



1.  $N_2$ -Regenerator
2.  $O_2$ -Regenerator
3.  $N_2$ -Gegenschränke warm fl. kalter fl.
4. Unterkühlungs-Gegenstr.
5. Rektifikator
7. Zusatz-Kondensator
8. Filter
9. Abscheider
10. Schalldämpfer
11. Expansions-turbine

**Zeichenerklärung:**

- Ventil  $\times$  Schieber
- Regulierung
- Drosselklappe
- Rückschlag-Ventil
- Autom. Ventil
- Sicherheits-Ventil
- Meßbüse
- Analyse u. Hyd. Mess.
- Elektr. Thermometer
- Manometer
- Dampfmanometer
- Thermometer

**Farbenerklärung:**

- Hochdruck-Luft 200 atü
- Niederdruck-Luft 4,5 atü
- Sauerstoff
- Sauerstoff von Drucksäule
- Anwärmung
- Stickstoff
- Stickstoff rein
- Stickstoff v. Drucksäule
- Helium

Uds. Nr.	Dat.	Name	Bezeichnung der Änderungen	Zeichn. Nr.
<b>Schema eines <math>O_2</math>-Apparates mit Regeneratoren u. Exp.-Turbine</b>				
gezeichnet	Dat.	Name	Aktiengesellschaft Sächsische Werke	Büro Zeichn. Nr. Bdg S IV 63
geprüft			BKW-Bö	Ersatzf. Skizze
gesehen				Ersetzt d. "

(M)

O<sub>2</sub> fl. Schnellabfl.

580

Betriebsvorschrift für die Luftzerlegungsapparate 1 u. 2  
der Sauerstoffanlage nach dem Linde-Fränkell - Verfahren.

1) Beschreibung des Apparates:

Der Apparat dient dazu, atmosphärische Luft in seine Hauptbestandteile Sauerstoff und Stickstoff zu zerlegen, wobei die Luft verflüssigt und beim Wiederverdampfen zerlegt wird. Anhand beiliegender Skizze BCG S. IV/63 soll seine Arbeitsweise näher beschrieben werden.

Die eintretende Niederdruckluft (ca. 4,5 atü) wird in den Regeneratoren I bzw. II und III bzw. IV an kalten Oberflächen auf ca. - 150 °C abgekühlt, wobei der in der Luft enthaltene Wasserdampf und die Kohlensäure ausfrieren und sich hier ablagern. Durch Eintauchung in flüssigen Sauerstoff (ca. 40%) der Drucksäule (6) wird die Luft auf Siedetemperatur bei dem entsprechenden Druck abgekühlt. Sie steigt dann durch Siebbleche der Säule nach oben und wird mit kälterem flüssigen Stickstoff berieselt, wobei ein grosser Teil der Luft verflüssigt wird und zu Boden fällt. Infolge des höheren Siedepunktes des Sauerstoffes wird der Sauerstoff der Luft fast restlos verflüssigt, so dass eine Sauerstoff-Anreicherung in der Flüssigkeit stattfindet.

Zur Deckung des Kälteverlustes des Apparates wird Hochdruckluft (200 atü), die in Gegenströmern (3,4) mittels kaltem Stickstoff auf ca. - 160 - 170 °C abgekühlt wird, in die Drucksäule entspannt. Hierbei verflüssigt sich ein Teil der Hochdruckluft durch den Thomson-Jouleschen Effekt, indem zur Entspannung eines Gases Wärme erforderlich ist, die dem Gas entzogen wird, so dass es sich abkühlt. Da im vorliegenden Fall das Gas schon sehr kalt ist, bewirkt die Entspannung eine Teilverflüssigung. Der flüssige Sauerstoff der Drucksäule wird über Steinfilter und einen Unterkühlungs-Gegenströmer (5) etwas oberhalb der Mitte der oberen Säule aufgegeben. In den Filtern wird ausgefrorenes Wasser (Eis-schnee) und hauptsächlich ausgefrorene Kohlensäure (Kohlensäure-schnee) zurückgehalten. Die Säuberung der Steinfilter wird durch Abschalten und Aufwärmen vorgenommen, wozu zwei Filter vorhanden sind und wechselweise in Betrieb genommen werden.

Oberhalb der Drucksäule steht die obere Säule, die kältetechnisch durch den Hauptkondensator miteinander verbunden sind. Infolge des geringeren Druckes der oberen Säule (ca. 0,5 atü) ist es möglich, durch den im Hauptkondensator befindlichen flüssigen Sauerstoff den unter höherem Druck stehenden Stickstoff der Drucksäule zu verflüssigen. Dieser läuft an den Kondensator-Röhren hinunter und wird teils in einer Fangschale aufgefangen und teils läuft er auf die Siebböden der Drucksäule. Der letztere Teil wird durch die hochströmende Luft wieder verdampft, wobei wegen des höheren Siedepunktes des Sauerstoffes der Sauerstoff der Luft verflüssigt wird und der gasförmige Stickstoff erneut hochsteigt. Auf diese Weise enthält der obere Teil der Drucksäule sehr reinen Stickstoff.

Der flüssige Stickstoff der Fangschale wird auf den Kopf der oberen Säule aufgegeben und rieselt auf deren Böden herab und wäscht so den flüssigen Sauerstoff, der in der Mitte der Drucksäule auf-

gegeben wurde, aus. Der Stickstoffanteil davon wird dabei verdampft. Der flüssige Sauerstoff sammelt sich im Hauptkondensator, wovon durch die Kälteabgabe an den Stickstoff der Drucksäule immer wieder ein Teil verdampft wird und aufwärts strömt. Die Dämpfe werden erneut verflüssigt, wobei vorwiegend der Sauerstoff wieder verflüssigt wird, so dass eine weitgehende Trennung des Sauerstoffes vom Stickstoff erreicht wird.

