



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.<sup>3</sup>: C 07 C 17/20  
C 07 C 19/08

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



⑫ PATENTSCHRIFT A5

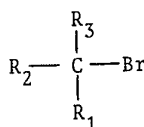
⑪

630 326

⑮① Gesuchsnummer:	8137/77	⑮③ Inhaber:	Kali-Chemie Aktiengesellschaft, Hannover 1 (DE)
⑮② Anmeldungsdatum:	01.07.1977		
⑮③ Priorität(en):	02.07.1976 DE 2629774	⑮④ Erfinder:	Dr. Horst Böhm, Hannover 61 (DE) Dr. Karl-Heinz Hellberg, Hannover 91 (DE)
⑮④ Patent erteilt:	15.06.1982		
⑮⑤ Patentschrift veröffentlicht:	15.06.1982	⑮⑦ Vertreter:	Fritz Isler, Patentanwaltsbureau, Zürich

⑮⑤ Verfahren zur Herstellung von Brom-fluorkohlenwasserstoffen.

⑮⑥ Verbindungen der Formel



in welcher

R<sub>1</sub> Wasserstoff, Fluor, Chlor, Brom, Alkyl oder Fluor enthaltendes Alkyl,

R<sub>2</sub> Wasserstoff, Fluor, Chlor oder Brom

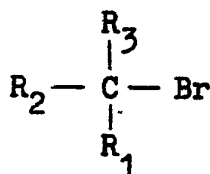
R<sub>3</sub> Fluor oder perfluoriertes Alkyl bedeuten,

werden durch Umsetzung der entsprechenden Chlorverbindung mit HBr in der Gasphase bei 100 - 500°C in Gegenwart eines Katalysators hergestellt. Als Katalysator werden eine oder mehrere der folgenden Substanzen verwendet: Aktivkohle, Kieselsäuregel, Bromide der Alkali-, Erdalkalimetalle, Zn-, Cd-, Cu-, Ag-, Al-, I1 (I), Pb-, Cr-, Mn-, Fe-, Co-, Ni-Bromide, Bromide der seltenen Erden, Bromide der Platinmetalle oder Verbindungen der obigen Elemente, die mit Br oder HBr die entsprechenden Bromide bilden.

Die erhaltenen Verbindungen sind nützlich als Feuerlösch- oder Kältemittel.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung von gegebenenfalls chlorierten Brom-fluorkohlenwasserstoffen der allgemeinen Formel

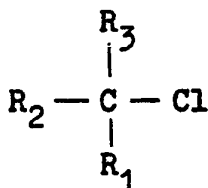


in der

$R_1$  Wasserstoff, Fluor, Chlor, Brom, Alkyl oder Fluor enthaltendes Alkyl,

$R_2$  Wasserstoff, Fluor, Chlor oder Brom

$R_3$  Fluor oder perfluoriertes Alkyl bedeuten, durch Substitution von Chlor durch Brom in Verbindungen der allgemeinen Formel



in der  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  die vorgenannte Bedeutung besitzen, mit Bromwasserstoff in der Gasphase bei erhöhter Temperatur, dadurch gekennzeichnet, dass man die Substitution bei 100 bis 500 °C in Gegenwart eines der folgenden Katalysatoren ausführt:

- Aktivkohle
- Kieselsäuregel
- aktives Aluminiumoxid
- Bromide der Elemente Li, Na, K, Rb, Cs; Mg, Ca, Sr, Ba; Zn, Cd; Cu, Ag; Al, Ti(I); Pb; Cr; Mn; Fe, Co, Ni; Bromide der seltenen Erdmetalle; Bromide der Platinmetalle; Verbindungen der vorstehend genannten Elemente, die mit Brom oder Bromwasserstoff ganz oder teilweise die entsprechenden Bromide bilden

