenstellungen im Druckluftsystem

Luftmenge	Regelarmatur	Ziel	Armaturen zu	Armaturen offen
5 – 900 m ³ n/h	450 – 452RVA	VTS1	424AHH, 426AHH, 462AHH	425AHH, 463AHH
0,005 – 5 m ³ n/h	453 – 455RVA	VTS2	463AHH, 424AHH, 425AHH	426AHH, 462AHH
5 – 500 m ³ n/h	451, 452RVA	VTS2	425AHH, 463AHH	462AHH, 424AHH, 426AHH
0,05 – 5 l/min	453, 454RVA	VTS1	426AHH, 462AHH	463AHH, 424AHH, 425AHH
5 – 900 m ³ n/h	450 – 452RVA	VGE	424AHH, 426AHH, 462AHH	425AHH, 463AHH
0,005 – 5 m ³ n/h	453 – 455RVA	VGE	463AHH, 424AHH, 425AHH	426AHH, 462AHH

Weitere Schalthandlungen am Druckluftsystem sind zu diesem Zeitpunkt nicht erforderlich, bzw. können von der Warte durchgeführt werden. Die Einstellung der bei

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Luft-Wasser-Versuchen notwendigen Luftmenge mit dem PLS wird in Abschnitt 4.1.1 beschrieben.

3.5 Inbetriebnahme der Kesselspeisepumpe P02 und der Umwälzpumpe P01

Die Informationen in den Kapiteln 3.5 – 3.11 sind nur für den Dampfbetrieb der Versuchsanlage relevant. Voraussetzung für die weitere Inbetriebnahme der Anlage sind funktionsfähige Prozessleit-, Kühl-, und Druckluftsysteme, siehe auch Abschnitte 3.2 - 3.4. Das Kühlsystem sollte im Automatikbetrieb laufen. Außerdem ist zu prüfen, ob der Kesselkreislauf ordnungsgemäß gefüllt ist (Abschnitt 7.1).

Vor der Inbetriebnahme der Kesselspeisepumpe ist vom zugehörigen Reparaturschalter im Raum 1.16, rechts neben der Pumpe, das Schloss zu entfernen und der Schalter einzuschalten. Außerdem muss in der Niederspannungshauptverteilung (NSHV), Raum 1.15, am Schaltschrank S05 der Hauptschalter in Stellung „I“ geschaltet werden. Die ordnungsgemäße Funktion des S05 signalisieren die Kontrolllampen „Betriebsbereit“ – An, sowie „Störung“ – Aus. Leuchtet das Signal „Störung“ kann mit der Taste „Störung quittieren“ versucht werden, Fehler in der Steuerung der P02 zu beheben. Die Kontrolllampe „Betrieb“ zeigt die Funktion der Pumpe an. Des Weiteren ist mindestens einmal pro Woche die Funktion der beiden ausfallsicheren Stromversorgungen sowie der Klimaanlage im Raum 1.15 zu überprüfen.

Vor Inbetriebnahme der P02 sollte am S01 der Quittierungstaster betätigt werden, da nicht auszuschließen ist, dass vom letzten Betrieb der Pumpe noch Verriegelungssignale anstehen. Ferner ist zu überprüfen, ob die Verriegelung ‚Überbrückung Füllstand max. SPW‘ im unteren Bereich des S01 aktiv ist, d.h. das zugehörige Schloss muss senkrecht stehen. Weiterhin ist zu kontrollieren, dass die Armaturen auf der Saugseite der P02: 305AVH und 502AVH; die Kühlwasserarmaturen und die Absperrarmaturen am Filter auf der Druckseite 517AVH und 518AVH geöffnet sowie die Armaturen auf der Druckseite 511AVH, 508RVA, 101RVA und 412RVA geschlossen sind.

Die Inbetriebnahme der P02 erfolgt über das PLS im Prozessbild ‚Kühlsystem‘ durch Betätigen des Pumpensymbols P02 mit der linken Maustaste. Es öffnet sich das Reglerleitbild **PIC5-02**, in dem die Pumpe in der Betriebsart ‚Hand‘ mit der Taste ‚EIN‘ eingeschaltet werden kann. Die P02 startet mit einer Leistung von 5%, was bei geschlossenen Ventilen auf der Druckseite einer Druckerhöhung von ca. 1 MPa entspricht, die im Feld ‚Istwert‘ und am Manometer PI5-102 im Raum 1.16 angezeigt wird. Die Pumpenleistung kann mittels der Pfeiltasten (Handstellgröße) verändert werden.

Nach Inbetriebnahme der Kesselspeisepumpe ist nochmals die Funktion der Kühlung zu kontrollieren. Außerdem ist die Pumpe auf Leckagen und Laufgeräusche zu prüfen. Lässt sich die P02 nicht einschalten, sind die Verriegelungsbedingungen für die P02 in Anlage 1 zu prüfen.

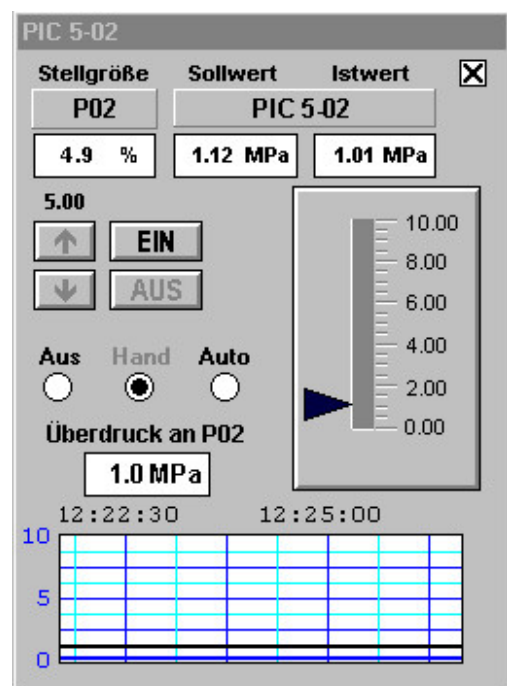


Abb. 3.2 Reglerleitbild PIC5-02

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Vor dem Anfahren der Umwälzpumpe P01 ist zu ermitteln, ob im Kesselkreislauf die Entleerungsarmaturen 109AVH und 102AVH, die Entleerungen und die Entlüftung im E-Kessel sowie die Armatur am Probenahmekühler 112AVH geschlossen sind. Ferner sind die Regelarmaturen 101RVA, 103RVA, 104RVA und 508RVA sowie die Absperrarmaturen 427AVA und 205AVA auf geschlossenen Zustand zu prüfen und zu kontrollieren, ob die Antriebe dieser Armaturen auf ‚Fern‘ geschaltet sind. Die Absperrarmaturen 107AVH, 113AVH und 114AVH sind zu öffnen.

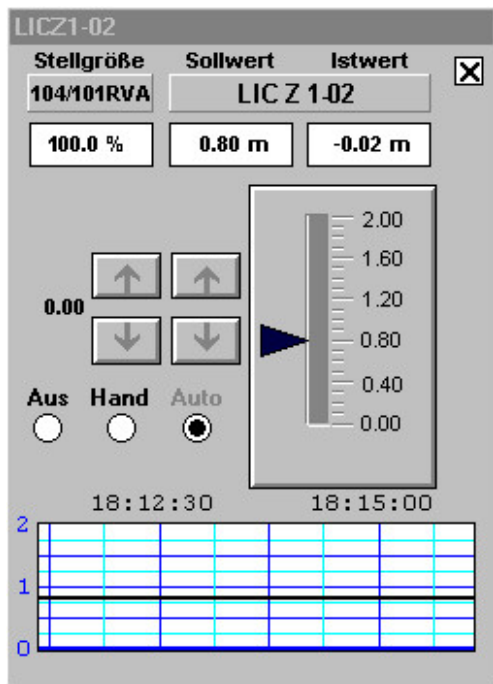


Abb. 3.3 Reglerleitbild LICZ1-02

Danach ist mit Hilfe des PLS der Füllstand im Separator zu überprüfen und falls nötig anzupassen. Dazu wird im Prozessbild „Elektrokessel“ durch Betätigen des Symbols **LICZ1-02** (oder 101RVA bzw. 104RVA) das zugehörige Reglerleitbild aufgeschaltet. Im Feld ‚Istwert‘ kann der aktuelle Füllstand abgelesen werden. Zur Inbetriebnahme der P01 ist in diesem Reglerleitbild ein Füllstand von 0,8 m einzustellen. Um diesen Zustand zu erreichen, sollte man den Regler LICZ1-02 auf „Auto“ stellen (mit der linken Maustaste auf ‚Auto‘ klicken) und im Feld ‚Sollwert‘ „0.8“ eingeben. Der Regelkreis nutzt zur Einstellung des Füllstandes die Armaturen 101RVA (Zuspeisung) und 104RVA (Ausschleusung) als Stellglieder. Bei Füllstandsregelungen gilt meistens, dass der Regelkreis positive (Zuspeisung, Füllstand erhöht sich) und negative Stellbefehle (Ausschleusung, Füllstand verringert sich) generiert, die im Feld Stellgröße dargestellt werden. Nach Einstellung des vorge-

gebenen Füllstandes kann der LICZ1-02 auf „Aus“ geschaltet werden. Es ist zu kontrollieren, dass die Armaturen 101RVA und 104RVA schließen. Ferner ist zu beachten, dass der Füllstand nicht über 1,21 m ansteigt, da diese Größe bei normalem Anlagenbetrieb die Abschaltung der P02 bewirkt.

Um einen kavitationsfreien Betrieb der P01 zu gewährleisten, sollte der Druck im Kesselkreislauf auf 0,6 MPa erhöht werden. Dazu ist die 204AVH, die sich unterhalb der 208AVP befindet, zu öffnen und im PLS, Prozessbild ‚Elektrokessel‘, auf dem Feld PIC1-06 der Druckaufbau bis zu diesem Wert zu überwachen. Nach Erreichen des Druckes wird die 204AVH wieder geschlossen. Danach ist das Schloss vom Reparaturschalter der P01 zu entfernen und der Schalter zu betätigen. An der Pumpe sind die Funktion des Kühlsystems (2 Schaugläser) und der Schmiermittelzustand zu kontrollieren. Ferner ist am Schaltschrank S04 in der Versuchshalle zu prüfen, ob der Hauptschalter in Stellung ‚1‘ steht. Im Anschluss daran wird der Betriebsartenschalter am S04 auf ‚Auto‘ geschaltet, wobei die Kontrolllampen „Betrieb“, „Störung“ und „Trockenlaufschutz“ nicht leuchten dürfen. Brennt die Lampe „Trockenlaufschutz“, ist der Füllstand im Separator zu überprüfen und eventuell zu erhöhen. Die Pumpe ist jetzt betriebsbereit und kann im PLS, Prozessbild ‚Elektrokessel‘, durch Betätigen des Symbols für die P01 aktiviert werden. In dem sich öffnenden Fenster wird die Umwälzpumpe eingeschaltet. Nach der Inbetriebnahme ist der

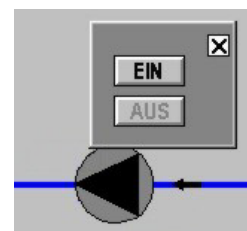


Abb. 3.4 Steuerung der P01

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Füllstand im Separator zu überwachen. Ferner ist im Kesselraum die Pumpe auf Laufgeräusche und Leckagen zu prüfen. Außerdem ist die Kühlleitung zwischen Gleitringdichtung und Wärmetauscher zu entlüften. Hierzu sollte ein Gehörschutz verwendet werden, da im Kesselraum bei Betrieb der P01 und P02 mit erheblicher Geräuschbelästigung gerechnet werden muss. Bei ordnungsgemäßem Betrieb erzeugt die Pumpe eine Durchflussmenge von ca. 10 kg/s bei einem Förderdruck von ca. 1,6 MPa. Diese Werte sind im PLS (FIS-1-01, PIZ1-03) und vor Ort (PDI1-101) zu kontrollieren. Erreicht die Pumpe diese Parameter nicht, ist sie umgehend abzuschalten und der Kesselkreislauf zu entlüften. Lässt sich die Umwälzpumpe nicht in Betrieb nehmen, könnte der Kavitationsalarm das Einschalten verhindern. Der Kavitationsalarm schützt die Pumpe vor Beschädigungen (Strömungsabriss auf der Saugseite). Er wird ausgelöst, wenn die Differenz der Medientemperatur auf der Saugseite (TIC1-29) zur druckabhängigen Sättigungstemperatur (im Prozessbild mit ‚Grenzwert‘ bezeichnet) zu gering wird.

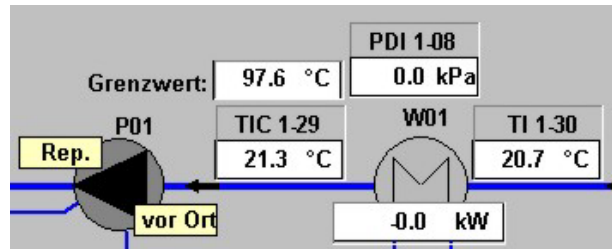


Abb. 3.5 Grenzwert zur Auslösung des Kavitationsalarmes

Bei Auslösung des Kavitationsalarmes schaltet die P01 automatisch ab und erhält ein Einschaltverbot. Tritt diese Situation beim Aufwärmen des Kesselkreislaufes ein, ist der Druck im Separator (PIC1-06) zu kontrollieren und gegebenenfalls zu erhöhen sowie der Kesselkreislauf auf Leckagen zu prüfen. Eine weitere Ursache für das Einschaltverbot der P01 kann ein zu geringer Füllstand im Separator (< 0,35 m) sein, der durch Füllen mit dem Regler LIZC1-02 anzuheben ist. Während des Betriebs der Pumpe ist darauf zu achten, dass die Temperatur an der Gleitringdichtung TIS⁺1-101 nicht über 80°C ansteigt.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

3.6 Aufwärmen des Kesselkreislaufes

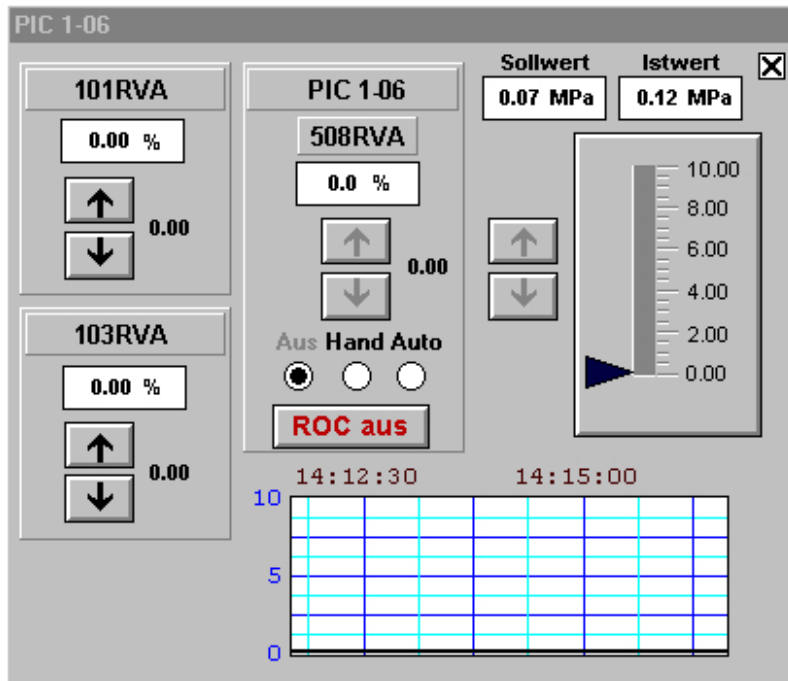


Abb. 3.6 Reglerleitbild PIC1-06

Der nächste Schritt bei der Inbetriebnahme der Dampfkesselanlage besteht im Aufheizen des Kesselkreislaufes auf ca. 120°C mit Hilfe der Umwälzpumpe. Um dieses Ziel zu erreichen, wird der Regelkreis TIC1-29 genutzt. Vorher sollte aber geprüft werden, ob der Regler **PIC1-06** abgeschaltet ist. Das zugehörige Reglerleitbild wird mit einem Mausklick auf das Symbol PIC1-06 oder auf die 508RVA aufgeschaltet. Im Reglerleitbild ist zu kontrollieren, ob in den Feldern unterhalb der Armaturenbezeichnungen 101RVA, 103RVA und

508RVA jeweils ‚0.0%‘ angezeigt wird. Ist dies nicht der Fall, muss bei der entsprechenden Armatur die Stellgröße ‚0.0‘ eingegeben werden. Bei der 508RVA ist zuvor der Druckregler auf ‚Hand‘ zu schalten. Das Schließen der jeweiligen Armatur ist zu überprüfen. Danach ist der Regler gegebenenfalls wieder auf ‚Aus‘ zu schalten und das Reglerfenster aus Gründen der Übersichtlichkeit im linken Bereich des Desktops zu platzieren.

Nachfolgend kann das Fenster des Aufheizreglers **TIC1-29** durch Betätigen des Feldes TIC1-29 oder der Regelarmatur 508RVA aktiviert werden. Dieser Regler gewährleistet die Einhaltung des Temperaturgradienten (50 K/h) beim Aufwärmen des Kesselkreislaufes. Der Regelkreis wird auf ‚Auto‘ geschaltet und im Feld ‚Sollwert‘ die notwendige Temperatur für den Kesselkreislauf (120) eingegeben. Im Feld ‚Stellgröße‘ sind die Stellbefehle für die Regelarmatur 508RVA zu beobachten. Gibt der Regelkreis längere Zeit keine Stellbefehle mehr aus, kann er abgeschaltet werden. Das ist in der Regel bei höheren Temperaturen der Fall, da die Heizleistung der Umwälzpumpe P01 (ca. 60 kW) unter diesen Bedingungen eine Aufheizung mit mehr als 50 K/h nicht mehr ermöglicht. Die Aufheizung von ca. 20°C bis 120°C dauert normalerweise 2,5 bis 3 h.

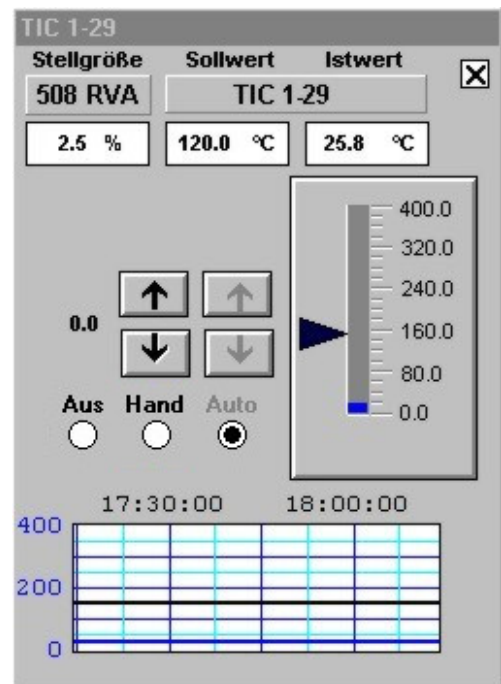


Abb. 3.7 Reglerleitbild TIC1-29

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



gemäße Betrieb der Pumpen P01, P02, P07, P11 und bei Betrieb auch der P08 sowie die Funktion der Armaturen im Kessel- und Kühlkreislauf jede Stunde bei einem Kontrollgang zu überprüfen. Dabei ist besonders auf Leckagen zu achten sowie die Getriebe- und Lagertemperatur der P01 ($< 95^{\circ}\text{C}$) mit dem Infrarot-Thermometer zu messen.

3.7 Zuschalten des Elektrokessels

Erreicht die Temperatur im Elektrokesselkreislauf 120°C kann die Einschaltbereitschaft des E-Kessels hergestellt werden. Hierzu ist es notwendig, folgende Schalthandlungen und Kontrollen durchzuführen:

1. Äußere Kontrolle des E-Kessels und Trafos:

- alle Türen sind geschlossen und gesichert;
- Ölsystem am Trafo ohne Leckagen;
- Ölfüllstand im Ausgleichsbehälter $> 50\%$;
- Feuchtigkeitsabscheider im Ölsystem ist in Ordnung;
- Die Ölauffangwanne unter dem E-Kessel und Trafo ist frei von Öl- oder Wasserleckagen;
- Die Lüftungsanlagen im E-Kessel- und Traforaum arbeiten störungsfrei (Display) im Automatikbetrieb, die Schaltschränke befinden sich links neben der Außentür im Raum 1.16;

2. **Durchführen eines Lampentests am S01:** Taster ‚Lampentest‘ betätigen und Funktion der Kontrolllampen prüfen.

3. **Kontrolle der Verriegelung ‚Überbrückung SDW – Sicherheitsdruckwächter‘:** Schloss im unteren Bereich des S01 muss senkrecht stehen.

4. **Kontrolle der ‚STB – Sicherheitstemperaturbegrenzer‘:** 24 rote Kontrolllampen oben links am S01 sind aus.

5. **Kontrolllampe ‚Stufenschalter‘:** Stufe 1 leuchtet.

6. Im Bereich ‚**6kV-Leistungsschalter**‘ sind die Kontrolllampen ‚EIN‘, ‚Phasenausfall‘, und ‚verriegelt‘ aus, sowie die Lampe ‚AUS‘ brennt.

7. **Einschalten der Ölpumpe am Trafo des E-Kessels:** Schalter ‚Ölpumpe‘ in Stellung ‚Ort‘ schalten und Taster ‚EIN‘ betätigen; Kontrolle: Pumpe läuft und Kontrolllampe ‚EIN‘ (im oberen Bereich des S01) leuchtet.

8. Am **Textstörmelder** wird lediglich das Signal ‚keine Störung‘ ausgegeben.

Erscheinen am Textstörmelder untergeordnete Störungsmeldungen und die Sammelsignale: ‚Störung Kesselschutz‘ oder ‚Trafoschutz E-Kessel‘, ist anhand der Verriegelungsliste, Anlage 1, der Zustand des E-Kessels und des Trafos zu prüfen. In diesem Betriebshandbuch werden lediglich einige häufig auftretende Störungen und ihre Beseitigung erläutert. Wirken sich die angegebenen Maßnahmen nicht auf die Störung aus, ist die Inbetriebnahme des E-Kessels abzubrechen bis die Störung vom Servicepersonal beseitigt wurde.

- **Ölmenge E-Kessel $< \text{min}$:** Funktion der Ölpumpe prüfen,
- **Türen E-Kessel offen:** Schließen und Sichern der Türen,
- **Kühlwassermenge $< \text{min}$:** Funktion des Kühlsystems und Stellung der Armaturen 625AVH und 626AVH prüfen bzw. Einregeln der Kühlwassermenge mit der 626AVH,

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

- **Druckdifferenz über Kessel < min:** Förderhöhe der P01 und Druckdifferenz über den E-Kessel (PDI1-04 größer als der Grenzwert; im Prozessbild ‚Diff.-druck 1‘) kontrollieren,
- **Durchflussmenge Kesseleingang < min:** Durchflussmenge im Kesselkreislauf (FIS-1-01 > 9,5 kg/s, im Prozessbild ‚Elektrokessel‘) prüfen,
- **6kV Leistungsschalter ausgelöst und verriegelt:** von der Abteilung FVTD oder durch unterwiesenes Personal nach Ermittlung der Ursache den Leistungsschalter in der Mittelspannungshauptverteilung (Raum 1.17) entriegeln,
- **STB angesprochen:** Fachpersonal informieren,
- Wird das Sammelsignal ‚**Trafoschutz E-Kessel**‘ angezeigt, ist grundsätzlich die Abteilung FVTD zu informieren und der Anlagenbetrieb abubrechen.

Sind diese Voraussetzungen erfüllt, wird der Druck im Separator, der sich während der Aufheizphase erhöht hat, durch vorsichtiges Öffnen der Regelarmatur 103RVA auf 0,6 MPa abgesenkt. Die Steuerung der 103RVA erfolgt im Reglerleitbild ‚PIC1-06‘ (Abb. 3.6). Die Armatur ist auf 8% und danach in 3%-Schritten bei gleichzeitiger Kontrolle des Druckes PIC1-06 im Feld ‚Istwert‘ zu öffnen. Beginnt der Druck zu sinken, ist die Armaturenstellung solange konstant zu halten bis sich der Druck 0,6 MPa annähert. Danach ist die 103RVA durch Eingabe von „0.0“ zu schließen und zu überprüfen, ob sich der Druck bei ca. 0,6 MPa stabilisiert.

Ist diese Maßnahme abgeschlossen, sind im Fenster ‚Startparameter‘ im Feld: ‚101RVA bei Kesselstart‘ ein Öffnungsgrad von 0 % sowie im Feld ‚508RVA bei Kesselstart‘ – 100% vorzugeben.

Ferner ist zu kontrollieren, ob der Regelkreis TIC1-29 abgeschaltet wurde. Danach sollte dieses Reglerleitbild aus Übersichtlichkeitsgründen geschlossen werden. Der Reglerkreis PIC1-06 befindet sich ebenfalls in Stellung ‚Aus‘.

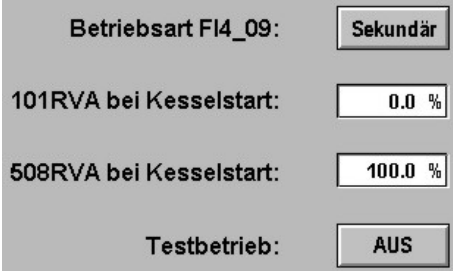


Abb. 3.8 Startparameter für den Elektrokesselbetrieb

Im Anschluss daran wird die Füllstandsregelung

LICZ1-02 auf ‚Auto‘ gestellt und ein Sollwert von ‚0.7‘m eingegeben. Die Stabilisierung dieses Wertes sowie der Automatikbetrieb des Füllstandreglers sind zu kontrollieren. Außerdem sollte zu diesem Zeitpunkt der ‚Trend‘ mit der gleichnamigen Taste aufgeschaltet und die Anzeigen von Füllstand (schwarze Linie, Stift 1) und Druck (blaue Linie, Stift 2) im B01 eingerichtet werden. Des Weiteren ist vor der Inbetriebnahme des Elektrokessels der Regler PIC5-02 (Abb. 3.2) in den Automatikbetrieb zu schalten sowie im Feld ‚Überdruck an P02‘ der Wert auf 2.5 MPa zu erhöhen und die Steigerung des Druckes zu überwachen.

Das Einschalten des E-Kessels erfolgt im Bereich ‚Leistungsschalter 6kV‘ am Schaltschrank S17 vom Schichtleiter mittels Zweihandbedienung. Vor der Inbetriebnahme des Kessels ist am S17 ebenfalls ein Lampentest durchzuführen. Voraussetzungen zum Einschalten des E-Kessels sind:

- Betriebsbereitschaft des Leistungsschalters (gelbe Kontrolllampe ‚betriebsbereit‘ leuchtet);
- Der Leistungsschalter steht in Stellung ‚Fern‘ (gelbe Kontrolllampe ‚Ort/Fern‘ leuchtet);
- Die rote Kontrolllampe ‚Störung‘ leuchtet nicht sowie
- Die rote Kontrolllampe ‚AUS‘ leuchtet.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



Außerdem muss auf dem PLS im Prozessleitbild ‚Elektrokessel‘ das Signal ‚Elektrokessel einschaltbereit‘ aktiviert sein.

Im Anschluss daran kann der Schlüssel ‚E-Kessel‘ aus dem Schlüsselschrank auf der Warte in das Schloss eingeführt werden. Nach nochmaliger Kontrolle der Parameter im Kesselkreislauf (Druck: 0,6 MPa, Temperatur: ca. 120°C, Füllstand B01: 0,7 m) ist der E-Kessel durch Rechtsdrehen und Hineindrücken des Schlüssels sowie gleichzeitiger Betätigung des grünen Tasters ‚EIN‘ in Betrieb zu nehmen. Nach Rechtsdrehen und Hineindrücken des Schlüssels leuchtet die gelbe Kontrolllampe ‚Freigabe‘ auf, während der Betrieb des Kessels von der grünen Kontrolllampe ‚EIN‘ angezeigt wird. Der Kessel startet mit der Stufe 1 (ca. 1400 kW). Mit dem Ein-Impuls werden die Regelarmaturen 101RVA und 508RVA in die im Fenster ‚Startparameter‘ vorgegebenen Öffnungsgrade gefahren. Außerdem schaltet sich der Regelkreis PIC1-06 in die Betriebsart ‚Hand‘.

Lässt sich der Elektrokessel nicht einschalten, sind die Verriegelungsbedingungen entsprechend Anlage 1 zu kontrollieren. Außerdem sollte durch einen Anruf im Blockheizkraftwerk oder bei der Abteilung FVTD geprüft werden, ob eine Störung der Elektroenergieversorgung am FSR vorliegt.

Nach dem ersten Kesselstart pro Versuchsserie ist die Funktion eines ‚Not-Aus‘-Tasters (S17, S01 bzw. Außenseite des Gebäudes) zu überprüfen und im Betriebsbuch zu dokumentieren. Für diese Tests müssen die Not-Aus-Taster kräftig hineingedrückt und nachfolgend das Abschalten des Elektrokessels sowie der Pumpen P01 und P02 kontrolliert werden. Um eine starke Auskühlung des Kesselkreislaufes zu verhindern, sind sofort nach dem ‚Not-Aus‘ die Armaturen 101RVA, 104RVA und 508RVA auf geschlossenen Zustand zu kontrollieren und gegebenenfalls zu schließen (Reglerleitbilder PIC1-06 und LICZ1-02). Verlieft der Not-Aus-Test erfolgreich, kann der E-Kessel erneut zugeschaltet werden.

Direkt nach dem Kesselstart ist die Änderung der Parameter PIC1-06, LICZ1-02, T11-25 und TIC1-29 zu beobachten. Nach kurzzeitigen Schwankungen von Druck und Temperatur nach dem Kessel erhöhen sich diese Parameter kontinuierlich. Um den Druck PIC1-06 zu stabilisieren, ist die Regelarmatur 101RVA in 5% Schritten auf ca. 50% zu öffnen.

Im Anschluss daran ist der Arbeitspunkt der Druckregelung im Kesselkreislauf einzustellen. Dazu wird die Armatur 101RVA in 5% Schritten weiter geöffnet und parallel dazu der Öffnungsgrad der 508RVA etwa gleichmäßig auf ca. 60% derart verringert, dass der Druck im Kesselkreislauf annähernd konstant bleibt. Danach kann der Regelkreis PIC1-06 auf ‚Automatik‘ geschaltet und ein Drucksollwert von ‚1,0‘ MPa (Reglerleitbild PIC1-06, Feld ‚Sollwert‘) vorgegeben werden. Der Regelkreis drosselt die Kühlung am W01 soweit ein, dass sich Druck und Temperatur im Kesselkreislauf langsam erhöhen, wobei der Temperaturgradient (Tab. 3.3) automatisch berücksichtigt wird. Um eine effektive Funktion des Druckreglers PIC1-06 im gesamten Arbeitsbereich der Versuchsanlage zu gewährleisten, nutzt dieser Regler einen variablen Parametersatz in Abhängigkeit vom aktuellen Druck im Kesselkreislauf.

Die Änderung der Anlagenparameter ist in der Trenddarstellung kontinuierlich zu überwachen. Sind die Anlagenparameter stabil, sollte die Leistung der P02 schrittweise (5%) solange reduziert werden bis der Druck PIC5-02 den Druck im Kesselkreislauf um ca. 1,5 MPa überschreitet. Steigt der Druck im Kesselkreislauf dabei an und öffnet der Druckregler PIC1-06 die Regelarmatur 508RVA über 80%, ist der Druckregler auf ‚Hand‘ zu schalten und der Arbeitspunkt mit der Regelarmatur

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

101RVA erneut einzustellen. In diesem Fall ist die 101RVA in 5%-Schritten zu öffnen, wobei nach jedem Schritt der Einfluss auf den Kesselkreislauf abzuwarten ist (ca. 5 min.). Sind die Parameter stabil, ist der PIC1-06 wieder in Automatikbetrieb zu schalten, wobei auch der Drucksollwert erneut eingegeben werden muss.