Der flüssige Sauerstoff fließt dann nach dem Zusatzkondensator (7) und gibt seine Verdampfungswärme an den gasförmigen und unter höherem Druck stehenden Stickstoff, der aus dem Kopf des Hauptkondensators drucksäulenseitig entnommen wurde, ab. Dieser wird hierbei verflüssigt und ebenfalls auf den Kopf der oberen Säule aufgegeben.

Ferner wird gasförmiger Stickstoff der Drucksäule nach Durchleitung durch den Hochdruck-Gegenströmer kalter Ast (4), indem Kälte an die Hochdruckluft abgegeben wird, in einer Turbine entspannt, wobei er sich erneut abkühlt. Ein Teil dieses Stickstoffes wird zur Abkühlung der Hochdruckluft im Gegenströmer warmer Ast (3) verwendet, der andere Teil mit dem gasförmigen Stickstoff der oberen Säule vereinigt und zur Kühlung der Regeneratoren verwandt.

Durch Einstellung eines bestimmten Druckes sauerstoffseitig im Zusatzkondensator bzw. Abscheider wird erreicht, dass hierin der Sauerstoff des Hauptkondensators nicht restlos verdampft wird, sondern ein kleiner Teil flüssig bleibt. In Azetylen-Abscheider (9) wird diese Flüssigkeit abgeschieden. Sie enthält in fester Form Azetylen, das bei dem Verflüssigungs-Vorgang ausgefallen ist. Durch Ablassen dieses Restes von flüssigem Sauerstoff wird so das Azetylen aus der Apparatur entfernt, was für die Betriebssicherheit der Anlage unerlässlich ist. Um an den Wänden anhaftendes Acetylen entfernen zu können, muss jedoch in gewissen Zeitabständen der Zusatzkondensator und Abscheider ausser Betrieb genommen und durch warme Luft oder Stickstoff aufgetaut werden, was während des Betriebes des Apparates geschehen kann.

Überhalb des Hauptkondensators kann auch eine kleine Menge gasförmiger Sauerstoff entnommen werden. Dieser und der gasförmige Sauerstoff aus dem Azetylen-Abscheider werden nach den Regeneratoren III bzw. IV geleitet und geben dort ihre Kälte an die darin befindlichen grossen Oberflächen ab. Von hier aus gelangt der Sauerstoff in die Ansaugleitung der Sauerstoffkompressoren.

Der gasförmige Stickstoff der oberen Säule wird durch den Unterkühlungs-Gegenströmer (5) und vereint mit dem Stickstoff aus der Entspannungsturbine durch die Stickstoff-Regeneratoren (I bzw. II) geleitet, wo er - genau wie der Sauerstoff - seine Kälte abgibt und sich fast bis auf Raumtemperatur erwärmt.

Die Sauerstoff- und Stickstoff-Regeneratoren werden periodisch ca. aller drei Minuten umgeschaltet indem einmal die Luft einfährt und sich abkühlt, wobei sich die Kühlflächen erwärmen, das andere Mal austretender Stickstoff bzw. Sauerstoff ihre Kälte an den Oberflächen abgeben. Die Steuerung der Umschaltventile erfolgt durch eine elektrisch angetriebene Schaltmaschine mittels Pressluft (Niederdruckluft oder Hochdruckluft der 1. Stufe).

Infolge des geringeren Druckes des Stickstoffes und Sauerstoffes nehmen diese beim Ausfahren das in den Regeneratoren aus der Luft zurückgehaltene Wasser und die Kohlensäure wieder heraus, so dass so sehr lange Betriebszeiten ohne Verstopfungen der Regeneratoren möglich sind.

Die Luft enthält ausser den genannten Teilen noch geringe Mengen von Helium, dessen Siedepunkt noch tiefer liegt als die kälteste Temperatur im Apparat. Es würde sich im Zusatzkondensator ansammeln und die Gleichgewichte stören, so dass es laufend abgeblasen werden muss.

TCG

*TCG*

**II. Bedienungsvorschrift für die Luftzerlegungs-  
Apparate 1 und 2 der Sauerstoffanlage  
(dazu Skizze BCG S IV 63).**

70573

Vormerkung: Die einzelnen Arbeitsgänge werden an Hand der in anliegendem Schema eingetragenen Armaturennummern und des Armaturenverzeichnisses beschrieben (BCG S IV 63).

A. Inbetriebnahme eines Apparates

a) Ausblasen des Apparates und der Ventilstellungen zum Kaltfahren

- 1.) Sämtliche Anwärmventile schliessen (im Schema hellblau angelegt).
- 2.) Ausblasventile an den Regeneratoren unten (35, 36, 40, 41) öffnen.  
Ausblasventile an der Drucksäule (31), dem Haupt- (21), Zusatzkondensator (54), Acetylenabscheider (45), der Niederdruckluftleitung zwischen Regenerator und Drucksäule (34), sowie Hochdruckgegenströmer warmer Ast (26 und 7) Hochdruckgegenströmer kalter Ast (25) öffnen.  
Ferner sind sämtliche Analysen- und Hampsonmeterhähnen aufzumachen.
- 3.) Das Ventil Niederdruckluft-Eintritt in Drucksäule (32) und der Umgang der Turbine (8) sind zu öffnen.
- 4.) Beide Hochdruckgegenströmer (warmer und kalter Ast) werden bei geschlossenem Hochdruck-Luft-Eintrittsventil vor Drucksäule (2) durch Öffnen des Ventiles 57 gut ausgeblasen und anschliessend die Ausblasventile 25 und 26 wieder geschlossen.
- 5.) Die Stickstoff- und Sauerstoffschieber hinter den Regeneratoren sind ins Freie zu stellen.
- 6.) Die Drosselklappe 55 in der Stickstoffleitung von oberer Säule nach Regeneratoren ganz öffnen.
- 7.) Folgende Ventile am Apparat schliessen:  
Flüssigkeit von der Drucksäule über Filter zur oberen Säule (3), Stickstoff flüssig von Fangschale Drucksäule nach Messgefäss obere Säule (4).  
Stickstoff flüssig vom Zusatzkondensator nach Messgefäss obere Säule (5).

