



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Aenderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11) **203 522**

Int.Cl.³ 3(51) C 01 B 17/04

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 01 B/ 2363 228

(22) 28.12.81

(44) 26.10.83

(71) siehe (72)

(72) EICHNER, WILHELM, DIPL.-ING.; GOERMER, HANS-DIETER; KLOCKOW, JUERGEN;
SCHLIEF, ERICH, DIPL.-ING.; DD;

(73) siehe (72)

(74) REITER, KURT VEB CHEMIEANLAGENBAU-KOMBINAT 7202 BOEHLLEN

(54) **VERFAHREN UND APPARATESCHALTUNG ZUR GEWINNUNG VON ELEMENTARSCHWEFEL IM
CLAUSPROZESS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Arbeitsverfahren und eine Apparateschaltung zur Gewinnung von Elementarschwefel aus Gasen, die durch die Clausreaktion gebildet werden. Ziel der Erfindung ist es, durch sorgfältige Schwefelabscheidung den Umsetzungsprozeß der Clausreaktion sowie durch abgestufte Prozeßgaskühlung die Gewinnung von Sekundärenergie zu intensivieren. Das gesamte Prozeßgas wird in einem Abhitzeessel abgekühlt und anschließend in mehreren Zyklen einer mehrstufigen Abkühlung, Schwefelabscheidung, Wiederaufheizung und Reaktionsdurchführung unterzogen. Die Erfindung kann in allen Clausprozessen, in denen brennfähige, H₂S-haltige Sauergase eingesetzt werden, angewandt werden.

(19) DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäÙ § 5 Absatz 1 des Aenderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

203 522

Int.Cl.³

3(51) C 01 B 17/04

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veroeffentlicht

(21) WP C 01 B/ 2363 228

(22) 28.12.81

(44) 26.10.83

(71) siehe (72)

(72) EICHNER, WILHELM, DIPL.-ING.; GOERMER, HANS-DIETER; KLOCKOW, JUERGEN;
SCHLIEF, ERICH, DIPL.-ING.; DD;

(73) siehe (72)

(74) REITER, KURT VEB CHEMIEANLAGENBAU-KOMBINAT 7202 BOEHLLEN

(54) VERFAHREN UND APPARATESCHALTUNG ZUR GEWINNUNG VON ELEMENTARSCHWEFEL IM
CLAUSPROZESS

(57) Die Erfindung betrifft ein Arbeitsverfahren und eine Apparateschaltung zur Gewinnung von Elementarschwefel aus Gasen, die durch die Clausreaktion gebildet werden. Ziel der Erfindung ist es, durch sorgfältige Schwefelabscheidung den Umsetzungsprozeß der Clausreaktion sowie durch abgestufte Prozeßgaskühlung die Gewinnung von Sekundärenergie zu intensivieren. Das gesamte Prozeßgas wird in einem Abhitzeessel abgekühlt und anschließend in mehreren Zyklen einer mehrstufigen Abkühlung, Schwefelabscheidung, Wiederaufheizung und Reaktionsdurchführung unterzogen. Die Erfindung kann in allen Clausprozessen, in denen brennfähige, H₂S-haltige Sauer gas e eingesetzt werden, angewandt werden.

Zur PS Nr. 203522...

ist eine Zweitschrift erschienen.

(Teilweise bestätigt gem. § 18 Abs.1 d. Änd.Ges.z.Pat.Ges.)

Titel der Erfindung

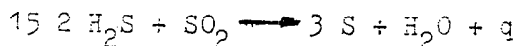
Verfahren und Apparateschaltung zur Gewinnung von
Elementarschwefel im Clausprozeß

Anwendungsgebiet der Erfindung

5 Die Erfindung betrifft ein Arbeitsverfahren und eine Apparate-
schaltung zur Gewinnung von Elementarschwefel aus Gasen, die durch
die Clausreaktion gebildet werden. Sie ist zur Anwendung in Anlagen,
die nach dem Clausverfahren arbeiten, geeignet. Diese werden bei
der Umwandlung von Schwefelwasserstoff, der z. B. bei der ther-
10 mischen Veredlung von Rohöl oder Kohle anfällt, eingesetzt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Im Clausprozeß wird gasförmiger Schwefelwasserstoff mit Schwefel-
dioxid als Reaktionspartner zu elementarem Schwefel nach folgender
Gleichung umgesetzt:



Im allgemeinen wird der Schwefelwasserstoff aus den Vergasungs-,
Entgasungs-, Raffinations- und/oder Destillationsgasen, die bei der
thermischen Verarbeitung von Kohle oder Rohöl anfallen, entfernt und
steht dann, im Sauergas in höherer Konzentration enthalten, zum Ein-
20 satz in einer Clausanlage zur Verfügung.

Die Umsetzung des Schwefelwasserstoffes zu elementarem Schwefel er-
folgt üblich nach folgendem Schema:

In der thermischen Reaktionsstufe wird ein solcher Anteil des im
Sauergas enthaltenen Schwefelwasserstoffes zu Schwefeldioxid ver-
25 brannt, daß man ein Molverhältnis $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2 = 2 : 1$ erhält.