Tabelle 3.3 Temperaturgradienten der Versuchsanlage TOPFLOW

p	T_s	T	dp/dt	zul. ΔT
bar(a)	°C	min	bar/min	K/h
5	151,84	0,0		50,0
6	158,84	8,4	0,1190	50,0
8	170,41	22,3	0,1441	50,0
10	179,88	33,6	0,1760	50,0
14	195,04	51,8	0,2199	50,0
18	207,11	66,3	0,2762	50,0
22	217,24	78,5	0,3291	50,0
26	226,04	89,0	0,3788	50,0
30	233,84	98,4	0,4274	50,0
35	242,52	110,2	0,4224	44,0
40	250,33	120,9	0,4695	44,0
50	263,91	139,4	0,5400	44,0
60	275,55	155,3	0,6300	44,0
80	294,97	181,8	0,7552	44,0

Im Anschluss daran sollte der Regler PIC5-02 in den Automatikbetrieb geschaltet werden (Abb. 3.2). In dieser Betriebsart erzeugt der Regelkreis einen Speisewasserdruck, der den Druck im Kesselkreislauf um den im Eingabefeld „Überdruck an P02“ vorgegebenen Wert überschreitet. Nach der Umschaltung in den Automatikbetrieb ist ein Überdruck von ca. 1,5 MPa einzustellen. Stellglied des PIC5-02 ist die Thyristorsteuerung der Kesselspeisepumpe.

Zum Schutz der Anlage ist im Reglerleitbild PIC1-06 (Abb. 3.6) die Funktion ROC (rate of change bzw. Änderungsgeschwindigkeit) integriert. Mit der gleichnamigen Taste kann für die Armatur 508RVA auch im Handbetrieb die Änderungsgeschwindigkeit entsprechend dem Temperaturgradienten begrenzt werden. Wird die Taste betätigt, wechselt die Aufschrift zwischen „ROC aus“ (deaktiviert) und „ROC aktiv“ (in Betrieb).

Außerdem ist zu beachten, dass beim Abschalten des Regelkreises PIC1-06 die zugehörige Regelarmatur 508RVA schließt (Handstellgröße wird auf ,0.0' gesetzt).

3.8 Entgasen des Kesselkreislaufes

Nach Erreichen des Druckes im Kesselkreislauf von 1,0 MPa kann mit dem Entgasen begonnen werden. Ein Kriterium für das Vorhandensein von nichtkondensierbaren Gasen im Kreislauf besteht darin, dass das Medium die dem vorhandenen Druck entsprechende Siedetemperatur nicht erreicht. Zum Entgasen ist die Hauptleitung der Durchflussmessung FI1-04 (die Absperrarmatur 492AVA im Prozessbild ‚Elektrokessel‘) zu öffnen, um den abzublasenden Volumenstrom nicht einzuschränken. Danach kann die Armatur 103RVA im Reglerleitbild PIC1-06 stufenweise in 3% Schritten geöffnet werden bis der Druck im Separator leicht abfällt. Die Druck- und Füllstandsschwankungen im B01 werden von den Regelkreisen PIC1-06 und LICZ1-02 ausgeglichen. Wird keine Durchflussmenge an der FI1-04 angezeigt, kann man anhand der steigenden Temperatur an der Messstelle TI1-28 die Wirksamkeit der Entgasungsprozedur einschätzen. Während des Entgasens steigt die Temperatur im

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Separator (T11-25) langsam auf Sättigungsbedingungen an, wobei aber auf Grund von Messfehlern der Wert nur annähernd erreicht wird. Erhöht sich die T11-25 nicht weiter, kann die 103RVA stufenweise in 3%-Schritten wieder geschlossen werden. Zwischen den einzelnen Schalthandlungen sollte die Stabilisierung des Druckes und Füllstandes im B01 abgewartet werden.

3.9 Aufwärmen des Teststreckenkreislaufes

Nach Zuschalten des E-Kessels und Entgasung des Kesselkreislaufes kann mit der Inbetriebnahme des Teststreckenkreislaufes begonnen werden. Die folgenden Schalthandlungen gelten uneingeschränkt für den Versuchsbetrieb mit den **vertikalen Teststrecken**. Um den Anlagenzustand online beurteilen zu können, sollte im PLS das Prozessbild ‚VTS Dampf‘ aufgeschaltet werden. Danach ist der Zustand der Armaturen zu kontrollieren. Folgende Armaturen müssen geschlossen und die Antriebe auf ‚Fern‘ geschaltet sein: 410RVA und 421RVA; 405RVA, 406RVA und 407RVA; 415AHA, 416AVA und 417AVA; 422RVA; 412RVA und 413RVA sowie 440AVA und 441AVA. Ferner sind die Absperrarmaturen: 414AVH und 419AVH; 432AVH und 433AVH; 435AVH, 436AVH und 437AVH auf geschlossenen Zustand zu prüfen. Bei den Absperrarmaturen: 404AHA, 442AVA, 443AVA und 444AHA sind die Antriebe ebenfalls auf ‚Fern‘ zu schalten und die Armaturen zu öffnen. Außerdem sind die Handarmaturen 409AVH und 429AVH ebenfalls zu öffnen. An der Durchflussmessstelle FI4-09 muss geprüft werden, ob die Hauptleitung (490AVA im Prozessbild ‚VTS Dampf‘) geöffnet ist. Andernfalls wird sie durch Betätigen des Tasters B↔H an dieser Messstelle aufgefahren.

Da die Schalthandlungen in diesem Abschnitt nur bei Dampfbetrieb durchgeführt werden, ist zu kontrollieren, ob die Absperrarmaturen 460AHA und 461AHA geschlossen und mit einem Schloss gesichert sind. Außerdem müssen die Druckluftschläuche von diesen Absperrarmaturen abgeflanscht werden, um eine Überhitzung der Schläuche zu verhindern. Die Armaturen 460AHA und 461AHA sind mit Blindflanschen zu verschließen.

Sollen Experimente an der **variablen Gaseinspeisung** durchgeführt werden, sind folgende Punkte gesondert zu beachten:

- Die 18 Absperrarmaturen 4001AVH bis 4018AVH sind auf geschlossenen Zustand zu kontrollieren,
- es ist das Prozessbild ‚VGE Dampf‘ aufzuschalten,
- die Motorarmatur 443AVA ist auf geschlossenen Zustand zu kontrollieren, der Antrieb zu deaktivieren und mit einem Schloss zu sichern.

Danach ist anhand der Messstelle LIC4-01 zu prüfen, ob sich der Füllstand in der Dampftrommel B02 bei ca. 0,5 m befindet. Füllen und Entleeren des B02 sind im Abschnitt 7.2 ausführlich beschrieben.

Nun kann der Reparaturschalter der Pumpe P04 in der Grube entschert und eingeschaltet werden. Die Wirkung des Kühlsystems am Schauglas sowie der Schmiermittelzustand an der Pumpe sind nochmals zu überprüfen. Außerdem sind am Schaltschrank S21 ein Lampentest durchzuführen, die Reglerfreigabe zu aktivieren (Schalter nach rechts drehen) und mit dem entsprechenden Schalter die P04 in die Betriebsart ‚Fern‘ zu schalten.

Die P04 ist nun betriebsbereit und kann im PLS eingeschaltet werden. Durch Betätigen des Pumpensymbols mit der linken Maustaste öffnet sich das entspre-

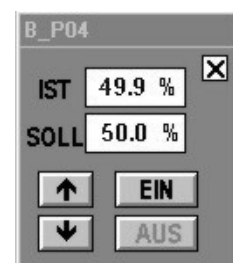


Abb. 3.9 Bedienfenster der P04

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

chende Bedienfenster, in dem mit der Taste ‚EIN‘ die P04 in Betrieb genommen wird. Die Pumpe startet mit einem minimalen Sollwert von 50%. Nach dem Anlaufen ist die Pumpe vor Ort auf Leckagen und Laufgeräusche zu kontrollieren. Im Anschluss daran ist am PLS mit der Messstelle PDI4-04 die Druckerhöhung (204 kPa) zu prüfen. Einige Minuten nach dem Pumpenstart sollte die Kühlleitung zwischen der Gleitringdichtung und dem Wärmetauscher oberhalb der P04 entlüftet werden. Ferner ist während des Pumpenbetriebs die Temperaturmessstelle TIS⁺4-120 (< 80°C) zu überwachen.

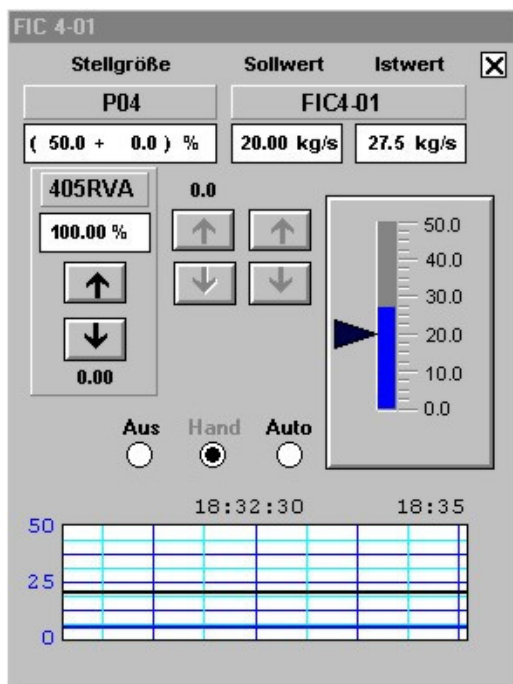


Abb. 3.10 Reglerleitbild FIC4-01

Nach diesen Schalthandlungen können die Testsektionen mit Wasser durchströmt werden. Dazu ist das Reglerleitbild **FIC4-01** durch Betätigen des Symbols der Regelarmatur 405RVA mit der linken Maustaste zu öffnen, der Regler auf ‚Hand‘ zu schalten und im Feld unter der 405RVA „100“ einzugeben. Das vollständige Öffnen der Absperrarmatur 415AHA und der Regelarmatur 405RVA ist zu prüfen. Nach Einstellung der Parameter ergibt sich ein Massenstrom durch die Testsektion von ca. 27,5 kg/s (Druckerhöhung der P04 - 78 kPa), der zum Aufwärmen des Teststreckenkreislaufes ausreichend ist.

Danach kann die Dampfleitung zwischen Separator und Einperlung in die TS vorgewärmt werden. Hierzu ist als Erstes die Armatur 433AVH am Kondensatopf 434T zu öffnen. Außerdem ist der Füllstand im Grubensumpf so einzustellen, dass dieser ca. 1/3 gefüllt ist. Änderungen des Füllstandes im Sumpf sind

entweder mit der Grubenpumpe P13 (Entleeren) oder durch Öffnen des Wasserhahnes neben der Grube (Füllen) durchzuführen. Nachfolgend ist zu kontrollieren, ob die Dreiwegearmatur 428AHA auf ‚Fern‘ steht.

Im Anschluss daran muss der Regler **FIC4-05** durch Klicken auf die Regelarmatur 422RVA oder das Anzeigefeld FIC4-05 geöffnet und auf ‚Hand‘ gestellt werden. Außerdem wird die Dreiwegearmatur 428AHA von Hand in Stellung ‚Bypass offen‘ gefahren. Es ist zu beachten, dass bei laufender Dreiwegearmatur die Betriebsart des Reglers FIC4-05 nicht geändert werden kann. Danach ist die Regelarmatur 422RVA voll zu öffnen (Eingabe von „100“ in das Feld unterhalb der 422RVA).

Nun wird der Antrieb der Absperrarmatur 427AVA auf ‚Hand‘ gestellt und solange mit dem Schalter (Auf-Stop-Zu) in kurzen Intervallen ge-

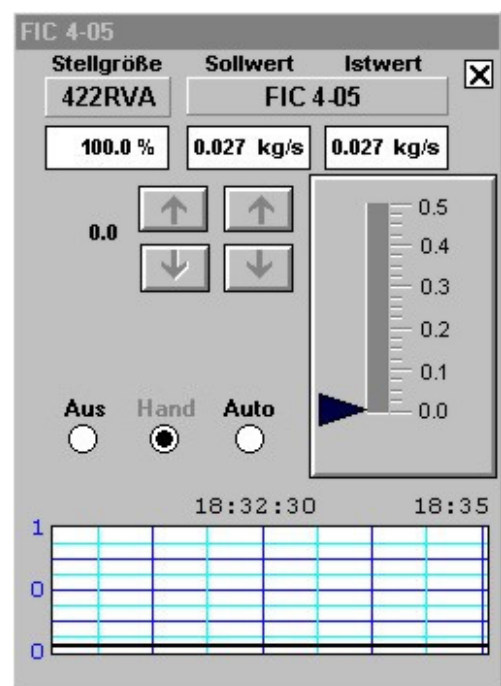


Abb. 3.11 Reglerleitbild FIC4-05

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



öffnet bis Dampf durch die Armatur strömt (Geräuscentwicklung und Erwärmung beachten!). Nach diesen Schalthandlungen ist der Sumpf in der Grube zu kontrollieren. Befindet sich der Füllstand noch auf dem ursprünglichen Niveau, ist das Kondensat aus der Dampfleitung 007-D-100 durch vorsichtiges intervallartiges Öffnen der Armatur 432AVH über den Entspanner direkt in den Grubensumpf abzulassen. Die 432AVH ist zu schließen, wenn gleichmäßige Strömungsgeräusche von Dampf zu hören sind. Während der Entfernung des Kondensates aus der Dampfleitung ist permanent der Füllstand im Grubensumpf zu kontrollieren und bei Bedarf mit der P13 abzusenken. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass die Temperatur des Mediums nicht über 35°C ansteigen darf, d.h. vor dem Abpumpen ist das Kondensat im Sumpf eventuell durch Zuspiesen von kaltem Trinkwasser abzukühlen. Danach ist die 427AVA voll zu öffnen und auf ‚Fern‘ zu schalten. Außerdem sollten im Fenster ‚Trend‘ die Kurven für den Druck in der Dampftrommel (grüne Linie, Stift 3) und die Dampfmenge (rote Linie, Stift 4) so positioniert werden, dass die entsprechenden Wertebereiche gut sichtbar sind.

Zum Durchschalten des Dampfes auf die Testsektion ist die Regelarmatur 422RVA bis auf 10% zuzufahren (Eingabe von „10“ in das Feld unterhalb der 422RVA). Jetzt kann die Absperrarmatur 440AVA geöffnet werden, wobei gleichzeitig der Dampfdruck im Kesselkreislauf (PIC1-06) und die Dampfmenge (FIC4-05) zu beobachten sind. Sinkt der Druck schnell ab, ist die 422RVA weiter zu schließen. Wird kein Dampf eingespeist, ist die 422RVA in 5%-Schritten zu öffnen bis sich eine Menge von ca. 0,1 kg/s einstellt. Im Anschluss daran ist die Absperrarmatur 441AVA zu öffnen. Nach Stabilisierung des Druckes im Kesselkreislauf kann die Dampfmenge weiter erhöht werden. Dazu ist die 422RVA in 5%-Schritten weiter zu öffnen bis sich die Dampfmenge auf ca. 0,2 kg/s eingestellt hat. Danach sind der Regelkreis FIC4-05 auf ‚Auto‘ zu schalten und im Feld ‚Sollwert‘ ein Durchsatz von 0,2 kg/s einzustellen. Während der Aufheizphase sind die Messstellen PIC1-06, PIC4-04, LICZ1-02 und FIC4-05 ständig zu beobachten. Ferner sind periodisch (ca. einmal pro Stunde) die in Betrieb befindlichen Pumpen, die Armaturen des Kessel- und Teststreckenkreislaufes, der Elektrokessel sowie der Grubensumpf zu kontrollieren.

Bei Versuchen mit der **variablen Gaseinspeisung** sind ca. 90 Minuten vor Abschluss des Vorwärmens nacheinander die einzelnen Einspeisekammern durch Öffnen der Absperrarmaturen 4001AVH bis 4018AVH vorzuwärmen. Dazu ist jede einzelne Armatur für ca. 5 Minuten zu öffnen.

Bei einem Druck im Kesselkreislauf von 1,0 MPa erwärmt sich das Deionat im Teststreckenkreislauf bis auf ca. 170°C, wobei sich die Regelarmatur 422RVA auf Grund der sinkenden Druckdifferenz zwischen Kessel- und Teststreckenkreislauf ständig weiter öffnet. Sinkt bei voll geöffneter 422RVA die Dampfmenge FIC4-05 unter 0,1 kg/s ab, kann die Aufheizung des Teststreckenkreislaufes beendet werden. Hierzu sind beide Dampfabsperarmaturen 440AVA und 441AVA zu schließen. Im Anschluss daran wird der Regelkreis FIC4-05 auf ‚Aus‘ geschaltet und das automatische Schließen der 422RVA kontrolliert.

Nach dem Vorwärmen des Teststreckenkreislaufes ist bei Verwendung der **variablen Gaseinspeisung** der Antrieb der Absperrarmatur 440AVA zu deaktivieren und mit einem Schloss zu sichern.

Es ist zu beachten, dass sowohl beim Aufwärmen als auch bei der Durchführung von Dampf-Wasser-Versuchen in beiden **vertikalen Teststrecken** nahezu die gleiche Temperatur vorliegen muss. Unzulässige Temperaturdifferenzen können zu Beschädigungen der VTS-Segmente führen. Daher ist beim Dampfbetrieb generell darauf zu

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

achten, dass wenn möglich beide VTS von Wasser durchströmt werden und nur bei der Durchführung der Versuche die Wasserzufuhr zur jeweils nicht aktiven VTS abgesperrt wird.

3.10 Synchronisation des Kesselkreislaufes mit der Dampftrommel

Nach der Aufheizung des Teststreckenkreislaufes kann es in Abhängigkeit vom geplanten Experiment notwendig sein, die Dampftrommel als Druckspeicher für den Kesselkreislauf zu verwenden. Dieser Anlagenzustand wird bei der Durchführung von Kondensationsexperimenten im W02 und zur weiteren Aufheizung der Testsektionen genutzt.

Zum Schutz der Durchflussmessstelle FI4-09 ist zu prüfen, ob die Hauptleitung (490AVA) offen ist. Andernfalls muss im Prozessbild ‚Kondensatorkreislauf‘ die Taste B ↔ H betätigt werden, die eine Umschaltung der Messstränge bewirkt.

Zum Verbinden der Dampftrommel und des Kesselkreislaufes ist der Druck im Kesselkreislauf (PIC1-06) soweit abzusenken, dass er sich um 0,03 MPa unter dem Druck in der Dampftrommel einstellt. Dies wird durch Eingabe eines entsprechenden Drucksollwertes im Reglerleitbild PIC1-06 erreicht (siehe auch Abschnitte 3.6 und 3.7). Die Kopplung des B02 mit dem Kesselkreislauf erfolgt mit der Absperrarmatur 205AVA. Nach Öffnen des Bedienfensters durch Betätigen des Armaturensymbols sollte bei Berücksichtigung nachfolgender Druckbedingung die Taste ‚Auf‘ aktiv, d.h. in schwarzer Schrift dargestellt sein:

- der Druck in der Dampftrommel (PIC4-04) muss größer sein als der Druck im Kesselkreislauf (PIC1-06),
- $PIC4-04 - PIC1-06 < 0,05 \text{ MPa}$ und
- der Regelkreis PIC4-04 ist abgeschaltet.

Nach Öffnen der 205AVA verwendet die Druckregelung PIC1-06 einen gesonderten variablen Parametersatz, da sich das zu regelnde Volumen der gekoppelten Kreisläufe im Gegensatz zum autonomen Kesselkreislauf wesentlich vergrößert hat. Vor weiteren Schalthandlungen ist die Stabilisierung der Parameter im Kesselkreislauf (Druck und Füllstand im B01) abzuwarten.

3.11 Vorwärmen und Zuschalten des Kondensatorbehälters

Die Schalthandlungen in diesem Abschnitt sind nur durchzuführen, falls Kondensationsexperimente geplant sind oder der Kondensatorbehälter als Wärmesenke für Dampf-Wasser-Versuche an den vertikalen Teststrecken bzw. der variablen Gaseinspeisung genutzt werden soll.

Zur Inbetriebnahme des W02 ist folgender Armaturenzustand herzustellen:

- Geschlossen und Antrieb auf ‚Fern‘: 201AVA, 231AVA, 202RVA, 203RVA, 304RVA, 314RVA, 310RVA, 301AVA, 307RVA;
- Offen und Antrieb auf ‚Fern‘: 200AVA;
- Geschlossen: 223AVH, 224AVH, 209AVH, 210AVH, 232AVH, 233AVH, 234AVH, 235AVH, 313AVH, 306AVH, 315AVH, 316AVH, 302AVH.

Außerdem ist zu prüfen, ob im Kondensatorbehälter ein Füllstand von ca. 1,6 m eingestellt ist, bei dem alle 4 Nadelsonden der Höhenstandsmessung (LA⁺⁺3-02, LS⁺3-01, LS⁻3-03, LS[~]3-04) ein grünes Signal ausgeben. Dieser Füllstand garantiert eine vollständige Bedeckung des Bündels. Besteht die Notwendigkeit den W02 nachzu-

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

speisen oder den Füllstand abzusenken, kann dies mit der Füllpumpe P05 bzw. der Entleerungspumpe P06 erfolgen, siehe Abschnitt 7.3.

Danach ist der Füllstand im Bündel zu kontrollieren, d.h. die Signale der Nadelsonden am oberen und unteren Sammler des Bündels LIS⁺2-01 und LISZ⁻2-02 sind auszuwerten. Zeigt die Sonde LIS⁺2-01 kein Wasser, ist das Bündel mit der Füllpumpe P05 über die Armaturen 223AVH und 224AVH entsprechend zu füllen (Abschnitt 7.3). Außerdem muss mindestens ein Rohr des Bündels im Kondensatorbehälter durchgeschaltet, d.h. mindestens eine der Armaturen 215AHH bis 222AHH muss offen sein. Die Anzahl der durchströmten Rohre bestimmt, gemeinsam mit dem Füllstand im Bündel, die Wärmeübertragerfläche des W02 und ist in Abhängigkeit vom durchzuführenden Experiment einzustellen.

Ferner ist zu prüfen, ob die Dreiwegearmatur 211AHA auf ‚Fern‘ geschaltet ist.

Da die Verbindungsleitung zwischen Dampftrommel und Separator bereits in Betrieb genommen wurde (siehe Abschnitt 3.10), kann jetzt durch vorsichtiges Öffnen der Entleerungsarmaturen 232AVH und 233AVH Kondensat aus dieser Dampfleitung abgelassen werden. Dabei ist der Füllstand im Grubensumpf zu überwachen (Abschnitt 3.9). Ferner sind die Parameter im Kesselkreislauf, vor allem Druck und Füllstand im B01, zu kontrollieren. Nach Entfernung des Kondensates (gleichmäßiges Dampfgeräusch, kein weiterer Kondensatanfall im Sumpf) sind die Armaturen 232AVH und 233AVH zu schließen und kurzzeitig die 209AVH und 210AVH zu öffnen, um auch das Kondensat aus der Hauptleitung abzuführen.

Jetzt kann die P03 in Betrieb genommen werden. Dazu ist als Erstes das Reglerleitbild FIC2-03 durch Betätigen des Armaturensymbols 202RVA zu aktivieren und in die Betriebsart ‚Hand‘ zu schalten. Ist der Bypass der Kondensatdurchflussregulation noch nicht geöffnet, erfolgt dies jetzt durch das Dreiwegeventil 211AHA.

Nun ist in der Grube das Schloss vom Reparaturschalter der Kondensatorpumpe zu entfernen und dieser einzuschalten. Außerdem sollte an der Pumpe die Funktion des Kühlsystems anhand des Schauglases und der Schmiermittelzustand geprüft werden. Danach sind am Schaltschrank S19 ein Lampentest durchzuführen, die ‚Reglerfreigabe‘ zu aktivieren (Schalter nach rechts drehen) und die P03 mit dem entsprechenden Schalter in die Betriebsart ‚Fern‘ zu schalten. Die Steuerung der Kondensatorpumpe befindet sich in der unteren Reihe am S19.

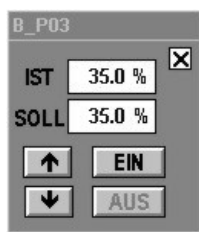


Abb. 3.12
Bedienfenster
der P03

Durch Betätigen des Pumpensymbols im PLS öffnet sich das Bedienfenster für die P03 und die Pumpe kann mit der Taste ‚EIN‘ gestartet werden. Die Pumpe fährt über eine vorgegebene Rampe automatisch bis auf einen Sollwert von 35% hoch. Nach der Inbetriebnahme ist die Kondensatorpumpe vor Ort auf Leckagen und Laufgeräusche zu kontrollieren. Außerdem ist die Kühlleitung der Gleitringdichtung oberhalb der Pumpe zu entlüften. Während des Betriebs der Pumpe ist darauf zu achten, dass die Temperatur nach der Gleitringdichtung (TIS⁺2-103) < 80°C bleibt. Ferner ist die Druckerhöhung der P03 (ca. 100 kPa) am Manometer PDI2-103 vor Ort und mit der

Druckdifferenzmessstelle PDIS2-05 am PLS, Prozessbild: ‚Differenzdruck 1‘, zu überprüfen. Läuft die Pumpe nicht an, sind am S19 die Störungssignale bzw. Einstellungen am Frequenzumrichter zu prüfen. Falls die Störung nicht selbst behoben werden kann, ist eine Servicefirma zu beauftragen.

Nach diesen Schritten kann das Kondensatorbündel mit Dampf beaufschlagt werden. Dazu ist zuerst die Bypassarmatur 231AVA zu öffnen und die Stabilisierung eventueller Druckschwankungen im Kesselkreislauf (PIC1-06 bzw. PIC4-04) abzuwarten.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Nun kann im Reglerleitbild **FIC2-03** durch Öffnen der Armatur 202RVA (Eingabe von „10“ im Feld unter der 202RVA) der W02 in Betrieb genommen werden. Bleibt der ‚Istwert‘ für die abgeführte Kondensatmenge bei 0,03 kg/s, ist der Öffnungsgrad der 202RVA schrittweise um 5% zu erhöhen bis im Feld ‚Istwert‘ ca. 0,1 kg/s angezeigt wird. Nach einer 5 min. Stabilisierungsphase für die Parameter im Kesselkreislauf kann die Armatur 202RVA schrittweise weiter geöffnet werden bis eine Kondensatmenge von ungefähr 0,17 kg/s erreicht wird (Arbeitspunkt einstellen). Danach wird der Regler FIC2-03 auf ‚Auto‘ geschaltet und der Sollwert auf 0,2 kg/s eingestellt, wobei das Verhalten der P03 zu beobachten ist. Erhöht sich die Leistung der Pumpe auf mehr als 90% oder verringert sie sich bis auf 40%, ist der FIC2-03 auf ‚Hand‘ zurückzuschalten und der Arbeitspunkt mit der 202RVA erneut einzustellen. Es ist zu beachten, dass die Umschaltung der Betriebsarten am Regelkreis FIC2-03 bei laufender Dreiwegarmatur 211AHA gesperrt ist.

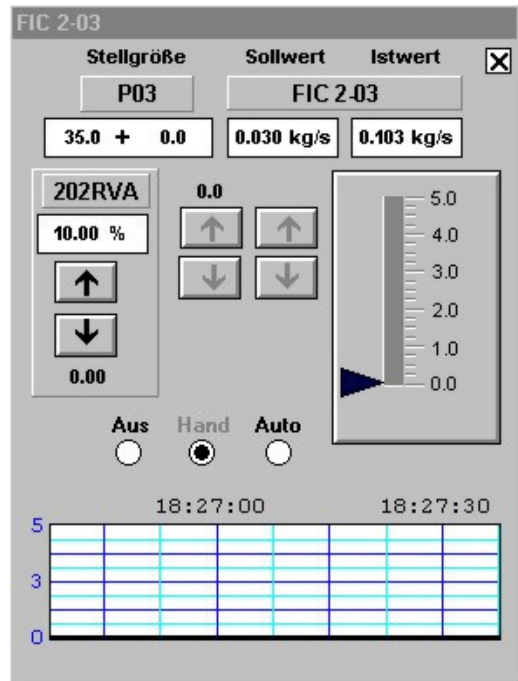


Abb. 3.13 Reglerleitbild FIC2-03

Bei der Aufheizung des Kondensatorbehälters ist der Temperaturgradient von 50 K/h zu berücksichtigen. Da eine Berechnung und automatische Begrenzung des Temperaturgradienten in diesem Fall vom PLS nicht durchgeführt wird, muss der Anlagenfahrer diese Bedingung manuell kontrollieren. Steigt die Aufheizgeschwindigkeit über den Grenzwert an, ist die zu kondensierende Dampfmenge mit dem FIC2-03 entsprechend zu reduzieren.

Außerdem muss parallel dazu die Druckregelung im Kesselkreislauf PIC1-06 kontrolliert werden. Die Armatur 508RVA sollte im Regelbereich zwischen 30% und 75% Öffnungsgrad arbeiten. Nähert sie sich 30%, muss der Arbeitspunkt mit der Regelarmatur 101RVA neu eingestellt werden, d.h. die Armatur ist schrittweise zu schließen (nicht unter 15%), wobei zwischen den Schalthandlungen einige Minuten Pause einzuhalten und die wichtigsten Anlagenparameter im ‚Trend‘ zu beobachten sind. Wird ein Öffnungsgrad der 101RVA von 15% erreicht, muss die Kesselleistung um eine Stufe erhöht werden (siehe Abschnitt 4.1.2). Erreicht die 508RVA einen Öffnungsgrad von 75%, ist die Kesselleistung um eine Stufe zu verringern. Arbeitet der Kessel in Stufe 1, muss die 101RVA in 5%-Schritten ebenfalls mit einigen Minuten Pause weiter geöffnet werden. Bei der Aufheizung des Inhaltswassers im Kondensatorbehälter erhöht sich sekundärseitig der Füllstand und der Druck.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Um die Füllstandsschwankungen zu kompensieren, wird der Regelkreis **LIC3-06** genutzt, dessen Reglerleitbild durch Betätigen der Messstelle LIC3-06 bzw. der Regelarmatur 307RVA aufgeschaltet wird. Zum Betrieb dieses Regelkreises sind die Absperrarmaturen 301AVA, 302AVH und 316AHH zu öffnen sowie der Reparaturschalter an der Pumpe P06 zu entschleunern und einzuschalten. Es ist zu beachten, dass dieser Füllstandsregler nur negative Stellgrößen (0 bis -100%) akzeptiert, mit denen er mittels des Stellgliedes 307RVA den Füllstand lediglich reduzieren kann. Außer der Armatur 307RVA steuert der LIC3-06 die Entleerungspumpe P06. Bei Überschreitung von 10% Öffnungsgrad der 307RVA wird die Pumpe zugeschaltet bzw. bei Unterschreitung von 5% wieder abgeschaltet. Besteht die Notwendigkeit, den Füllstand zu erhöhen, kann dies nur mit dem Regelkreis FIC3-01 erfolgen, der im Abschnitt 4.2.2 beschrieben wird.

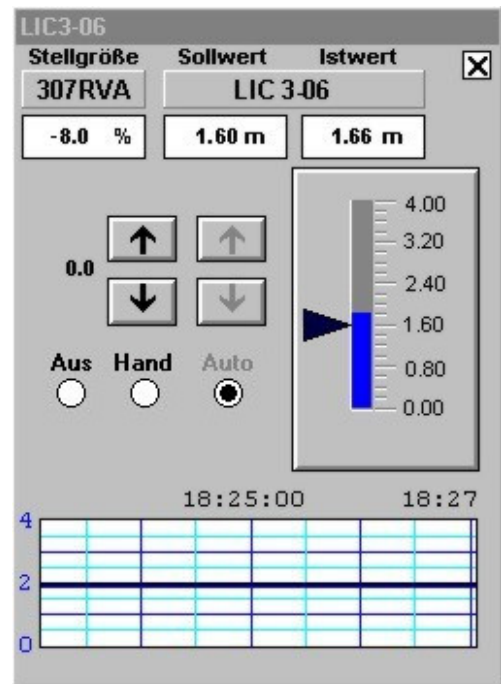


Abb. 3.14 Reglerleitbild LIC3-06

Da in diesem Betriebsfall der Füllstand ansteigt, sind der Regler LIC3-06 auf ‚Auto‘ zu schalten, ein Füllstandssollwert von ‚1.6‘ m einzugeben und die Wirkungsweise des Regelkreises zu überwachen.