Eingang Niederdruckluft in die Entspannungsturbine (9).  
Sauerstoff flüssig zwischen Haupt- und Zusatzkondensator (19). Umgang ND-Luft vor der Drucksäule zur Turbine (30).

- 8.) Beide Flüssigkeitsfilter auf Durchgang stellen. Die Ein- und Austrittsventile öffnen (13, 14, 15, 16).
- 9.) Haupt-Niederdruckluftschieber zu dem Apparat pffnen.
- 10.) Beide Druckluftschieber zu den Stickstoff-Regeneratoren 1 und 2 langsam öffnen und N<sub>2</sub>-Regeneratoren und Drucksäule unter Druck setzen.
- 11.) Sämtliche Ausblasventile des Niederdruckluft-Teiles können, wenn die Ausblasluft trocken austritt, geschlossen werden.
- 12.) Über die Regulierventile (3, 4, 5) wird ein Teil der Niederdruck-Luft zur oberen Säule abreguliert, wobei der Reihe nach die dazugehörigen Leitungen trocken gebläsen werden. Nach dem Ausblasen der oberen Säule, des Zusatzkondensators und Acetylenabscheiders können auch die Ausblasventile dieser Gefäße und sämtliche Proben- und Hampsonmeterhähnchen geschlossen werden.  
Durch kurzzeitiges Öffnen des Ventiles 28 auch den Stickstoffteil des HD-Luftgegenströmers - warmer Ast - ausblasen (7).
- 13.) Niederdruckluftschieber der Sauerstoff-Regeneratoren kurz öffnen und Regeneratoren ausblasen. Dann Ausblasventile der Sauerstoff-Regeneratoren (40, 41) wieder schliessen. Die Lufteintritts-Schieber und das Ventil Niederdruckluft-Eintritt in Drucksäule (32) werden ebenfalls geschlossen.
- 14.) Das Drucksäulen-Umgehungs-Ventil (30) wird geöffnet.

b) Kaltfahren des Apparates:

- 15.) Turbine nach Sondervorschrift in Betrieb nehmen.
- 16.) Motor der Schaltmaschine einschalten und mit Ventil 11 Niederdruckluft als Steuerluft auf Maschine geben.
- 17.) Die Schaltungsperioden der Stickstoff-Regeneratoren überprüfen, Umgangs-Ventil der Turbine (8) schliessen, dann Eintrittsventil zur Turbine (9) langsam bis auf 2 atü öffnen. Nach Überprüfung, ob an der Turbine alles in Ordnung ist, das Eingangsventil (9) ganz aufdrehen.
- 18.) Sämtliche Zusatzdüsen der Turbine öffnen, dabei auf maximale Stromabgabe achten.
- 19.) Zum allmählichen Kaltfahren des Hochdruckgegenströmers, warmer Ast, das Eintrittsventil stickstoffseitig (28) ganz öffnen und mit dem Ventil 6 die N<sub>2</sub>-Menge auf maximal 20 m<sup>3</sup>/h einregulieren.
- 20.) Gegebenenfalls Ammoniak-Kompressor anfahren und einen weiteren Vorkühler kalt stellen.
- 21.) Nach Verlauf von etwa 2 Std. ca. 200 m<sup>3</sup>/h Hochdruckluft durch Öffnen des Ventiles 2 in den Apparat fahren. Hochdruckluftmenge nach weiteren 1 - 2 Std. allmählich bis auf 450 m<sup>3</sup>/h steigern. Durch gleichzeitiges Erhöhen der Stickstoffmenge zu den Gegenströmern (6) die Temperatur

der Hochdruckluft vor dem Entspannungsventil rasch auf mindestens  $-150^{\circ}\text{C}$  bringen und halten (notfalls mit Ventil 2 die Temperatur nachregulieren), wobei die Temperatur der Hochdruckluft vor Eintritt in den Vorkühler nicht niedriger als  $+5^{\circ}\text{C}$  sein darf.

Die Temperatur des entspannten Gases hinter der Turbine soll nicht unter  $-170^{\circ}\text{C}$  kommen. Eine tiefere Temperatur ist unerwünscht, weil Schäden an der Turbine wegen Flüssigkeitsbildung auftreten können.