Parallel zum Verbrennungsvorgang läuft die Clausreaktion ab, so daß bereits ca. 70 % des im Sauer gas eingebrachten, als Schwefelwasserstoff gebundenen Schwefel in elementarer Form im Prozeßgas vorliegt. Nach Abkühlung des Prozeßgases im Abhitzekessel erfolgt die weitere
5 Umwandlung des Schwefelwasserstoffs zu Elementarschwefel in Gegenwart eines Katalysators bei 470 ... 570 K, wobei die katalytische Umsetzung zwei- oder dreistufig ausgeführt wird.

Der Clausprozeß wird somit in üblicher Weise in eine thermische Stufe sowie in zwei oder drei nachfolgende katalytische Stufen aufgeteilt.
10 Die thermische Stufe besteht aus der Brennkammer, dem Abhitzekessel sowie möglicherweise aus einer oder mehreren Stufen zur Gaskühlung. Zu jeder katalytischen Stufe gehören üblicher Weise folgende Verfahrensschritte:

- Abkühlung des Prozeßgases unter den Schwefeltaupunkt
- 15 - Abscheidung des kondensierten Schwefels
- Wiederaufheizung des Prozeßgases auf Starttemperatur des Katalysators
- Einspeisung in den katalytischen Reaktor

Eine wichtige Voraussetzung zur Verbesserung der Schwefelausbeute besteht darin, den nach jeder Reaktionsstufe im Prozeßgas vorhandenen, dampfförmigen Elementarschwefel möglichst quantitativ abzuscheiden, da dadurch die Menge des Gleichgewichtsschwefeldampfes der nachfolgenden Reaktionsstufe nahezu vollständig durch Umsetzung des Schwefelwasserstoffs mit Schwefeldioxid gebildet wird und nicht schon als
20 Vorbelastung vorhanden ist, d. h. durch sorgfältige Schwefelabscheidung vor jeder katalytischen Reaktionsstufe wird die Umwandlung des Schwefelwasserstoffs verbessert. Dies erreicht man am besten dadurch, daß man das Prozeßgas möglichst tief unter den Schwefeltaupunkt abkühlt und den kondensierten Schwefel abscheidet. Dabei muß man natür-

25 lich vermeiden, daß die Temperatur, bei der Schwefel erstarrt, unterschritten wird. Die unterste Grenztemperatur ergibt sich daraus, daß flüssiger Schwefel bei ca. 392 K erstarrt, d. h. die Wandtemperatur, an der sich flüssiger Schwefel niederschlagen kann, muß mindestens 393 K betragen. Daraus resultiert eine erreichbare, tiefste Gastempe-
30 ratur von ca. 398 K.

Die Starttemperaturen der katalytischen Reaktionsstufen sind für die Wärmebilanz der Reaktionsstufen von entscheidender Bedeutung.

Bei der Wahl der Starttemperatur der ersten katalytischen Stufe ist zu beachten, daß

- 5 1. infolge verschiedener Nebenreaktionen in der Brennkammer sowohl Schwefelkohlenstoff als auch Kohlenstoffoxisulfid entstehen können oder
2. diese Verbindungen bereits im Sauer gas vorhanden sein können und, wenn z. B. nur $\frac{1}{3}$ des Sauer gases vollständig verbrannt, die rest-
10 lichen $\frac{2}{3}$ Sauer gas in by-pass dem Verbrennungsgas noch in der Brennkammer zugemischt werden, dann ebenfalls im Prozeßgas enthalten sind.

Befinden sich Schwefelkohlenstoff und/oder Kohlenstoffoxisulfid im Prozeßgas, welches der ersten katalytischen Stufe zugeführt wird,
15 müssen diese Verbindungen bei erhöhten Temperaturen, etwa bei 570 ... 650 K durch Hydrolyse in Schwefelwasserstoff überführt werden.

Andererseits ist bekannt, daß niedrige Starttemperaturen den Umsatz des Schwefelwasserstoffs verbessern, so daß man, sofern man nicht mit der Anwesenheit der vorgenannten Schwefelkohlenstoffverbindungen zu
20 rechnen hat, die Starttemperatur der ersten katalytischen Stufe niedriger z. B. 510 ... 520 K wählen kann, ohne daß Schwefeltaupunktunterschreitung am Ende der Reaktion und dadurch Katalysator desaktivierung möglich sind.

Die Starttemperaturen der folgenden katalytischen Stufen kann man
25 noch niedriger wählen, z. B. 473 ... 493 K, da zum einen sowohl Schwefelkohlenstoff als auch Schwefeloxisulfid bereits in der ersten katalytischen Stufe hydrolysiert sind und zum anderen wegen der fortgeschrittenen Clausreaktion der Schwefelpartialdruck am Ende der zweiten oder dritten Stufe so niedrig ist, daß der relevante Schwefel-
30 taupunkt < 463 K ist und somit Schwefelkondensation nicht auftritt.