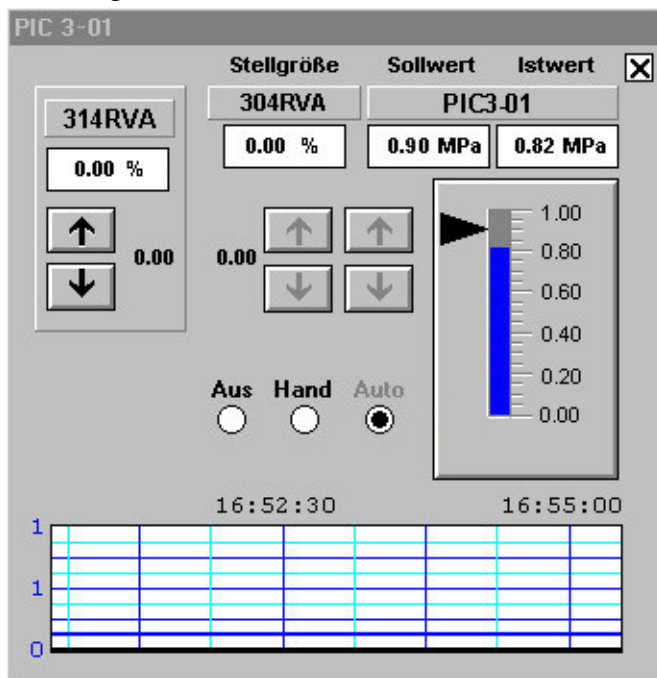


Abb. 3.15 Reglerleitbild PIC3-01

Zum Begrenzen des Druckes im Kondensatorbehälter dient der Druckregler **PIC3-01**. Er wird durch Betätigen der Messstelle PIC3-01 bzw. der Regelarmatur 304RVA im Prozessbild ‚Kondensatorkreislauf‘ aufgeschaltet. Dieser Regler nutzt als Stellglied die Regelarmatur 304RVA in der Abblaseleitung des W02. Soll ein bestimmter Druck eingeregelt werden, sind der PIC3-01 auf ‚Auto‘ zu schalten und der vorgegebene Drucksollwert einzugeben. Außerdem kann in diesem Reglerleitbild die Armatur 314RVA bedient werden.

Soll der W02 als Wärmesenke für Dampf-Wasser-Versuche in den Teststrecken genutzt werden, ist nach dem Umschalten auf ‚Auto‘ ein

Drucksollwert gemäß den Versuchsbedingungen einzustellen, der 0,9 MPa aber nicht überschreiten darf.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Bei Kondensationsversuchen ist eine Grädigkeit des W02 von mindestens 10 K zu gewährleisten, d.h. der Druck im W02 muss entsprechend geringer sein als im Kesselkreislauf. Auch in diesem Fall gilt, dass der Maximaldruck im W02 0,9 MPa nicht überschreiten darf.

Arbeitet der W02 ordnungsgemäß wird an der Nadelsonde LIS⁺2-01 Dampf signalisiert. Die Sonde LIS⁻2-02 schaltet die Kondensatorpumpe ab, falls kein Kondensat mehr im unteren Sammler des Bündels vorhanden ist (Trockenlaufschutz).

Sind die geforderten Parameter erreicht, ist der Kondensatorbehälter betriebsbereit. Werden im Experiment größere Dampfmengen benötigt, kann die Dampfarmatur 201AVA zusammen mit dem Kondensatdurchflussregler FIC2-02 (203RVA) genutzt werden (Abschnitt 4.2.1).

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



4. Durchführung von Experimenten

Die thermohydraulische Mehrzweckversuchsanlage TOPFLOW ist derzeit für die Durchführung von Luft-Wasser- und Dampf-Wasser-Versuchen an:

- zwei vertikalen Teststrecken mit Nennweiten von 50 bzw. 200 mm sowie
- der variablen Gaseinspeisung vorbereitet.

Außerdem können Kondensationsexperimente in leicht geneigten Rohren durchgeführt werden.

Die Bedienhandlungen in diesem Kapitel setzen eine ordnungsgemäße Inbetriebnahme der Anlage entsprechend den im Kapitel 3 beschriebenen Anweisungen voraus.

4.1 Teststreckenversuche

4.1.1 Luft-Wasser-Versuche

Vorraussetzung zur Durchführung von Luft-Wasser-Versuchen ist die abgeschlossene Montage der Sondermesstechnik und der Testsektionen. Der Teststreckenkreislauf wurde entsprechend Abschnitt 7.2 ordnungsgemäß gefüllt. Ferner ist der störungsfreie Betrieb:

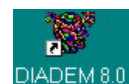
- des Leitsystems (Abschnitte 2.7 und 3.2),
- des Kreislaufes zur Versorgung der technologischen Kühlstellen mit der P11 im Handbetrieb (Abschnitte 2.4 und 3.3.2) sowie
- des Druckluftsystems (Abschnitte 2.5 und 3.4) zu überprüfen.

Nach Kontrolle und Inbetriebnahme dieser Systeme und Komponenten kann mit der Prüfung der Armaturenstellung im Teststreckenkreislauf begonnen werden. Für Experimente an den **VTS** sollten die folgenden Armaturen geschlossen und die Antriebe auf ‚Fern‘ geschaltet sein: 410RVA und 421RVA; 405RVA, 406RVA und 407RVA; 415AHA, 416AVA und 417AVA; 412RVA und 413RVA sowie 460AHA und 461AHA. Ferner sind die Absperrarmaturen: 409AVH, 414AVH und 419AVH; 432AVH und 433AVH; 435AVH, 436AVH und 437AVH auf geschlossenen Zustand zu kontrollieren. Bei den Absperrarmaturen: 404AHA, 442AVA, 443AVA und 444AHA sind die Antriebe ebenfalls auf ‚Fern‘ zu schalten und die Armaturen zu öffnen. Die Dampfabsperarmaturen 440AVA und 441AVA müssen geschlossen und mit einem Schloss gegen unbeabsichtigtes Auffahren gesichert sein.

Sind Experimente an der **VGE** durchzuführen, ist die Armatur 443AVA zu schließen und der Antrieb zu deaktivieren. Ferner sind die Handventile 4001AVH – 4018AVH auf geschlossenen Zustand zu kontrollieren. Ansonsten gelten die Armaturenstellungen wie im vorherigen Absatz beschrieben.

Zur Speicherung und zusätzlichen Visualisierung der versuchsbezogenen Anlagen-daten wird ein Anwendungsprogramm auf der Basis des Messwerterfassungs- und Visualisierungsprogramms DIAdem genutzt.

Das DIAdem ist auf dem Rechner FWSFFS01 installiert und wird mit dem rechts angezeigten Symbol gestartet. Zum Start des Anwendungsprogramms sind auf dem Startbildschirm folgende Bedienhandlungen auszuführen:



1. Laden der entsprechenden Desktopdatei Menü: ‚Datei‘ öffnen, ‚Einstellungen laden‘ auswählen,

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Das Fenster ‚Warnung DIAdem...‘ mit „Ja“ bestätigen,
 ‚TS_Luft.DDD‘ auswählen,
 mit ‚Öffnen‘ bestätigen

2. DIAdem-Visual öffnen

In der DIAdem Werkzeugleiste das entsprechende Symbol betätigen

3. Anwendung starten

mit Strg + U in den Vollbildmodus schalten und mit Strg + S die Anwendung starten

Das Programm speichert für insgesamt 8 h einmal pro Sekunde die für den Luft-Wasser-Versuch relevanten Daten im Pfad: „d:\DIAdem\“ in der Datei: „Luftversuch.DAT“.

Zum Beenden der Anwendung nach Abschluss der Versuche ist die Tastenkombination Strg + Q zu betätigen. Die Datei mit den gespeicherten Daten sollte sofort nach Abschluss der Messungen umbenannt werden, da sie andernfalls beim nächsten Start der DIAdem-Anwendung überschrieben wird. Es ist zweckmäßig, die umbenannte Datei im Verzeichnis: „d:\Export“ abzulegen, auf das auch außerhalb des internen Netzwerkes im Gebäude 68 zugegriffen werden kann.

Danach sollte im PLS das Prozessbild ‚VTS Luft‘ bzw. ‚VGE Luft‘ mit der gleichnamigen Taste oder der Funktionstaste F7 bzw. F10 aufgeschaltet werden. Außerdem sind durch Betätigen der Armaturensymbole 410RVA bzw. 421RVA oder der Messstelle PIC4-04 das Reglerleitbild PIC4-04 zu öffnen und der Regler auf ‚Hand‘ zu schalten. Im Anschluss daran wird die Regelarmatur 410RVA durch Eingabe von „100“ im Feld unterhalb der Armaturenbezeichnung voll geöffnet.

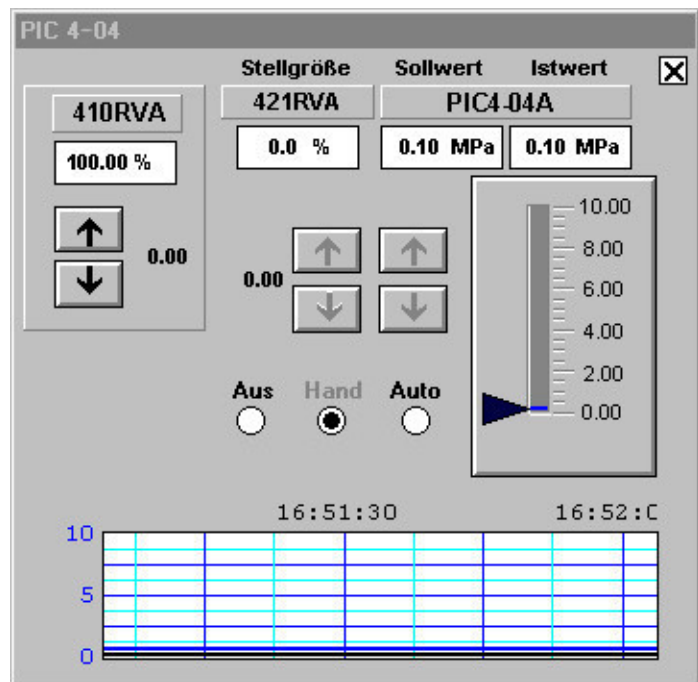


Abb. 4.1 Reglerleitbild PIC4-04

Durch das Öffnen der großen Regelarmatur in der Abblaseleitung des B02 stellt sich bei der Durchführung von Luft-Wasser-Versuchen in der Dampftrommel ein annähernd konstanter Gegendruck ein, der etwas über dem Atmosphärendruck liegt. Sind Versuche ohne Gegendruck durchzuführen, muss der Abblasetank B03 entleert werden (siehe Abschnitt 2.6.3).

Ferner ist anhand der Messstelle LIC4-01 zu prüfen, ob sich der Füllstand in der Dampftrommel zwischen 0,5 m und 0,8 m befindet. Füllstandskorrekturen sind entsprechend Abschnitt 7.2 durchzuführen.

Nachfolgend sollten in der Grube der Reparaturschalter der Pumpe P04 entsichert und eingeschaltet sowie die Wirkung des Kühlsystems am Schauglas an der Pumpe geprüft werden. Außerdem sind am Schaltschrank S21 ein Lampentest durchzuführen

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

ren, die Reglerfreigabe zu aktivieren (Schalter nach rechts drehen) und mit dem entsprechenden Schalter die P04 in die Betriebsart ‚Fern‘ zu schalten. Die P04 ist nun betriebsbereit und kann im PLS eingeschaltet werden. Durch Betätigen des Pumpensymbols mit der linken Maustaste öffnet sich das entsprechende Bedienfenster (Abb. 3.9), in dem mit der Taste ‚EIN‘ die P04 in Betrieb genommen wird. Die Pumpe startet mit einem minimalen Sollwert von 50%. Nach dem Anlaufen ist die Pumpe vor Ort auf Leckagen und Laufgeräusche zu kontrollieren sowie am PLS mit der Messstelle PDI4-04 die Druckerhöhung (ca. 200 kPa) zu prüfen. Einige Minuten nach dem Pumpenstart sollte die Kühlleitung zwischen der Gleitringdichtung und dem Wärmetauscher oberhalb der P04 entlüftet werden.

Als nächster Schritt wird die Durchflussmenge für die flüssige Phase in den Testsektionen entsprechend den Anforderungen des Experimentes eingestellt. Für die **VTS** ist es notwendig, die im Experiment spezifizierte Teststrecke durchzuschalten, indem die Absperrarmatur der jeweils anderen Teststrecke geschlossen wird. Soll beispielsweise die TS1 durchströmt werden, ist die 443AVA zu schließen und die 442AVA auf offenen Zustand zu kontrollieren. Zur Durchführung von Experimenten an der **VGE** sind nach Herstellung des am Anfang dieses Abschnittes beschriebenen Armaturenzustandes keine weiteren Schalthandlungen notwendig.

Je nach Durchflussmenge stehen folgende Regelkreise zur Verfügung:

5 kg/s	–	50 kg/s	FIC4-01	(405RVA),
0,5 kg/s	–	5 kg/s	FIC4-02	(406RVA) und
0,05 kg/s	–	0,5 kg/s	FIC4-03	(407RVA).

Da die Bedienung dieser Regelkreise identisch ist, wird in diesem Kapitel die Einstellung der Durchflussmenge anhand des Reglers **FIC4-02** beispielhaft erläutert.

Das Aufschalten des Reglerleitbildes erfolgt durch Betätigen der Regelarmatur 406RVA. Danach wird der Regelkreis auf ‚Hand‘ geschaltet und das Öffnen der zugehörigen Absperrarmatur 416AVA geprüft.

Die Regelkreise FIC4-01 bis FIC4-03 nutzen die Teststreckenpumpe als Stellglied. Zur Gewährleistung einer optimalen Regelreserve ist mit den Pfeiltasten oberhalb des Betriebsartenschalters ‚Hand‘ die Handstellgröße für die P04 auf ca. 50% zu erhöhen. Danach wird die Regelarmatur 406RVA durch Eingabe des Öffnungsgrades im Feld unter ‚406RVA‘ aufgeföhren. Durch Vergleich des Istwertes aus dem Reglerleitbild mit dem einzustellenden Massenstrom kann der Öffnungsgrad der Regelarmatur entsprechend angepasst werden, wodurch der Arbeitspunkt für diesen Regelkreis eingestellt wird. An den Grenzen der jeweiligen Regelbereiche kann es erforderlich sein, iterativ die beste Kombination zwischen Handstellgröße und Ventilstellung zu ermitteln. Hierbei ist stets auf eine ausreichende Regelreserve des Stellgliedes zu achten.

Stimmt der Istwert annähernd mit dem geforderten Massenstrom überein, kann der Regelkreis FIC4-02 auf ‚Auto‘ geschaltet und der exakte Sollwert eingetragen wer-

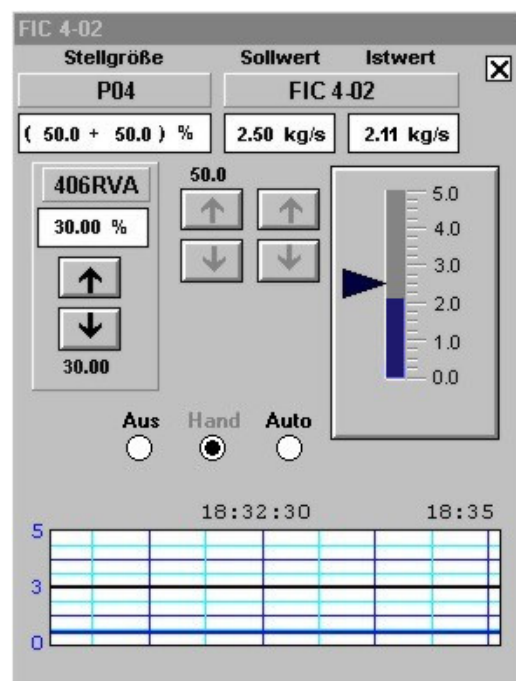


Abb. 4.2 Reglerleitbild FIC4-02

ren. Stimmt der Istwert annähernd mit dem geforderten Massenstrom überein, kann der Regelkreis FIC4-02 auf ‚Auto‘ geschaltet und der exakte Sollwert eingetragen wer-

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

den. Im Anschluss daran stellt der Regelkreis diesen Sollwert durch Veränderung der Pumpenleistung automatisch ein, wobei sich die Anzeige der Stellgröße für die P04 in den Anteil durch die Voreinstellung der Pumpe (linker Teil) und den Anteil der Regelstellgröße (rechter Teil) gliedert. Die Regelstellgröße wird vom Regler im Bereich von 0% bis 100% generiert (Abb. 4.2, Feld: Stellgröße) und im Bedienfeld der Pumpe (Abb. 3.9, Feld: IST) halbiert, d.h. im Bereich zwischen 50% und 100% dargestellt.

Bei der Nutzung der Regelkreise FIC4-01 bis FIC4-03 ist außerdem darauf zu achten, dass die Umschaltung eines Reglers von ‚Aus‘ in ‚Hand‘ oder ‚Auto‘ zur Abschaltung des anderen aktiven Reglers führt. Ferner Öffnen die zum Regelkreis gehörenden Absperrarmaturen automatisch, wenn der jeweilige Regler auf ‚Hand‘ oder ‚Auto‘ geschaltet wird, bzw. Schließen beim Abschalten. Bei laufenden Absperrarmaturen 415AHA, 416AVA und 417AVA kann die Betriebsart der Regelkreise nicht geändert werden.

Nach Vorgabe der Durchflussmenge für die flüssige Phase wird der notwendige Volumenstrom der Gasphase eingestellt. Vor Beginn dieser Schalthandlungen ist nochmals der geschlossene Zustand der Einspeisearmaturen 460AHA und 461AHA zu überprüfen. Außerdem ist versuchsspezifisch der Schaltzustand der Handarmaturen im Druckluftsystem herzustellen, der in Abschnitt 3.4, Tabelle 3.2, aufgelistet ist. Um Fehler bei der Bedienung der Lufteinspeisung in die **VTS** zu vermeiden, sollte der Antrieb der Einspeisearmatur in die Teststrecke, die nicht Gegenstand der durchzuführenden Versuche ist, auf ‚0‘ gestellt werden.

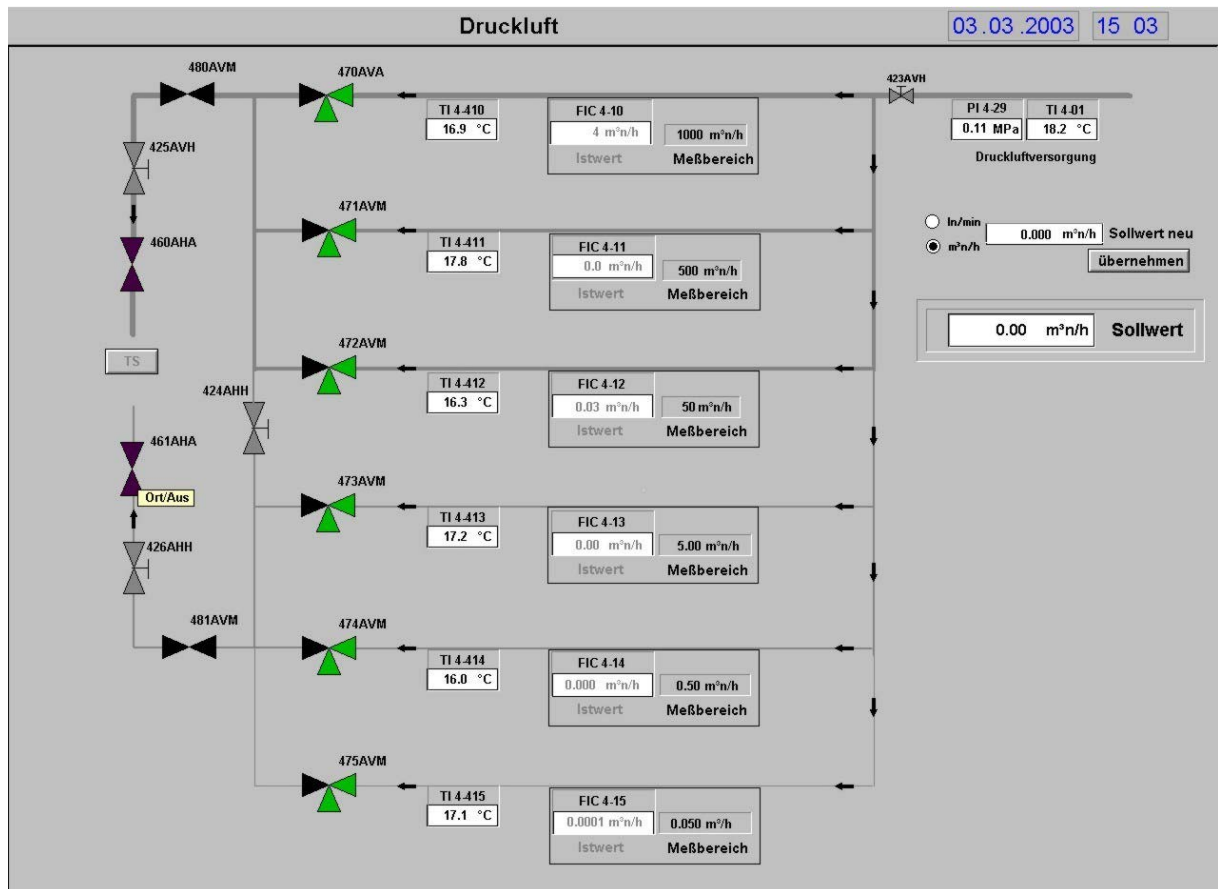


Abb. 4.3 Druckluftregelstation

Danach kann im PLS das Prozessbild ‚Druckluft‘ mit der zugehörigen Taste oder der Funktionstaste F8 aufgeschaltet werden. Die Auswahl der entsprechenden Regel-

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



strecke und das Umschalten der Dreiwegearmatur, das Öffnen der Magnetventile 480AVM und 481AVM sowie die Einstellung der zugehörigen Regler erfolgen automatisch in Abhängigkeit des gewählten Sollwertes.

Die Vorgabe des Sollwertes für die Druckluftregelstation geschieht folgendermaßen:

- Prüfung und gegebenenfalls Änderung der Maßeinheit (l/min bzw. m³n/h),
- Eingabe des Sollwertes in das Eingabefeld ‚Sollwert neu‘,
- Bestätigung der Sollwerteingabe mit *Enter*,
- Betätigen der Taste ‚übernehmen‘ sowie
- Kontrolle des eingegebenen Sollwertes im Feld ‚Sollwert‘.

Im Anschluss daran prüft das Prozessleitsystem den Sollwert und aktiviert den Strang des Druckluftsystems, in dessen Mess- und Regelbereich der Sollwert liegt. Der aktuelle Istwert für den aktiven Strang wird unter der jeweiligen Bezeichnung des Regelkreises in schwarzer Schrift angezeigt. Da beide Drucklufteinspeisearmaturen 460AHA bzw. 461AHA noch geschlossen sind, steigt der Istwert für den Volumenstrom, vor allem bei den Reglern FIC4-10 – FIC4-12, nur kurz an und fällt, nachdem sich der Druck im Druckluftschlauch und im FZR Druckluftnetz angeglichen haben, wieder auf 0 ab. Jetzt kann die entsprechende Drucklufteinspeisearmatur geöffnet und Luft in die jeweilige Teststrecke bzw. in die Steigleitung der variablen Gaseinspeisung eingeblasen werden.

Wird die **VGE** genutzt, ist es sinnvoll, nach Beaufschlagung der Steigleitung mit Druckluft, eventuell vorhandene Reste von Deionat in den Grubensumpf zu entleeren. Dazu werden die Armaturen 460AHA bzw. 461AHA geschlossen und die 441AVA sowie die 432AVH geöffnet bis Luftgeräusche im Grubensumpf auftreten. Danach ist der Armaturenzustand vor der Entleerung wieder herzustellen.

Im Anschluss daran wird die Absperrarmatur zwischen Steigleitung und der im Versuchsprogramm vorgegebenen Einspeisekammer geöffnet, so dass Luft in die Testsektion strömen kann.

Im DIAdem-Anwendungsprogramm auf dem Rechner FWSFFS01 sind die Visualisierungen für die aktuell genutzten Regelkreise (Wasser und Luft) zu aktivieren und die zur Durchführung des Experimentes relevanten Anlagenparameter zu beobachten. Nachdem sich die Durchflussmengen der flüssigen und gasförmigen Phase stabilisiert haben (ca. 5 min), ist die Anlage zur Durchführung der Messung bereit.

Der Wechsel der einzelnen Höhenpositionen an der **VGE** kann direkt durch Öffnen bzw. Schließen der jeweiligen Absperrventile (4001AVH – 4018AVH) erfolgen.

Vor Einstellung eines neuen Versuchspunktes für den Volumenstrom der Gasphase, der einen Wechsel des Luftreglers erfordert, ist grundsätzlich die Absperrarmatur 460AHA bzw. 461AHA zu schließen.

Nach Beendigung des Versuchsbetriebes sind an der **VGE** die Ventile 4001AVH – 4018AVH zu verschließen. Außerdem hat der Anlagenfahrer in jedem Fall die Drucklufteinspeisearmaturen 460AHA bzw. 461AHA zu schließen. Danach muss durch Eingabe von „0“ im Feld ‚Sollwert neu‘ und Bestätigung mit ‚Enter‘ sowie Betätigen der Taste ‚übernehmen‘ die Druckluftregelstation abgeschaltet werden. Die Handarmaturen 424AHH, 425AHH und 426AHH sind entsprechend zu schließen. Nachfolgend sollten die Druckluftschläuche entlastet werden. Dazu sind die 462AHH und 463AHH zu öffnen. Ferner ist die Absperrarmatur in der Drucklufthauptleitung 423AVH zu schließen.

Nun kann die Durchströmung der TS mit Wasser gestoppt werden, indem die offene Regelarmatur 405RVA, 406RVA bzw. 407RVA zu schließen ist. Außerdem sollte der

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

zugehörige Regelkreis ausgeschaltet und die P04 außer Betrieb genommen werden. Das Schließen der entsprechenden Absperrarmatur 415AHA, 416AVA bzw. 417AVA ist zu überprüfen. Ferner muss der Reparaturschalter der P04 ausgeschaltet und mit dem Schloss gesichert werden. Danach ist am S21 die Reglerfreigabe auszuschalten und der Betriebsartenschalter auf ‚Aus‘ zu stellen.

Nun kann auch die P11 außer Betrieb genommen sowie der zugehörige Reparaturschalter ausgeschaltet und gesichert werden. Danach ist der Betriebsartenschalter am S06 in Stellung ‚Aus‘ zu schalten. Sind längere Zeit keine weiteren Experimente geplant, kann das PLS ebenfalls abgeschaltet werden (siehe Abschnitt 5.3).

4.1.2 Dampf-Wasser-Versuche

Für die Durchführung von Dampf-Wasser-Versuchen an den Testsektionen wird vorausgesetzt, dass die Schalthandlungen und Kontrollen entsprechend den Abschnitten 3.1 bis 3.10 ordnungsgemäß abgeschlossen wurden. Die P04 ist mit einer Leistung von 50% in Betrieb, beide **VTS** bzw. die Rohrleitung DN200 an der **VGE** werden mit Sattwasser durchströmt und die Dampfzufuhr zu den Testsektionen ist abgesperrt. Der Kessel- und der Teststreckenkreislauf sind gekoppelt. Der Druck in den Kreisläufen beträgt ca. 0,8 MPa bei einer Temperatur von ca. 170°C.

Der Elektrokessel arbeitet in Stufe 1. Die Druckregelungen PIC1-06 und PIC5-02 arbeiten im Automatikbetrieb. Im Separator wird der Füllstand durch die Regelung LICZ1-02 bei ca. 0,7 m stabilisiert.

4.1.2.1 Abblasen des Dampfes aus der Dampftrommel in den Abblasebehälter

Vor der Durchführung der Experimente sind die spezifizierten Parameter in den Kreisläufen einzustellen. Zuerst wird der Dampfdruck im gekoppelten System Elektrokessel- und Teststreckenkreislauf auf den im Versuchsprogramm vorgegebenen Druck erhöht. Dazu ist im Reglerleitbild PIC1-06 der neue Sollwert einzutragen und die Druckänderung anhand der Grafiken im ‚Trend‘ zu verfolgen. Schließt die Regelarmatur 508RVA weiter als 30% muss der Arbeitspunkt der Druckregelung mit der Regelarmatur 101RVA neu eingestellt, d.h. in diesem Fall muss die 101RVA weiter (bis minimal 15%) geschlossen werden. Sind beide Regelarmaturen bis auf die Minimalwerte eingedrosselt, ist die Elektrokesselleistung um eine Stufe zu erhöhen.

Nach Inbetriebnahme des Kessels am Schaltschrank S17 (Abschnitt 3.7) erfolgen die weiteren Leistungsänderungen (Stufen 1 – 9) mittels PLS, Prozessbild ‚Elektrokessel‘, Bild ‚Bedienung Kessel‘. Dieses Bild wird durch Betätigen des E-Kesselsymbols aktiviert. Das Zu- und Abschalten der Stufen wird mit den Pfeiltasten ausgeführt, wobei der Stufenschalter nach jedem Schaltvorgang für 60 s verriegelt ist. In diesen 60 s sind die Pfeiltasten deaktiviert, d.h. in grauer Farbe animiert. Soll- und Ist-Zustand des Stufenschalters sind im oberen Bereich des Bedienfensters dargestellt. Informationen zur aktuellen Kesselleistung werden im unteren Teil angezeigt. Vor einer Leistungserhöhung sind die Einschränkungen beim Energieverbrauch entsprechend der Signalanlage auf der Warte zu beachten (Abschnitt 3.1, Tab. 3.1).

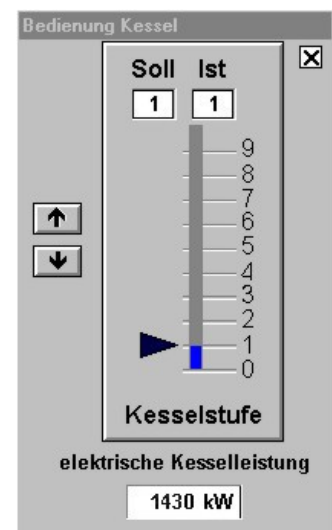


Abb. 4.4 Bedienung E-Kessel

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

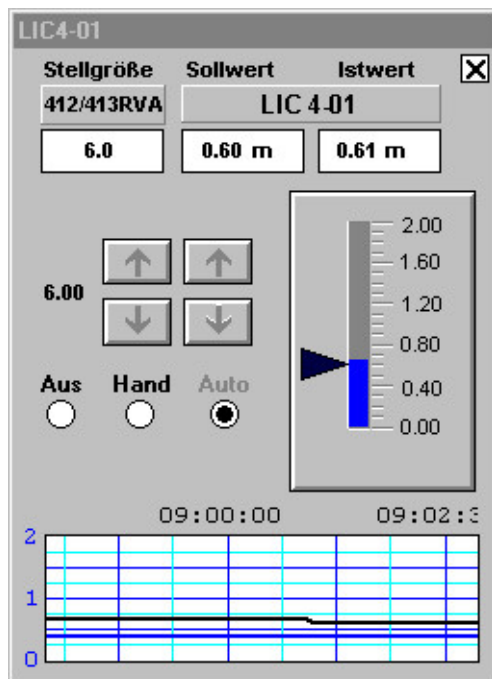


Abb. 4.5 Reglerleitbild LIC4-01

Bei der Druck- und Temperaturerhöhung in den gekoppelten Kreisläufen kommt es zu einem kontinuierlichen Anstieg des Füllstandes in der Dampftrommel, der mit der Regelung LIC4-01 zu begrenzen ist. Der entsprechende Regelkreis wird durch Betätigen der Messstelle LIC4-01 bzw. der Regelarmaturen 412RVA oder 413RVA aktiviert. Ebenso wie der Füllstandsregelkreis LICZ1-02 erzeugt auch der **LIC4-01** positive bzw. negative Stellbefehle, die entsprechend auf die Zusp eisung (412RVA) oder auf die Ausschleusung (413RVA) wirken. Es ist also zu beachten, dass z.B. im Handbetrieb bei der Vorgabe der Handstellgröße zum Öffnen der 413RVA negative Werte einzugeben sind. Als Trockenlaufschutz der P04 und zum Schutz der Dampftrommel gegen Überspeisen sind Sollwerteingaben nur im Bereich zwischen 0,5 m und 1,19 m möglich. Außerdem sind bei der Zusp eisung besondere Verriegelungsbedingungen (Leistung P04 > 50%, 405RVA, 406RVA und

407RVA geschlossen oder TI4-109 < 100°C) zu berücksichtigen.

Zur Durchführung der Dampf-Wasser-Versuche ist der Regler auf ‚Auto‘ zu schalten und ein Sollwert von „0.6“ m vorzugeben.