e) Gemische der vorstehend genannten Katalysatoren

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Substitution bei Verweilzeiten zwischen 1 sec und 100 sec durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Substitution bei Verweilzeiten zwischen 5 sec und 50 sec vorzugsweise 10 sec und 40 sec durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Substitution bei Temperaturen zwischen 200 und 450 °C, vorzugsweise zwischen 300 und 400 °C durchgeführt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Katalysator aus Aktivkohle und einem oder mehreren der genannten Metallbromide besteht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Metallbromidanteil 10 bis 50 Gew.-%, bezogen auf den Gesamtkatalysator, beträgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Molverhältnis Bromwasserstoff zu Halogen-Kohlenwasserstoff-Ausgangsverbindung 1 : 10 bis 10 : 1 beträgt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Substitution in Gegenwart von bis maximal 0,1 Mol Wasserstoff pro Mol Bromwasserstoff und/oder in Gegenwart von bis maximal 0,1 Mol Brom pro Mol Bromwasserstoff durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass man Bromchloridfluormethan aus Dichlordifluormethan herstellt und gegebenenfalls das bei

2

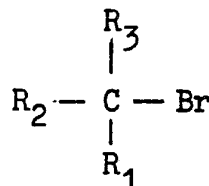
der Bromierung gebildete Dibromdifluormethan in die Reaktion zurückführt und zu Bromchloridfluormethan umsetzt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass man von Bromtrifluormethan aus Chlortrifluormethan herstellt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass man 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluoräthan aus 2,2-Dichlor-1,1,1-trifluoräthan herstellt und gegebenenfalls das bei der Bromierung gebildete 2,2-Dibrom-1,1,1-trifluoräthan in die Reaktion zurückführt und zu 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluoräthan umsetzt.

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von gegebenenfalls chlorierten Brom-fluorkohlenwasserstoffen der allgemeinen Formel



25

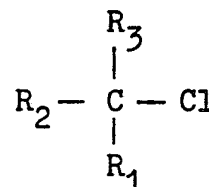
30 in der

$R_1$  Wasserstoff, Fluor, Chlor, Brom, Alkyl oder Fluor enthaltendes Alkyl,

$R_2$  Wasserstoff, Fluor, Chlor oder Brom

$R_3$  Fluor oder perfluoriertes Alkyl bedeuten,

35 durch Substitution von Chlor durch Brom mit Bromwasserstoff in der Gasphase bei erhöhter Temperatur in Verbindungen der allgemeinen Formel



40

45 in der  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  die vorgenannte Bedeutung besitzen.

Gegebenenfalls chlorierte Brom-fluorkohlenwasserstoffe stellen wertvolle Feuerlöschmittel oder Kältemittel, wie z. B. die Verbindungen Brom-chlor-difluormethan ( $CBrClF_2$ ) oder Bromtrifluormethan ( $CBrF_3$ ), sowie Inhalationsnarkotika, wie z. B. die Verbindung 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluoräthan ( $CF_3CHBrCl$ ), dar.

Die einzige Veröffentlichung zum eingangs erwähnten Verfahren ist die US-PS 2 729 687, wonach die Substitution 55 bei Temperaturen von 500 bis etwa 650 °C erfolgt.

Nachteilig bei diesem Verfahren sind die hohe Reaktionstemperatur, die damit zusammenhängende starke Einengung der Werkstoffauswahl für den Reaktor, die niedrigen Rohstoffumsätze und die geringe Selektivität für den Austausch nur eines von mehreren Chloratomen durch Brom. Beispielsweise wird Dichlordifluormethan bei 600 °C, 22 Sekunden Kontaktzeit und einem HBr:  $CCl_2F_2$ -Molverhältnis von 0,8 nur zu 5 Mol-% zu Bromchloridfluormethan und weiteren 5 Mol-% zu Dibromdifluormethan umgesetzt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des bekannten Verfahrens zu vermeiden, insbesondere die Reaktionstemperaturen zu erniedrigen, die Ausbeute und die Selektivität der Substitution zu erhöhen.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt gemäss der Erfindung dadurch, dass man die Substitution bei 100 bis 500 °C in Gegenwart eines der folgenden Katalysatoren ausführt:

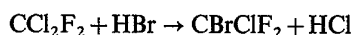
- Aktivkohle
- Kieselsäuregel
- aktives Aluminiumoxid
- Bromide der Elemente Li, Na, K, Rb, Cs; Mg, Ca, Sr, Ba; Zn, Cd; Cu, Ag; Al, Tl(I); Pb; Cr; Mn; Fe, Co, Ni; Bromide der seltenen Erdmetalle (= SE); Bromide der Platinmetalle; Verbindungen der vorstehend genannten Elemente, die mit Brom oder Bromwasserstoff ganz oder teilweise die entsprechenden Bromide bilden

e) Gemische der vorstehend genannten Katalysatoren

Katalysatoren für den Austausch von Chlor gegen Brom sind zwar schon bekanntgeworden (Houben-Weyl, Methoden der Organischen Chemie, 4. Auflage, Bd V/4, Seite 356; Z.E. Jolles in «Bromine and its Components», Verlag Ernest Benn Ltd., London 1966, Seite 384). Bei den dort umgesetzten Verbindungen handelt es sich jedoch um nicht fluoridierte Chlorkohlenwasserstoffe. Wegen der bekannten Reaktionsträgheit von Chlor, gebunden in fluoridierten Chlorkohlenwasserstoffen, war es überraschend, dass der Chlor-Brom-Austausch in der Gasphase zur Herstellung von Brom(chlor)-fluorkohlenwasserstoffen durch Katalysatoren unter Ausschaltung der vorstehend aufgeführten Nachteile des in der USA-Patentschrift 2 729 687 beschriebenen Verfahrens bewirkt werden kann.

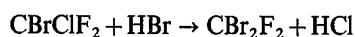
Nach dem erfindungsgemässen, kontinuierlich ausführbaren Verfahren können Verbindungen vorstehend genannter Formel eingesetzt bzw. hergestellt werden, die unter den erfindungsgemässen Reaktionsbedingungen in die Gasphase überführbar bzw. ausreichend stabil sind. Vorzugsweise enthalten diese Verbindungen ein bis drei Kohlenstoffatome im Molekül.

Wie in den nachstehenden Beispielen näher beschrieben, kann nach dem erfindungsgemässen Verfahren Dichlordifluormethan mit Bromwasserstoff nach der Gleichung

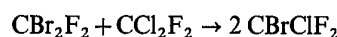


schon bei 350 °C an einem Kontakt, bestehend aus Aktivkohle mit 45 Gew.-% Zinkbromid bei einer Kontaktzeit von 11 sec und einem Molverhältnis Dichloridfluormethan zu Bromwasserstoff von 1:1 kontinuierlich umgesetzt werden unter Bildung von 36 Mol-% Bromchlordifluormethan, 5 Mol-% Dibromdifluormethan sowie ca. 0,5 Mol-% sonstiger organischer Bestandteile (wie Trifluormethan und Chlortrifluormethan) bezogen auf das eingesetzte Dichloridfluormethan.

Das als Nebenprodukt nach der Gleichung



entstandene Dibromdifluormethan kann, zusammen mit den nichtumgesetzten Ausgangsprodukten aus dem Reaktionsgemisch abgetrennt und, wie Beispiel 47 zeigt, kontinuierlich über den Kontakt zurückgeführt werden. Dabei wird das Dibromdifluormethan mit dem Dichloridfluormethan nach der Gleichung



zum gewünschten Bromchlordifluormethan umhalogeniert, so dass sich letztlich eine Gleichgewichtskonzentration von 5 Dibromdifluormethan im Reaktionsgas einstellt. Dadurch wird eine ausserordentlich hohe Selektivität der kontinuierlichen Bromierungsreaktion erreicht, indem aus Dichloridfluormethan in über 98%iger Ausbeute Bromchlordifluormethan gebildet wird. Der eingesetzte Katalysator besitzt 10 eine hohe Lebensdauer. Nach 674 Betriebsstunden war noch kein merklicher Abfall der Katalysatoraktivität zu beobachten. Aufgrund der relativ niedrigen Reaktionstemperaturen von 350 °C können kostengünstige Werkstoffe zum Bau des Reaktors eingesetzt werden, beispielsweise gängige Chrom- 15 nickelstähle.