Der Temperaturbereich, in welchem die Wärmebilanzen der katalytischen Reaktionsstufen abzugleichen sind, wird einerseits bestimmt durch die w. v. angegebene tiefste Schwefelabscheidungstemperatur sowie andererseits durch die Starttemperatur der betreffenden katalytischen Reaktionsstufe.

Für die technische Realisierung der Wärmebilanz einer katalytischen Reaktionsstufe werden gegenwärtig nach

"Enviroment needs guide refinery sulfur recovery"

H. S. Bryant, Oil and Gas Journal, 1973, März, 70 - 76

10 und

Fischer, Chemie-Ingenieur-Technik, 43, 1971

folgende Lösungen bevorzugt verwendet:

1. Das Prozeßgas wird im Abhitzekessel auf 770 ... 1270 K abgekühlt.

Ein Teil davon wird in einem zweiten Dampferzeuger unter den
15 Schwefeltaupunkt gekühlt und der kondensierte Schwefel abgeschieden. Anschließend wird der heiße, an der zweiten Kühlstufe vorbeigeführte by-pass in einem solchen Verhältnis dem zur Schwefelabscheidung weitgehend gekühlten Gas zugemischt, daß die vorgegebene Starttemperatur der betrachteten katalytischen Reaktions-
20 stufe erreicht wird.

Nachteile: Verminderte Schwefelausbeute, da

- der in der thermischen Stufe gebildete Elementarschwefel des by-pass nicht abgeschieden wird sowie
- die im by-pass enthaltenen Reaktanten Schwefelwasserstoff und
25 Schwefeldioxid nicht über den passierten katalytischen Reaktor geleitet werden.

Um diese Nachteile zu vermindern, wird häufig die Temperatur des by-pass möglichst hoch, z. B. 1270 K gewählt. Damit sind dann allerdings erhebliche technische Schwierigkeiten bei Ausführung
30 und Wartung der Rohrleitung, durch die der by-pass strömt, verbunden.

2. Vom Sauer gas wird nur ein Teil über die thermische Umsetzungsstufe geleitet. Der Rest wird vor jeder katalytischen Stufe zur direkten Aufheizung in das Prozeßgas gebrannt.

Nachteile: Verminderte Schwefelausbeute, da

- das für die Clausreaktion vorausgesetzte Molverhältnis $H_2S/SO_2 = 2 : 1$ mehrfach einzustellen ist und die damit verbundenen Ungenauigkeiten zu Schwefelverlusten führen und
- 5 - der im by-pass enthaltene Schwefelwasserstoff nicht über die passierte Reaktionsstufe geführt wird.

3. Das Prozeßgas wird nach jeder Reaktionsstufe zwecks Schwefelabscheidung abgekühlt und anschließend indirekt durch Fremdwärme auf Starttemperatur der folgenden katalytischen Stufe aufgeheizt.

- 10 Nachteile: für die zweite bzw. dritte Stufe ist ein Heizdampfdruck von mindestens 2 MPa erforderlich. Zur Erreichung der Starttemperatur der ersten katalytischen Stufe von 513 ... 573 K ist ein Wärmeträger mit einer Temperatur von mindestens 570 ... 620 K notwendig.

- 15 4. Das eine Reaktionsstufe verlassende Prozeßgas wird zweistufig gekühlt, in dem es z. B. rohrseitig einen Gas-Gas-Wärmeübertrager und anschließend einen Dampferzeuger durchströmt und nach Schwefelabscheidung dann mantelseitig im genannten Gas-Gas-Wärmeübertrager auf Starttemperatur der folgenden Reaktionsstufe ge-
- 20 bracht wird.

- Nachteile: Die niedrigste erreichbare Schwefelabscheidungstemperatur des Prozeßgases hängt vom Druck des erzeugten Dampfes ab. Dieser wird i. a. 0,35 MPa nicht unterschreiten, so daß dann ca. 423 K erreichbar sind. Dieser Wert liegt ca. 20 K über der
- 25 bereits definierten tiefsten erreichbaren Gastemperatur, so daß demgegenüber der Schwefelumsatz geringer ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, durch sorgfältige Schwefelabscheidung die Umsetzung der Clausreaktion zu intensivieren sowie durch abge-

30 stufte Prozeßgaskühlung die Gewinnung von Sekundärenergie zu verbessern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, durch thermische Maßnahmen und Apparateschaltungen den Reaktionsprozeß so zu beeinflussen, daß der im Prozeßgas enthaltene Schwefel bis auf nur noch 5 unbedeutende Mengen abgeschieden wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Arbeitsverfahren und einer Apparateschaltung dadurch gelöst, daß der gesamte Prozeßgasstrom in einen an sich bekannten Abhitzekeßel bis auf eine Temperatur von 600 ... 850 K abgekühlt und dieser Gasstrom, unter Nutzung 10 seiner Wärmeenergie und eines zugeführten Wärmeträgers in einer besonderen Schaltung von Reaktoren, Wärmeübertragern und Schwefelabscheidern in mehreren Zyklen einem zwei- und/oder dreistufigem Kühlprozeß unterzogen und der Schwefel, der in einer an sich bekannten Weise durch katalytische Umsetzung des Schwefelwasserstoffs 15 mit Schwefeldioxid entsteht, in jedem Zyklus abgeschieden wird.