- 22.) Die in der Drucksäule zur Entspannung gebrachte HD-Luft (Ventil 2) wird durch Öffnen des Ventiles 4 zur oberen Säule und von da über die offene Drosselklappe 55 zu den  $\text{N}_2$ -Regeneratoren abreguliert.
- 23.) Die Temperatur in der Mitte und am unteren Ende der Regeneratoren laufend beobachten. Bei Ungleichheiten Schaltmaschine abstoppen. Eine längere Stoppzeit als 10 Sekunden ist unerwünscht.
- 24.) Dieser Betrieb wird so lange fortgesetzt, bis Flüssigkeit in der Drucksäule erscheint und auf ca. 20 cm gestiegen ist.
- 25.) Die weiter anfallende Flüssigkeit durch Öffnen des Sauerstoff-Regulier-Ventiles 3 durch Filter in die obere Säule entspannen. Der Flüssigkeitsstand von 20 cm in der Drucksäule muss jedoch gehalten werden.
- 26.) Ein Steinfilter abstellen, Ventile 13 und 14 oder 15 und 16 schliessen.
- 27.) Das Stickstoff-Regulier-Ventil 4 von Drucksäule nach Messgefäß der oberen Säule auf ca.  $\frac{1}{4}$  Gang drosseln.
- 28.) Durch vorsichtiges Schliessen der Drosselklappe (55) Druck der oberen Säule auf maximal 0,4 atü halten. Mit Kälterwerden der Regeneratoren nimmt Niederdruckluftmenge und damit auch der Druck in der oberen Säule langsam zu, so dass die Drosselklappe (55) laufend nachreguliert werden muss.
- 29.) Sobald Flüssigkeit im Hauptkondensator erscheint, muss diese über Ventil 21 restlos abgelassen und hiervon die erste Analyse auf Acetylen gemacht werden.
- 30.) Jetzt wird das Ventil 32, Eintritt Niederdruckluft in die untere Säule, langsam geöffnet und der Umgang der Drucksäule (30) vorsichtig geschlossen. Hierbei sind die Temperaturen am unteren Ende der  $\text{N}_2$ -Regeneratoren sorgfältig zu beobachten; sie sollen ca.  $-160^{\circ}$  betragen.
- 31.) Sobald die Flüssigkeit im Hauptkondensator erneut einen Stand von 20 - 30 cm erreicht hat, werden die Sauerstoff-Regeneratoren langsam kalt gefahren, indem Ventil 19 zwischen Haupt- und Zwischenkondensator sauerstoffseitig geöffnet wird. Vorher überzeugen, dass das Ventil 44 zwischen



Acetylenabscheider und Sauerstoff-Regenerator offen steht. Die Sauerstoffmenge darf maximal 25 % der eingefahrenen Niederdruckluftmenge betragen.

- 32.) Der erzeugte Sauerstoff ist auf seine Reinheit zu untersuchen. Beträgt dieser mindestens 95 %, so kann der Sauerstoff auf das Betriebsnetz umgestellt werden.
- 33.) Das Ventil flüssig Stickstoff Zusatzkondensator nach Messgefäß (5) etwas öffnen. Dabei überprüfen, ob das Hampsonmeter des Messgefäßes Durchgang anzeigt; Ventil (22) muss offen sein.
- 34.) Das Stickstoff-Regulier-Ventil (4) Fangschale der Drucksäule nach oberer Säule etwa auf 1/2 Gang öffnen.
- 35.) Wenn die Temperaturen in den Sauerstoff-Regeneratoren unten - 160 °C und in der Mitte ca. - 10 °C erreicht haben, die Niederdruckluft Eintritt Schieber in die Sauerstoff-Regeneratoren langsam öffnen und zwar so weit, dass die Temperaturen in der Mitte aller 4 Regeneratoren ungefähr gleich sind.
- 36.) Das Stickstoff-Regulier-Ventil (5) vom Zusatzkondensator nach oberer Säule so weit öffnen, dass der Flüssigkeitsstand im Zusatzkondensator konstant bleibt (ca. 15 cm hoch).
- 37.) Das Helium-Ventil vom Zusatzkondensator (17) ist etwas zu öffnen.
- 38.) Durch Betätigen der Drosselklappe 55 wird der Reinheitsgrad des Stickstoffes beeinflusst. Dieser soll 99 % betragen, wobei jedoch ein höherer Druck in der oberen Säule als 0,4 atü unzulässig ist. Ist der Stickstoff rein genug, wird er ins Netz gegeben.
- 39.) Die Sauerstoff-Abgabe ist mit zunehmendem Flüssigkeitsstand im Hauptkondensator langsam zu steigern. Darauf achten, dass zur Einregulierung der Temperatur in den O<sub>2</sub>-Regenerator auch die Niederdruckluftmenge gesteigert werden muss.
- 40.) Mit zunehmendem Flüssigkeitsstand im Hauptkondensator sind die Zusatzdüsen der Turbine allmählich abzuschalten. Reicht dies nicht aus, so kann der Druck vor der Turbine durch Drosseln von Ventil 9 reduziert werden.
- 41.) Das Stickstoff-Ventil 4 der Drucksäule so einregulieren, dass die Analyse des Stickstoffes der Drucksäule etwa 1 % O<sub>2</sub> ergibt.



### B. Der Betrieb des Apparates

- 1.) Die Temperaturen der 4 Regeneratoren sind in der Mitte gleich zu halten.  
Die Temperaturen der O<sub>2</sub>-Regeneratoren werden durch Erhöhen oder Erniedrigen der Niederdruckluft-Menge ausgeglichen. Die Temperaturen der Stickstoff-Regeneratoren werden durch Anhalten der Schaltmaschine ausgeglichen. Es wird gestoppt, wenn der kalte Regenerator unter Druck steht.
- 2.) Es ist dafür zu sorgen, dass im Acetylenabscheider laufend überschüssige Flüssigkeit (ca. 10 - 12 l/h) anfällt. Dies kann erreicht werden, indem durch Drosseln des Ventiles 44 hinter Acetylenabscheider der Druck im Abscheider gesteigert wird. Wenn zu viel Flüssigkeit in dem Abscheider anfällt, obwohl das Ventil 44 ganz auf ist, dann nachprüfen, ob der Flüssigkeitsstandanzeiger im Zusatzkondensator zu hoch steht. Überschüssige Menge mit Ventil 5 abregulieren. Ferner kann es daran liegen, dass die O<sub>2</sub>-Regeneratoren zu hohen Widerstand aufweisen, so dass auf diese Art und Weise der Druck im Abscheider zu hoch liegt.  
Ferner kann es daran liegen, dass sich der Zusatzkondensator verlegt hat und somit ein schlechter Kälteaustausch stattfindet.
- 3.) Die Widerstände der Regeneratoren sind aller 4 Stunden zu messen. Dies erfolgt beim Ausfahren von Stickstoff bzw. Sauerstoff, wobei besonders darauf zu achten ist, dass dies immer zu dem gleichen Zeitpunkt erfolgt.
- 4.) Das Filter für flüssig Sauerstoff von Drucksäule nach oberer Säule ist aller 3 bis 4 Tage zu wechseln. Bei Schaltstörungen ist sofort im Anschluss daran das Filter zu wechseln, da in diesem Falle grössere Kohlensäuremengen nach dem Filter gelangen.
- 5.) Mit Ventil 2 wird der Hochdruck-Luft-Druck gehalten. Mit Ventil 4 wird der Stickstoff der Drucksäule auf 1 % einreguliert. Öffnen ergibt schlechteren Stickstoff.  
Mit Ventil 3 wird die Flüssigkeit der Drucksäule auf ca. 20 cm gehalten.  
Mit Ventil 5 ist der flüssige Stickstoff im Zusatzkondensator auf ca. 5 cm einzuregulieren.  
Mit Ventil 9 wird die Kälteleistung der Turbine geregelt.  
Mit Ventil 19 wird die vom Hauptkondensator abgezogene flüssige Sauerstoffmenge, mit Ventil 1 die gasförmige Sauerstoffmenge reguliert.  
Mit Drosselklappe 55 Druck in der Säule auf ca. 0,35 atü einstellen. Der Druck richtet sich nach der Reinheit des Stickstoffes. Ein geringer Druck gibt unreinen Stickstoff.
- 6.) Sollte die Flüssigkeit im Hauptkondensator fallen, so ist