Die Reaktionsprodukte werden in üblicher Weise, bevorzugt durch Destillation unter Druck in ihre Bestandteile aufgetrennt. Eine weitere Variante für die Auftrennung des Reaktionsgemisches besteht darin, durch Zugabe von Chlor 20 zum Reaktionsgas den nicht umgesetzten Bromwasserstoff in Brom und weiteren Chlorwasserstoff umzusetzen und das Reaktionsgas entsprechend der deutschen Patentschrift 1 947 754 aufzutrennen, wobei das abgetrennte Brom zur 25 Herstellung von Bromwasserstoff-Ausgangsprodukt eingesetzt werden kann.

#### Beispiele 1 bis 46

Dichloridfluormethan und Bromwasserstoff wurden über Rotameter dosiert und in Rohrreaktoren an verschiedenen 30 Kontakten (Katalysatoren) bei Temperaturen zwischen 170 und 475 °C sowie unter Einhaltung von unterschiedlichen Verweilzeiten zur Umsetzung gebracht. Die Reaktoren waren aus Nickel bzw. Quarz gefertigt; die Beheizung derselben erfolgte von aussen. 35

In der nachfolgenden Tabelle I sind die Katalysatoren und die bei der Umsetzung eingehaltenen Reaktionsbedingungen zusammengestellt. Die mit den Ziffern 1) bis 9) bezeichneten Katalysatoren bestanden aus:

- Aktivkohle, Typ Contarbon WS4 der Firma Lurgi
- Aktivkohle, gekörnt, der Firma Riedel de Haen
- Aktivkohle, Typ Norit RKD Spezial der Firma Norit
- Aktivkohle, Typ Contarbon W der Firma Lurgi
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-activée, Typ A 2/5 der Firma Pechiney
- 45 KC-Trockenperlen der Firma KALI-CHEMIE
- Aktivkohle, gekörnt, der Firma Riedel de Haen, belegt mit Metallbromid (in Gew.-%)
- Aktivkohle, Typ Contarbon WS4 der Firma Lurgi, belegt mit CaBr<sub>2</sub> (in Gew.-%)
- 50 Aktivkohle, Typ Norit RKD Spezial der Firma Norit, belegt mit 45 Gew.-% ZnBr<sub>2</sub>

Die Reaktionsgase wurden nach Wasser- und NaOH-Wäsche sowie nach Schwefelsäureetrocknung durch Gas- 55 chromatographie auf die organischen Bestandteile untersucht. Die Ergebnisse sind in der Tabelle I zusammengestellt. Unter den meisten Versuchsbedingungen wurde das gewünschte Chlorbromdifluormethan in der Hauptsache erhalten.

Tabelle I  
Beispiele 1 bis 46

Vers. Nr.	Katalysator	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> /HBr-Molverh.	Reakt.-Temp. (°C)	Kontaktzeit (sec)	Org. Verb. im Reaktionsgas, Mol-%			
					CBrClF <sub>2</sub>	CBr <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	sonstige Bestandteile
1	A-Kohle <sup>1</sup>	0,65	400	~ 12	6	0,5	93	0,5
2	A-Kohle <sup>1</sup>	0,65	450	~ 12	20	2	76	4