Der gesamte, den Abhitzekeßel verlassende ca. 670 K warme Gasstrom wird zunächst einem Zweikammer-Gas-Gaswärmeübertrager oder zwei parallel geschalteten Gas-Gaswärmeübertragern, die die erste Kühlstufe des ersten Zyklus darstellen, zugeführt, gibt darin einen Teil seiner 20 Wärmeenergie an die von den nachgeschalteten katalytischen Reaktionsstufen kommenden, unter den Schwefeltaupunkt gekühlten Prozeßgasen ab, wird danach in einer zweiten, mit Kesselspeisewasser betriebenen Kühlstufe indirekt auf 398 ... 413 K gekühlt und so einem Schwefelabscheider zugeführt. Nach der Schwefelabscheidung wird das Prozeßgas 25 der ersten Kühlstufe des thermischen Zyklus zugeführt und durch Wärmeübertragung durch den vom Abhitzekeßel kommenden Prozeßgasstrom auf Starttemperatur der 1. katalytischen Reaktionsstufe, welche 523 ... 593 K beträgt, gebracht. Das den ersten katalytischen Reaktor verlassende, mit dampfförmigen Elementarschwefel angereicherte Prozeßgas, 30 wird zweistufig in einem Dampferzeuger und einem mit Kesselspeisewasser betriebenen, nachgeschalteten Kühler möglichst tief unter dem Schwefeltaupunkt, vorzugsweise auf 398 ... 412 K abgekühlt. Der kondensierte Schwefel wird in einem folgenden Abscheider abgeschieden. Das den ersten katalytischen Zyklus verlassende Prozeßgas wird der 35 ersten Kühlstufe des thermischen Zyklus zugeführt und durch Wärmeübertragung durch den vom Abhitzekeßel kommenden Prozeßgasstrom auf

Starttemperatur des zweiten katalytischen Reaktors gebracht.

Das den zweiten katalytischen Reaktor verlassende Prozeßgas wird wiederum zweistufig in einem Dampferzeuger und einem mit Kesselspeisewasser betriebenen, nachgeschalteten Kühler möglichst tief 5 unter dem Schwefeltaupunkt, vorzugsweise auf 398 ... 413 K gekühlt. Nach der Schwefelabscheidung verläßt das Gas im Verfahren mit zwei katalytischen Umwandlungsstufen den Prozeß.

In einem Prozeß mit drei katalytischen Stufen wird der erste katalytische Zyklus mit einer dreistufigen Kühlung, bestehend aus einem 10 Gas-Gaswärmeübertrager, Dampferzeuger sowie einem mit Kesselspeisewasser betriebenen Kühler, ausgerüstet und das Prozeßgas, welches den zweiten katalytischen Zyklus verläßt, durch Wärmeübertragung im genannten Gas-Gaswärmeübertrager des ersten katalytischen Zyklus auf Starttemperatur des dritten katalytischen Reaktors, welches 463 ... 15 473 K beträgt, gebracht wird.

Man kann aber auch das den zweiten katalytischen Zyklus verlassende Prozeßgas in einem Gas-Gaswärmeübertrager, welcher dann Bestandteil der ersten Kühlstufe des thermischen Zyklus ist, auf Starttemperatur der dritten katalytischen Stufe erwärmen. In diesem Fall erfolgt die 20 Kühlung des Prozeßgases des ersten katalytischen Reaktors in der gleichen Weise wie bei einer Prozeßführung mit zwei katalytischen Zyklen.

Im dritten katalytischen Zyklus wird das den dritten katalytischen Reaktor verlassende Prozeßgas in einem mit Kesselspeisewasser betriebenen Kühler auf 398 ... 413 K gekühlt. Nach erfolgter Schwefelabscheidung verläßt das Prozeßgas den Prozeß. 25

Erfindungsgemäß wird das Verfahren mit einer Apparateschaltung durchgeführt, der eine in üblicher Weise mit Sauer gas und Luft betriebene Einheit, bestehend aus Brennkammer und Abhitzekessel vorgeschaltet 30 ist.

Der Abhitzekessel ist prozeßgasseitig mit dem ersten Kühlzyklus, welcher aus der ersten Kühlstufe, die bei zweistufiger katalytischer Prozeßführung aus einem Dreistrom-Gas-Gaswärmeübertrager oder zwei Gas-Gaswärmeübertragern, bei dreistufiger katalytischer Prozeßführung 35 gegebenenfalls aus einem weiteren Gas-Gaswärmeübertrager besteht, dem bzw. denen ein mit Kesselspeisewasser betriebener Kühler und ein Schwefelabscheider nachgeschaltet sind, besteht, verbunden.