Wurde der vorgegebene Drucksollwert im gekoppelten System erreicht, sind Kessel- und Teststreckenkreislauf voneinander zu trennen (205AVA schließen), der Druck im Kesselkreislauf um ca. 0,1 MPa zu erhöhen und der Dampf mit dem Regler FIC4-05 gemäß Abschnitt 3.9 (Sollwert ca. 0,1 kg/s) erneut auf die Testsektionen durchzuschalten. Wird die **VGE** genutzt, ist die Steigleitung mit der Armatur 441AVA mit Dampf zu beaufschlagen, der über das Ventil 4017AVH in die Rohrleitung DN200 eingespeist wird. Die Armatur 440AVA bleibt dabei jedoch geschlossen.

Unmittelbar im Anschluss daran ist der Druckregler PIC4-04 zu aktivieren. Das entsprechende Reglerleitbild (Abb. 4.1) wird durch Betätigen der Regelarmaturen 410RVA bzw. 421RVA oder der Messstelle PIC4-04 auf dem Bildschirm geöffnet. In diesem Betriebsfall sind der Regelkreis auf ‚Auto‘ zu schalten und der im Versuchsprogramm für den Teststreckenkreislauf vorgegebene Drucksollwert einzutragen. Mit zunehmender Dampfeinspeisung in die TS und sich erhöhendem Druck im B02 öffnet der PIC4-04 die Regelarmatur 421RVA und begrenzt den Druckaufbau in der Dampftrommel durch Abblasen von Dampf in den B03. Verlässt die 421RVA den proportionalen Regelbereich zwischen 20% und 80%, sind der Regler PIC4-04 auf ‚Hand‘ zu schalten und mit der Regelarmatur 410RVA der Arbeitspunkt vorsichtig in 1 bis 2% Schritten neu einzustellen. Überschreitet die 421RVA 80%, ist die 410RVA vorsichtig zu öffnen bis der Druck leicht abfällt. Unterschreitet die 421RVA 20%, muss die 410RVA entsprechend geschlossen werden bis der Druck leicht ansteigt. Im Anschluss daran wird der Regler auf Automatikbetrieb zurückgeschaltet, wobei der Drucksollwert erneut einzugeben ist.

Beim Betrieb des PIC4-04 ist zu beachten, dass vor dem Umschalten des Reglers in die Betriebsart ‚Aus‘ die Handstellgröße (Zahl neben den Pfeiltasten) gleich Null sein muss.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Die Druckregelung sollte 5 bis 10 Minuten zur Entgasung der Dampftrommel genutzt werden. Die Entgasung ist abgeschlossen, wenn sich die Temperatur TI4-109 an die Sättigungstemperatur des Druckes PIC4-04 angenähert hat. Hierbei ist die Genauigkeit der Messtechnik zu berücksichtigen. Danach ist die Dampfzufuhr auf ein Minimum zu drosseln, indem im Regelkreis FIC4-05 (Abb. 3.11) der Sollwert auf 0,05 kg/s eingestellt wird. Dabei sind der Druck im Kesselkreislauf und der Füllstand im B01 zu überwachen sowie eventuell am PIC4-04 der Arbeitspunkt neu einzustellen. Nach Erreichen des im Versuchsprogramm vorgegebenen Druckes, ist die Anlage in diesem Betriebszustand 20 bis 30 min zu betreiben, um eine gleichmäßige Durchwärmung des gesamten Teststreckenkreislaufs zu gewährleisten.

Nun kann die entsprechende Durchflussmenge der flüssigen Phase eingestellt und bei Nutzung der **VTS** die zur Durchführung des Versuches notwendige Teststrecke ausgewählt werden. Dazu ist das entsprechende Reglerleitbild (FIC4-01, FIC4-02 oder FIC4-03) aufzuschalten und weiter nach den Anweisungen im Abschnitt 4.1.1 zu verfahren. Außerdem sollte analog zu den Luft-Wasser-Versuchen die entsprechende DIAdem Anwendung gestartet werden.

Parallel dazu ist die Dampfmenge gemäß den experimentellen Vorgaben einzustellen. Hierbei stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Für **Dampfmassenströme bis 0,27 kg/s** wird der Regelkreis FIC4-05 genutzt, der bereits beim Aufheizen des TS-Kreislaufes eingesetzt wurde. Zum Einstellen des Dampfmassenstromes sind folgende Schalthandlungen und Kontrollen durchzuführen:

- Druckdifferenz PIC1-06 – PIC4-04 auf ca. 0,05 MPa reduzieren,
- Regler FIC4-05 auf ‚Hand‘ schalten,
- Regelarmatur 422RVA auf ca. 60% öffnen,
- Bei Einsatz der **VTS** sind die Dampfabsperarmatur 440AVA (TS1) bzw. 441AVA (TS2) in Abhängigkeit der experimentellen Anforderungen zu schließen bzw. zu öffnen,
- Ist die **VGE** montiert, wird durch Öffnen der 441AVA die Steigleitung mit Dampf beaufschlagt und entsprechend der experimentellen Anforderungen eine der Absperrarmaturen 4001AVH – 4018AVH geöffnet,
- Grobeinstellung des Dampfmassenstromes mit Hilfe der Druckdifferenz zwischen Kessel- und TS-Kreislauf durchführen, d.h. Druck im Kesselkreislauf mit dem Regler PIC1-06 entsprechend erhöhen,
- Regler FIC4-05 auf ‚Auto‘ schalten,
- exakten Sollwert für den Dampfmassenstrom im Reglerleitbild FIC4-05 eingeben und
- den Öffnungsgrad der Regelarmatur 422RVA und den Dampfmassenstrom beobachten.

Verlässt die Regelarmatur 422RVA den proportionalen Regelbereich zwischen 20 und 80%, sind der Regler FIC4-05 auf ‚Hand‘ zu schalten, die 422RVA in den Regelbereich zurückzufahren sowie die Druckdifferenz zwischen Kesselkreislauf (PIC1-06) und Dampftrommel (PIC4-04) zu überprüfen und anzupassen.

Größere **Dampfmassenströme (0,25 kg/s bis Maximum)** werden durch Öffnen des Hauptstranges der Dampfregelstation (FIC4-04) zu den Testsektionen und Änderung der Druckdifferenz zwischen dem Kessel- und Teststreckenkreislauf eingestellt. Zum Umschalten auf diese Betriebsart sind die Drücke im Kessel- und Teststreckenkreislauf anzugleichen, wobei der PIC1-06 um ca. 0,02 MPa größer sein sollte als

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



der PIC4-04. Mit dieser Maßnahme wird gewährleistet, dass bei der Umschaltung vom Bypass auf den Hauptstrang der Dampfregelstation nur geringfügige Dampfmassenströme zwischen dem Kessel- und dem Teststreckenkreislauf auftreten können. Außerdem wird damit das Rückströmen von Wasser aus den Teststrecken in die Dampfleitung vermieden.

Vor dem Öffnen des Hauptstranges der Dampfregelstation sollten grundsätzlich der Regler FIC4-05 auf ‚Hand‘ geschaltet und die Armatur 422RVA voll geöffnet werden. Danach ist die Dreiwegearmatur 428AHA von Hand zu öffnen. Ist diese vollständig geöffnet, wird durch Ausschalten des Regelkreises FIC4-05 die Regelarmatur 422RVA geschlossen. Dabei ist zu beachten, dass bei laufender Dreiwegearmatur die Betriebsart des Regelkreises FIC4-05 nicht geändert werden kann.

Nachfolgend ist, bei Nutzung der **VTS**, die Teststrecke dampfseitig abzusperren, die laut Versuchsprogramm nicht genutzt werden soll (440AVA - TS1 bzw. 441AVA - TS2).

Im Anschluss daran wird der im Versuchsprogramm vorgegebene Dampfmassenstrom grob eingestellt. Dazu ist die Druckdifferenz zwischen Kessel- und Teststreckenkreislauf zu erhöhen, indem der Drucksollwert im Regelkreis PIC1-06 in 0,01 MPa Schritten vergrößert wird. Parallel dazu sind der Füllstand im Separator (LICZ1-02), der Öffnungsgrad der Regelarmatur 508RVA und der Druck in der Dampftrommel (PIC4-04) zu kontrollieren. Bei dem Regler PIC4-04 ist bei ansteigender Dampfmenge der Arbeitspunkt mit der 410RVA nachzuführen.

Die Armatur 508RVA sollte im Regelbereich zwischen 30% und 75% Öffnungsgrad arbeiten. Nähert sie sich 30%, muss der Arbeitspunkt der Druckregelung PIC1-06 mit der Regelarmatur 101RVA angepasst werden, d.h. die Armatur ist schrittweise zu schließen (nicht unter 15%), wobei zwischen den Schalthandlungen einige Minuten Pause einzuhalten sind. Wird ein Öffnungsgrad von 15% erreicht, muss die Kesselleistung um eine Stufe erhöht werden. Erreicht die 508RVA einen Öffnungsgrad von 75%, ist die Kesselleistung um eine Stufe zu verringern. Arbeitet der Kessel in Stufe 1, muss die 101RVA in 5%-Schritten ebenfalls mit einigen Minuten Pause weiter geöffnet werden.

Die Feineinstellung des Dampfmassenstromes sollte mit dem Regler PIC4-04 durchgeführt werden, da mit der Abblasearmatur 421RVA eine genauere Regelung der Druckdifferenz PIC1-06 – PIC4-04 erfolgen kann.

Damit sind die anlagenseitigen Versuchsvorbereitungen abgeschlossen, so dass die Messungen durchgeführt werden können. Bei Einstellung der einzelnen Versuchspunkte mit 4001AVH – 4018AVH an der **VGE** ist zu beachten, dass grundsätzlich erst das Handventil für die neue Höhenposition zu öffnen und danach das Handventil für die vorherige Messung zu schließen ist. Diese Umschaltung gewährleistet einen gleichmäßigen Dampfmassenstrom in die variable Gaseinspeisung ohne starke Druckschwankungen im Kesselkreislauf zu bewirken.

Um Beschädigungen an den **VTS** durch ungleichmäßige thermische Ausdehnung zu vermeiden, ist nach jeder Messung die nicht genutzte Teststrecke wasserseitig zu durchströmen (442AVA bzw. 443AVA öffnen). Außerdem wird der Regelkreis FIC4-01 (Abb. 3.10) auf ‚Hand‘ geschaltet und die Regelarmatur 405RVA voll geöffnet. Dieser Betriebszustand sollte mindestens 10 Minuten beibehalten werden, um den gesamten Teststreckenkreislauf wieder gleichmäßig durchzuwärmen. Haben sich die Temperaturen oberhalb beider TS (TI4-08 und TI4-09) angeglichen, kann der nächste Versuchspunkt eingestellt werden.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Ferner wird darauf hingewiesen, dass einmal pro Stunde die Anlage bei einem Kontrollgang auf ihren ordnungsgemäßen Betrieb zu überprüfen ist.

Nach Beendigung der Experimente unter Verwendung kleiner Dampfmassenströme ist der FIC4-05 auf ‚Hand‘ zu schalten und die 422RVA schrittweise zu schließen. Dabei sind nach jedem Schritt die Parameter im Kesselkreislauf (PIC1-06, LICZ1-02) zu beobachten und ihre Stabilisierung abzuwarten. Gleichzeitig ist in Abhängigkeit des Öffnungsgrades der Regelarmatur 508RVA der Arbeitspunkt der Druckregelung PIC1-06 (101RVA) in Verbindung mit der Kesselleistung an die veränderte Dampfproduktion anzupassen. Bevor die eingespeiste Dampfmenge auf 0 kg/s absinkt, sind:

- an den **VTS** die Dampfabsperarmaturen (440AVA oder 441AVA) zuzufahren bzw.
- an der **VGE** alle Handarmaturen 4001AVH – 4018AVH sowie die Dampfabsperarmatur 441AVA zu schließen.

Danach kann der FIC4-05 ausgeschaltet werden. Außerdem ist die Armatur 427AVA zu schließen.

Wurden Versuche mit großen Dampfmassenströmen durchgeführt, sind die weiteren Schalthandlungen zur Außerbetriebnahme der Anlage am Ende des Abschnitts 4.1.2.2 beschrieben.

Im Anschluss daran ist die Durchströmung der Testsektionen mit Wasser zu beenden. Die dazu notwendigen Schalthandlungen sind am Ende des Abschnitts 4.1.1 beschrieben. Es muss jedoch beachtet werden, dass in diesem Fall die P11 sowie eventuell das Kühlsystem nicht abgeschaltet werden dürfen.

4.1.2.2 Nutzung des Kondensatorbehälters als Wärmesenke

Diese Betriebsart der Anlage ermöglicht eine effizientere Ausnutzung der Kesselleistung und ist daher für die Durchführung vor allem von Dampf-Wasser-Versuchen mit hohem Dampfmassenstrom zu bevorzugen. Ziel dieses Anlagenzustands ist es, den überschüssigen Dampf aus dem B02 im W02 bei maximalem Druck auf der Sekundärseite zu kondensieren. Dadurch wird erreicht, dass dem Kesselkreislauf über den Mischer Kondensat mit einer Temperatur von ca. 175°C zugeführt werden kann. Wird der überschüssige Dampf aus dem B02 in den B03 abgeblasen (wie im vorigen Abschnitt beschrieben), kann dagegen nur Speisewasser mit einer Temperatur von maximal 50°C in den Kesselkreislauf eingespeist werden. Die zum Aufheizen dieses Speisewassers benötigte Energie steht dann nicht mehr für die Dampferzeugung zur Verfügung.

Zur Nutzung dieser Betriebsart muss bei der Inbetriebnahme der Anlage zusätzlich der Kondensatorbehälter aufgewärmt und dampfseitig mit dem B02 verbunden werden. Das Aufwärmen ist entsprechend den Anweisungen in Abschnitt 3.11 durchzuführen. Werden die Nennparameter im W02 (Druck: 0,9 MPa, Temperatur: 175°C) nicht erreicht, ist der Druck im Kessel- und Teststreckenkreislauf auf ca. 1,5 MPa zu erhöhen.

Ist der Kondensatorbehälter sekundärseitig auf Nennparameter aufgeheizt, sind die Kondensatregler FIC2-03 bzw. FIC2-02 auf ‚Aus‘ zu schalten und das Schließen der zugehörigen Regelarmaturen 202RVA bzw. 203RVA zu kontrollieren. Die P03 reduziert ihre Leistung auf 35% und kann danach abgeschaltet werden. Das Bündel füllt sich vollständig mit Kondensat. Dieser Zustand wird an der oberen Nadelsonde LIS⁺2-01 signalisiert. Erst danach ist die dampfseitige Verbindung zum Kesselkreis-

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



lauf zu trennen. Hierzu sind die Absperrarmaturen 201AVA bzw. 231AVA zu schließen.

Im Anschluss daran sind der im Versuchsprogramm geforderte Druck im gekoppelten System Elektrokessel- und Teststreckenkreislauf anzufahren und der Dampf-Wasser-Versuch an den Testsektionen, wie im Abschnitt 4.1.2.1 beschrieben, vorzubereiten (205AVA schließen).

Der Drucksollwert im Regler PIC4-04 sollte um mindestens 0,2 MPa höher eingestellt werden als der Sollwert des Reglers PIC3-01 (maximal 0,9 MPa). Beide Druckregler arbeiten im Automatikbetrieb.

Danach werden ein Dampfmassenstrom von ca. 0,3 kg/s in die Testsektionen gemäß Abschnitt 4.1.2.1 eingestellt und die P03 erneut in Betrieb genommen. Jetzt ist der Regelkreis FIC2-02 auf ‚Hand‘ zu stellen und mit den Pfeiltasten die Stellgröße der P03 auf ca. 70% zu erhöhen. Außerdem ist nochmals die Dampfleitung 004-D-100 auf Kondensat zu prüfen und dieses gegebenenfalls mit den Handarmaturen 209AVH, 210AVH bzw. 232AVH, 233AVH zu entfernen. Nachfolgend wird die Dampfabsperrrammer zum Kondensatorbündel 201AVA geöffnet und damit der Hauptstrang der Messstelle FI2-01 (Dampfmassenströme $\geq 0,27$ kg/s) aktiviert.

Als Nächstes wird der Abdampf aus dem B02 schrittweise vom Abblasetank weg in das Bündel des Kondensatorbehälters umgeleitet. Sind alle Parameter im Kessel-, Teststrecken- und Kondensatorkreislauf stabil, wird die 203RVA in 2 bis 3% Schritten geöffnet. Zwischen den einzelnen Schritten sind zur Stabilisierung der Parameter Pausen von einigen Minuten einzuhalten. Mit zunehmendem Öffnungsgrad der Regelarmatur 203RVA schließt der Druckregler PIC4-04 die Regelarmatur 421RVA. Hierbei ist der proportionale Regelbereich der 421RVA (20 - 80%) zu beachten und der Arbeitspunkt durch Schließen der 410RVA entsprechend nachzuführen. Sind die Regelarmaturen 421RVA und 410RVA vollständig geschlossen, wird der Regler PIC4-04 abgeschaltet.

Nach Stabilisierung der Anlagenparameter ist der Kondensatmassenstrom im Regelkreis FIC2-02 mit der Regelarmatur 203RVA an den Dampfmassenstrom FI2-01 anzupassen. Dabei ist generell darauf zu achten, dass der Kondensatmassenstrom FIC2-02 nie größer als der ins Bündel strömende Dampfmassenstrom FI2-01 wird, da sich andernfalls das Bündel im W02 entleert und die P03 über die Nadelsonde LISZ-2-02 abgeschaltet wird (Trockenlaufschutz). Sind diese Bedingungen erfüllt, wird der Regelkreis FIC2-02 in den Automatikbetrieb geschaltet und durch Änderung des Sollwertes der Druck in der Dampftrommel stabilisiert.

Parallel zu diesen Schalthandlungen ist auf den Füllstand im Separator LICZ1-02 zu achten, dessen zugehöriger Regler die zunehmende Menge an Kondensat aus dem W02 ausregeln muss. Dabei öffnet sich die Regelarmatur 104RVA stetig, solange die eingespeiste Menge über die 101RVA konstant bleibt.

Außerdem sinkt einige Minuten nach Öffnen der Kondensatleitung der Leistungsbedarf des Elektrokessels bei konstanter Dampfproduktion, da die Zuführung von Speisewasser aus dem Abblasebehälter (max. 50°C) in den Kesselkreislauf durch die Zuspeisung von Kondensat aus dem W02 (max. 175°C) ersetzt wird. Der Arbeitspunkt des Druckreglers PIC1-06 (101RVA) in Verbindung mit der Leistungsstufe des Elektrokessels ist entsprechend dem Öffnungsgrad der 508RVA (30 – 75%) anzupassen. Es ist zu beachten, dass die 101RVA nicht weiter als 15% geschlossen wird. Damit ist gewährleistet, dass der Füllstandsregler am Separator einen ausreichenden Regelbereich für die 104RVA behält.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Im W02 führt die durch die Kondensation des aus der Dampftrommel zugeführten Dampfes übertragene Wärmemenge zum Verdampfen des Mediums auf der Sekundärseite und damit zur Druckerhöhung. Dieser Druckanstieg wird vom PIC3-01 durch Abblasen von Dampf in den Abblasetank auf dem eingestellten Sollwert begrenzt. Dabei ist der Öffnungsgrad der Regelarmatur 304RVA zu überwachen.

Der sich verringernde Füllstand kann durch Zuführen von Speisewasser aus dem Abblasetank mit dem Regelkreis FIC3-01 kompensiert werden, dessen Bedienung ausführlich im Abschnitt 4.2.2 beschrieben wird. Sinkt der Füllstand unter 1,55 m ab, ist er durch Zusp eisung mit dem FIC3-01 auf 1,65 m zu erhöhen.

Haben sich die Parameter im Kessel- und Teststreckenkreislauf stabilisiert, kann der zur Durchführung des Versuches vorgegebene Dampfmassenstrom eingestellt werden. Die Erhöhung des Dampfmassenstromes muss schrittweise erfolgen, wobei die Änderungen nicht größer als 0,2 kg/s sein sollten. Zwischen den einzelnen Schritten ist der Druck im B02 mit Hilfe des Reglers FIC2-02 (Arbeitspunkt im Handbetrieb mit 203RVA anpassen) auf dem geforderten Wert konstant zu halten sowie die Parameter im Kessel-, und Kondensatorkreislauf zu stabilisieren.

Wurde der vorgegebene Dampfmassenstrom in die Testsektionen erreicht und die Anlage arbeitet im stationären Betrieb, können die Messungen durchgeführt werden. Dabei sind die Hinweise zum Temperatenausgleich zwischen der durchströmten und der abgesperrten **VTS** sowie zum Umschalten der Absperrarmaturen 4001AVH – 4018AVH bei Nutzung der **VGE** im Abschnitt 4.1.2.1 zu beachten.

Nach Abschluss der Versuche ist der Dampfmassenstrom in Schritten von 0,2 kg/s auf ca. 0,3 kg/s zu reduzieren, indem die Druckdifferenz zwischen Kessel- und Teststreckenkreislauf schrittweise verkleinert wird. Auf Grund der verringerten Dampf abnahme ist der Arbeitspunkt des PIC1-06 (101RVA) bzw. die Kesselleistung nachzuführen. Außerdem muss das Regelverhalten des PIC3-01 und des LICZ1-02 kontrolliert werden. Parallel dazu ist der Regelkreis FIC2-02 auf ‚Hand‘ zu schalten und der Druck im B02 durch schrittweises Schließen der Regelarmatur 203RVA konstant zu halten.

Danach kann die Druckregelung in der Dampftrommel auf den PIC4-04 zurückgeschaltet werden. Hierzu sind der Regler PIC4-04 auf ‚Hand‘ zu schalten und die Regelarmatur 410RVA in 1 bis 2% Schritten zu öffnen sowie gleichzeitig der Kondensatmassenstrom mit der 203RVA so zu reduzieren, dass der Druck im B02 annähernd konstant bleibt. Bei diesen Schalthandlungen ist zu berücksichtigen, dass durch die Reduzierung der Kondensatzufuhr vom W02 zum Kesselkreislauf die Speisewassermenge über die 101RVA angepasst wird. Ist die Regelarmatur 203RVA vollständig geschlossen, werden die P03 und der FIC2-02 abgeschaltet. Hat sich der Druck im B02 stabilisiert, ist der Regelkreis PIC4-04 in den Automatikbetrieb zu schalten.

Es ist zu beachten, dass die Umschaltung der Betriebsarten am Regler FIC2-02 gesperrt ist, solange die Dreiwegearmatur 211AHA in Betrieb ist. Ferner muss berücksichtigt werden, dass sich der Regelkreis PIC4-04 nur in den Automatikbetrieb schalten lässt, wenn die Armatur 205AVA geschlossen ist.

Nachfolgend ist mit dem PIC1-06 der Druck im Kesselkreislauf soweit abzusenken, dass die Druckdifferenz PIC1-06 – PIC4-04 ca. 0,1 MPa beträgt. Im Anschluss daran werden die Testsektionen dampfseitig entsprechend Abschnitt 4.1.2.1 abgesperrt.

Das Schließen der Hauptleitung der Dampfregelstation erfolgt durch Umschalten der Dreiwegearmatur 428AHA von Hand auf die Stellung ‚Bypass offen‘. Außerdem sind

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



die Regelarmatur 422RVA (falls offen) sowie die Absperrarmatur 427AVA zu schließen.

Einige Minuten später kann die Durchströmung der Teststrecken mit Wasser beendet werden. Die dazu notwendigen Schalthandlungen sind am Ende des Abschnitts 4.1.1 beschrieben. Es muss jedoch beachtet werden, dass in diesem Fall die P11 sowie eventuell das Kühlsystem nicht abgeschaltet werden dürfen.

4.2 Kondensationsversuche

Neben Versuchen an vertikalen Teststrecken ermöglicht die Versuchsanlage TOPFLOW die Untersuchung von Kondensationsphänomenen in geneigten Rohren. Zur Durchführung dieser Experimente dient der Kondensatorbehälter, dessen Aufbau, Funktionsweise und Peripherie im Kapitel 2.3 erläutert wurden.

Die Versuche können in 2 Gruppen gegliedert werden:

- einerseits in Experimente bei denen das Medium auf der Sekundärseite des W02 ohne Umlaufkühlung erwärmt und anschließend ausgedampft wird,
- andererseits in Experimente mit annähernd konstanter Temperatur auf der Sekundärseite des Kondensatorbehälters, d.h. mit Umlaufkühlung.

Die Vorbereitung und Durchführung dieser Versuche werden in den zwei folgenden Abschnitten ausführlich dargestellt.

4.2.1 Aufwärmen bzw. Ausdampfen des Kondensatorbehälters

Voraussetzung zur Durchführung der Kondensationsversuche ist die ordnungsgemäße Inbetriebsetzung der Versuchsanlage entsprechend den in den Kapiteln 3.1 bis 3.11 beschriebenen Anweisungen. Vor allem in Abschnitt 3.11 werden Prozeduren und Schalthandlungen beschrieben, die auch für die Durchführung der Kondensationsversuche gelten.

Befindet sich die Teststreckenpumpe noch in Betrieb, kann die wasserseitige Durchströmung der TS entsprechend den Hinweisen am Schluss des Abschnitts 4.1.1 beendet werden. Um ein möglichst großes Puffervolumen in der Dampftrommel bereitzustellen, sollte der Füllstand im B02 mit dem Regelkreis LIC4-01 (Abschnitt 4.1.2.1) auf 0,5 m abgesenkt werden.

Außerdem ist vor Beginn der Experimente die Dampftrommel zu entgasen. Hierzu muss der Druckregler PIC4-04 auf ‚Hand‘ gestellt werden. Danach ist die Armatur 421RVA vorsichtig durch Erhöhung der Handstellgröße in 2%-Schritten solange zu öffnen bis sich am Bypass der Durchflussmessstelle FI1-04 die Anzeige erhöht oder an Hand der Temperaturmessstelle TI1-28 eine signifikante Erwärmung festzustellen ist. Hierbei muss die Druckregelung im Kesselkreislauf überwacht werden. Die Entgasung ist abgeschlossen, wenn sich die Temperatur TI4-112 an die Sättigungstemperatur des Druckes PIC4-04 angenähert hat. Hierbei ist die Genauigkeit der Messtechnik zu berücksichtigen.

Vor Beginn der Experimente ist die entsprechende DIAdem Anwendung zu starten. Die Bedienung der Messwerterfassungs- und Visualisierungssoftware DIAdem kann im Abschnitt 4.1.1 nachgeschlagen werden.

Zur Durchführung von Aufwärm- bzw. Ausdampfversuchen sind die Regelkreise LIC3-06 und FIC3-01 nach dem Einstellen des Anfangswertes für den Füllstand im W02 abzuschalten, so dass ein Nachspeisen während des Versuches ausgeschlossen ist. In diesem Fall muss jedoch die Überdeckung des Bündels beachtet werden. Signalisiert die Nadelsonde LS³-04 kein Wasser mehr (rotes Blinken im PLS), ist

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

die Überdeckung des Bündels nicht mehr gewährleistet und die Wärmetauscherfläche verringert sich entsprechend. In diesem Fall ist vom Schichtleiter zu entscheiden, ob die Versuche fortgesetzt oder abgebrochen werden.

Im Anschluss daran ist, je nach Anforderung der geplanten Experimente, am Druckregler PIC3-01 der erforderliche Drucksollwert einzustellen (Abschnitt 3.11). Sind die Versuche bei Atmosphärendruck durchzuführen, müssen diese Randbedingungen bereits beim Aufwärmen des W02 berücksichtigt werden. Eventuell ist das Aufwärmen bereits ein Teil des Versuchsprogramms. In diesem Fall sind der PIC3-01 auf ‚Hand‘ zu schalten sowie die Armatur 304RVA durch Eingabe der Stellgröße „100“ vollständig zu öffnen. Der Massenstrom zur Bilanzierung kann mit der Durchflussmessstelle FI3-02H ermittelt werden.

Danach wird der Druck im Kesselkreislauf entsprechend dem Versuchsprogramm eingestellt. Der Drucksollwert ist im Regelkreis PIC1-06 einzugeben. Er muss mindestens um 0,2 MPa über dem Drucksollwert des PIC3-01 liegen, um eine Grädigkeit im W02 ≥ 10 K zu gewährleisten. Dabei muss der Automatikbetrieb der Regler im Kesselkreislauf PIC1-06, PIC5-02 und LICZ1-02 überwacht werden.

Nach Beendigung der Schalthandlungen im Abschnitt 3.11 arbeitet die Kondensatdurchflussregelung FIC2-03 im Automatikbetrieb. Während der Einstellung des Dampfdruckes im Kesselkreislauf ist zu überprüfen, ob die Kondensatorpumpe weiter im optimalen Regelbereich zwischen 40 und 90% fördert. Ist dies nicht der Fall, muss der Arbeitspunkt mit der Regelarmatur 202RVA angepasst werden.

Sind Dampfmengen von mehr als 0,27 kg/s erforderlich, ist der Kondensatdurchflussregler **FIC2-02** zu verwenden. Er wird durch Betätigen der Messstelle FIC2-02 bzw. der Regelarmatur 203RVA auf dem Bildschirm geöffnet. Vor dem Umschalten von FIC2-03 auf FIC2-02 ist der Sollwert des FIC2-03 schrittweise auf „0“ kg/s zu reduzieren (Druck und Leistungsbedarf im Kesselkreislauf sowie Füllstand im B01 beachten!). Dabei verringert sich die Leistung der P03 auf 35%. Jetzt sind der FIC2-03 auf ‚Hand‘ zu schalten und die 202RVA schrittweise zu schließen. Danach kann der FIC2-02 auf ‚Hand‘ gestellt werden, wobei der FIC2-03 automatisch abgeschaltet wird und die Dreiwegearmatur 211AHA den Hauptstrang in der Kondensatleitung öffnet. Um eine ausreichende Regelreserve der P03 zu gewährleisten, ist die Handstellgröße des FIC2-02 auf ca. 50% zu erhöhen. Dabei steigert sich die Leistung der P03 auf ca. 65%. Im Anschluss daran wird die 203RVA schrittweise geöffnet bis der Istwert im Reglerleitbild FIC2-02 annähernd der im Versuchsplan geforderten Kondensatmenge entspricht. Dabei ist die Handstellgröße der Armatur 203RVA derart zu erhöhen, dass der Kondensatmassenstrom in maximal 0,2 kg/s Schritten ansteigt, wobei nach jedem Schritt die Stabilisierung der Parameter im Kesselkreislauf abzuwarten ist. Nun werden der FIC2-02 in den Automatikbetrieb geschaltet und der exakte Sollwert für die Kondensatmenge eingegeben. Das Regelverhalten des FIC2-02 ist zu überwachen. Verlässt die Kondens-

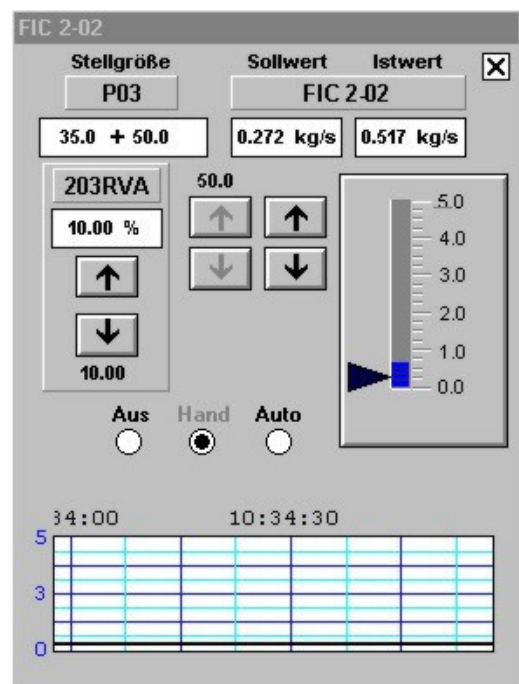


Abb. 4.6 Reglerleitbild FIC2-02

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



satorpumpe den optimalen Regelbereich, ist der Arbeitspunkt mit der Armatur 203RVA anzupassen.

Bei der Nutzung von größeren Dampfmassenströmen ist die maximale Aufheizgeschwindigkeit des W02 (50 K/h) nicht zu überschreiten. Diese Randbedingung ist manuell durch den Anlagenfahrer zu überprüfen.