folgendes zu beachten:

1. Prüfen ob der Hochdruck-Luft-Druck mindestens 200 atü beträgt. Gegebenenfalls ist die Hochdruck-Luft-Menge zu steigern.
2. Prüfen ob die Kälteleistung der Turbine durch Öffnen des Ventiles 9 bzw. durch Zuschalten von Düsen zu steigern ist.
3. Prüfen ob der Hochdruck-Gegenströmer, kalter Ast, noch austauscht und die Temperatur der Hochdruck-Luft vor Regulierventil auf - 160 bis - 170 °C kommt. Gegebenenfalls ist der Hochdruckgegenströmer 5 anzuwärmen (siehe Sondervorschrift).

7.) Folgende Eintragungen sind neben den vorgedruckten Werten in das Protokollblatt vorzunehmen:

1. Die Flüssigkeit des Abscheiders ist jede Schicht einmal auf Acetylen (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) zu untersuchen. Ist der Gehalt sehr hoch, so müssen mindestens 2 Untersuchungen pro Schicht vorgenommen werden. Kontrollieren, ob der Luftansaugeturm gewechselt werden muss bzw. besonders viel flüssig Sauerstoff über den Acetylen-Abscheider ablassen.
2. Tägliche Schmierung der Schaltventile und Steuerzylinder durch Einschalten des Beschölers.
3. Entwässern oder Ausblasen der Wasserabscheider der ND-Luftleitung.
4. Einmalige Analyse je Schicht hinter den O<sub>2</sub>-Regeneratoren.

8.) Der Ammoniak-Vorkühler ist ca. alle 18 Stunden zu wechseln.

9.) Der Zusatz-Kondensator und der Acetylen-Abscheider werden wegen der Acetylen-Gefahr nach 4wöchiger Betriebszeit und der Zusatz-Kondensator-Acetylen-Abscheider sowie die O<sub>2</sub>-Regeneratoren nach weiteren 4 Wochen an einem Sonntag getaut.

10.) Die Druckgefäße sind für folgende amtliche Betriebsdrücke zugelassen:

1. N <sub>2</sub> -Ventilkästen	5,0 atü
2. N <sub>2</sub> -Regeneratorenbehälter	5,0 "
3. O <sub>2</sub> - " " "	5,0 "
4. Drucksäule und Kondensator	4,5 "
5. Zusatzkondensator	4,5 "
6. Filtertöpfe	4,5 "

11.) Nicht abnahmepflichtig sind:

1. obere Säule	0,5 atü
2. Acetylenabscheider	0,5 "

C. Störungen:

a) Gesamtstromausfall:

Abstellung:

- 1) Ventile 1, 19, 2, 3, 4, 5 und 9 schliessen.
- 2) Nachprüfen, ob Turbine mit ausgefallen, wenn nicht, dann ausschalten.
- 3)  $N_2$  und  $O_2$  ins Freie umstellen.
- 4) Lufteintritt der 4 Regeneratoren schliessen.
- 5) Unteren Hampsonmeterhahn vom Hauptkondensator und Drucksäule abstellen.

Anfahren:

- 1) Ammoniak-Kompressor in Betrieb nehmen.
- 2) Hochdruck-Luft-Kompressor in Betrieb nehmen, Vorkühler ausblasen.
- 3) Niederdruck-Luft-Kompressor in Betrieb nehmen.
- 4) Hochdruck-Luft durch Öffnen von Ventil 2 auf Apparat geben. Ventile 3 und 4 öffnen.
- 5) Niederdruckluft, Eintritt-Schieber, auf Stickstoff-Regeneratoren langsam öffnen.
- 6) Turbine anfahren und einregulieren (Ventil 9 auf).
- 7) Durch Öffnen von Ventil 19 Sauerstoff ausfahren.
- 8) Ventil 5 auf Betriebsstellung bringen.
- 9) Abgestellte Hampsonmeter wieder anstellen.
- 10) Niederdruckluft auf Sauerstoff-Regeneratoren geben.
- 11) Analysieren des Sauerstoffes und Stickstoffes, gegebenenfalls auf Netz schalten.

b) Ausfall des Hochdruck-Kompressors

- 1) Ventile 2 und 9 schliessen.
- 2) Turbine abstellen.
- 3) Durch Schliessen von Ventil 6 Hochdruck-Gegenströmer abstellen.
- 4) Der Apparat kann mehrere Stunden ohne Hochdruck-Luft in Betrieb bleiben.
- 5) Die Wiederinbetriebnahme erfolgt in der umgekehrten Reihenfolge.

c) Ausfall des Ammoniak-Kompressors

Es ist wie im Abschnitt b) zu verfahren.

d) Ausfall der Schaltmaschine

Aller 1 1/2 Minute von Hand schalten.