Der Schwefelabscheider ist prozeßgasseitig mit der ersten Kühl-
 stufe des thermischen Zyklus und diese wiederum prozeßgasseitig
 mit dem ersten katalytischen Reaktor verbunden, dem ausgangs, bei
 zweistufiger katalytischer Prozeßführung ein Dampferzeuger, ein
 5 mit Kesselspeisewasser betriebener Kühler und ein Schwefelabscheider,
 bei dreistufiger katalytischer Prozeßführung gegebenenfalls zunächst
 ein Gas-Gaswärmeübertrager und so dann dieselben Kühlstufen mit
 Schwefelabscheider nachgeschaltet sind und zusammen mit dem ersten
 katalytischen Reaktor den ersten katalytischen Zyklus bilden. Der
 10 Schwefelabscheider des ersten katalytischen Zyklus ist prozeßgas-
 seitig mit der ersten Kühlstufe des thermischen Zyklus und diese
 wiederum mit dem zweiten katalytischen Zyklus, bestehend aus dem
 zweiten katalytischen Reaktor, prozeßgasseitig gefolgt von einem
 Dampferzeuger, einem mit Kesselspeisewasser betriebenen Kühler sowie
 15 einem Schwefelabscheider, die insgesamt den zweiten katalytischen
 Zyklus bilden, verbunden. Bei dreistufiger Reaktionsführung ist der
 Schwefelabscheider des zweiten katalytischen Zyklus prozeßgasseitig
 mit der ersten Kühlstufe des thermischen oder des ersten kataly-
 tischen Zyklus verbunden, gefolgt von dem dritten katalytischen
 20 Zyklus, welcher aus dem dritten katalytischen Reaktor, einem mit
 Kesselspeisewasser betriebenen Kühler sowie einem Schwefelabscheider
 besteht. Das Prozeßgas verläßt über den prozeßgasseitig an letzter
 Stelle befindlichen Schwefelabscheider den Clausprozeß. Kühlmittel-
 seitig werden die Wärmeübertrager außer den Gas-Gaswärmeübertragern
 25 mit einem Kesselspeisewasserkreislauf und einem daran angeschlossenen
 Dampferzeugungssystem betrieben. Abhitzekessel, Dampferzeuger und
 Kühler des thermischen Zyklus und der katalytischen Zyklen bilden zu-
 sammen mit dem Kesselspeisewasserkreislauf ein geschlossenes System
 zur Erzeugung von Wasserdampf. Dieser verläßt über einen Stutzen den
 30 Prozeß. Die Erfindung soll nachfolgend an zwei Beispielen näher er-
 läutert werden.

Fig. 1 zeigt das Fließschema und die Apparateschaltung mit zwei katalytischen Zyklen.

Fig. 2 zeigt das Fließschema und die Apparateschaltung mit drei katalytischen Zyklen.

Beispiel 1:

Es soll ein Prozeßgas, welches nach der thermischen Reaktionsstufe noch 5 Vol. % H_2S und 2,5 Vol. % SO_2 , jedoch kein COS oder CS_2 enthält, in einer anschließenden, zweistufig geführten katalytischen Clausreaktion weitgehend entschwefelt werden. Die Starttemperatur der ersten katalytischen Stufe wurde mit 513 K, die der zweiten katalytischen Stufe mit 493 K gewählt. Die Austrittstemperaturen der Prozeßgase aus den mit Kesselspeisewasser betriebenen Kühlern des thermischen Zyklus sowie des ersten katalytischen Zyklus wurde mit 408 K, die Temperatur des Prozeßgas nach Verlassen des entsprechenden Kühlers des zweiten katalytischen Zyklus wurde mit 403 K festgelegt. Die Temperatur des Prozeßgases am Austritt aus dem Abhitzekessel beträgt dann 655 K, die insgesamt erreichbare Schwefelausbeute 96,2 Prozent.

Der im Abhitzekessel 1 gekühlte Gasstrom 2 erwärmt im Wärmeübertrager 3 die Gasströme 4 und 5 auf die Starttemperaturen des ersten und zweiten katalytischen Reaktors. Der Gasstrom 2 wird danach im mit Kesselspeisewasser gekühlten Kühler 6 unter den Schwefeltaupunkt abgekühlt. Nach der Schwefelabscheidung im Schwefelabscheider 7 wird das Gas 4 in der zweiten Kammer 20 des Wärmeübertragers 3 auf Starttemperatur des ersten katalytischen Reaktors 8 erwärmt und in diesen eingespeist. Am Austritt weist das Gas 9 einen erhöhten Anteil an Schwefeldampf auf. Das Gas 9 wird im Dampferzeuger 10 sowie anschließend im mit Kesselspeisewasser betriebenen Kühler 11 unter den Schwefeltaupunkt abgekühlt. Nach der Schwefelabscheidung im Abscheider 12 wird das Gas 5 in der ersten Kammer 19 des Wärmeübertragers 3 auf Starttemperatur des zweiten katalytischen Reaktors 13 erwärmt und in diesen eingespeist. Das Gas 14 weist am Austritt einen erhöhten Anteil an Schwefeldampf aus. Es wird im Dampferzeuger 15 und nachgeschaltetem, wiederum mit Kesselspeisewasser betriebenen Kühler 16 unter den Schwefeltaupunkt gekühlt. Nach der Schwefelabscheidung im Schwefelabscheider 17 verläßt das Gas 18 den Prozeß. Das in den Kühlern 6, 11 und 16 vorgewärmte Kesselspeisewasser wird über die Trommel 26 über das Leitungssystem 27 dem Abhitzekessel 1 sowie den Dampferzeugern 10, 15 zugeführt. Der erzeugte Dampf wird über den Stutzen der Trommel 26 abgegeben.