Tabelle I (Fortsetzung)  
Beispiele 1 bis 46

Vers. Nr.	Katalysator	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> /HBr-Molverh.	Reakt.-Temp. (°C)	Kontaktzeit (sec)	Org. Verb. im Reaktionsgas, Mol-%			
					CBrClF <sub>2</sub>	CBr <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	sonstige Bestandteile
3	A-Kohle <sup>2</sup>	0,65	400	~ 12	7	—	92	1
4	A-Kohle <sup>2</sup>	0,65	475	10	21	1	70	8
5	A-Kohle <sup>3</sup>	0,92	430	10	21	3	74	2
6	A-Kohle <sup>4</sup>	0,65	450	~ 12	10	1	86	3
7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>5</sup>	1,0	170	17	8	3	85	4
8	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>5</sup>	1,0	200	15	12	1	73	14
9	SiO <sub>2</sub> <sup>6</sup>	1,0	450	~ 10	5	3	88	4
10	Pyrophillit	1,0	350	11	2	0,5	97	0,5
11	A-Kohle + 40% LiBr <sup>7</sup>	1,0	380	20	9	1		0,5
12	A-Kohle + 20% NaBr <sup>7</sup>	1,0	380	20	11	1	87	1
13	A-Kohle + 20% KBr <sup>7</sup>	1,0	380	20	10	1	88	1
14	A-Kohle + 20% RbBr <sup>7</sup>	1,0	380	20	13	1	85	1
15	A-Kohle + 40% CsBr <sup>7</sup>	1,0	380	20	22	1	75	2
16	A-Kohle + 10% MgBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	350	22	7	1	91	1
17	A-Kohle + 10% CaBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	350	22	11	1	86	1
18	A-Kohle + 10% CaBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	400	11	21	3	73	3
19	A-Kohle + 40% CaBr <sub>2</sub> <sup>8</sup>	1,0	300	39	25	2	72	1
20	A-Kohle + 40% CaBr <sub>2</sub> <sup>8</sup>	1,0	380	~ 11	21	4	73	2
21	A-Kohle + 10% SrBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	360	22	8	1	91	0
22	A-Kohle + 10% BaBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	360	22	7	—	92	1
23	A-Kohle + 40% (Mg-Ca-Sr-Ba-Br <sub>2</sub> ) <sup>7</sup>	1,0	390	19	19	3	77	1
24	A-Kohle + 45% ZnBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	300	~ 12	12	3	85	0,1
25	A-Kohle + 45% ZnBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	320	~ 12	21	7	72	0,2
26	A-Kohle + 45% ZnBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	350	~ 11	33	5	62	0,4
27	A-Kohle + 45% ZnBr <sub>2</sub> <sup>9</sup>	1,0	350	~ 11	36	5	59	1,5
28	A-Kohle + 50% ZnBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,5	350	20	39	10	49	2
29	A-Kohle + 50% ZnBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,5	320	17	31	7	62	—
30	A-Kohle + 50% ZnBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	2,0	320	21	21	2	77	—
31	A-Kohle + 50% ZnBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	4,0	320	21	19	1	80	—
32	A-Kohle + 45% CdBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	320	21	26	2	72	—
33	A-Kohle + 45% CuBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	400	10	27	4	63	2
34	A-Kohle + 30% AgNO <sub>3</sub> <sup>7</sup>	1,0	350	11	18	5	74	3
35	A-Kohle + 15% AlCl <sub>3</sub> <sup>7</sup>	1,0	280	13	5	2	91	2
36	A-Kohle + 45% ZnCl <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	350	11	29	4	66	1
37	A-Kohle + 25% TlBr <sup>7</sup>	1,0	350	20	11	4	83	2
38	A-Kohle + 40% PbBr <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	300	24	21	3	75	1
39	A-Kohle + 10% CrBr <sub>3</sub> <sup>7</sup>	1,0	400	19	23	4	65	8
41	A-Kohle + 10% SeBr <sub>3</sub> <sup>7</sup>	1,0	300	24	5	1	93	1
42	A-Kohle + 40% FeCl <sub>3</sub> <sup>7</sup>	1,0	275	13	30	3	62	5
43	A-Kohle + 30% CoCl <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	400	10	18	3	64	3
44	A-Kohle + 30% NiCl <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	425	10	20	3	64	3
45	A-Kohle + 45% Zn(BF <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> <sup>7</sup>	1,0	350	11	35	7	57	1
46	A-Kohle + 50% (Cu-, Ca-, Zn-Br <sub>2</sub> ) <sup>7</sup>	1,0	350	11	31	4	65	1