Vor der Durchführung der Kondensationsexperimente ist grundsätzlich das Bündel zu entgasen. Hierzu muss die Handarmatur 234AVH voll geöffnet werden. Danach ist vorsichtig die 235AVH zu öffnen. Mit dieser Aktion werden die im oberen Sammler des Bündels vorhandene Luft sowie die anderen nichtkondensierbaren Gase in den Entspanner 438T bzw. in die Umgebung abgeleitet. Die Armaturen sind zu schließen, wenn die TI2-01 sich an die Sättigungstemperatur des Druckes PI2-12 (unter Berücksichtigung der Messgenauigkeit) angleicht. Generell ist nach 5 – 10 Messungen das Bündel primärseitig vollständig zu fluten und eine neue Entgasungsprozedur durchzuführen, um die zwischenzeitlich akkumulierten nichtkondensierbaren Gase abzublasen. Hierzu ist die Kondensatmenge zu reduzieren bis die Nadelsonde LIS*2-01 Wasser signalisiert.

Nach Abschluss der Experimente sind die Schalthandlungen am Ende des Abschnittes 4.2.2 durchzuführen.

4.2.2 Umlaufkühlung

Die zweite Gruppe von Kondensationsexperimenten wird bei annähernd konstanten Temperaturen auf der Sekundärseite des Kondensatorbehälters durchgeführt. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, Kondensationsphänomene bei quasi-stationären Anlagenbedingungen zu untersuchen.

Zur Durchführung dieser Versuche ist die Anlage einschließlich dem primärseitigen Teil des W02 so vorzubereiten, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben wurde. Auch bei der Bedienung der Kondensatdurchflussregler FIC2-03 und FIC2-02 sind keine weiteren Besonderheiten zu beachten. Der Betrieb des Kondensatorbehälters auf der Sekundärseite unterscheidet sich jedoch von den Hinweisen in den Abschnitten 3.11 und 4.2.1.

Vor der Durchführung der Experimente muss mit den Regelkreisen FIC3-01 und LIC3-06, der Füllstand im W02 auf 1,60 m eingestellt werden. Dabei ist die Funktion der Regler in Verbindung mit der Auffüllpumpe P05 bzw. der Entleerungspumpe P06 zu kontrollieren. Außerdem ist zu beachten, dass die P06 nur bis zu einer maximalen Medientemperatur von 100°C genutzt werden darf.

Im Anschluss daran wird entsprechend den Versuchsbedingungen der Druck auf der Sekundärseite des W02 vorgegeben. Dazu dient der Druckregler PIC3-01, dessen Funktion und Bedienung im Abschnitt 3.11 bereits erläutert wurden. Die Versuche können bei Drücken bis maximal 0,9 MPa durchgeführt werden. Dabei ist zu beachten, dass ab einem Druck im Kondensatorbehälter von 0,2 MPa die Ausschleusung von Wasser auch ohne die P06 funktioniert. In diesem Fall ist die Druckdifferenz zwischen der Sekundärseite des W02 und dem Abblasetank ausreichend groß, um den Wasserstrom ohne Pumpe in den B03 abzuleiten. Demzufolge kann in diesem speziellen Fall der Reparaturschalter der P06 abgeschaltet werden. Außerdem ist die Handarmatur auf der Saugseite der Pumpe 302AVH zu schließen.

Die Vorbereitung von drucklosen Versuchen ist entsprechend Abschnitt 4.2.1 durchzuführen.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

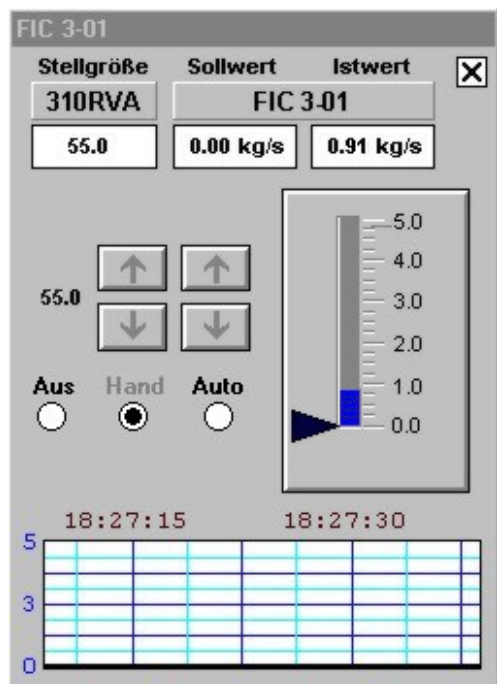


Abb. 4.7 Reglerleitbild FIC3-01

Zur Einstellung der Kühlleistung des W02 sowie zum Zuspiesen von Deionat in den Behälter ist der Regelkreis **FIC3-01** zu verwenden. Dieser steuert den Massenstrom, der mit der P05 in den W02 eingespeist wird. Vor Verwendung des FIC3-01 sind die Armaturen 519AKH und 306AVH zu öffnen und der geschlossene Zustand der 315AVH, 223AVH und 224AVH zu überprüfen. Außerdem muss der Reparaturschalter der P05 entschert und eingeschaltet werden. Das Reglerleitbild wird durch Anklicken der Messstelle FIC3-01 im Prozessbild ‚Kondensatorkreislauf‘ auf dem Bildschirm geöffnet. Der FIC3-01 nutzt als Stellglied die Regelarmatur 310RVA. Zur Inbetriebnahme der Umlaufrückführung ist der FIC3-01 auf ‚Hand‘ zu schalten und mit der 310RVA durch Eingabe der entsprechenden Handstellgröße der notwendige Massenstrom grob einzustellen. Ab einem Öffnungsgrad der 310RVA von 10% startet die P05, wobei sie bei Unterschreitung von 3% wieder abgeschaltet wird.

Nun können der Regelkreis FIC3-01 in den Automatikbetrieb geschaltet und der exakte Sollwert eingegeben werden. Arbeitet der Regelkreis FIC3-01 instabil, ist die Bypassarmatur 313AVH soweit zu öffnen, dass der Druck auf der Druckseite der P05 (PI2-105) den Druck im W02 um ca. 0,3 MPa übersteigt. Mit der 313AVH wird ein Teil des Massenstromes der P05 zurück in den Abblasetank geleitet. Dadurch verringert sich der Förderdruck der P05 und entsprechend auch die Druckdifferenz über das Regelventil 310RVA. Mit dieser Maßnahme können kleine Massenströme (< 1,5 kg/s) im optimalen Regelbereich der 310RVA (30 – 70%) eingestellt werden. Außerdem ist beim Betrieb des Reglers FIC3-01 die Massenbilanz im W02 zu beachten. Vor allem bei der Durchführung von Experimenten im drucklosen Zustand, bei denen der Füllstand im Kondensatorbehälter mit der Entleerungspumpe eingestellt wird, ist die geringe Förderleistung der P06 (max. 1,3 kg/s) zu berücksichtigen. Bei der Fahrweise des Kondensatorbehälters mit erhöhtem Druck auf der Sekundärseite hängt der ausgeschleuste Massenstrom von der Druckdifferenz zwischen W02 und B03 ab. Steigt der Füllstand im W02 bei voll geöffneter 307RVA mehr als 5 cm über den Füllstandssollwert des LIC3-06, ist der Massenstrom mit dem FIC3-01 soweit zu reduzieren bis der Füllstandsregler beginnt, den Öffnungsgrad der 307RVA zu verringern.

Bei der Durchführung der Versuche sind die Hinweise zur Entgasung des Bündels im Abschnitt 4.2.1 zu beachten.

Nach **Abschluss der Versuche** ist der Sollwert des aktiven Kondensatreglers FIC2-02 bzw. FIC2-03 schrittweise (0,1 kg/s) auf 0 kg/s zu reduzieren. Dabei verringert sich die Leistung der P03 bis auf 35%. Danach sind der aktive Kondensatregler auf ‚Hand‘ zu schalten und die Kondensatmenge mit der zugehörigen Regelarmatur 202RVA bzw. 203RVA weiter schrittweise abzusenken. Hierbei sind die Parameter im Elektrokesselkreislauf zu überwachen. Sind beide Regelarmaturen geschlossen, können die P03 und der aktive Kondensatregler abgeschaltet werden. Nach dieser

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



Aktion ist das Bündel vollständig mit Kondensat gefüllt und die Dampfabsperrearmaturen 201AVA bzw. 231AVA können geschlossen werden.

Soll der W02 in den drucklosen Zustand überführt werden, ist der Sollwert des Druckreglers PIC3-01 schrittweise so zu verringern, dass beim Ausdampfen und Nachspeisen von „kaltem“ Deionat aus dem B03 der Temperaturgradient von 50 K/h nicht überschritten wird. Dabei ist die in den W02 zugespeiste Menge mit dem FIC3-01 so einzustellen, dass der Füllstand bei ca. 1,60 m gehalten werden kann. Bei Erreichen von Atmosphärendruck im W02 sind der PIC3-01 auf ‚Hand‘ zu schalten und die Regelarmatur 304RVA voll zu öffnen. Damit wird bei Abkühlung des Behälters die Entstehung eines Unterdrucks vermieden.

Im Anschluss daran können die Regelkreise FIC3-01 und LIC3-06 ausgeschaltet werden. Dabei sind das Schließen der 307RVA und 310RVA sowie eventuell die Abschaltung der P05 bzw. P06 zu kontrollieren. Nachfolgend sind die Armaturen 301AVA und 306AVH zu schließen.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

5. Außerbetriebnahme

Im folgenden Kapitel wird das Abfahren der Versuchsanlage aus Anlagenzuständen beschrieben, die nach der Durchführung von Dampf-Wasser-Versuchen an den Testsektionen bzw. am Kondensatorbehälter vorliegen. Anweisungen zur Außerbetriebnahme der Anlage nach dem Abschluss von Luft-Wasser-Experimenten enthält Abschnitt 4.1.1. Auch die Schalthandlungen, die direkt nach Beendigung der Dampf-Wasser-Versuche an den genutzten Systemen auszuführen sind, wurden am Ende der entsprechenden Abschnitte erläutert, siehe dazu 4.1.2.1 oder 4.1.2.2 bzw. 4.2.2. Wurden die Experimente abgeschlossen und die in Kapitel 4 beschriebenen Anweisungen ordnungsgemäß ausgeführt, befindet sich die Anlage in folgendem Zustand:

- Die Dampfzufuhr zu den Testsektionen 440AVA und 441AVA bzw. zum Kondensatorbehälter 201AVA und 231AVA ist abgesperrt. Bei Einsatz der **VGE** sind die Handventile 4001AVH – 4018AVH geschlossen.
- Die Regelkreise FIC4-01, FIC4-02 und FIC4-03 sind ausgeschaltet und die Armaturen 405RVA – 407RVA sowie 415AHA – 417AVA sind geschlossen. Die Teststreckenpumpe P04 ist außer Betrieb.
- Der Regelkreis FIC4-05 ist ausgeschaltet, die 422RVA ist geschlossen und die 428AHA sperrt den Hauptstrang ab. Die Absperrarmatur 427AVA ist geschlossen.
- Die Regelkreise FIC2-02 und FIC2-03 sind abgeschaltet, die Armaturen 202RVA und 203RVA sind geschlossen und die Kondensatorpumpe P03 ist außer Betrieb.
- Wurden Kondensationsversuche durchgeführt, ist die Dampftrommel mit dem Kesselkreislauf dampfseitig verbunden. Die Regler LIC4-01 und PIC4-04 sind ausgeschaltet, die Regelarmaturen 412RVA und 413RVA sowie 410RVA und 421RVA sind geschlossen.
- Nach Experimenten an den VTS bzw. VGE ist die dampfseitige Verbindung zwischen Dampftrommel und Kesselkreislauf getrennt. LIC4-01 und PIC4-04 arbeiten mit den jeweils während des letzten Experimentes eingestellten Sollwerten im Automatikbetrieb.
- Im Kesselkreislauf sind die Umwälzpumpe P01 und die Kesselspeisepumpe P02 in Betrieb. Der PIC1-06 und PIC5-02 arbeiten mit den entsprechenden Druck-sollwerten des letzten Versuches im Automatikbetrieb. Der LICZ1-02 stabilisiert den Füllstand im B01 bei ca. 0,7 m (Automatikbetrieb). Der Elektrokessel arbeitet in Stufe 1.
- Im Kühlsystem laufen die Pumpen P07, P08 und P11. Das System läuft im Automatikbetrieb und steuert die Kühlturmstufen je nach Bedarf.

Nachfolgend werden die Maßnahmen beschrieben, mit denen die Versuchsanlage in einen sicheren Betriebszustand, entweder auf einem hohen Druck- und Temperaturniveau oder abgekühlt und drucklos, überführt werden kann. Wird der Dampfbetrieb an der Versuchsanlage aus administrativen Gründen kurzzeitig (< 24 h) unterbrochen, z.B. weil die Versuche am nächsten Tag fortgesetzt werden sollen, ist die Anlage in den „heißen Zustand“ zu überführen. Liegen andere, vor allem technische Gründe zur Unterbrechung des Versuchsbetriebes vor, ist die Anlage abzukühlen und drucklos zu fahren.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



5.1 Abfahren der Anlage in einen sicheren Zustand bei hohem Druck- und Temperaturniveau

Zur Überführung der Versuchsanlage in einen sicheren Zustand ist generell der Elektrokessel außer Betrieb zu nehmen. In diesem Abschnitt werden die Maßnahmen erläutert, die bei Anlagenstillständen von mehr als 6 h (z.B. bei Versuchspausen über Nacht) durchzuführen sind. Bei kürzeren Kesselabschaltungen ist gemäß den Anweisungen im Abschnitt 6.1 zu verfahren.

In dem hier beschriebenen Betriebszustand ist vor Abschaltung des E-Kessels die Dampftrommel vom Kesselkreislauf abzutrennen. Grund dafür ist die unterschiedliche Abkühlungsgeschwindigkeit des Kessel- und des Teststreckenkreislaufes. Der Kesselkreislauf kühlt während der oben angeführten Zeitspanne um ca. 100 K ab, wobei sich der Druck entsprechend reduziert. Der abgetrennte Teststreckenkreislauf dagegen kühlt wesentlich langsamer (um ca. 20 K) ab. Daher ist es sinnvoll, den Teststreckenkreislauf auf seinem hohen Druck und Temperaturniveau zu halten, um ihn am nächsten Tag relativ schnell wieder auf Betriebsparameter zu bringen.

Zur dampfseitigen Trennung des Teststrecken- und Kesselkreislaufs ist die Armatur 205AVA zu schließen. Des Weiteren sind die Regelkreise LIC4-01 und PIC4-04 auf ‚Aus‘ zu schalten. Waren die Regelarmaturen 412RVA, 413RVA und 421RVA noch nicht geschlossen, fahren sie jetzt zu. Die 410RVA ist ebenfalls von Hand zu schließen. Außerdem ist der Druckregler PIC5-02 in den Handbetrieb zu überführen und der Speisewasserdruck manuell zu regeln.

Nachfolgend kann der Elektrokessel am S17 im Bereich ‚Leistungsschalter 6kV‘ außer Betrieb genommen werden. Dazu ist der Taster ‚AUS‘ zu betätigen. Das Aktivieren der ‚Freigabe‘ mit dem Schlüssel ‚E-Kessel‘ ist zum Abschalten nicht erforderlich. Der Elektrokessel kann von jeder beliebigen Leistungsstufe abgeschaltet werden.

Nach dem Abschalten werden vom Prozessleitsystem automatisch Schließimpulse an die Armaturen 103RVA und 427AVA ausgegeben. Außerdem schalten die Regelkreise TIC1-29, LICZ1-02, LIC4-01, FIC2-02 und FIC2-03 auf ‚Aus‘, wenn sie nicht bereits abgeschaltet waren. Dadurch erhalten die Armaturen 508RVA, 101RVA, 104RVA, 412RVA, 413RVA, 203RVA und 202RVA ebenfalls einen Schließimpuls. Außerdem wird die Regelung PIC1-06 in die Betriebsart ‚Hand‘ geschaltet.

Nach Abschalten des Kessels sinkt der Druck im Kesselkreislauf relativ schnell ab, so dass das Inventar im B01 teilweise verdampft. Dabei kann es passieren, dass nach einigen Minuten die P01 bzw. die P02 auf Grund von Höhenstandsschwankungen im B01 automatisch abschalten oder die P01 durch Kavitationsalarm (Abschnitt 3.5) ausgeschaltet wird. Erfolgt die automatische Abschaltung nicht, ist die P01 ca. 5 min nach Kesselabschaltung im entsprechenden Bedienfenster des PLS von Hand außer Betrieb zu nehmen. Nachfolgend ist zu prüfen, ob die Regelarmatur 508RVA geschlossen ist. Ist dies nicht der Fall, muss sie zugefahren werden. Nun wird die P02 ebenfalls von Hand abgeschaltet. Im Anschluss daran sind die Absperrarmaturen 107AVH, 113AVH und 114AVH im Kesselkreislauf sowie 429AVH im Teststreckenkreislauf zu schließen. Diese Maßnahme verringert die Leckraten und damit die Druckverluste in diesen Kreisläufen.

Da die Medientemperatur in diesem Betriebszustand an den Pumpen P01, P02, P03 bzw. P04 80°C überschreitet, muss der Kreislauf zur Versorgung der technologischen Kühlstellen mit der P11 mindestens weitere 8 bis 10 h in Betrieb bleiben. Zur Umschaltung der Betriebsart des Kühlsystems von ‚Auto‘ auf ‚Hand‘, ist im Bedienfenster des Kühlsystems (TIC6-01) mit der Taste ‚Kühlung aus‘ die Automatik abzu-

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

schalten. Diese Maßnahme kann nur durchgeführt werden, wenn die Temperatur im B03 (TIS5-04) < 48°C und der E-Kessel außer Betrieb ist. Unmittelbar danach muss am S06 der Betriebsartenschalter von ‚Auto‘ auf ‚Hand‘ umgestellt und die P11 mit der Taste ‚EIN‘ zugeschaltet werden. Durch den Wechsel der Betriebsart im Kühlsystem werden automatisch die P07 und die P08 sowie eventuell noch in Betrieb befindliche Kühlturmsektionen abgeschaltet.

Am Kondensatorbehälter W02 sind keine weiteren Schalthandlungen durchzuführen, da er sich nach Beendigung der Experimente und Durchführung der Maßnahmen am Ende des Abschnitts 4.2.2 in einem sicheren Zustand befindet.

Außerdem ist ca. 0,5 h nach Abschaltung des Elektrokessels die Ölpumpe des Transformators am S01 abzuschalten.

Am Ende des Betriebstages hat sich der Anlagenfahrer oder der Schichtleiter bei einem Kontrollgang durch die Anlage vom sicheren Zustand zu überzeugen. Vor allem sind die Stopfbuchsen der Armaturen, die Dichtungen der Pumpenwellen und die Messwertaufnehmer auf Leckagen zu prüfen. Außerdem sind die Reparaturschalter aller (ohne P11) während des Anlagenbetriebs genutzter Pumpen abzuschalten und mit den Schlössern zu sichern. Im Raum 1.15 ist am S05 der Hauptschalter in Stellung ‚0‘ zu schalten, wobei die Kontrolllampe ‚Betriebsbereit‘ erlischt. Ferner sind am S19 und S21 in der Versuchshalle die Betriebsartenschalter der P03 (P05, P06) und P04 auf ‚Aus‘ zu stellen und die Reglerfreigaben zu deaktivieren. Weiterhin müssen am S17 im Raum 1.13 die Betriebsartenschalter der Kühltürme und der P08 auf ‚Aus‘ geschaltet werden. Am S04 in der Versuchshalle ist der Betriebsartenschalter auf ‚0‘ zu stellen.

Ist eine weitere Kühlung der Versuchshalle nicht mehr erforderlich, sind die Umluftkühlgeräte außer Betrieb zu nehmen. Außerdem ist die Klimaanlage auf der Warte abzuschalten, falls diese in Betrieb war. Vor Verlassen der Anlage ist zu prüfen, ob die Lüftungsklappen in der Decke der Versuchshalle sowie in den Räumen 1.13, 1.16 und 1.19 geschlossen sind.

5.2 Abkühlen der Versuchsanlage

Während der im vorherigen Kapitel erläuterte Anlagenzustand zur Überbrückung kurzfristiger Versuchspausen einzustellen ist, wird in diesem Abschnitt die Abkühlung und Druckentlastung der Anlage beschrieben. Dieser Anlagenzustand ist beispielsweise für kurzfristige Umbauarbeiten oder Reparaturen zu nutzen.

Ausgehend von dem zu Beginn des Kapitels 5 beschriebenen Zustand sind, ebenso wie im Abschnitt 5.1, auch bei dieser Prozedur die einzelnen Kreisläufe voneinander zu trennen. Dazu muss die Absperrarmatur 205AVA geschlossen werden. Nachfolgend werden die Schalthandlungen, bezogen auf die einzelnen Kreisläufe, erläutert:

5.2.1 Kesselkreislauf

Soll der Kesselkreislauf abgekühlt werden, ist er vor dem Abschalten des Elektrokessels mit dem Druckregler PIC1-06 auf einen möglichst geringen Druck (ca. 0,5 MPa) zu entlasten. Die Außerbetriebnahme des Kessels erfolgt gemäß Abschnitt 5.1. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Umwälzpumpe P01 und die Kesselspeisepumpe P02 möglichst weiter in Betrieb bleiben. Hierzu muss vor allem unmittelbar nach der Abschaltung des Kessels der Füllstandsregelkreis LICZ1-02 auf ‚Auto‘ zurückgeschaltet und ein Sollwert von ca. 0,7 m vorgegeben werden.

Wurden die P02 bzw. P01 trotzdem automatisch abgeschaltet, muss der Druck im Kesselkreislauf durch Zuschalten der Druckluft auf ca. 0,7 MPa erhöht werden. Da-

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



durch stabilisiert sich der Füllstand im Separator und eine eventuelle Einschaltsperrung der P01 durch den Kavitationsalarm wird aufgehoben, so dass die P02 und danach die P01 erneut in Betrieb genommen werden können. Der Druckregler PIC5-02 ist ebenfalls wieder in den Automatikbetrieb zu schalten.

Nachfolgend ist der Regelkreis TIC1-29 zu aktivieren, auf ‚Auto‘ zu schalten und ein Temperatursollwert von ca. 30°C einzugeben. Der Regler öffnet automatisch die Regelarmatur 508RVA und kühlt damit den Kesselkreislauf ab. Dabei wird der Temperaturgradient von 50 K/h automatisch berücksichtigt. Wurde bis jetzt noch kein Luftpolster im Separator aufgelastet, ist dies spätestens bei Unterschreitung des Druckes im Kesselkreislauf von 0,4 MPa durchzuführen. Dabei ist ein Stützdruck von mindestens 0,5 MPa gemäß Abschnitt 3.5 einzustellen.

Nach Beendigung der Abkühlung ist die Außerbetriebnahme der P01, P02 und der Ölpumpe gemäß Abschnitt 5.1 durchzuführen. Zur Druckentlastung des Kreislaufes muss die Regelarmatur 103RVA vollständig geöffnet werden. Die Verringerung des Druckes ist anhand der Messstelle PIC1-06 zu kontrollieren.

5.2.2 Teststreckenkreislauf

Druckabsenkung und Abkühlung des Teststreckenkreislaufes sind mit Hilfe der Dampftrommel und des Abblasesystems durchzuführen. Voraussetzung ist der Betrieb der Pumpen P02 und P04. Wurde die Teststreckenpumpe bereits abgeschaltet, muss sie gegen geschlossene Armaturen auf der Druckseite (405RVA, 406RVA und 407RVA) erneut mit 50% in Betrieb genommen werden (Abschnitt 3.9). Außerdem arbeiten die Regler PIC4-04 und LIC4-01 im Automatikbetrieb mit den aktuellen Sollwerten. Die Speisewasserdruckregelung PIC5-02 erfolgt von Hand.

Zu Beginn des Abkühlens wird der Füllstand im B02 erhöht. Dazu ist der Sollwert des LIC4-01 auf 0,8 m einzustellen. Um eine langsame Zuspeisung von Wasser aus dem Abblasetank (ca. 30°C) zu erreichen, ist vor Beginn der Zuspeisung die Druckdifferenz zwischen P02 und B02 mit dem PIC5-02 so einzustellen, dass die Pumpe einen um ca. 0,5 MPa höheren Druck erzeugt. Das Füllen sowie die Verringerung von Druck und Temperatur in der Dampftrommel sind zu überwachen. Kühlt der Teststreckenkreislauf schneller ab, als der Temperaturgradient zulässt, ist die Druckdifferenz weiter zu verringern.

Nach dem Füllen ist zu prüfen, ob, bei Nutzung der **VTS**, die Armaturen 442AVA und 443AVA offen sind. Dies ist notwendig, um beide Teststrecken gleichmäßig abzukühlen. Ist die **VGE** montiert, bleibt die Armatur 443AVA geschlossen. Danach wird im Reglerleitbild FIC4-01 die Armatur 405RVA auf ca. 10% geöffnet, damit sich die Temperaturen im Teststreckenkreislauf langsam angleichen können. Ist der Temperaturengleich erfolgt, kann die 405RVA vollständig geöffnet werden.

Die weitere Druckabsenkung wird mit dem Druckregler PIC4-04 durchgeführt. Dazu ist im zugehörigen Reglerleitbild ein Sollwert von ca. 0,1 MPa (Atmosphärendruck) vorzugeben. Zur Einhaltung des Temperaturgradienten verringert der Regler den real genutzten Sollwert entsprechend der in Tabelle 3.3 vorgegebenen Daten. Dabei ist der Öffnungsgrad der Regelarmatur 421RVA zu kontrollieren und gegebenenfalls der Arbeitspunkt mit der Armatur 410RVA anzupassen.

Das bei diesen Maßnahmen verdampfende Medium muss vom Füllstandsregler LIC4-01 (Sollwert ca. 0,8 m) nachgespeist werden. Auf Grund der Verriegelung zum Schutz des B02 öffnet die 412RVA jedoch erst, wenn die Temperatur TI4-109 unter 100°C gesunken ist oder die Regelarmaturen 405RVA, 406RVA und 407RVA geschlossen sind. Demzufolge muss der Anlagenfahrer bei Temperaturen über 100°C

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

periodisch von Hand die 405RVA schließen. Damit erhält der LIC4-01 die Möglichkeit, den Füllstand an seinen Sollwert anzugleichen. Es ist zu beachten, dass der Füllstand in der Dampftrommel nicht unter 0,5 m absinkt (Trockenlaufschutz P04). Außerdem ist beim Nachspeisen des B02 der Temperaturgradient zu beachten (siehe oben). Mit dem PIC4-04 kann der Teststreckenkreislauf bis auf 100°C abgekühlt werden. Danach sind der PIC4-04 auf ‚Hand‘ zu stellen und die Armatur 410RVA voll zu öffnen.

Zur weiteren Verringerung der Temperatur ist bei durchströmten Teststrecken Wasser aus dem B03 in den B02 einzuspeisen und nach Durchmischung wieder auszuschießen. Mit dieser Methode kann die Temperatur im Teststreckenkreislauf bis auf das Niveau im Abblasetank (minimal 30°C) reduziert werden. Auch in diesem Fall ist der Temperaturgradient von 50 K/h einzuhalten.

Nach Beendigung der Temperaturabsenkung sind die Regelkreise LIC4-01 und FIC4-01 auszuschalten und das Schließen der zugehörigen Armaturen zu überprüfen. Außerdem kann die Regelarmatur 421RVA geschlossen werden. Die 410RVA bleibt geöffnet um die Entstehung eines Unterdruckes bei der weiteren Auskühlung der Anlage zu vermeiden. Die Außerbetriebnahme der P02 und P04 erfolgt gemäß Abschnitt 5.1.

5.2.3 Kondensatorbehälter

Die Abkühlung und Druckentlastung des Kondensatorbehälters erfolgt ähnlich wie im Teststreckenkreislauf. Die Regelkreise LIC3-06 und PIC3-01 arbeiten im Automatikbetrieb mit den aktuellen Sollwerten des letzten Experimentes. Der Regler FIC3-01 sowie die Pumpen P05 und P06 sind betriebsbereit. Die Armaturen 519AKH, 306AVH, 316AVH, 302AVH und 301AVA sind geöffnet.

Um den W02 in den drucklosen Zustand zu überführen, ist der Sollwert des Druckreglers PIC3-01 schrittweise so zu verringern, das beim Ausdampfen und Nachspeisen von Medium aus dem B03 der Temperaturgradient von 50 K/h nicht überschritten wird. Dabei ist die in den W02 zugespeiste Menge mit dem FIC3-01 so einzustellen, dass der Füllstand bei ca. 1,60 m gehalten werden kann. Bei Erreichen von Atmosphärendruck im W02, sind der PIC3-01 auf ‚Hand‘ zu schalten und die Regelarmatur 304RVA voll zu öffnen.

Zur weiteren Abkühlung des Kondensatorbehälters ist der FIC3-01 auf ‚Auto‘ zu schalten und ein Sollwert von 1 kg/s einzugeben (Abschnitt 4.2.2). Wird bei der folgenden Abkühlung der Temperaturgradient über- bzw. unterschritten, ist der eingespeiste Massenstrom entsprechend anzupassen, wobei die Fördermenge der P06 berücksichtigt werden muss.

Wurde die vorgegebene Temperatur erreicht, sind die Regler FIC3-01 und LIC3-06 auszuschalten. Dabei schließen die Armaturen 307RVA und 310RVA automatisch. Außerdem werden die P05 und die P06 abgeschaltet. Nachfolgend sind die 301AVA und 306AVH zu schließen. Die Schalthandlungen zur Außerbetriebnahme der P05 und P06 sind gemäß Abschnitt 5.1 auszuführen. Die Regelarmatur 304RVA bleibt solange geöffnet, bis der Kondensatorbehälter auf Umgebungstemperatur abgekühlt ist. Damit wird die Entstehung eines Unterdrucks im W02 verhindert.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



5.3 Prozessleitsystem

Ist ein Anlagenstillstand von mehr als 24h geplant und die Anlage befindet sich in einem sicheren Zustand, kann das PLS abgeschaltet werden. Dazu ist die Visualisierung auf dem Rechner FWSF72 zu schließen, indem mit der Tastenkombination ‚Alt‘ + ‚Leertaste‘ das Kontextmenü der Anwendung geöffnet und mit der Maus die Funktion ‚Schließen‘ betätigt wird. Alternativ kann auch die Tastenkombination ‚Alt‘ + ‚F4‘ verwendet werden.

Vor dem Abschalten des Programms OPCLink ist auf dem Rechner FWSFFS01 die Anwendung im Programm DIAdem zu beenden, falls diese noch aktiv war. Wurden die aufgezeichneten Betriebsdaten noch nicht gespeichert, ist dies jetzt entsprechend Abschnitt 4.1.1 durchzuführen. Danach kann das Programm DIAdem geschlossen werden, indem im Menü ‚Datei‘ die Funktion ‚DIAdem beenden‘ betätigt wird.

Als Nächstes ist auf dem Rechner FWSF73 die Software OPCLink zu schließen (Menü: File; Exit).

Nun können die Rechner FWSF72, FWSF73 und FWSFFS01 mit dem Betriebssystem NT4.0 (Taste: Start; Beenden wählen; Herunterfahren bestätigen) außer Betrieb genommen werden. Nachfolgend sind diese Rechner im S22 mit dem oberen Taster auszuschalten. Anschließend kann die Stromversorgung am Schaltschrank S22 abgeschaltet werden.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

6. Spezielle Betriebsarten der Anlage

6.1 Ab- und Zuschalten des Elektrokessels bei kurzzeitigen Anlagenstillständen

Bei versuchstechnisch bedingten Stillständen über 1 h empfiehlt es sich, den Elektrokessel aus Kostengründen außer Betrieb zu nehmen. Wenn Kessel- und Teststreckenkreislauf dampfseitig miteinander verbunden sind (Schaltzustand nach Experimenten am Kondensatorbehälter), sollten sie vor dem Abschalten des Elektrokessels voneinander getrennt werden. Hierzu ist die 205AVA zu schließen. Diese Maßnahme verhindert einen übermäßigen Druckabfall im Teststreckenkreislauf, so dass dieser nach erneutem Zuschalten des Elektrokessels schnell wieder auf Betriebsparameter aufgeheizt werden kann. Im Anschluss daran ist der Regelkreis PIC5-02 auf ‚Hand‘ zu schalten um die Kesselspeisepumpe auf dem letzten Drucksollwert zu stabilisieren. Dabei ist die ordnungsgemäße Funktion der P02 zu kontrollieren.