Beispiel 2:

Es soll ein Prozeßgas, welches nach der thermischen Reaktionsstufe noch 4,5 Vol. % H_2S , 2,5 Vol. % SO_2 sowie aus Nebenreaktionen stammend, 0,5 Vol. % COS enthält, in einer anschließenden dreistufigen katalytischen Clausreaktion umgesetzt werden. Da das COS erst bei Temperaturen über 573 K zu Schwefelwasserstoff und Kohlendioxid hydrolysiert wird, wird die Starttemperatur mit 573 K, die der zweiten katalytischen Stufe mit 493 K und die der dritten katalytischen Stufe mit 473 K gewählt. Die Austrittstemperatur der Prozeßgase am Ende aller mit Kesselspeisewasser betriebenen Kühler werden mit 403 K festgelegt.

Die Temperatur des Prozeßgases am Austritt an dem Abhitzekessel beträgt 653 K, die insgesamt erzielbare Schwefelausbeute 98,3 Prozent. Die Behandlung des Prozeßgases erfolgt bis zur zweiten katalytischen Stufe analog dem im Beispiel 1 dargestellten zweistufigen Prozeß.

Jedoch wird der Prozeßgasstrom 2 nach Verlassen des Abhitzekessels in zwei parallel geschaltete Gas-Gaswärmeübertrager 24, 25 geleitet, wobei der Gasstrom 4 im Gas-Gaswärmeübertrager 25 und der Gasstrom 5 im Gas-Gaswärmeübertrager 24 auf Starttemperatur der folgenden katalytischen Reaktionsstufe erwärmt wird. Nach Verlassen des zweiten katalytischen Zyklus wird das Gas 29 einem, dem ersten katalytischen Reaktor nachgeschalteten Gas-Gaswärmeübertrager 28, zugeführt, auf Starttemperatur des dritten katalytischen Reaktors 21 und in diesen eingespeist. Das austretende Prozeßgas wird im Kühler 22 gekühlt.

Im folgenden Abscheider 23 wird der kondensierte Elementarschwefel abgeschieden. Das weitgehend entschwefelte Gas verläßt über Leitung 18 den Prozeß. Die Kühlsysteme werden analog den in Beispiel 1 beschriebenen Prozeß betrieben.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur Gewinnung von Elementarschwefel im Clausprozeß in Zyklen, gekennzeichnet dadurch, daß der gesamte Prozeßgasstrom (2) einen an sich bekannten Abhitzekessel (1) mit einer Temperatur von 600 bis 850 K, vorzugsweise von 623 bis 723 K, verläßt und so in drei Zyklen, wovon der zweite und dritte katalytische sind, einem zweistufigen Abkühlungsprozeß mit anschließender Schwefelabscheidung regenerativer Wiederaufheizung des Prozeßgases und katalytischer Reaktion unterzogen wird, wobei in der ersten Kühlstufe des ersten Zyklus das aus dem ersten Zyklus austretende Prozeßgas (4) auf Starttemperatur des ersten katalytischen Zyklus und das aus dem ersten katalytischen Zyklus austretende Prozeßgas (5) auf Starttemperatur des zweiten katalytischen Zyklus gebracht wird.
2. Verfahren nach Punkt 1 gekennzeichnet dadurch, daß der Clausprozeß auch in an sich bekannter Weise in vier Zyklen durchgeführt werden kann, wobei im zweiten Zyklus, der zugleich den ersten katalytischen Zyklus darstellt, das Prozeßgas (9) des ersten katalytischen Reaktors (8) dreistufig gekühlt wird, in dem in der ersten Kühlstufe (28) des zweiten Zyklus der Prozeßgasstrom (29) aus dem dritten Zyklus auf Starttemperatur des vierten Zyklus gebracht wird und im vierten Zyklus die erste Kühlstufe entfällt.
3. Verfahren nach Punkt 2 gekennzeichnet dadurch, daß die austretenden Prozeßgasströme (4, 5, 29) des ersten, zweiten und dritten Zyklus in der ersten Kühlstufe des ersten Zyklus auf Starttemperatur der jeweils folgenden katalytischen Stufe gebracht wird und die Prozeßgaskühlung im ersten katalytischen Zyklus zweistufig erfolgt.