D. Abstellen und Anwärmen des Apparates

- 1.) Stickstoff und Sauerstoff ins Freie umstellen.
- 2.) Eintritt flüssig Sauerstoff nach Zusatzkondensator (19) und Stickstoff Eintritt Turbine (9) schliessen.
- 3.) Turbine abstellen.
- 4.) Niederdruck-Luft-Eintritt in die 4 Regeneratoren zudrehen; Schaltmaschine läuft weiter.
- 5.) Hochdruckluft (57) abstellen.
- 6.) Flüssigkeiten aus Filter (46, 51), Drucksäule (31), Hauptkondensator (21), Zusatzkondensator (54) und Acetylenabscheider (45) ablassen.
- 7.) Folgende Regulierventile zudrehen:  
Hochdruck-Luft-Eintritt Drucksäule (2) und Sauerstoff gasförmig vom Hauptkondensator nach Regenerator (1).
- 8.) ~~Nachstehende~~ Apparate - Anwärm- und Ausblasventile - öffnen bzw. kontrollieren, ob sie offen stehen:  
2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 31, 34, 35, 36, 40, 41, 44, 45, 46, 50, 51, 54, 56, 59, 60, 61. Drosselklappe 55 ebenfalls öffnen.  
Ferner sind sämtliche Hampsonmeter und alle Analysenventile zu öffnen.
- 9.) Die Stickstoff-Schalt-Ventile auf Regeneratoren zuschalten. Die Sauerstoff-Schalt-Ventile bleiben auf.
- 10.) Anwärmgas auf Apparat geben.  
Einmal erfolgt der Eintritt durch Ventil 29 nach obere Säule zum Hauptkondensator über Sauerstoffteil des Zusatzkondensators und zum Acetylenabscheider. Der Austritt findet durch Schnellablass 21, durch Abscheider-Entleerung Ventil 45 und durch O<sub>2</sub>-Regenerator statt. Das andere Mal tritt das Anwärmgas über Ventil 50 in den Zusatzkondensator stickstoffseitig ein und geht über Drucksäule (22) zu den Filtern und kalten und warmen Ast. Der Austritt erfolgt durch die Entleerung der Drucksäule (31), des Zusatzkondensators (54) und beider Filter (46 und 51), sowie Ausblas Turbine (10) und Ventil 7. Drittens erfolgt der Eintritt beim Ventil 56 zur Anwärmung des HD-Teiles. Der Austritt erfolgt an den Ventilen 25, 26 und 31.
- 11.) Die bereits erwärmten Teile abstellen, indem die jeweiligen Ausblasöffnungen geschlossen werden.
- 12.) Nach Erwärmung des gesamten Apparates werden die Stickstoff-Regeneratoren durch Öffnen der Schaltventile angewärmt.
- 13.) Die Regeneratoren, der warme und kalte Ast, können auch gesondert angewärmt werden.

- 14.) Die höchste Anwärmtemperatur im Apparat darf nicht mehr als 55° betragen.
- 15.) Nach dem Anwärmen ist der Apparat sorgfältig auszublasen.
- 16.) Durch Abdrücken mit Luft sind die einzelnen Apparate auf Undichtigkeiten zu untersuchen.
- 17.) Der Apparat ist wieder betriebsbereit.

#### E. Auftauen des Zusatzkondensators

- 1.) Der Zusatzkondensator und der Acetylenabscheider sind aller 4 Wochen anzuwärmen.
- 2.) Hierzu ist die Sauerstoffmenge auf ca. 1200 m<sup>3</sup> zu drosseln und Sauerstoff gasförmig über Ventil 1 bei geschlossenem Flüssigkeitsventil (19) abzugeben.
- 3.) Die Ventile 44, 5 und 22 sind zu schliessen.
- 4.) Die Anwärm- (50, 53) und Ausblasventile (45, 54, 58) sind zu öffnen.
- 5.) Anwärmung auf Kondensator geben. Es muss solange angewärmt werden, bis die Ventile 54, 58 und 45 abgetaut sind.
- 6.) Anwärmung schliessen, die Ventile 45, 50, 53 und 54 zudrehen.
- 7.) Die Ventile 44 und 22 ganz öffnen. Vor Inbetriebnahme des Zusatzkondensators empfiehlt es sich, das Ventil 19 kurz plötzlich ganz zu öffnen, um eventuelle Verstopfungen zu beseitigen, dann Ventil (15) auf 1/2 Umdrehung einstellen.
- 8.) Wenn flüssiger Stickstoff im Kondensator anfällt, diesen durch Ventil 5 nach oberer Säule abregulieren.
- 9.) Ventil 19 langsam öffnen und dafür Ventil 1 schliessen.
- 10.) Der Apparat kann wieder auf die gewünschte Leistung eingestellt werden.

#### F. Auftauen der Sauerstoff-Regeneratoren

- 1.) Die Sauerstoff-Regeneratoren sind nach 8 Wochen Betriebszeit an einem Sonntag anzuwärmen.
- 2.) Der Apparat ist hierzu abzustellen.
- 3.) N<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> ins Freie umstellen.