Sind B02 und Kesselkreislauf dampfseitig getrennt, kann der Elektrokessel am S17 im Bereich ‚Leistungsschalter 6kV‘ außer Betrieb genommen werden. Dazu ist der Taster ‚AUS‘ zu betätigen. Das Aktivieren der ‚Freigabe‘ mit dem Schlüssel ‚E-Kessel‘ ist zum Abschalten nicht erforderlich. Der Elektrokessel kann von jeder beliebigen Leistungsstufe abgeschaltet werden.

Nach dem Abschalten werden vom Prozessleitsystem automatisch Schließimpulse an die Armaturen 103RVA und 427AVA ausgegeben. Außerdem schalten die Regelkreise TIC1-29, LICZ1-02, LIC4-01, FIC2-02 und FIC2-03 auf ‚Aus‘, wenn sie nicht bereits abgeschaltet waren. Dadurch erhalten die Armaturen 508RVA, 101RVA, 104RVA, 412RVA, 413RVA, 203RVA und 202RVA ebenfalls einen Schließimpuls. Außerdem wird die Regelung PIC1-06 in die Betriebsart ‚Hand‘ geschaltet.

Nach Abschaltung des Elektrokessels schalten sich die Pumpen P01 und P02 auf Grund von Füllstandsschwankungen im Separator bzw. des Kavitationsalarmes (Abschnitt 3.5) in der Regel automatisch ab. Andernfalls sind sie vom Anlagenfahrer von Hand abzuschalten. Das Kühlsystem arbeitet weiter im Automatikbetrieb, wobei die noch in Betrieb befindlichen Kühlturmstufen nacheinander abgeschaltet werden. Die P07, P08 und P11 sind ebenfalls weiter in Betrieb.

Vor dem **Zuschalten des E-Kessels** ist der Druck im Kesselkreislauf zu überprüfen. Bei Drücken kleiner 0,5 MPa lässt sich dieser Parameter mit Hilfe der Druckluftversorgung auf 0,7 MPa erhöhen. Bei höheren Drücken im Kreislauf muss er vor dem erneuten Zuschalten des E-Kessels mit Hilfe eines Stickstoffpolsters aus der Gasstation um 0,5 MPa erhöht werden. Vor Nutzung dieser Station ist der ordnungsgemäße Anschluss der Druckgasflaschen und die Einstellung des Druckminderers in den Schränken zu prüfen. Der Schlüssel befindet sich auf der Warte. Im Anschluss daran ist der geschlossene Zustand der Armatur 214AHH zu kontrollieren. Außerdem sind die Armaturen 213AHH und 226AVH zu öffnen. Danach kann mit Hilfe der Absperrarmatur 204AVH die 208AVP geöffnet und Stickstoff in den Kesselkreislauf eingespeist werden.

Nach diesen Schalthandlungen sind die Kesselspeisepumpe P02 erneut in Betrieb zu nehmen (Abschnitt 3.5) sowie der Füllstandsregler LICZ1-02 in den Automatikbetrieb zu schalten und ein Sollwert von „0.7“ m vorzugeben. Hat sich der Füllstand im Separator stabilisiert, wird die Umwälzpumpe P01 unter Beachtung der in Abschnitt 3.5 beschriebenen Hinweise eingeschaltet. Im Anschluss daran sind am S01 die Störungen zu quittieren und der Elektrokessel entsprechend Abschnitt 3.7 in Betrieb zu nehmen.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

6.2 Abklemmen von Heizrohren

Zur Reduzierung der Leistung des Elektrokessels besteht die Möglichkeit, Heizrohre elektrisch vom Transformator abzuklemmen. Diese Umbauarbeiten sind selbstverständlich nur bei abgekühlter und druckloser Anlage zulässig.

Der Kessel besteht aus 24 Heizrohren, die in Gruppen zu je 3 Rohren (pro Phase ein Rohr) abgeklemmt werden können. Dabei verringert sich die an das Medium im Kessel übertragene Leistung entsprechend jeweils um ungefähr $\frac{1}{3}$. Um einen stabilen Kesselbetrieb zu gewährleisten, können maximal 12 Heizrohre abgeklemmt werden. Dabei verringert sich die maximale Leistung in Stufe 9 auf ca. 1925 kW. Die Heizrohre sind zu den 3 Phasen folgendermaßen zugeordnet:

Tabelle 6.1 Zuordnung der Heizrohre im Elektrokessel zu den 3 Phasen

Phase	Heizrohr							
1	1	4	7	10	13	16	19	22
2	2	5	8	11	14	17	20	23
3	3	6	9	12	15	18	21	24

Die Nummerierung der einzelnen Heizrohre erfolgt von der Seite der Rohrleitungszuführung zum E-Kessel (Rohr 1) in Richtung Transformator (Rohr 24).

Es ist zu beachten, dass Arbeiten an elektrischen Anlagen nur von unterwiesenem Fachpersonal durchgeführt werden dürfen!

6.3 Winterbetrieb

Im Gegensatz zum Betrieb der Versuchsanlage bei Außentemperaturen über 0°C sind im Winterbetrieb einige Besonderheiten zu beachten. Zum Schutz des Hauptkühlkreislaufs und des Kreislaufes zur Versorgung der technologischen Kühlstellen gegen Frostschäden sind diese mit einem Gemisch aus Diethylenglykol und Wasser gefüllt. Um den Betrieb beider Kühlsysteme bei Temperaturen bis -20°C zu gewährleisten, darf eine Glykolkonzentration von 34% in den Kühlkreisläufen nicht unterschritten werden. Demzufolge ist dieser Parameter nach Arbeiten am Kühlsystem und vor jeder Frostperiode mit einem Frostschutzprüfgerät zu kontrollieren. Reicht der Frostschutz nicht aus, muss Glykol nachgefüllt werden (Abschnitt 7.4).

Beim Winterbetrieb des Kühlsystems ist in jedem Fall zu verhindern, dass unterkühltes Glykol/Wasser-Gemisch das Deionat im W03 und W04 bzw. in den Pumpen P01 bis P04 unter 0°C abkühlen kann. Um diese Bedingung zu erfüllen, sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

Vor dem Einschalten der **P11 im Handbetrieb** (Anlagenzustände im Abschnitt 3.3.2) muss die Absperrklappe 601AKH geschlossen und gesichert werden. Diese Maßnahme garantiert, dass das Medium im Kreislauf zur Versorgung der technologischen Kühlstellen ausschließlich im „geschlossenen“ Kreislauf (Druckseite P11, Kühlstellen, W03, Saugseite P11) im Gebäude zirkuliert. Damit ist eine Vermischung mit unterkühltem Medium aus den Kühltürmen ausgeschlossen. In diesem Betriebszustand ist zu gewährleisten, dass die Kühlturmpumpe P08 keinesfalls in Betrieb genommen werden kann!

Die **P08** sollte im Winterbetrieb bei abgeschalteter Versuchsanlage möglichst nicht eingeschaltet werden. Ist ein kurzzeitiger Probetrieb unumgänglich, darf er nur bei geöffneter Saugseite (601AKH) und abgesperrtem W03, d.h. bei geschlossenen Absperrarmaturen 602AKA und 603AKH, erfolgen. Außerdem sind vorher die P11 abzuschalten und die Absperrarmatur auf der Saugseite 628AVH zu schließen.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Sind in den Wintermonaten Dampfexperimente durchzuführen, ist das **Kühlsystem im Automatikbetrieb** entsprechend Abschnitt 3.3.1 vorzubereiten und in Betrieb zu nehmen. Da bei diesem Schaltzustand des Kühlsystems (601AKH offen) ein geringer Bypassstrom der P11 (max. 15%) über die Kühltürme strömt, ist theoretisch eine Unterkühlung möglich. Diese wird jedoch durch den Wärmeeintrag von den Pumpen P01, P02, P07 und P11 ins Kühlsystem sowie durch die Heizung im Deionat- und Kesselraum verhindert. Ist der Elektrokessel in Betrieb, wird durch den Wärmeeintrag in den Abblasetank das Kühlmedium relativ schnell aufgewärmt. Trotzdem ist unmittelbar nach der Inbetriebnahme der P11 und danach alle 15 Minuten zu prüfen, ob die Temperatur des Kühlmediums vor den Verbrauchern (TIA6-04) $> 5^{\circ}\text{C}$ ist. Sinkt sie unter diesen Grenzwert, ist der Automatikbetrieb des Kühlsystems abzubrechen und die Inbetriebnahme der Versuchsanlage mit der P11 im Handbetrieb, wie oben beschrieben, fortzusetzen. Unmittelbar vor Einschalten des Elektrokessels muss die Betriebsart jedoch auf ‚Automatik‘ zurückgeschaltet werden.

Erreicht die Temperaturmessstelle TIC6-01 25°C (im Winterbetrieb erst nach Zuschalten des E-Kessels möglich) wird die P08 automatisch eingeschaltet. Unmittelbar nach diesem Vorgang ist für ca. 5 Minuten zu kontrollieren, ob die Kühlwassertemperaturen TIC6-01 und TIA6-04 $> 5^{\circ}\text{C}$ bleiben. In dieser Zeit hat sich das Kühlmedium im Hauptkühlkreislauf durchmischt und wird, solange sich der Elektrokessel in Betrieb befindet, nicht mehr unter 5°C abkühlen.

Sinkt eine der Temperaturmessstellen TIC6-01 oder TIA6-04 beim Einschalten der P08 unter 5°C , sind der Automatikbetrieb des Kühlsystems sofort abzubrechen und die Kühlung mit der P11, P07 und P08 im Handbetrieb durchzuführen. Dabei müssen die Kühltürme entsprechend den Zu- und Abschaltbedingungen des Automatikbetriebs manuell bedient werden.

Zur Gewährleistung der Pumpenkühlung (P01 bis P04) nach Beendigung des Versuchsbetriebs ist auch im Winter die P11 für ca. 8 bis 10 Stunden im Handbetrieb zu benutzen. Dabei muss beachtet werden, dass die Absperrarmatur 601AKH auf jeden Fall geschlossen wird, um ein Einfrieren der Pumpen bzw. des W03 und W04 zu verhindern.

Steht die Versuchsanlage, so sind bei Außentemperaturen unter 0°C sicherheitshalber die 601AKH und die 603AKH zu schließen, um einen Naturumlauf zwischen den Anlagenteilen des Kühlsystems im Deionatraum und dem Außenbereich mit den Kühltürmen zu verhindern.

6.4 Durchführung von Druckproben

Gemäß dem Erlaubnisbescheid zu TOPFLOW vom 24.04.02 sind alle 3 Jahre für den Elektrokesselkreislauf Druckproben durchzuführen. Außerdem müssen nach Reparatur- und Umbauarbeiten ebenfalls Druckprüfungen an den entsprechenden Anlagenteilen ausgeführt werden.

Da sich die meisten Umbauarbeiten auf die Testsektionen konzentrieren, wurde der Prüfstutzen (Doppelabsperrung 436AVH und 437AVH) im Teststreckenkreislauf zwischen der Druckseite der P04 und dem Filter 420F eingefügt. Damit kann der Teststreckenkreislauf partiell oder vollständig, sowie auch der gesamte Hochdruckbereich geprüft werden.

Da sich die Schaltheandlungen zur Durchführung der Druckproben gleichen, wird in diesem Betriebshandbuch beispielhaft die Prüfung des gesamten Hochdruckbereiches beschrieben.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



Als Erstes sind die Sicherheitsventile und Druckwächter 106SV, 411SV, 514DV bzw. 516SV zu demontieren und die Rohrleitungen mit Blindflanschen zu verschließen. Das Dreiwegeventil 428AHA wird in Stellung ‚Bypass offen‘ gefahren. Außerdem sind die Druckbegrenzer PIZ1-02 und PIZ1-03 abzusperren. Dazu müssen die Abdeckung über den Absperrventilen geöffnet und beide Ventile an den blauen Griffen abgesperrt werden.

Vor Beginn der Druckprobe ist im Teststrecken-, Kessel- und Kondensatorkreislauf folgender Armaturenzustand herzustellen:

Tabelle 6.2 Armaturenzustand Druckprobe

offen:	405RVA, 406RVA, 407RVA, 415AHA, 416AVA, 417AVA, 404AHA, 444AHA, 440AVA, 441AVA, 442AVA, (443AVA nur VTS), 422RVA, 410RVA, 409AVH, 490AVA, (4001AVH – 4018AVH nur VGE) 101RVA, 107AVH, 110AVH, 111AVH, 427AVA 205AVA, 231AVA, 201AVA, 200AVA, 203RVA, 202RVA, 215AHH – 222AHH 305AVH, 502AVH, 517AVH, 518AVH
geschlossen:	460AHA, 461AHA, 412RVA, 413RVA, 432AVH, 433AVH, 435AVH, 436AVH, 437AVH, 414AVH, 421RVA, 429AVH 103RVA, 104RVA, 112AVH, 109AVH, 102AVH, 113AVH, 114AVH 204AVH, 209AVH, 210AVH, 232AVH, 233AVH, 234AVH, 235AVH, 223AVH, 224AVH 501AVH, 505AVH, 508RVA, 511AVH, 519AKH

Bei den Regel- und Absperrarmaturen mit Antrieben sind diese nach dem Einstellen auf ‚0‘ zu schalten, um ein unbeabsichtigtes Verfahren während der Druckprobe zu verhindern. Zum Schutz der Druckluftschläuche müssen diese von den Druckluft-einspeisearmaturen 460AHA und 461AHA abgeflanscht werden.

Danach ist die Verriegelung ‚Überbrückung Füllstand max. SPW‘ am unteren Bereich des S01 zu deaktivieren, d.h. das Schloss ist mit dem zugehörigen Schlüssel nach rechts zu drehen. Im Anschluss daran sind die P11 und die P07 gemäß Abschnitt 3.3.2 im Handbetrieb einzuschalten. Nachfolgend werden die P02 in Betrieb genommen (Abschnitt 3.5, PIC5-02 im Handbetrieb: Sollwert: 10%) und über die 101RVA die drei verbundenen Kreisläufe gefüllt, wobei die Entlüftung mittels der 410RVA oder 421RVA über die Dampftrommel erfolgt. Außerdem ist mit den Armaturen 234AVH und 235AVH das Bündel im W02 zu entlüften. Zeigt der Füllstand in der Dampftrommel den maximalen Wert, ist das Füllen nach weiteren 5 Minuten durch Schließen der 410RVA bzw. 421RVA zu beenden.

Während des Füllvorganges muss die mobile Wasserdruckpumpe mit dem zugehörigen Schlauch an den Prüfstutzen (Armaturen 436AVH und 437AVH) angeschlossen werden. Nun kann der Druck im Hochdruckbereich der Versuchsanlage in 10%-Schritten mit der P02 bis auf den Maximaldruck (ca. 8 MPa bei 60%) erhöht werden. Danach sind die 101RVA und die 107AVH zu schließen und die P02 abzuschalten.

Zur weiteren Druckerhöhung muss die Doppelabspernung am Prüfstutzen geöffnet und die Wasserdruckpumpe eingeschaltet werden. Dabei ist zu beachten, dass im

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Vorratstank dieser Pumpe ständig ausreichend Deionat zur Verfügung steht. Der Prüfdruck wird mit dem Handventil schrittweise erhöht, wobei der sich einstellende Druck am Manometer abgelesen werden kann. Gemäß dem Erlaubnisbescheid hat der Prüfdruck das 1,3-fache des max. Betriebsdrucks (7 MPa) zu betragen.

Bereits während der Druckerhöhung sind die Flanschverbindungen, Stopfbuchsen und Gleitringdichtungen an den Pumpen auf Leckagen zu kontrollieren. Nach Erreichen des Prüfdruckes kann die Wasserdruckpumpe abgeschaltet werden. Außerdem ist der Druckabfall in der Versuchsanlage zu protokollieren. Eventuelle Leckagen, die nicht abgedichtet werden können, sind ebenfalls schriftlich zu dokumentieren.

Nach Beendigung der Druckprobe wird der Druck im Kreislauf durch vorsichtiges Öffnen der Armatur 421RVA abgesenkt. Außerdem sind die gefluteten Dampfleitungen zu entleeren und die Kreisläufe voneinander zu trennen.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



7. Füllen und Entleeren

Die in diesem Kapitel beschriebenen Schalthandlungen dienen zur Vorbereitung der Versuchsanlage vor der Inbetriebnahme sowie zur Vorbereitung einzelner Kreisläufe auf Reparatur- bzw. Umbauarbeiten. Zum besseren Verständnis werden die Maßnahmen kreislaufspezifisch beschrieben. Sowohl zum Füllen als auch zum Entleeren der Versuchsanlage muss das Prozessleitsystem voll funktionsfähig sein. Mit dem Füllen der Versuchsanlage darf erst begonnen werden, wenn alle Reparatur- und Wartungsarbeiten abgeschlossen sind, sowie die Anlage vollständig montiert ist. Außerdem ist vor Entleerungsarbeiten generell zu prüfen, ob im Abblasetank ausreichend freies Volumen zur Aufnahme des Mediums aus den entsprechenden Kreisläufen vorhanden ist. Ferner sind die jeweiligen Anlagenbereiche vor der Entleerung grundsätzlich drucklos zu fahren und bis auf eine Temperatur von ca. 30°C abzukühlen (Kapitel 5.2).

7.1 Kesselkreislauf

Das **Füllen** des Kesselkreislaufes erfolgt mit der Pumpe P02 über die Armatur 101RVA. Zuvor sind die Armaturen 102AVH, 109AVH und 114AVH sowie die 2 Entleerungen und die Entlüftung an den Kollektoren im E-Kessels zu schließen. Außerdem müssen die Motorarmaturen 427AVA, 205AVA, 104RVA und 103RVA geschlossen werden. Die Armaturen 107AVH und 113AVH sind zu öffnen. Nachfolgend wird die P02 gemäß Abschnitt 3.5 (PIC5-02 im Handbetrieb) in Betrieb genommen. Da das Füllen des Kreislaufes bei Umgebungsdruck durchgeführt wird, sind 5% Pumpenleistung (ca. 1 MPa Druckerhöhung) ausreichend. Zum Füllen sollte der Regelkreis LICZ1-02 im Automatikbetrieb genutzt werden, mit dem der Separator bis auf ca. 1 m mit Deionat bespeist wird.

Um den Kreislauf zu entlüften und die P01 ordnungsgemäß betreiben zu können, ist ein Vordruck im Separator von mindestens 0,6 MPa mit dem Druckluftsystem zu erzeugen (Abschnitte 3.4 und 3.5). Nun wird das Ende der Entlüftungsleitung am Elektrokessel mittels eines Schlauches mit der Raumentwässerung verbunden. Im Anschluss daran ist die Entlüftung oberhalb des Eintrittskollektors im Elektrokessel solange zu öffnen bis Deionat austritt. Danach ist sie wieder fest zu verschließen. Außerdem ist mit der 102AVH der Kreislauf solange zu entlüften bis gleichmäßige Strömungsgeräusche von Wasser entstehen.

Die verbleibenden Rohrleitungsabschnitte können nur mit der Umwälzpumpe in den Separator entlüftet werden. Hierzu ist die P01 gemäß Abschnitt 3.5 in Betrieb zu nehmen. Um nach dem Füllen einen kavitationsfreien Betrieb der P01 sicherzustellen, muss sie von Hand am Schaltschrank S04 eingeschaltet werden. Unmittelbar nach dem Anlaufen der Pumpe ist die Förderhöhe am Manometer PDI1-101 im Kesselraum oberhalb der Pumpe zu kontrollieren. Ist der Förderdruck geringer als 1,6 MPa oder stark schwankend, muss die Pumpe sofort wieder abgeschaltet und der Kesselkreislauf nochmals entlüftet werden. Diese Prozedur wird solange wiederholt bis die P01 mit einer stabilen Druckerhöhung von ca. 1,6 MPa arbeitet. Dabei ist jedoch zu beachten, dass zwischen zwei Einschaltvorgängen der Umwälzpumpe mindestens eine Zeitspanne von 5 Minuten liegt. Außerdem sollte sie nicht mehr als 6 mal pro Stunde zugeschaltet werden. Dies ist notwendig, um eine Überhitzung der Schütze in der Pumpensteuerung zu vermeiden.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Nach erfolgreicher Durchführung dieser Maßnahmen ist der Druck im Kreislauf auf Atmosphärendruck zu reduzieren, um die Leckrate zu minimieren. Dazu wird die Regelarmatur 103RVA geöffnet.

Vor der **Entleerung** des Kesselkreislaufes sind die Armaturen 101RVA, 103RVA, 104RVA, 205AVA und 427AVA zu schließen. Danach wird der Druck im B01 mit dem Druckluftsystem auf ca. 0,3 MPa erhöht. Die Entleerung ist stets mit der Armatur 102 AVH zu beginnen, da mit dieser Armatur das Medium aus dem Kesselkreislauf in den Abblasetank geleitet wird. Die Armatur 102AVH ist solange zu öffnen bis gleichmäßige Strömungsgeräusche von Luft auftreten.

Muss die P01 saugseitig entleert werden, ist ein geeignetes Gefäß unter die Armatur 109AVH zu stellen und die Armatur solange zu öffnen bis Luft austritt.

Die Entleerung des Elektrokessels wird mit den entsprechenden Entleerungsarmaturen unterhalb der beiden Kollektoren im Kessel durchgeführt. Vorher ist jedoch das Ende der Entlüftungsleitung am Elektrokessel mittels eines Schlauches mit der Raumentwässerung zu verbinden.

Sind Reparaturarbeiten an der Leitung 003-HW-80 unterhalb des Separators durchzuführen, kann dieser Rohrleitungsbereich über den Probenahmekühler mit den Armaturen 110AVH, 111AVH und 112AVH restentleert werden.

7.2 Teststreckenkreislauf

Der Teststreckenkreislauf wird über die Dampftrommel mit der Armatur 412RVA **gefüllt**. Vor Beginn dieser Prozedur ist zu prüfen, ob die Armaturen 414AVH, 419AVH, 429AVH, 436AVH, 437AVH, (4001AVH – 4018AVH nur **VGE**), 440AVA, 441AVA, 460AHA, 461AHA und 413RVA geschlossen bzw. die Armaturen 404AHA, 405RVA, 406RVA, 407RVA, 415AHA, 416AVA, 417AVA, 442AVA, (443AVA nur **VTS**), 444AHA und 410RVA geöffnet sind. Danach wird die P02 gemäß Abschnitt 3.5 angefahren (PIC5-02 im Handbetrieb) und mit dem Regelkreis LIC4-01 im Automatikbetrieb durch Eingabe des entsprechenden Sollwertes (0,5 – 0,6 m) der Teststreckenkreislauf gefüllt. Wurde der vorgegebene Sollwert erreicht, ist der LIC4-01 abzuschalten und das Schließen der Regelarmatur 412RVA zu überprüfen.

Der Teststreckenkreislauf wird über die Armatur 414AVH **entleert**. Um diesen Vorgang zu beschleunigen, kann mittels des Druckluftsystems in die Testsektionen, z.B. mit der 452RVA (FIC4-12) in die TS1, Luft entsprechend Abschnitt 4.1.1 eingespeist werden. Dazu sind die Armaturen 421RVA, 410RVA, 205AVA, 435AVH, 424AHH und 462AHH zu schließen sowie die 423AVH, 425AHH und 444AHA zu öffnen. Danach wird im Druckluftsystem ein Sollwert von 20 m³n/h eingestellt und nach Druckerhöhung die 460AHA geöffnet. Erreicht der Druck im Kreislauf ca. 0,3 MPa, ist die 460AHA zu schließen, die Druckluft abzuschalten und das Ventil 423AVH abzusperren.

Im Teststreckenkreislauf können folgende Bereiche einzeln entleert werden:

- Vertikale Teststrecke 1 (VTS und VGE),
- Vertikale Teststrecke 2 (VTS) bzw. Steigleitung (VGE) oder
- Dampftrommel mit P04.

Zur Entleerung der TS1 sind die Armaturen 415AHA, 416AVA, 417AVA und 443AVA zu schließen sowie die 442AVA und die 444AHA zu öffnen. Nachfolgend wird die 414AVH geöffnet bis Luftgeräusche auftreten. Entsprechend sind zur Entleerung der TS2 die 415AHA, 416AVA, 417AVA und 442AVA zu schließen sowie die 443AVA,

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



444AHA und 414AVH zu öffnen. Soll der B02 und die P04 entleert werden, sind die Armaturen 442AVA und 443AVA zu schließen sowie die 405RVA – 407RVA, 415AHA – 417AVA, 404AHA und 414AVH zu öffnen.

Zur Restentleerung der Leitung 009-HW-150 ist die Armatur 419AVH durch einen Schlauch mit dem Grubensumpf zu verbinden und die 414AVH sowie die 419AVH zu öffnen.

Wird die Entleerung im drucklosen Zustand mit der P06 durchgeführt, ist die 410RVA zu öffnen, um beim Abpumpen des Mediums aus dem Teststreckenkreislauf einen Druckausgleich in der Dampftrammel zu gewährleisten. Die Armaturenstellungen gelten entsprechend wie oben beschrieben.

Sind Experimente mit der **variablen Gaseinspeisung** geplant, ist die Steigleitung vollständig zu entleeren. Dazu sind die Absperrarmaturen 4001AVH – 4018AVH sowie 440AVA und 441AVA zu schließen. Im Anschluss daran wird Druckluft vom Regler FIC4-13 (ca. 1 m³n/h) entsprechend Abschnitt 3.4 und 4.1.1 auf die Steigleitung durchgeschaltet und nach Absinken des Volumenstromes auf 0 m³n/h durch Schließen der 461AHA und nachfolgendes Deaktivieren des FIC4-13 wieder abgesperrt. Danach sind die Armaturen 441AVA und 432AVH zu öffnen und der Füllstand im Grubensumpf zu kontrollieren. Steigt der Füllstand im Grubensumpf nicht weiter an, ist die Steigleitung entleert.

7.3 Kondensatorbehälter

Der Kondensatorbehälter ist primärseitig (Bündel) mit dem Hochdruckteil der Anlage und sekundärseitig (Behälter) mit dem Niederdruckteil verbunden. Das **Bündel** wird mit den Armaturen 223AVH und 224AVH **gefüllt**. Dazu sind die Armatur 519AKH und die Entlüftungsarmaturen 234AVH und 235AVH zu öffnen sowie die 306AVH, 223AVH und 224AVH zu schließen. Außerdem muss der Reparaturschalter der P05 entschert und eingeschaltet werden. Des Weiteren ist der Betriebsartenschalter am S19 in Stellung ‚Fern‘ zu schalten. Nun werden am PLS, Prozessleitbild: Kondensatorkreislauf, das Bedienfenster der P05 durch Betätigen des Pumpensymbols geöffnet und die Pumpe eingeschaltet. Unmittelbar danach muss mit der Armatur 313AVH die Druckerhöhung der P05 so eingestellt werden, dass sie ca. 0,3 MPa über dem Druck im Bündel liegt. Jetzt kann das Bündel durch Öffnen der Armaturen 223AVH und 224AVH gefüllt werden bis die Nadelsonde LIS⁺2-01 Wasser signalisiert. Ist der Füllvorgang abgeschlossen, sind die P05 am PLS abzuschalten sowie die Armaturen 223AVH, 224AVH, 234AVH, 235AVH und 519AKH zu schließen.

Die **Entleerung des Bündels** kann nur mit der Kondensatorpumpe in den Kesselkreislauf erfolgen. Dazu ist das Bündel durch Öffnen der Armaturen 234AVH und 235AVH zu belüften. Außerdem sind die Nadelsonden LIS⁺2-01 und LISZ⁺2-02 zu aktivieren und die Armatur 200AVA zu öffnen. Danach wird die Kühlwasserpumpe P11 von Hand eingeschaltet (Abschnitt 3.3.2) und die P03 in Betrieb genommen (Abschnitt 3.11). Nun kann mit dem Regler FIC2-03 im Handbetrieb die Armatur 202RVA vorsichtig schrittweise geöffnet werden bis die Nadelsonde LISZ⁺2-02 kein Wasser mehr anzeigt. Dabei wird die P03 automatisch abgeschaltet (Trockenlaufschutz). Nach Entleerung des Bündels sind der FIC2-03 abzuschalten, die Armaturen 234AVH und 235AVH zu schließen sowie die P11 außer Betrieb zu nehmen.

Das **Füllen des Kondensatorbehälters** erfolgt mit der Auffüllpumpe P05. Für diese Prozedur sind die Armaturen 519AKH, 304RVA und 306AVH zu öffnen sowie die 223AVH, 224AVH und 313AVH zu schließen. Danach wird der Regelkreis FIC3-01

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

aktiviert und auf ‚Hand‘ geschaltet (Abschnitt 4.2.2). Nun sind der Reparaturschalter der P05 einzuschalten und am S19 der Betriebsartenschalter auf ‚Fern‘ zu stellen. Nach diesen Maßnahmen wird die Regelarmatur 310RVA durch Eingeben der Handstellgröße „100“ im Reglerleitbild FIC3-01 vollständig geöffnet. Bei einem Öffnungsgrad über 10% startet die Auffüllpumpe automatisch. Der Füllstand im W02 ist im PLS anhand der Messstelle LIC3-06 zu überwachen. Wird der erforderliche Wert erreicht, ist der FIC3-01 auf ‚Aus‘ zu schalten. Dabei schließt die Armatur 310RVA vollständig. Beim Unterschreiten eines Öffnungsgrades der 310RVA von 3% schaltet die P05 automatisch ab. Danach sind der Reparaturschalter der P05 abzuschalten und zu sichern sowie am S19 der Betriebsartenschalter auf ‚AUS‘ zu stellen. Außerdem sind die 519AKH und die 306AVH zu schließen.

Zum **Entleeren des W02** wird die Entleerungspumpe P06 eingesetzt. Für diesen Vorgang sind der Reparaturschalter der P06 zu entschleunern und einzuschalten sowie am S19 der Betriebsartenschalter auf ‚Fern‘ zu stellen. Ferner müssen der Regelkreis LIC3-06 am PLS aktiviert und in die Betriebsart ‚Hand‘ geschaltet werden. Danach sind die Armaturen 315AVH, 304RVA, 301AVA und 302AVH zu öffnen sowie die 316AVH zu schließen. Nun wird im Reglerleitbild des LIC3-06 die Regelarmatur 307RVA durch Eingabe einer Handstellgröße von „100“ vollständig geöffnet. Dabei startet die P06 bei Überschreitung eines Öffnungsgrades der 307RVA von 10% automatisch. Der sinkende Füllstand im Kondensatorbehälter ist anhand der Messstelle LIC3-06 zu überwachen. Wird der erforderliche Wert erreicht, ist der Regler LIC3-06 auf ‚Aus‘ zu schalten. Dabei wird die Armatur 307RVA vollständig geschlossen und die Entleerungspumpe schaltet beim Unterschreiten eines Öffnungsgrades der 307RVA von 5% automatisch ab. Nach der Entleerung des W02 sind der Reparaturschalter der P06 abzuschalten und zu sichern sowie am S19 der Betriebsartenschalter in Stellung ‚Aus‘ zu stellen. Ferner sind die Armaturen 315AVH und 301AVA zu schließen.

Die Steuerung der Entleerungspumpe P06 und der Auffüllpumpe P05 kann auch direkt mit den jeweiligen Bedienfeldern vom PLS aus erfolgen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Taste ‚Ein‘ auf dem Bedienfeld nur aktiviert wird (schwarze Schrift), wenn die entsprechenden Regelkreise abgeschaltet sind. Zum Einschalten der P05 muss der FIC3-01 ausgeschaltet sein bzw. für die Bedienung der P06 der Regelkreis LIC3-06 in der Betriebsart ‚Aus‘ stehen. Das Ausschalten beider Pumpen ist über die Bedienfelder generell möglich.

7.4 Ablase- und Kühlsystem

Das **Füllen des Abblasetanks** und des Zwischenkühlkreislaufes wird von der Wasseraufbereitungsanlage aus durchgeführt und ist im Abschnitt 2.6.2 ausführlich beschrieben. Ebenso ist das Medium aus dem **B03** und dem Zwischenkühlkreislauf in die Deionatvorrattanks gemäß Abschnitt 2.6.3 zu **entleeren**. Ist die Kapazität der B07A – C ausgeschöpft, kann das verbleibende Wasser in den W02 bzw. in die Dampftrommel (Verriegelungen der P02 beachten!) gepumpt werden oder muss in die Kanalisation abgelassen werden. Hierbei ist jedoch vorher die Abteilung KEL vom VKTA (Tel. 2289) zu informieren. Das Entleeren des B03 darf nur bei abgeschaltetem und gesichertem Reparaturschalter der P07 erfolgen.