4. Apparateschaltung zur Gewinnung von Elementarschwefel im Clausprozeß gekennzeichnet dadurch, daß prozeßgasseitig dem Abhitzekessel (1) in einem ersten Zyklus in Strömungsrichtung des Prozesses ein Dreistrom-Gas-Gaswärmeübertrager (3), ein mit Kesselspeisewasser betriebener Prozeßgaskühler (6) sowie ein Schwefelabscheider (7) nachgeschaltet sind und der Schwefelabscheider (7) ausgangs mit einer Kammer (20) des Dreistrom-Gas-Gaswärmeübertragers (3) verbunden ist und diesem ausgangs in einem zweiten Zyklus ein erster katalytischer Reaktor (8), ein Dampferzeuger (10), ein mit Kesselspeisewasser betriebener Prozeßgaskühler (11) sowie ein Schwefelabscheider (12) nachgeschaltet sind und der Schwefelabscheider (12) ausgangs mit der zweiten Kammer (19) des Dreistrom-Gas-Gaswärmeübertragers (3) der ersten Kühlstufe des ersten Zyklus verbunden ist, und diesem ausgangs in einem dritten Zyklus ein zweiter katalytischer Reaktor (13), ein Dampferzeuger (15), ein mit Kesselspeisewasser betriebener Prozeßgaskühler (16) sowie ein Schwefelabscheider (17) nachgeschaltet sind.
5. Apparateschaltung nach Punkt 4 gekennzeichnet dadurch, daß der Schwefelabscheider (17) des dritten Zyklus ausgangs mit einem im zweiten Zyklus zwischen ersten katalytischem Reaktor (8) und Dampferzeuger (10) geschalteten Gas-Gaswärmeübertrager (28) verbunden ist und diesem ausgangs in einem vierten Zyklus ein dritter katalytischer Reaktor (21), ein mit Kesselspeisewasser betriebener Prozeßgaskühler (22) sowie ein Schwefelabscheider (23) nachgeschaltet sind.
6. Apparateschaltung nach Punkt 4 und 5 gekennzeichnet dadurch, daß im Prozeß mit drei katalytischen Stufen der Schwefelabscheider (17) des dritten Zyklus mit dem Gas-Gaswärmeübertrager (3) der ersten Kühlstufe des ersten Zyklus verbunden sein kann, wobei der

Gas-Gaswärmeübertrager (3) drei Kammern aufweist.

- 5 7. Apparateschaltung nach Punkt 4, 5 und 6 gekennzeichnet dadurch, daß die erste Kühlstufe des ersten Zyklus aus zwei oder drei parallel geschalteten Gas-Gaswärmeübertragern besteht.