- 4.) Flüssigkeit des Acetylenabscheiders über Ventil 45 ablassen.
- 5.) Ventile 19 und 9 schliessen.
- 6.) Turbine abstellen.
- 7.) Lufteintrittschieber in die 4 Regeneratoren zudrehen.
- 8.) Hochdruckluft abstellen (Ventil 57 zu).
- 9.) Schaltmaschine weiter laufen lassen.
- 10.) Flüssigkeit des Zusatzkondensators über Ventil 54 ablassen.
- 11.) Ventile 44, 22 und 5 schliessen.
- 12.) Ventile 54 und 45 öffnen.
- 13.) Die Anwärmung über Ventile 50, 53 und 43 aufgeben.
- 14.) Wenn Ventile 54 und 45 abgetaut, diese und Ventil 50 schliessen und Ventil 44 öffnen.
- 15.) Nach Erreichung einer Austrittstemperatur von ca.  $+ 10^{\circ}$  hinter den Sauerstoff-Regeneratoren Auftauen beenden und Apparat wieder in Betrieb nehmen.
  
- 16.) Anwärmung abstellen; hierzu Ventile 43, 53 schliessen.
- 17.) Lufteintritt der Stickstoff-Regeneratoren öffnen.
- 18.) Turbine einschalten und Ventil 9 aufdrehen.
- 19.) Hochdruck-Luft durch Öffnen von Ventil 57 aufgeben.
- 20.) Menge wieder auf Betriebswert einregulieren.
- 21.) Ventil 19 langsam öffnen und Sauerstoffmenge auf ca.  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  steigern.
- 22.) Ventil 22 öffnen und anfallenden flüssigen Stickstoff über 5 abregulieren.
- 23.) Nach Erreichung einer Temperatur von ca.  $- 22^{\circ}$  in der Mitte der Sauerstoff-Regeneratoren, Niederdruckluft auf  $\text{O}_2$ -Regeneratoren geben.
- 24.) Der Apparat kann wieder auf die gewünschte Leistung eingestellt werden.

G. Auftauen der Hochdruck-Gegenströmer warmer und kalter Ast

- 1.) Hochdruck-Luft-Regelventil vor Drucksäule (2) und Hochdruck-Luft-Eingangsventil (57) schliessen.
- 2.) Turbinen-Eingangsventil (9) und Stickstoff nach warmen Ast (28) und nach Stickstoff-Vorkühler (6) absperren und Turbine abstellen.
- 3.) Ausblasventile, Hochdruckluftseitig Gegenströmer warmer Ast (26) und kalter Ast (25) und stickstoffseitig warmer Ast (7) öffnen.

- 4.) Anwärmventile 56, 27, 24 und 23 aufmachen.
- 5.) Ausblasventile dann schliessen, wenn warmes Anwärmgas austritt.
- 6.) Wenn überall warme Luft oder warmes Gas ausgetreten ist, ist das Anwärmen beendet.
- 7.) Beide Gegenströmer hochdruckseitig durch Öffnen von Ventil 57 unter Druck setzen.
- 8.) Zum Kaltfahren des Gegenströmers warmer Ast, Stickstoffventil 28 öffnen und mit Ventil 6 ca. 20 m<sup>3</sup>/h einregulieren.
- 9.) Turbine ohne Zuschaltdüsen in Betrieb nehmen und Stickstoff-Eintrittsventil an Turbine (9) öffnen.
- 10.) Nach Erreichung einer Stickstoff-Temperatur von Turbine von -120 °C etwas Hochdruck-Luft durch Öffnen des Regulierventiles 2 auf Drucksäule geben.
- 11.) Nach Erreichung einer Hochdruck-Luft-Temperatur vor Apparat von ca. -150 °C Hochdruck-Luft-Menge auf normale Höhe bringen. Dabei Turbinenleistung durch Öffnen der Zusatzdüsen auf Leistung bringen und Stickstoffmenge nach warmen Ast so erhöhen, dass die normale Betriebstemperatur der Hochdruckluft vor Eintritt Stickstoff-Gegenströmer + 5 °C erreicht.
- 12.) Falls während des Auitauens der Gegenströmer ein hoher Flüssigkeitsverlust eingetreten ist, kann bis zu 450 m<sup>3</sup>/h Hochdruck-Luft unter Erhöhung der Turbinen-Leistung auf den Apparat gegeben werden.

## H. Verschiedenes

- 1.) Sauerstoff ist der Träger einer jeden Verbrennung. In der vorliegenden Konzentration beschleunigt er alle Verbrennungsvorgänge derart, dass grösste Vorsicht am Platze ist. Deshalb müssen alle Teile, die mit Sauerstoff in Berührung kommen, ölfrei sein, z. B. Armaturen, Dichtungen, Packungen. Auch muss darauf geachtet werden, dass die Kleidung der Maschinisten nicht zu schmutzig ist, da diese in Sauerstoffhaltiger Atmosphäre sehr leicht entflammt.
- 2.) Die Wirkung des Sauerstoffes verstärkt sich unter Druck, d. h. die Reaktionen bei 20 Atmosphären gehen 20 Mal so schnell vor sich als bei Sauerstoff im atmosphären Zustand. Es genügen also bei unter Druck stehendem Sauerstoff geringste Zündquellen, um normales Eisen zum Abbrennen zu bringen. Deshalb muss besonders auf Unrichtigkeiten bei Sauerstoff-Druckleitungen geachtet werden (Flanschen, Packungen usw.).
- 3.) Bei der Erzeugung des Sauerstoffes nach dem vorliegenden Verfahren fällt auch Flüssiger Sauerstoff und Stickstoff an. Infolge der tiefen Temperatur dieser Flüssigkeiten besteht bei Berührung die Gefahr schwerer Erfrierungen. Deshalb ist sorgsamster Umgang mit diesen Flüssigkeiten am Platze.



- 4.) Innerhalb von Betriebsräumen darf flüssiger Sauerstoff nicht in grosser Menge ausgegossen werden, da dieser sofort verdampft und eine örtliche Sauerstoffanreicherung zur Folge hat, was zur Gefährdung der in diesen Anlagen Arbeitenden führen kann.
- 5.) Flüssiger Sauerstoff und Stickstoff verdampfen infolge ihrer niederen Siedetemperatur sehr leicht. Deshalb darf beides nur in besonders dazu geeigneten oder vollkommen offenen Gefässen transportiert und aufbewahrt werden. Geschlossene Behälter explodieren durch die Volumenzunahmen bei der Verdampfung.