## Beispiel 47

In einem Quarzreaktor wurden an Aktivkohle (Typ Norit RKD Spezial der Firma Norit), die mit 40 Gew.-% Zinkbromid beaufschlagt war, Dichlordifluormethan, Dibromdifluormethan und Bromwasserstoff im molaren Verhältnis von 1 : 1 : 1 bei einer Reaktionstemperatur von 320 °C und einer Verweilzeit von 16 sec umgesetzt. Das säurefrei gewaschene und getrocknete Reaktionsgas enthielt 31 Mol-% Dichlordifluormethan, 28 Mol-% Bromchlordifluormethan und 41 Mol-% Dibromdifluormethan.

## Beispiel 48

In einem Reaktor aus Nickel, der mit Aktivkohle (Typ Norit RKD Spezial der Firma Norit), die mit 45 Gew.-% Zinkbromid belegt war, wurden Chlortrifluormethan und

Bromwasserstoff im Molverhältnis 1 : 1 bei einer Reaktionstemperatur von 400 °C und einer Verweilzeit von 15 sec umgesetzt. Im halogenwasserstofffreien Reaktionsprodukt wurden durch Gaschromatographie 27 Mol-% Bromtrifluormethan neben 73 Mol-% nicht umgesetztem Chlortrifluormethan gefunden.

## Beispiel 49

In einem Quarzreaktor, der mit einem Katalysator, bestehend aus 50 Gew.-% Aktivkohle (Typ Norit RKD-Spezial der Firma Norit), 25 Gew.-% Zinkbromid und 25 Gew.-% Calciumbromid, gefüllt war, wurden Chlortrifluormethan und Bromwasserstoff im molaren Verhältnis von 1 : 1,2 bei 400 °C und einer Verweilzeit von 22 sec umgesetzt. Im organischen Reaktionsprodukt wurden 36 Mol-% Bromtri-

fluormethan und 64 Mol-% nicht umgesetztes Chlortrifluormethan gefunden.

#### Beispiel 50

In einem Nickelreaktor, der Aktivkohle enthielt, die mit 45 Gew.-% Zinkbromid beaufschlagt war, wurden Chlorpentafluoräthan und Bromwasserstoff in einem molaren Verhältnis von 1 : 1 bei einer Temperatur von 450 °C und einer Verweilzeit von 15 sec umgesetzt. Das Reaktionsgas wurde mit Wasser und Natronlauge gewaschen und anschliessend mit Schwefelsäure getrocknet. Im getrockneten säurefreien Reaktionsgas wurden durch Gaschromatographie 13 Mol-% Brompentafluoräthan und 87 Mol-% Chlor-

pentafluoräthan gefunden. Nebenbestandteile hatten sich nicht gebildet.

#### Beispiel 51

5 In dem obengenannten Reaktor wurden 2,2-Dichlor-1,1,1-trifluoräthan und Bromwasserstoff im molaren Verhältnis 1 : 1 bei einer Temperatur von 350 °C und einer Verweilzeit von 15 sec an einem Katalysator, bestehend aus 55 Gew.-% Aktivkohle und 45 Gew.-% Zinkbromid, um-  
10 setzt. Im getrockneten Reaktionsgas wurden gaschromatographisch 26 Mol-% 2-Brom-2-chlor-1,1,1-trifluoräthan und 9 Mol.-% 2,2-Dibrom-1,1,1-trifluoräthan neben nicht umgesetztem Ausgangsprodukt nachgewiesen.