- Hierzu zwei Blatt Zeichnungen -

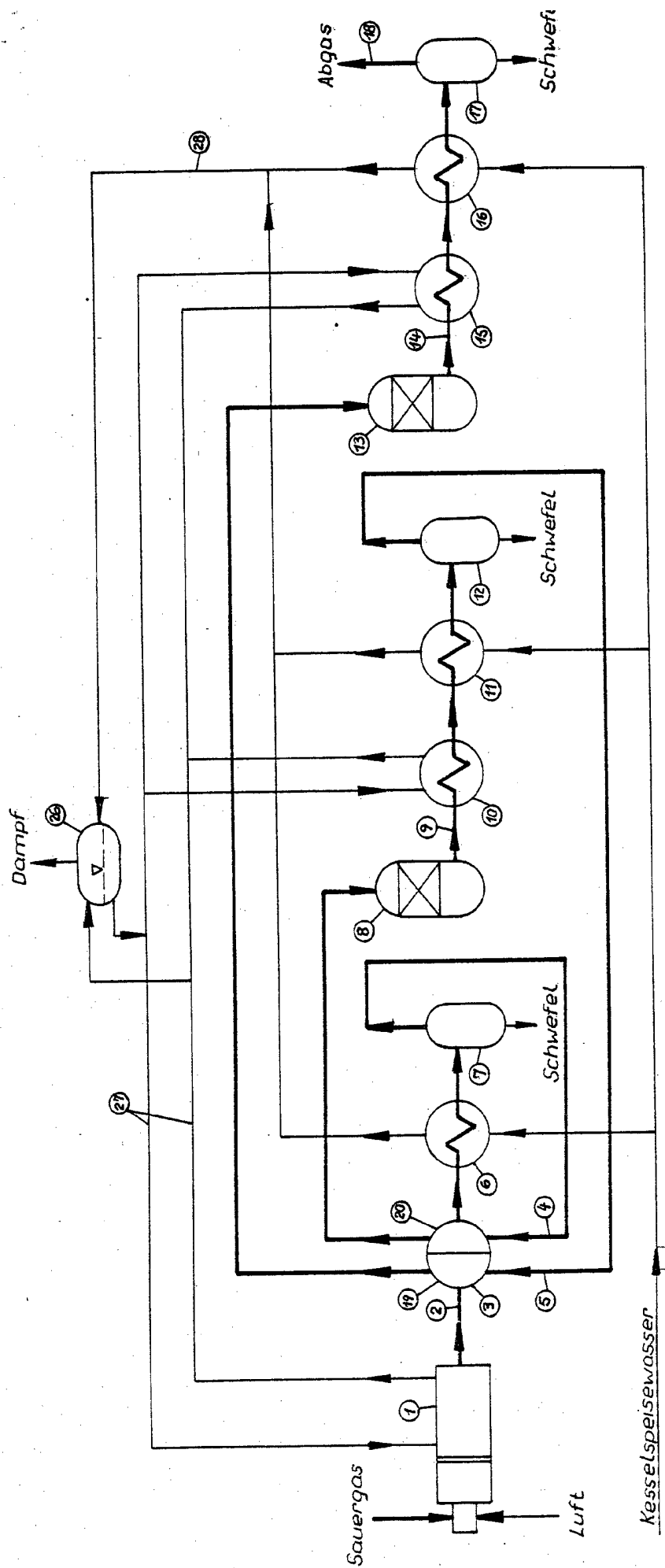


Fig. 1

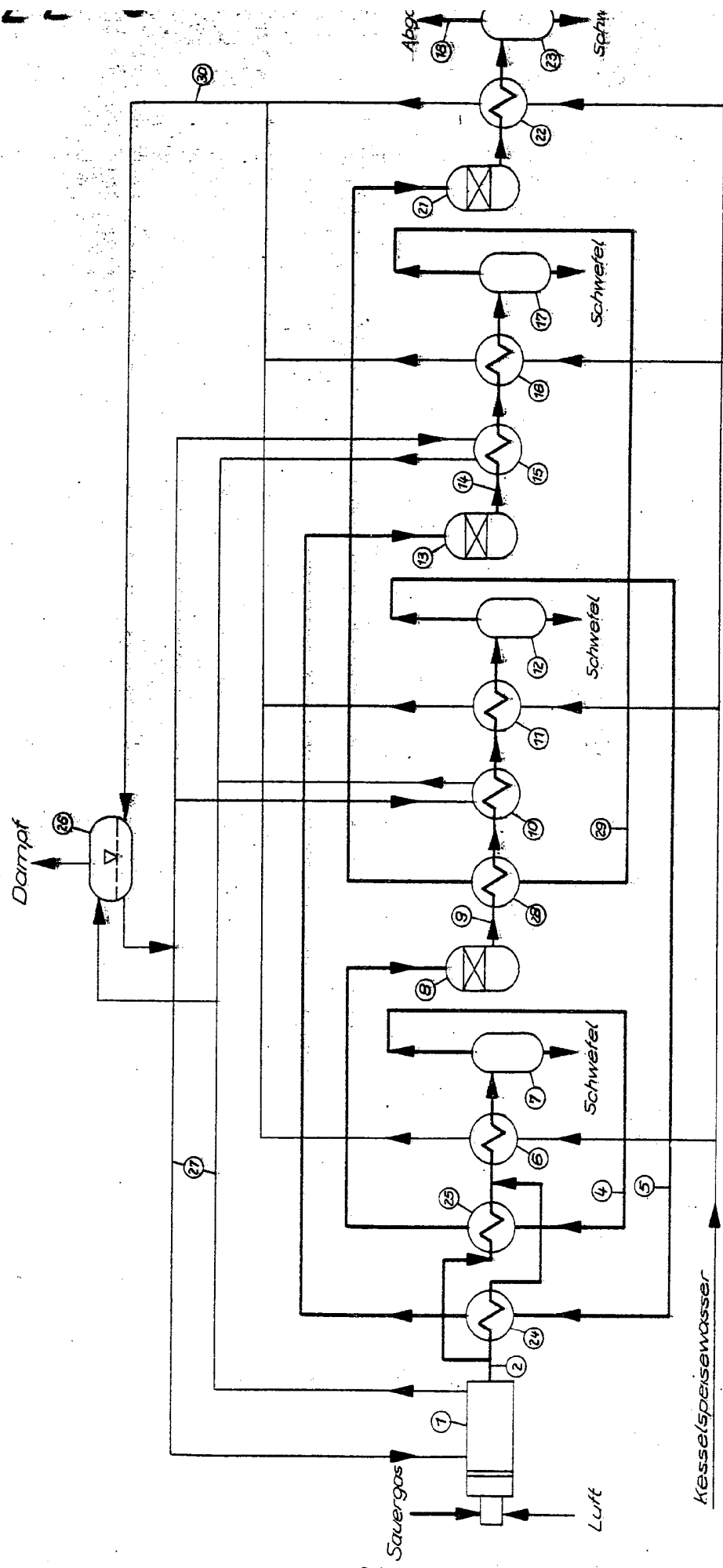


Fig. 2