TCG

*STH*

Anlagen:

- 1 Schema BCG S IV 63
- 1 Armaturenverzeichnis

Anlage zur Betriebsvorschrift für die Trennapparate 1 und 2.  
Verzeichnis der Absperrorgane am Trennapparat 1 und 2.

<u>Ifd.</u> <u>Nr.</u>	<u>B e z e i c h n u n g</u>
1	Sauerstoff gasförmig vom Hauptkondensator nach Sauerstoff-Regeneratoren III und IV
2	Regulierung der Hochdruckluft vor Eintritt Drucksäule
3	Flüssiger Sauerstoff von Drucksäule über Filter vor Eintritt obere Säule
4	Stickstoff flüssig aus Fangschale Drucksäule vor Eintritt obere Säule
5	Stickstoff flüssig aus Zusatzkondensator vor Eintritt obere Säule.
6	Stickstoff hinter Hochdruckgegenströmer warmer Ast vor Stickstoffvorkühler
7	Ausblas Anwärmung Hochdruckgegenströmer warmer Ast, stickstoffseitig
8	Umgang der Entspannungsturbine
9	Stickstoff vor Entspannungsturbine
10	Ausblas der Anwärmung der Turbine
11	Absperrung der Niederdruckluft für Schaltmaschine
12	Absperrung der Hochdruckluft für Schaltmaschine
13	Filter Ausgang, linkes Filter für flüssig Sauerstoff nach Drucksäule
14	Filter Eingang, linkes Filter für flüssig Sauerstoff
15	Filter Ausgang, rechtes Filter f. flüssig Sauerstoff nach Drucksäule
16	Filter Eingang, rechtes Filter f. flüssig Sauerstoff
17	Helium Ablass, Zusatzkondensator
18	Stickstoff vom Zusatzkondensator nach N <sub>2</sub> -Regeneratoren bzw. Gegenströmer warmer Ast
19	Sauerstoff flüssig vom Hauptkondensator vor Zusatzkondensator
20	Sauerstoff flüssig vom Hauptkondensator zum Tank
21	Sauerstoff flüssig vom Hauptkondensator ins Freie bzw. Verdampfer
22	Stickstoff gasförmig vom Hauptkondensator vor Zusatzkondensator
23	Anwärmung des Ausblases für Hochdruckluft vor Drucksäule
24	Anwärmung des Ausblases für Hochdruckluft zwischen beiden Hochdruckgegenströmern
25	Ausblas der Anwärmung Hochdruckluft zwischen Hochdruckgegenströmer kalter Ast und Drucksäule
26	Ausblas der Anwärmung Hochdruckluft zwischen beiden Gegenströmern
27	Anwärmung des Hochdruckgegenströmers warmer Ast stickstoffseitig
28	Stickstoff aus Entspannungsturbine vor Hochdruckgegenströmer warmer Ast

<u>Ifd.</u> <u>Nr.</u>	<u>Bezeichnung</u>
29	Anwärmung der Stickstoff-Regeneratoren in Stickstoffleitung von oberer Drucksäule nach Regenerator
30	Umgang der Drucksäule für Niederdruckluft zum Anfahren des Appar.
31	Ablass des flüssig Sauerstoffes aus Drucksäule
32	Niederdruckluft Eintritt in Drucksäule
33	Anwärmung des Ausblases der Niederdruckluftleitung zwischen Regeneratoren und Drucksäule
34	Ausblas der Niederdruckluftleitung zwischen Regeneratoren u. Drucks.
35	Ausblas der Anwärmung des N <sub>2</sub> -Regenerators I unten
36	Ausblas der Anwärmung des N <sub>2</sub> -Regenerators II unten
37	Anwärmung der Ausblasleitung N <sub>2</sub> -Regenerator I unten
38	Anwärmung der Ausblasleitung N <sub>2</sub> -Regenerator II unten
39	Anwärmung der Ausblasleitung O <sub>2</sub> -Regenerator III unten
40	Ausblas der Anwärmung des O <sub>2</sub> -Regenerators III unten
41	Ausblas der Anwärmung des O <sub>2</sub> -Regenerators IV unten
42	Anwärmung der Ausblasleitung O <sub>2</sub> -Regenerator IV unten
43	Anwärmung der Sauerstoff-Regeneratoren unten in Sauerstoffleitung zwischen Abscheider und Regeneratoren
44	Sauerstoff gasförmig hinter Acetylenabscheider nach Regeneratoren
45	Flüssigkeitsablass des Acetylenabscheiders ins Freie
46	Flüssigkeitsablass linkes Filter aus Innenraum
47	Flüssigkeitsablass des Acetylenabscheiders nach Verdampfer
48	Anwärmung des linken Filters
49	Anwärmung des rechten Filters
50	Anwärmung des Zusatzkondensators stickstoffseitig
51	Flüssigkeitsablass rechtes Filter aus Innenraum
52	Ausblas der Anwärmung Zusatzkondensator stickstoffseitig
53	Anwärmung des Zusatzkondensators sauerstoffseitig
54	Flüssigkeitsablass Zusatzkondensator stickstoffseitig ins Freie
55	Drosselklappe für Stickstoff von oberer Säule nach Regeneratoren
56	Anwärmung der Hochdruckgegenströmer warmer und kalter Ast hochdruckluftseitig
57	Eintritt Hochdruckluft vor Apparat
58	Ausblas der Anwärmung des Acetylenabscheiders
59	Flüssigkeitsablass linkes Filter, Aussenraum
60	Flüssigkeitsablass rechtes Filter, Aussenraum