Der Hauptkühlkreislauf und der Kreislauf zur Versorgung der technologischen Kühlstellen sind aus Frostschutzgründen mit einem Glykol/Wasser-Gemisch gefüllt. Muss das Kühlsystem vollständig oder teilweise **entleert** werden, ist vorab die Zwischen-

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					



speicherung oder Entsorgung des Kühlmediums zu organisieren. Es sind grundsätzlich nur die Bereiche zu entleeren, in denen Reparaturarbeiten geplant sind. Die Leitungen zu den einzelnen Verbrauchern sind mit den Armaturen 504AVH, 652AVH, 615AVH, 649AVH, 650AVH und 625AVH sowie 520AVH, 629AVH, 616AVH, 651AVH, 626AVH absperrbar. Vor dem Entleeren ist der Ausgleichsbehälter B06 mit der Armatur 609AVH abzusperrern. Danach müssen die entsprechenden Entleerungsarmaturen:

- 604AVH (Kühlwasserleitung zu den Kühltürmen),
- 627AVH und 654AVH (P08),
- 655AVH (P11) und
- 617AVH (W03)

je nach Entsorgungspfad mittels Schläuchen mit Behältern oder mit der Raum-entwässerung verbunden und geöffnet werden. Nun ist das Kühlsystem an den Kühltürmen durch Demontage eines automatischen Entlüfters an den Armaturen 605 – 608AHH zu belüften. Müssen die Kühltürme entleert werden, kann dies durch Öffnen der 4 Blindstopfen unterhalb der Austrittssammler an den 4 Sektionen erfolgen. Nach Entleerung des Kühlsystems ist der Ausgangszustand wieder herzustellen. Der Ausgleichsbehälter muss jedoch abgesperrt bleiben.

Zum **Füllen** des Hauptkühlkreislaufs und des Kreislaufs zur Versorgung der technologischen Kühlstellen sind zuerst die Entleerungsarmaturen zu schließen und zu prüfen, ob alle automatischen Entlüfter ordnungsgemäß montiert sind. Danach müssen die Absperrklappen 611AKH – 614AKH, 641AKH – 644AKH, 601AKH, 602AKA, 603AKH und 628AVH geöffnet werden. Nun wird zwischen der zum Füllen benutzten mobilen Pumpe (Glykolbehälter) und der Entleerungsarmatur 617AVH eine Schlauchverbindung installiert sowie die 617AVH geöffnet. Jetzt kann die vorgegebene Menge Glykol (Frostschutz) in das Rohrleitungssystem gepumpt werden. Ist die Durchflussmenge zu gering, muss eventuell ein automatischer Entlüfter an den Eintrittssammlern der Kühltürme demontiert werden, der jedoch nach dieser Maßnahme wieder zu montieren ist. Außerdem ist das Ventil 617AVH zu schließen.

Nach diesen Schalthandlungen wird das Ventil 706AVH (Trinkwasseranschluss) mittels einer Schlauchverbindung mit dem Ventil 617AVH verbunden sowie das 706AVH und danach das 617AVH geöffnet. Damit wird das Kühlsystem mit Trinkwasser aufgefüllt und der Druck auf ca. 0,5 MPa erhöht. Ist dieser Druck erreicht (PI6-108 bzw. PI6-111), muss die 617AVH und danach die 706AVH geschlossen werden. Nach dem Füllen ist das gesamte System auf Leckagen zu kontrollieren. Im Anschluss daran können die Verbraucher und der Ausgleichsbehälter durch Öffnen der entsprechenden Armaturen wieder mit dem System verbunden werden. Zur Durchmischung des Glykol-Wasser-Gemisches ist die P08 und die P11 von Hand einzuschalten. Dabei muss die Druckerhöhung der Pumpen überwacht werden, um einen Kavitationsbetrieb zu verhindern. Eventuell im System eingeschlossene Luft wird über die automatischen Entlüfter an den Kühltürmen abgetrennt.

Wird bei der jährlichen Kontrolle des Frostschutzes im Kühlsystem festgestellt, dass die Glykolkonzentration zu gering ist, muss **Glykol nachgefüllt** werden. Dazu ist der Ausgleichsbehälter abzusperrern und über eine Entleerung der Druck im System auf Atmosphärendruck zu verringern. Im Anschluss daran ist das System zu belüften, indem ein automatischer Entlüfter an den Kühltürmen demontiert wird. Nun muss die Menge Kühlmedium über eine Entleerungsarmatur abgelassen werden, die durch Glykol ersetzt werden soll. Außerdem ist der automatische Entlüfter wieder zu

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

montieren. Danach ist, wie beim Füllen bereits beschrieben, die notwendige Menge Glykol durch das Ventil 617AVH in den Kreislauf zu pumpen.

Nun wird der Druck im Kreislauf entweder mit der Glykolpumpe oder durch Anschluss des Trinkwassersystems wieder auf ca. 0,5 MPa (PI6-108 bzw. PI6-111) erhöht. Die weiteren Schaltheandlungen sind mit den Maßnahmen nach dem Füllen identisch und wurden bereits im vorigen Absatz beschrieben.

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

8. Abbildungsverzeichnis:

Abb. 2.1:	Prinzipielles Schema der Versuchsanlage TOPFLOW	8
Abb. 2.2:	Elektrokessel	9
Abb. 2.3:	Separator	9
Abb. 2.4:	Wärmetauscher W01	10
Abb. 2.5:	Umwälzpumpe	10
Abb. 2.6:	Kesselspeisepumpe	10
Abb. 2.7:	Probenahmekühler	11
Abb. 2.8:	Vertikale Teststrecken	12
Abb. 2.9:	Teststreckenkreislauf mit variabler Gaseinspeisung	13
Abb. 2.10:	Einspeisemodul mit variabler Gaseinspeisung	13
Abb. 2.11:	Dampftrommel	14
Abb. 2.12:	Teststreckenpumpe	14
Abb. 2.13:	Kondensatorbehälter	15
Abb. 2.14:	Kondensatorpumpe	16
Abb. 2.15:	Auffüllpumpe	16
Abb. 2.16:	Entleerungspumpe	17
Abb. 2.17:	Plattenwärmetauscher	18
Abb. 2.18:	Druckausgleichsbehälter	18
Abb. 2.19:	Kühltürme	19
Abb. 2.20:	Druckluftregelstation	19
Abb. 2.21:	Deionat-Vorratsbehälter	20
Abb. 2.22:	Mischbettfilterpatronen	21
Abb. 2.23:	Struktur und Kommunikation des Prozessleitsystems mit den Anlagenkomponenten	26
Abb. 2.24:	Information über den Zustand des Interbusses	27
Abb. 2.25:	Tastenlayout im PLS	27
Abb. 2.26:	Startparameter	28
Abb. 2.27:	Absperrarmatur	28
Abb. 2.28:	Regelarmatur	28
Abb. 2.29:	Pumpe ohne Frequenzumrichter	29
Abb. 2.30:	Pumpe mit Frequenzumrichter	29
Abb. 2.31:	Bedienung von Regelkreisen	30
Abb. 2.32:	Echtzeittrend	31
Abb. 2.33:	Konfigurationsfenster für die Trenddarstellung	32
Abb. 2.34:	Alarmprotokoll	32
Abb. 2.35:	Konfigurationsfenster des Alarmdruckers	33
Abb. 2.36:	Differenzdruckmessung im Kesselkreislauf	34
Abb. 2.37:	Energiebilanz	34

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

Abb. 3.1:	Steuerung des Kühlsystems	38
Abb. 3.2:	Reglerleitbild PIC5-02	41
Abb. 3.3:	Reglerleitbild LICZ1-02	42
Abb. 3.4:	Steuerung der P01	42
Abb. 3.5:	Grenzwert zur Auslösung des Kavitationsalarms.....	43
Abb. 3.6:	Reglerleitbild PIC1-06	44
Abb. 3.7:	Reglerleitbild TIC1-29	44
Abb. 3.8:	Startparameter für den Elektrokesselbetrieb.....	46
Abb. 3.9:	Bedienfenster der P04	49
Abb. 3.10:	Reglerleitbild FIC4-01	50
Abb. 3.11:	Reglerleitbild FIC4-05	50
Abb. 3.12:	Bedienfenster der P03	53
Abb. 3.13:	Reglerleitbild FIC2-03	54
Abb. 3.14:	Reglerleitbild LIC3-06	55
Abb. 3.15:	Reglerleitbild PIC3-01	55
Abb. 4.1:	Reglerleitbild PIC4-04	58
Abb. 4.2:	Reglerleitbild FIC4-02	59
Abb. 4.3:	Druckluftregelstation	60
Abb. 4.4:	Bedienung E-Kessel	62
Abb. 4.5:	Reglerleitbild LIC4-01	63
Abb. 4.6:	Reglerleitbild FIC4-02	70
Abb. 4.7:	Reglerleitbild FIC3-01	72

9. Tabellenverzeichnis:

Tabelle 2.1	Mit INTERBUS-S vernetzte Stationen der Versuchsanlage.....	25
Tabelle 2.2	Auflistung der im internen TCP/IP Netzwerk verbundenen Stationen ...	26
Tabelle 2.3	Funktionstasten zur Bedienung der Prozessleitbilder	27
Tabelle 3.1	Beschreibung der Signalanlage auf der Warte	36
Tabelle 3.2	Armaturenstellungen im Druckluftsystem.....	40
Tabelle 3.3	Temperaturgradienten der Versuchsanlage TOPFLOW.....	48
Tabelle 6.1	Zuordnung der Heizrohre im Elektrokessel zu den 3 Phasen	81
Tabelle 6.2	Armaturenzustand Druckprobe	83

Rev./ Datum	0 – 16.06.03	1 – 11.07.03	2 – 30.06.04	3 -	4 -	5 -	6 -
Erstellt:	M. Beyer	M. Beyer	M. Beyer				
Geprüft:	Dr. S. Lenk	Topflow-Team					

	Freigegeben wenn:	Quelle
D01	P01 ist in Betrieb	Hardware
	Rohrtemperaturüberwachungen (24x Einzelrohrüberwachung am Wasseraustritt des Elektrokessels mit je 2 Thermoelementen) haben nicht ausgelöst: $t < 350^{\circ}\text{C}$, $\Delta t < 35\text{K}$	Hardware
	der Strömungswächter FZ 1-03 über dem Kessel hat nicht angesprochen (elekt. Auswertung) $> 28 \text{ m}^3/\text{h}$	Hardware
	Differenzdrucküberwachung zwischen Kesseleintritt und -austritt (PDIZ1-03 $> 1,0 \text{ MPa}$) hat nicht angesprochen (elektr. Auswertung)	Hardware
	der Druckbegrenzer nach Kessel (PIZ1-02 $< 7,5 \text{ MPa}$) hat nicht angesprochen	Hardware
	der Druckbegrenzer vor Kessel (PIZ1-03 $< 9,0 \text{ MPa}$) hat nicht angesprochen	Hardware
	der Sicherheitsdruckwächter (PIZ1-04 $< 7,55 \text{ MPa}$) hat nicht angesprochen	Hardware
	der Sicherheitsdruckbegrenzer (PIZ1-05 $< 7,8 \text{ MPa}$) hat nicht angesprochen	Hardware
	der Separatorfüllstand LICZ1-02 ist größer als der Mindestwert (Wassermangelsicherung): $> 0,35\text{m}$	Hardware
	Separatorfüllstand LICZ1-02 ist kleiner als der Maximalwert (Überspeisungsschutz): $< 1,21\text{m}$	Hardware
	die Türkontakte 1 - 4 (GZ1-01) am Elektrokessel sind geschlossen (Schutz vor direkter Berührung)	Hardware
	Not-Aus wurde nicht betätigt (S01, S17, außen)	Hardware
	Wasserqualität ist in Ordnung (manuelle Kontrolle)	
	die Temperatur im Abblasetank TS ⁺ 5-08 ist kleiner als der zul. Maximalwert (Überwachung nach DIN 3440) $< 80^{\circ}\text{C}$	Hardware
	der Trafo wurde nicht manuell ausgeschalten	Hardware
	die Öltemperatur des Trafos ist kleiner als der zul. Maximalwert $< 85^{\circ}\text{C}$	Hardware
	der Buchholzschutz am Trafo hat nicht angesprochen	Hardware
	die Wicklungstemperatur des Transformators ist geringer als der zul. Maximalwert $< 100^{\circ}\text{C}$	Hardware
	Überstrom und Kurzschlusschutz des Transformators haben nicht angesprochen	Hardware
	die Ölpumpe des Trafos ist in Betrieb	Hardware
	der Öldruckwächter für den Lastschalter hat nicht angesprochen	Hardware
	der Öldurchflusswächter im Transformatorölkreislauf hat angesprochen	Hardware
	Ölstand im Ausdehnungsgefäß $> \text{Min.}$ bzw. $< \text{Max.}$	Hardware
	Öldruck im Leistungsschalter $< \text{Max.}$	Hardware
der Motorschutz des Stufenschalters (Lastschalter) hat nicht ausgelöst	Hardware	
der Kühlwasserdurchflusswächter FS 6-02 hat nicht angesprochen	Hardware	
Blockheizkraftwerk am FSR ist betriebsbetreit	Hardware	

	Freigegeben wenn:	Quelle
P01	P02 ist in Betrieb	Hardware
	P11 ist in Betrieb	Software
	Reparaturschalter eingeschaltet	Software
	P01 nicht gestört	Software
	Not-Aus nicht angesprochen	Software
	Betriebsartenschalter am S04 auf 'Auto'	Software
	Füllstand im Separator LICZ1-02 ist größer als der Mindestwert: 0,35m	Hardware
	der Austrittsdruck an der Pumpe PIZ1-03 ist kleiner als der zul. Druck des Pumpengehäuses < 9 MPa	Hardware
	Pumpe ist nicht in Kavitation (Kavitationsalarm nicht ausgelöst)	PLS
	Trockenlaufschutz Separator nicht angesprochen (Modul FZJ)	Hardware
	Gleitringlagertemperaturüberwachung TIS ⁺ 1-101 < 100°C nicht angesprochen	Software
	P02	Wärmetauscherpumpe P07 ist in Betrieb
P11 ist in Betrieb		Software
P02 Reparaturschalter eingeschaltet		Software
Hauptschalter am S05 eingeschaltet		Hardware
P02 nicht gestört		Software
Füllstand Separator LICZ1-02 ist kleiner als der Maximalwert: 1,21m		Hardware
Motortemperaturwächter TS ⁺ 5-09 / TS ⁺ 5-10 haben nicht angesprochen		Hardware
Füllstand Abblasetank LIAS±5-01 > 1,2 m		PLS
PI5-02 < 8,5 MPa (Auslösung, wenn länger als 10s überschritten)		Software
P03	P11 eingeschaltet	Software
	Reparaturschalter eingeschaltet	Software
	Betriebsartenschalter am S19 in Stellung 'Fern'	Software
	Reglerfreigabe aktiviert	Hardware
	P03 keine Störung vom Motor oder FU	Software
	Füllstand im W02 LIC3-06 > 0,2 m	Software
	Gleitringlagertemperaturüberwachung TIS ⁺ 2-103 < 100°C	Software
	Sonde LISZ2-02 nicht angesprochen (Trockenlaufschutz vom W02)	Software
P04	P11 eingeschaltet	Software
	Reparaturschalter eingeschaltet	Software
	Betriebsartenschalter am S21 in Stellung 'Fern'	Software
	Relerfreigabe aktiviert	Hardware
	P04 keine Störung am Motor oder FU	Software
	Gleitringlagertemperaturüberwachung TIS ⁺ 4-120 < 100°C	Software
	LIC4-01 > 0,3 m (Trockenlaufschutz)	Software

P05	keine Störung am Motor	Software
	Reparaturschalter eingeschaltet	Software
	Betriebsartenschalter am S19 in Stellung 'Fern'	Software
	Füllstand B03 LIAS±5-01 > 0,5 m	Software
	Füllstand W02 LIC3-06 < 2,9 m	Software
	Regelkreis FIC3-01 freigegeben	Software
	Regelkreis FIC3-01 ausgeschaltet + 'Ein' im Bedienfenster	Software
	Offnungsgrad 310RVA > 10%	Software
P06	keine Störung am Motor	Software
	Reparaturschalter eingeschaltet	Software
	Betriebsartenschalter am S19 in Stellung 'Fern'	Software
	Füllstand W02 LIC3-06 > 0,5 m	Software
	Füllstand B03 LIAS±5-01 < 2,7 m	Software
	Regelkreis LIC3-06 freigegeben	Software
	Regelkreis LIC3-06 ausgeschaltet + 'Ein' im Bedienfenster	Software
	Offnungsgrad 307RVA > 10%	Software
P07	Reparaturschalter eingeschaltet	Software
	Füllstand B03 LIAS±5-01 > 1,2 m	PLS
	Kühlsystem betriebsbereit (siehe TIC6-01) und gestartet	Software
	Temperatur hinter W03 TIS+5-02 < 70°C	PLS
P08	Reparaturschalter eingeschaltet	Software
	Kühlsystem betriebsbereit (siehe TIC6-01) und gestartet	Software
	TIC6-01 größer als 25°C (nur Startbedingung)	Software
P09	Füllstand in den Deionattanks > 0,6 m bzw. < 4,8 m	Hardware
P11	Reparaturschalter eingeschaltet	Software
	Kühlsystem betriebsbereit (siehe TIC6-01) und gestartet	Software
P12	Trockenlaufschutz nicht angesprochen	Hardware
	Hauptschalter am S12 eingeschaltet	Hardware
	Füllstand Deionattank B07/B kleiner als 4,8 m	Hardware

	Freigegeben wenn:	Quelle
alle AVA	Antrieb in Betriebsart 'Fern', Antrieb ungestört, Antrieb im Stillstand	Software
alle RVA	Antrieb in Betriebsart 'Fern', Antrieb ungestört	Software
101RVA	-	
103RVA	-	
104RVA	-	
200AVA	-	
201AVA	-	
202RVA	-	
203RVA	-	
205AVA öffnen	Druckregelung Dampftrommel PIC4-04A außer Betrieb, PIC1-06 - PIC4-04 < 0,5 bar, PIC1-06 < PIC4-04	PLS
205AVA schließen	-	
211AHA	-	
231AVA	-	
301AVA	-	
304RVA	-	
307RVA	-	
310RVA	-	
314RVA	-	
404AHA	-	
405RVA	-	
406RVA	-	
407RVA	-	
410RVA	-	
412RVA	Zuspeisen über 412RVA in B02 nur möglich, wenn: P04 > 50% i.B., 405RVA, 406RVA und 407RVA geschlossen oder TI4-109 < 100°C	PLS
413RVA	-	
415AHA	-	
416AVA	-	
417AVA	-	
421RVA	-	
422RVA	-	
427AVA	-	
428AHA	-	
440AVA	-	
441AVA	-	
442AVA	-	
443AVA	-	
444AHA	-	
460AHA	-	
461AHA	-	
470AHA	-	

471AVM	-	
472AVM	-	
473AVM	-	
474AVM	-	
475AVM	-	
480AVM	-	
481AVM	-	
490AVA	-	
491AVA	-	
492AVA	-	
493AVA	-	
500AVA	-	
508RVA	-	
602AKA	-	

	Freigegeben wenn:	Quelle
LICZ1-02 Aus	-	
LICZ1-02 Hand	-	
LICZ1-02 Auto	-	
PIC1-06 Aus	-	
PIC1-06 Hand	-	
PIC1-06 Automatik	-	
TIC1-29 Aus	-	
TIC1-29 Hand	PIC1-06 ausgeschaltet	PLS
TIC1-29 Automatik	PIC1-06 ausgeschaltet	PLS
FIC2-02 Aus	211AHA nicht in Bewegung	PLS
FIC2-02 Hand	211AHA nicht in Bewegung	PLS
FIC2-02 Automatk	211AHA nicht in Bewegung	PLS
FIC2-03 Aus	211AHA nicht in Bewegung	PLS
FIC2-03 Hand	211AHA nicht in Bewegung	PLS
FIC2-03 Automatik	211AHA nicht in Bewegung	PLS
PIC3-01 Aus	-	
PIC3-01 Hand	-	
PIC3-01 Automatik	-	
FIC3-01 Aus	-	
FIC3-01 Hand	-	
FIC3-01 Automatik	-	
LIC3-06 Aus	-	
LIC3-06 Hand	-	
LIC3-06 Automatik	-	
LIC4-01 Aus		PLS
LIC4-01 Hand	Zuspeisen über 412RVA in B02 nur möglich, wenn: P04 > 50% i.B. und 405RVA, 406RVA und 407RVA geschlossen; oder TI4-109 < 100°C	PLS
LIC4-01 Automatik		PLS
FIC4-01 Aus	415AHA nicht in Bewegung	PLS
	416AVA nicht in Bewegung	PLS
	417AVA nicht in Bewegung	PLS
FIC4-01 Hand	415AHA nicht in Bewegung	PLS
	416AVA nicht in Bewegung	PLS
	417AVA nicht in Bewegung	PLS
FIC4-01 Automatik	415AHA nicht in Bewegung	PLS
	416AVA nicht in Bewegung	PLS
	417AVA nicht in Bewegung	PLS
FIC4-02 Aus	415AHA nicht in Bewegung	PLS
	416AVA nicht in Bewegung	PLS
	417AVA nicht in Bewegung	PLS

FIC4-02 Hand	415AHA nicht in Bewegung	PLS
	416AVA nicht in Bewegung	PLS
	417AVA nicht in Bewegung	PLS
FIC4-02 Automatik	415AHA nicht in Bewegung	PLS
	416AVA nicht in Bewegung	PLS
	417AVA nicht in Bewegung	PLS
FIC4-03 Aus	415AHA nicht in Bewegung	PLS
	416AVA nicht in Bewegung	PLS
	417AVA nicht in Bewegung	PLS
FIC4-03 Hand	415AHA nicht in Bewegung	PLS
	416AVA nicht in Bewegung	PLS
	417AVA nicht in Bewegung	PLS
FIC4-03 Automatik	415AHA nicht in Bewegung	PLS
	416AVA nicht in Bewegung	PLS
	417AVA nicht in Bewegung	PLS
FIC4-05 Aus	428 AHA nicht in Bewegung	PLS
FIC4-05 Hand	428 AHA nicht in Bewegung	PLS
FIC4-05 Automatik	428 AHA nicht in Bewegung	PLS
PIC4-04 Aus	Handstellgröße des Regelkreises gleich 0 (Regelventil 421RVA geschlossen)	PLS
PIC4-04 Hand	-	
PIC4-04 Automatik	205AVA geschlossen	PLS
TIC6-01 Ein	P07 und P11 am S06 auf „Fern“ geschaltet; P08 und Kühltürme am S17 auf „Fern“ gestellt; Die Reparaturschalter der Pumpen P07, P08, P11 und der Kühltürme sind entriegelt	Software
TIC6-01 Aus	Temperatur im B03 TIS5-04 < 48 °C; Elektrokessel außer Betrieb	Software

Kennzeichnung von Armaturen an der Versuchsanlage TOPFLOW

Die Armaturen werden mit einer Zahlen/Buchstabenkombination, bestehend aus einer dreistelligen Zahl sowie 2 bis 3 weiteren Buchstaben, charakterisiert.

1. Ziffer: Systemindex:

- 1 Elektrokesselkreislauf
- 2 Kondensatorsystem (primärseitig)
- 3 Kondensatorsystem (sekundärseitig), ND-Abblasesystem und Zwischenkühlkreislauf
- 4 Teststreckenkreislauf
- 5 Kühlung W01, Kesselspeisewasser
- 6 Hauptkühlkreislauf, Kreislauf zu Versorgung der technologischen Kühlstellen
- 7 Deionatsystem

Die 2. und 3. Ziffer: Index der Armatur im jeweiligen Kreislauf

1. Buchstabe: Funktion

- A Absperrarmatur
- R Regelarmatur
- S Sicherheitsventil
- Z Rückschlagklappe

2. Buchstabe: Ausführung

- V Ventil
- K Klappe
- H Kugelhahn

3. Buchstabe: Antriebsart

- H Hand
- A Antrieb (Elektromotor)
- M Magnetventil

Beispiele:

- 104RVA – Elektrokesselkreislauf, Armatur Nr. 4, Regelarmatur (Ventil mit Antrieb)
- 303ZK – Kondensatorsystem, Armatur Nr. 3, Rückschlagklappe

Kennzeichnung der Messwertaufnehmer

Die Kennzeichnung erfolgt mit 2 bis 3 Buchstaben und einer Zahlenkombination.

Die Buchstaben haben folgende Bedeutung:

1. Buchstabe

D	Dichte	Q	Leitfähigkeit
E	elektrische Signale (Spannung, Stromstärke, Leistung)	S	Geschwindigkeit
F	Massen- bzw. Volumenstrom	T	Temperatur
L	Füllstand	V	Viskosität
M	Feuchtigkeit	W	Gewicht
P	Druck		

2. und weitere Buchstaben

A	Alarmauslösung	R	Schreiber
C	Regler	S	Sicherheitsabschaltung
D	Differenz	+	Überwachung oberer Grenzwert
H	Hand	-	Überwachung unterer Grenzwert
I	Anzeige	Z	Begrenzer
P	Lage, Stellung		
Q	Menge		

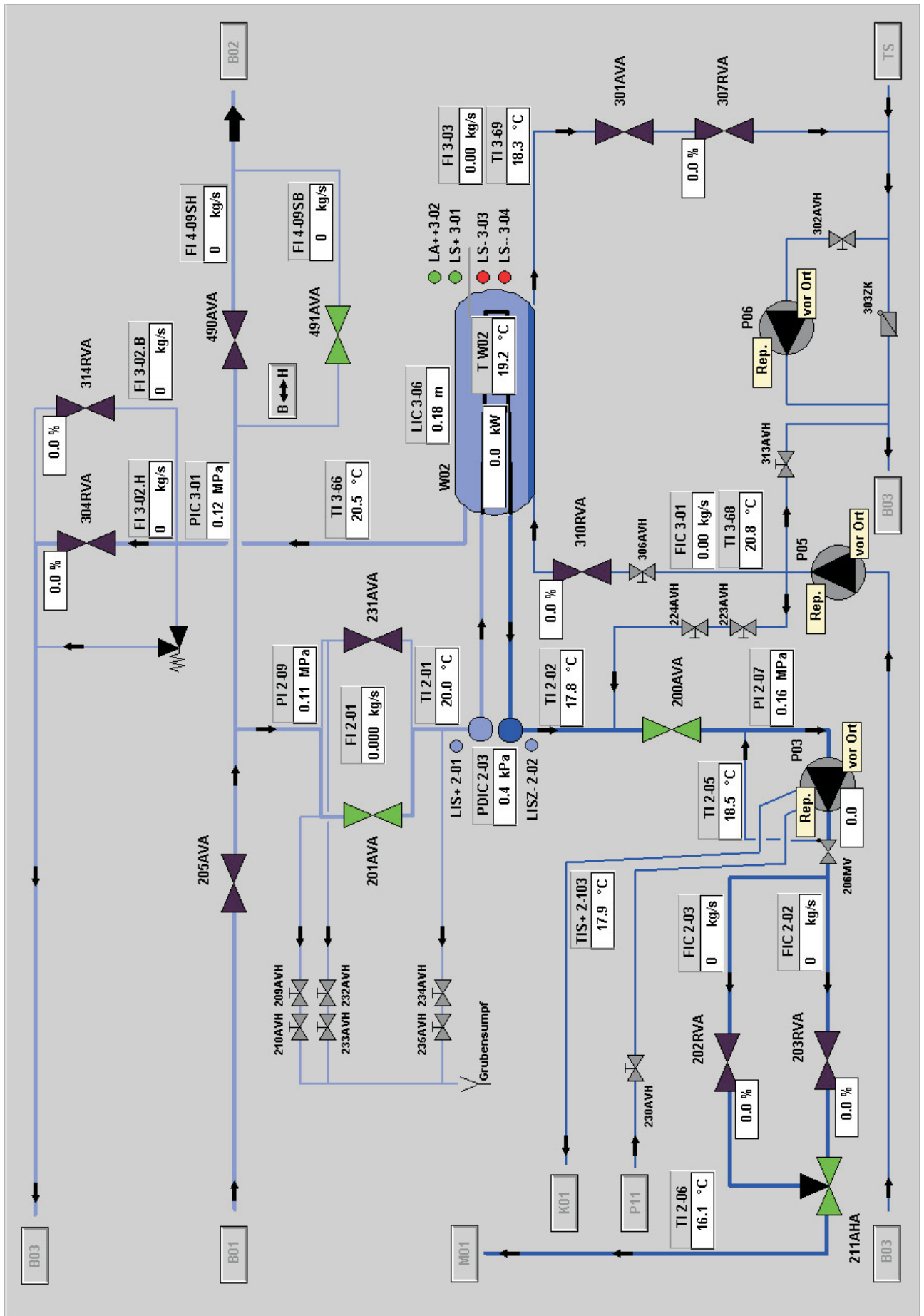
Die erste Ziffer in der Zahlenkombination spezifiziert den jeweiligen Kreislauf gemäß Ziffer 1 bei der Anlagenkennzeichnung.

Die 2. bzw. 3. Ziffer beschreibt den Messstellenindex.

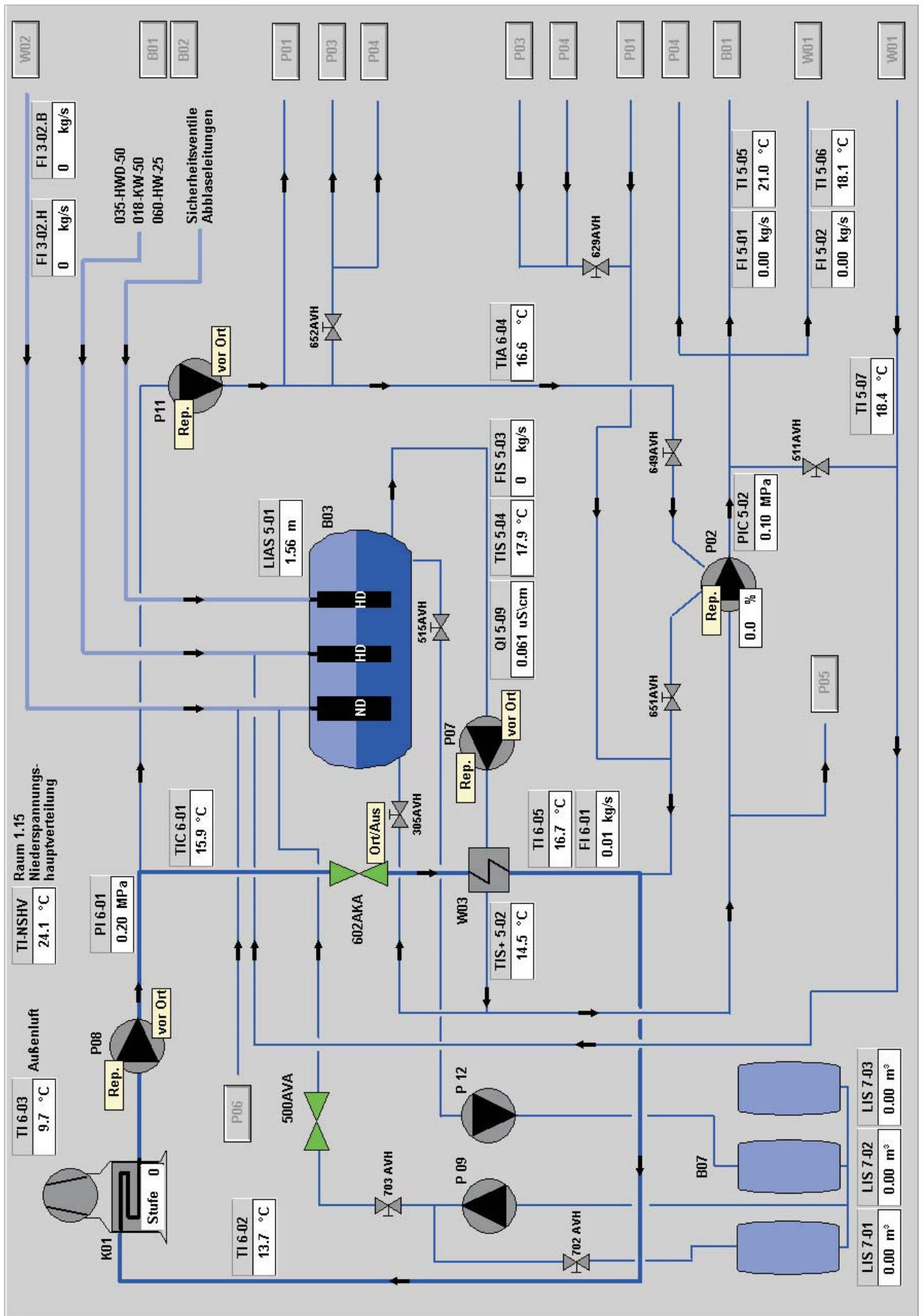
Beispiele:

- PDI 4-13: Druck, Differenz, Anzeige, Teststreckenkreislauf, 13. Messstelle;
- EIS⁺ 1-01: Spannung, Anzeige, Sicherheitsabschaltung bei Überschreitung des oberen Grenzwertes, Elektrokesselkreislauf, 1. Messstelle
- LICZ 1-02: Füllstand, Anzeige, Regler, Begrenzer, Elektrokesselkreislauf, 2. Messstelle
- LIAS \pm 5-01: Füllstand, Anzeige, Alarmauslösung, Sicherheitsabschaltung bei Überschreitung des oberen- und Unterschreitung des unteren Grenzwerts, Kühlkreislauf, 1. Messstelle

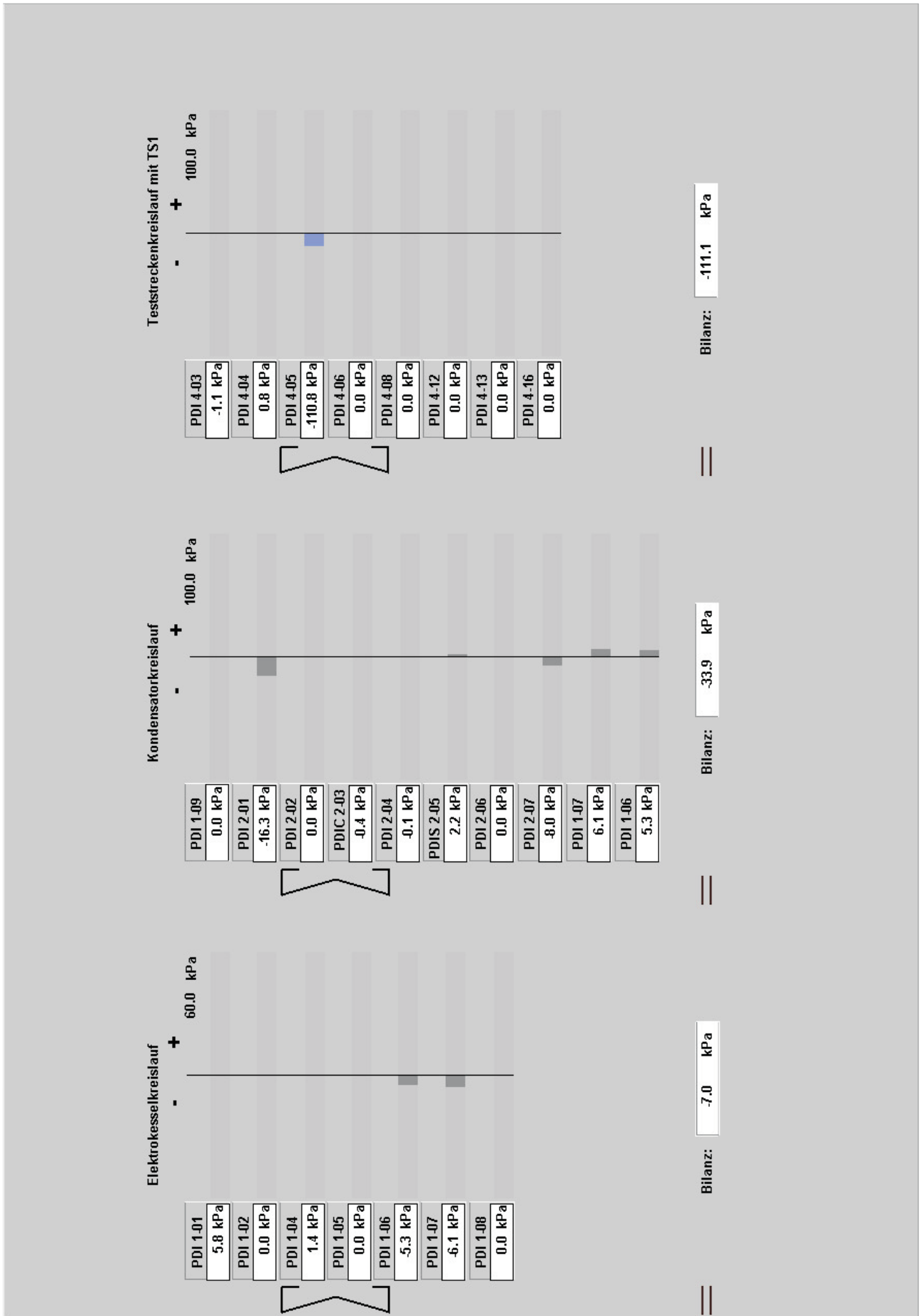
Kondensatorkreislauf



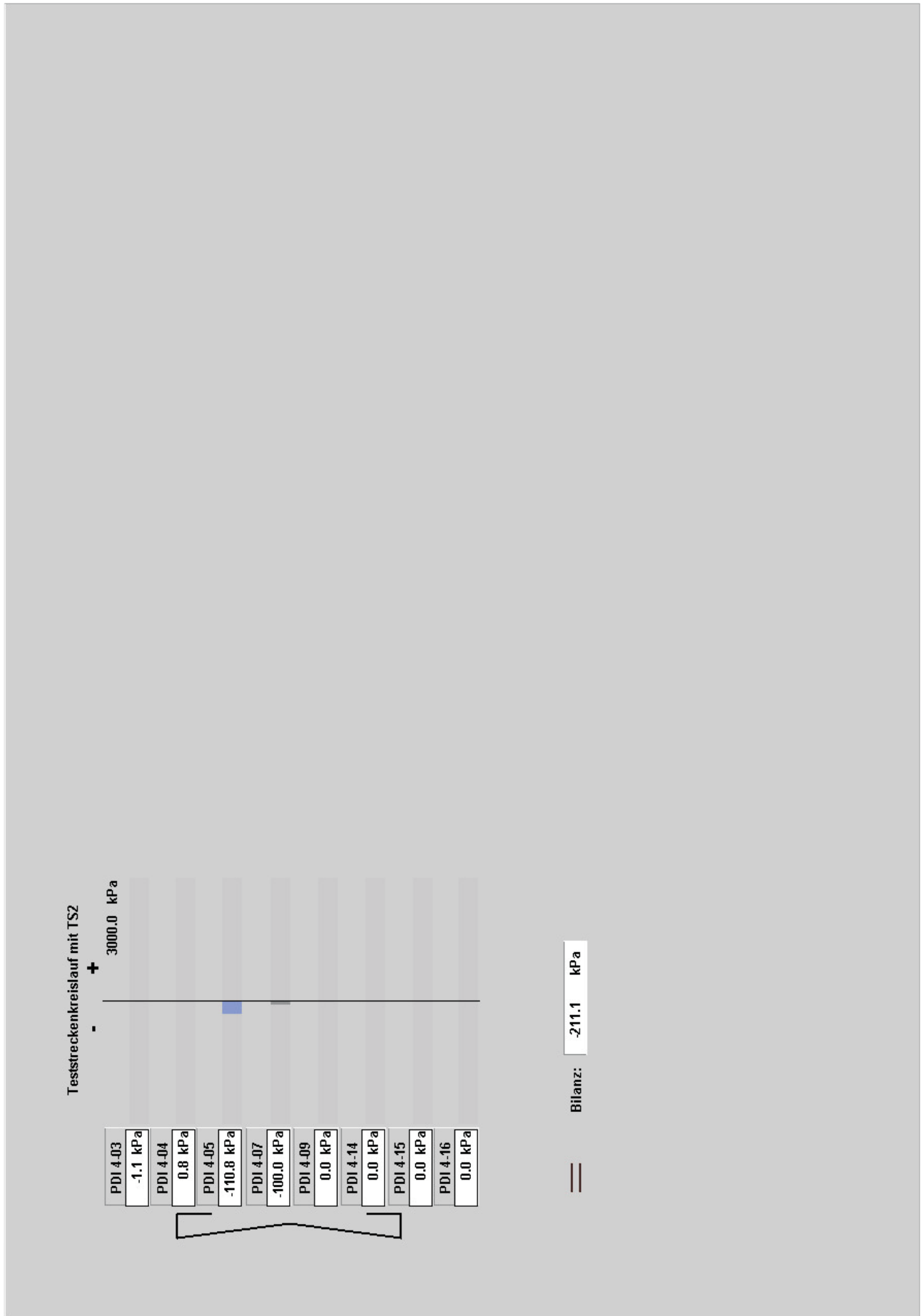
Kühlkreislauf



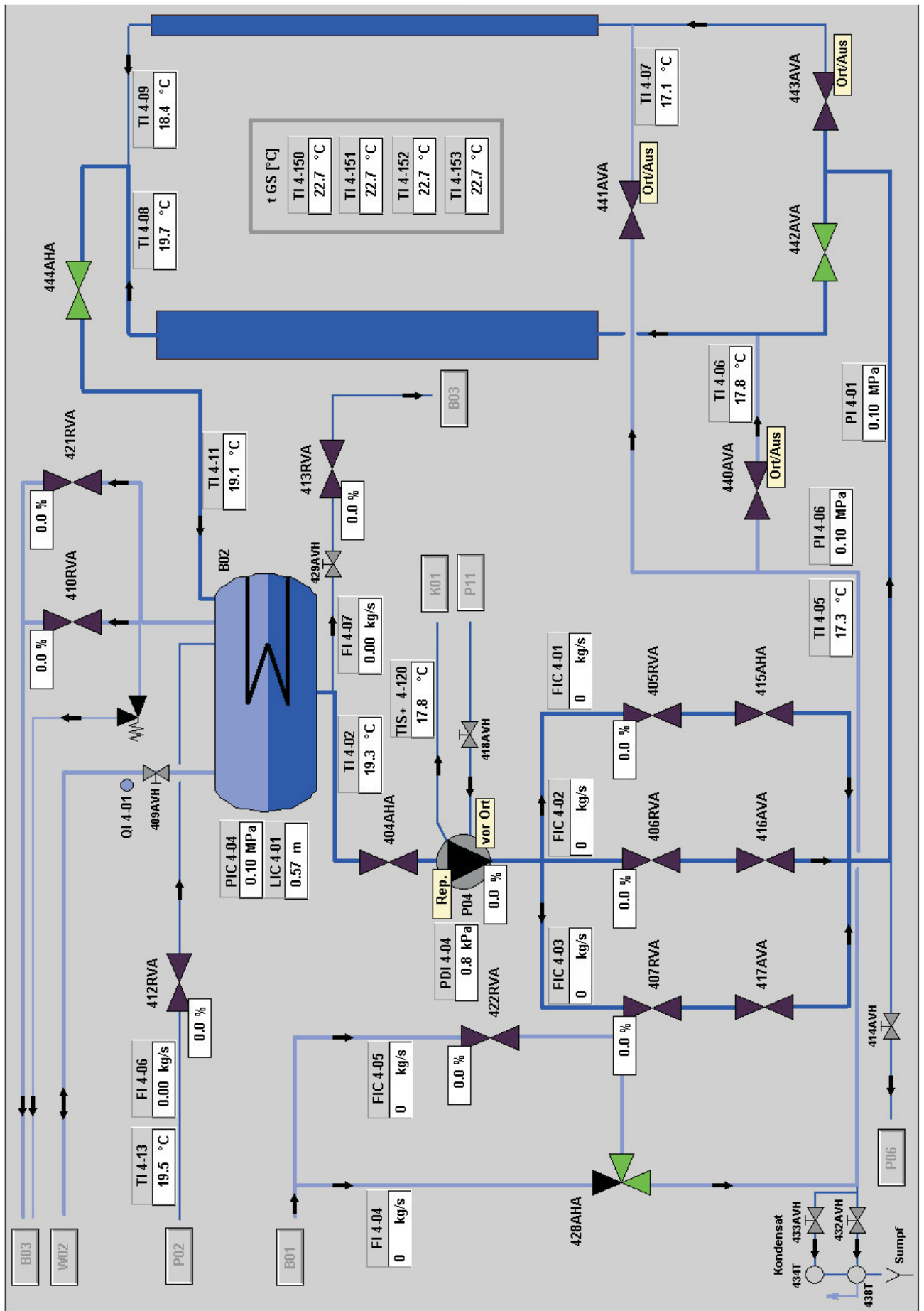
Differenzdruck Bild 1



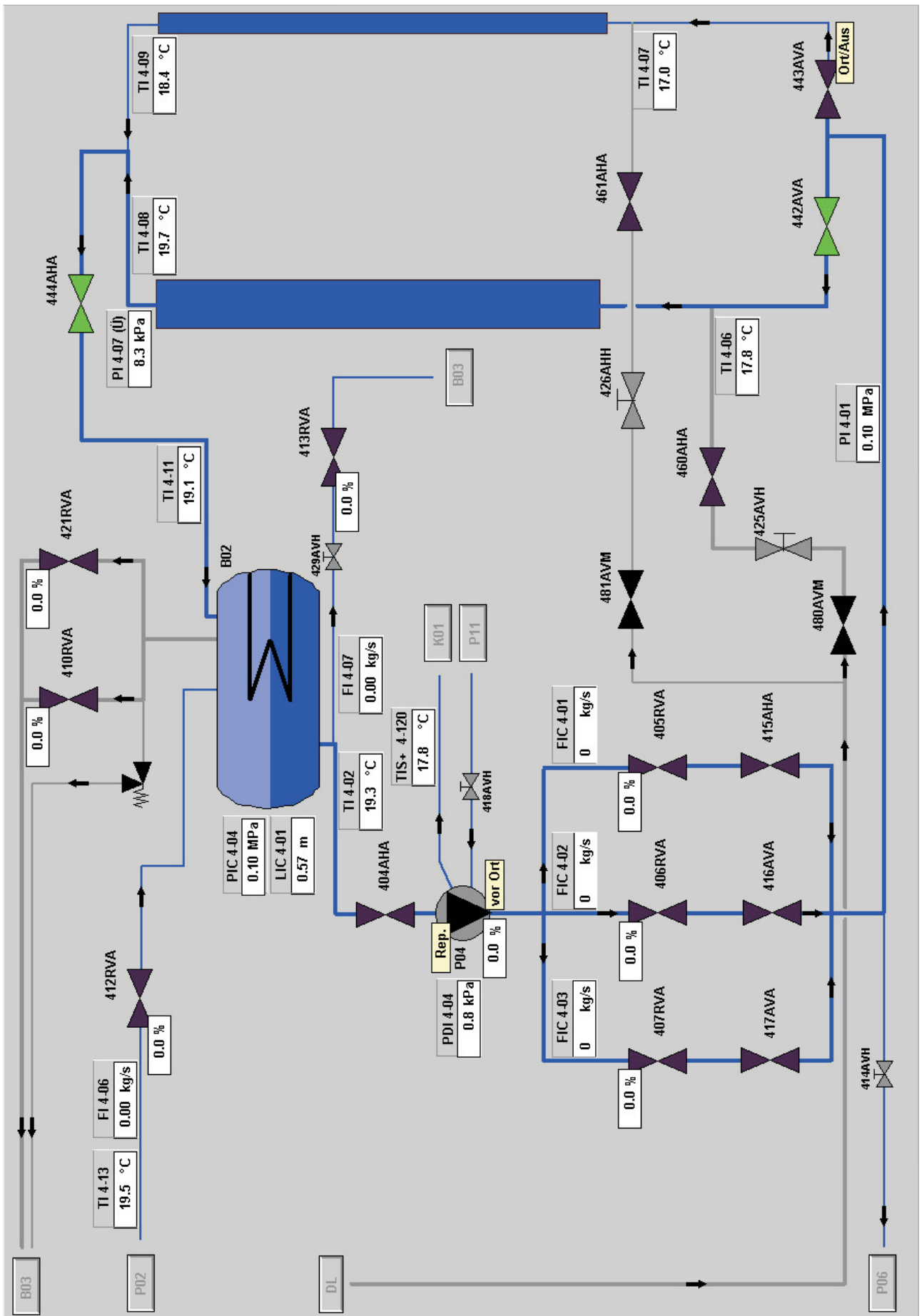
Differenzdruck Bild 2



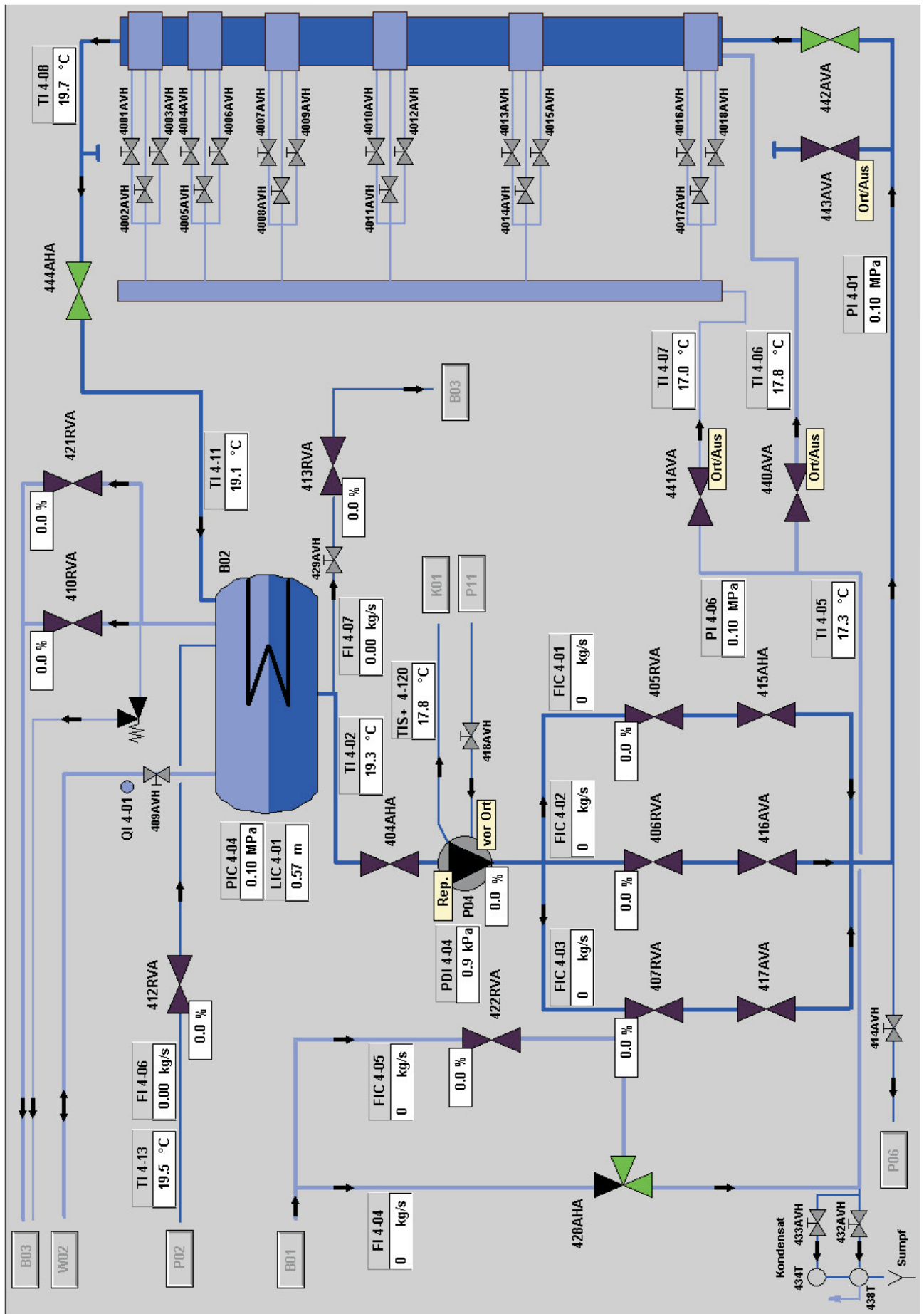
Teststreckenkreislauf Dampf-Wasser-Betrieb



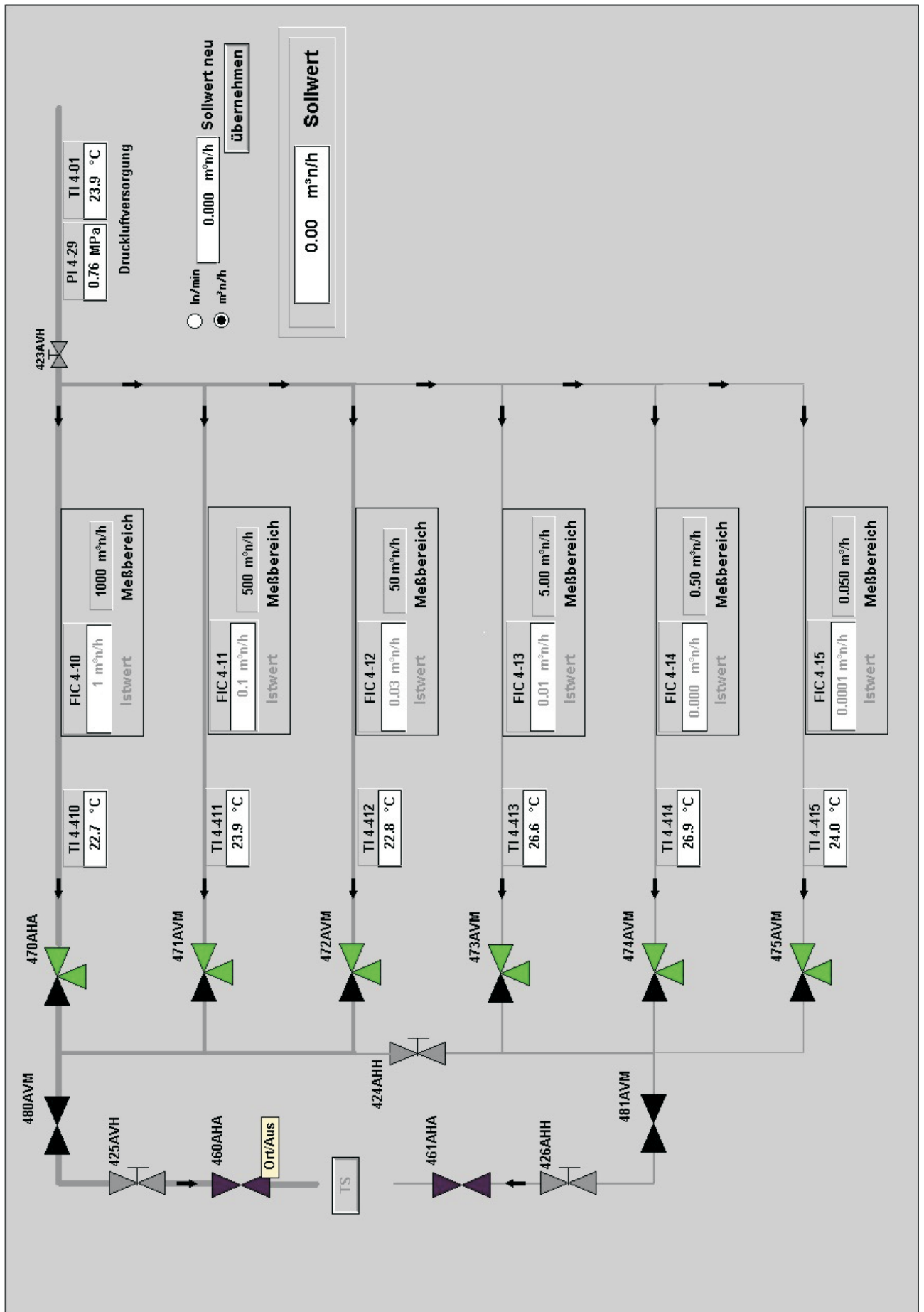
Teststreckenkreislauf Luft-Wasser-Betrieb



Variable Gaseinspeisung Dampf-Wasser-Betrieb



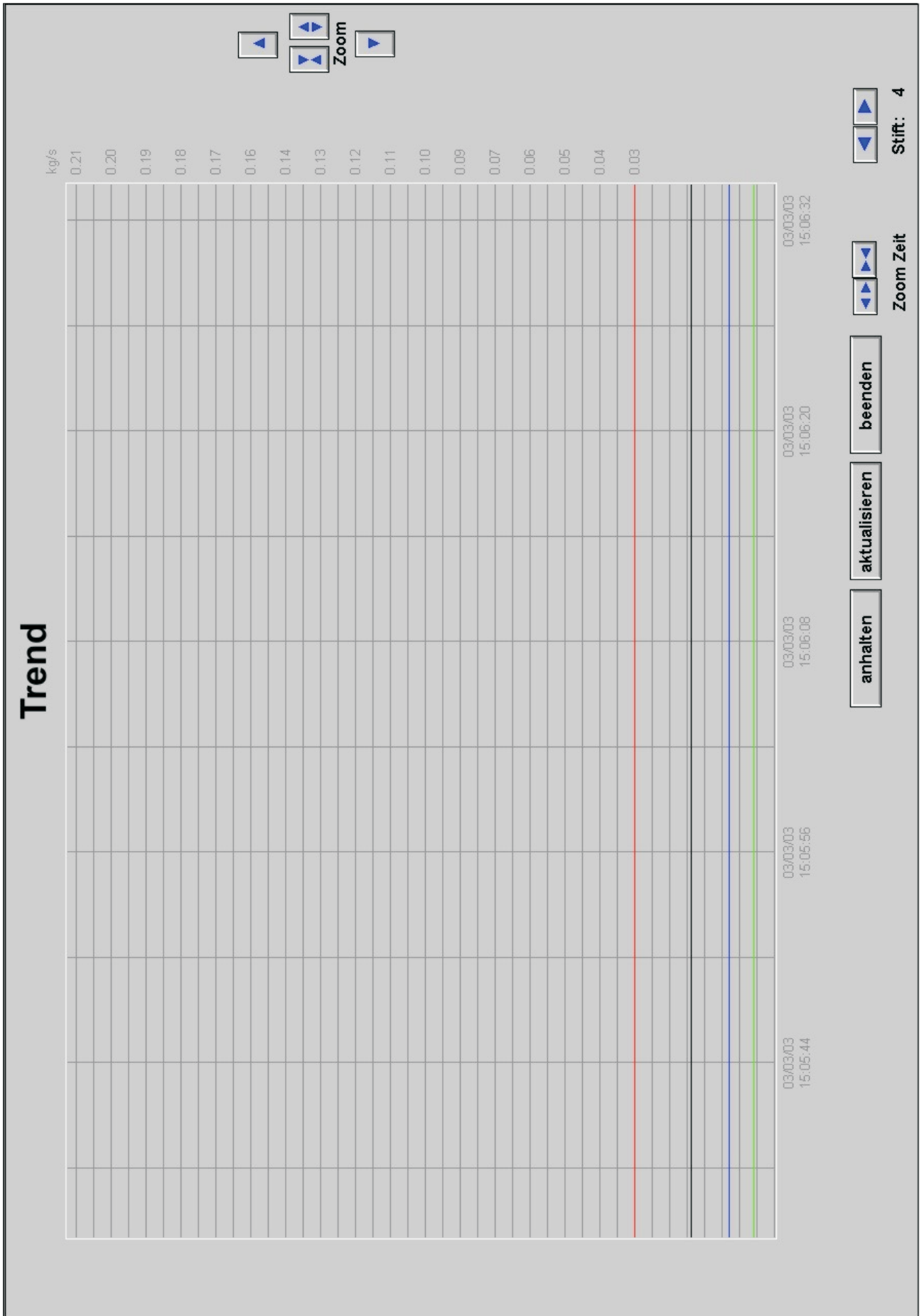
Druckluftsystem



Alarmprotokoll

Alarm					
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> alles quittieren </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> Alarmdrucker </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;"> Alarmliste schließen </div> </div>					
Datum	Zeit	Name	Kommentar	Grenzwert	Status
03/03/03	14:56:07	KUE_M_S	Pumpen Kühlung	nicht angelaufe	NQUIT
03/03/03	14:56:05	PICT_06_Y_fein	Stellgröße fein	0	NQUIT
03/03/03	14:56:02	DichteWPI3_01_1_Fe	Dichteberechnung Wasser W02	fehlerhaft	QUIT_GHT
03/03/03	14:56:00	LIC4_01_I	Füllstand Dampftrommel zu hoch	1.1	QUIT_GHT
03/03/03	14:56:00	LICZ1_02_I	Grenzwert verletzt	0.35	NQUIT
03/03/03	14:56:00	DichteWPI3_01_1_Fe	Dichteberechnung Wasser W02	fehlerhaft	NQUIT
03/03/03	14:55:58	LIC3_06_I	Füllstand Kondensator zu hoch	1.7	NQUIT
03/03/03	14:55:58	LIC4_01_I	Füllstand Dampftrommel zu hoch	1.1	NQUIT
03/03/03	14:55:58	LICZ1_02_I	Grenzwert verletzt	1.21	NQUIT
03/03/03	14:55:58	DL_PL3_RUN	RS_DL (S35) BUS	gestört	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	D01_S_WT90	Wicklungstemp. >max. (90°C)	überschritten	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	D01_W_BH	Warnung Buchholzschutz	angesprochen	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	P08_M_S	Kühlwasserpumpe P08	gestört	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	D01_W_OT	Öltemp. > 80°C	überschritten	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	LIAS5_01	Füllstand B03 außerhalb des Arbeitsbereiches	0	NQUIT
03/03/03	14:55:58	LIAS5_01	Füllstand B03 außerhalb des Arbeitsbereiches	1.1	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	D01_S_OP	Ölpumpe Trafo ausgelöst	ausgelöst	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	P07_M_S	Wärmetauscherpumpe P07	gestört	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	KUE_PL3_RUN	RS KUE (S17) BUS	gestört	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	D01_S_WT	Wicklungstemp. >100°C	überschritten	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	D01_STR_WT	Wicklungstemp. Trafo max.	überschritten	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	LS3_04	Füllstand unterer Abschaltwert W02	Unterschritten	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	OZ_STOER	Sammelstörung Sonden NOKO	normal	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	LS3_03	Füllstand unterer Grenzwert W02	Unterschritten	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	PLC_MODE_RUN	ISA.FC Programm	gestört	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	LS3_02	Füllstand oberer Grenzwert W02	überschritten	NQUIT
03/03/03	14:55:58	LA3_02	Füllstand oberer Abschaltwert W02	überschritten	NQUIT
03/03/03	14:55:58	D01_W_OM	Ölstand Min/max.	überschritten	QUIT_GHT
03/03/03	14:55:58	LS3_01	Füllstand oberer Grenzwert W02	überschritten	NQUIT
03/03/03	14:55:58	KO_PL3_RUN	RS KO (S26) BUS	gestört	QUIT_GHT

Trenddarstellung technologischer Parameter



Liste wichtiger Firmen und Ansprechpartner

Fachgebiet	Ansprechpartner	Firma	Telefon
Alarmzentrale		FZR	3333
E-Technik EMSR-Technik Messtechnik	Herr Stumpe Herr Fischer Herr Zimmermann	AMS	(034297) 76300 (034297) 76353 (0172) 3419677
EMSR-Technik PLS	Herr Lenk Herr Schulz	SAAS	(035206) 23871; (0172) 6435216 (0179) 2268161
Stahlbau Rohrleitungsbau	Herr Letzel Herr Keil	B&L	(06026) 9743-0; (0171) 5105011 (0171) 8952142
Stahlbau Rohrleitungsbau	Herr Paul Herr Bergmann	KSC	(035822) 304913 (0172) 3505114 (0172) 3701718
Energieversorgung	Meister Leitzentrale	Elyo BHKW	3514 3557
Abwasser	Herr Michel	FZR	2289
E-Technik	Herr Fiedler Herr Kugel Herr Schaller	FZR	3500; 3501; (0351) 4591725 3520; (035026) 90697 2520
Deionatsystem	Herr Mieth	Mieth	(0351) 8309728
E-Technik, Trafo	Herr Thiel	KSC	(035601) 819-0 (0172) 3199500
Planung	Herr Schäpe Herr Baier Herr Heckel	ERTECH	(035822) 4104; (0171) 8109441