



**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

<p>⑲ Gesuchsnummer: 1356/83</p> <p>⑳ Anmeldungsdatum: 11.03.1983</p> <p>㉓ Priorität(en): 12.03.1982 DE 3208767</p> <p>㉔ Patent erteilt: 15.09.1987</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.09.1987</p>	<p>⑦③ Inhaber: Kali-Chemie Aktiengesellschaft, Hannover 1 (DE)</p> <p>⑦② Erfinder: Meier zu Köcker, Heinz, Prof.Dr.rer.nat., Berlin 37 (DE) Walter, Robert, Dr. rer. nat., Mülheim/Ruhr (DE) Schmidt, Torsten, Dipl.-Ing., Berlin 41 (DE)</p> <p>⑦④ Vertreter: Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich</p>
---	--

⑤④ **Abgasbehandlungsverfahren.**

⑤⑦ Das Verfahren verringert die Schadstoffkonzentrationen in Abgasen durch Oxidation, indem das Abgas zuerst unter Einsatz von Fremdenergie aufgeheizt und partiell oxidiert wird. Der aus dieser Behandlung erhaltene Gasstrom wird sodann katalytisch behandelt.

Das Verfahren kann eingesetzt werden zur Verbesserung bestehender einstufiger Abgasbehandlungsanlagen.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Abgasbehandlungsverfahren zur Verringerung der Schadstoffkonzentration durch Oxidation, dadurch gekennzeichnet, dass man

- a) Abgas in einer ersten Stufe unter Einsatz von Fremdenergie aufheizt und partiell oxidiert sowie anschliessend  
b) den aus Stufe a) resultierenden Gasstrom katalytisch behandelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Behandlung gemäss Stufe a) eine thermische Nachverbrennung ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass man die katalytische Behandlung vor und/oder nach einer Wärmerückgewinnungsstufe vornimmt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass man als Katalysator einen Metalloxid- und/oder Edelmetallkatalysator einsetzt.

5. Verfahren zur Verbesserung der Leistung und Ökonomie bestehender einstufiger Abgasbehandlungsanlagen in denen Abgas in einer Stufe unter Einsatz von Fremdenergie gereinigt und aufgeheizt wird unter Anwendung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man das Abgas in dieser Stufe mit verminderter Energiezufuhr behandelt und den resultierenden Gasstrom zusätzlich katalytisch behandelt.

6. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Patentansprüche 1 bis 4, in der Abgas durch eine Leitung (1) über einen Wärmetauscher (2) einer ersten Abgasbehandlungsstufe (4) zugeführt wird und von dort entweder über eine Leitung (8/A) und den Wärmetauscher (2) oder direkt über eine Leitung (8/B) einer katalytischen Abgasbehandlungsstufe (9) zugeführt wird, von der es über eine Leitung (11) entweder direkt (11/C) oder über eine Leitung (11/D) und einen Wärmetauscher (2) einem Abgaskamin zugeführt wird.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Abgasbehandlungsverfahren zur Verringerung der Schadstoffkonzentration durch Oxidation.

Als Verfahren für den oxidativen Abbau von Schadstoffen in Abgasen ist die thermische Nachverbrennung (TNV) bekannt.

Aus einer Reihe von grundlegenden Untersuchungen zur TNV von Schadstoffen geht hervor, dass in der Mehrzahl der Anwendungsfälle die Auslegung der TNV-Anlage nach den Oxidationsbedingungen der Zwischenprodukte (Sekundärschadstoffe), vornehmlich Kohlenmonoxyd (CO) zu erfolgen hat und dementsprechend hohe Betriebstemperaturen deutlich oberhalb von 750 °C erforderlich sind.

Insbesondere bei Schadstoffen der Emissionsklasse III der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft — im folgenden TAluft genannt — können die zulässigen Restkonzentrationen der Primärschadstoffe (300 mg/m<sup>3</sup>) bereits bei Temperaturen zwischen 500 und 600 °C erreicht werden, während eine zulässige CO-Restkonzentration von maximal 100 mg/m<sup>3</sup> (Norm-m<sup>3</sup>) erst oberhalb von 800 °C erreichbar ist.

Verschärft werden diese Bedingungen in der Praxis überall dort, wo sich in der Brennkammer mit der Zeit Ablagerungen an der Wand abscheiden, wodurch die CO-Oxidation inhibiert werden kann und somit gegebenenfalls noch höhere Temperaturen zur Abgasbehandlung notwendig sind.

Zur Beseitigung von Sekundärschadstoffen muss das Abgas also bei wesentlich höheren Temperaturen behandelt

werden, als dieses für die Beseitigung der Primärschadstoffe an sich notwendig wäre. Durch diese Notwendigkeit wird die herkömmliche Abgasbehandlung sowohl aus technischer als auch aus ökonomischer Sicht wesentlich aufwendiger als sie aufgrund der eigentlichen Ursache zu sein brauchte.

Es bestand somit die Aufgabe, ein Abgasbehandlungsverfahren zur Verfügung zu stellen, das einerseits Schadstoffemissionen auf den zulässigen Bereich zu begrenzen gestattet, andererseits eine wesentliche Verbesserung aus technischer und ökonomischer Sicht erlaubt.

Eine besondere Aufgabe bestand darin, bereits bestehende TNV-Anlagen durch einfache Massnahmen im angegebenen Sinne zu verbessern.

Die gestellte Aufgabe wird durch das im Patentanspruch 1 charakterisierte Verfahren gelöst.

Das erfindungsgemässe Abgasbehandlungsverfahren stellt ein zweistufiges Verfahren dar.

In einer ersten Stufe wird schadstoffhaltiges Abgas unter Einsatz von Fremdenergie aufgeheizt und partiell oxidiert.

Diese erste Stufe ist vorzugsweise eine an sich bekannte thermische Nachverbrennung.

Der aus der ersten Stufe austretende Gasstrom, welcher im herkömmlichen Verfahren bereits das Reingas darstellt, wird erfindungsgemäss in einer zweiten Stufe katalytisch behandelt.

In einer bevorzugten Variante ist vor und/oder hinter der zweiten Stufe eine Wärmerückgewinnungsstufe vorgesehen.

Als Katalysatoren kommen an sich bekannte Oxidations-Katalysatoren zum Einsatz. Diese können in allen bekannten Formen z. B. als Gewebe, Netze oder Siebe oder als Schüttgut ungeformter oder geformter Teilchen verwendet werden. Bevorzugt kommen auf porösen Trägern fixierte Katalysatoren auf Metalloxid- und/oder Edelmetallbasis zum Einsatz, wobei der Träger vorzugsweise in Perlförmigkeit, als Extrudat oder in Wabenkörperform ausgebildet ist. Solche Katalysatoren sind kommerziell verfügbar.

Mit dem erfindungsgemässen Verfahren können Abgase behandelt werden, die verschiedenartige Primärschadstoffe enthalten. Insbesondere kommen als Primärschadstoffe einzelne oder mehrere der folgenden Substanzen in Frage:

- gesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe wie z. B. n-Hexan, n-Octan
- ungesättigte aliphatische Kohlenwasserstoffe wie z. B. Äthylen, Butadien
- aromatische Kohlenwasserstoffe wie z. B. Benzol, Toluol, Xylol, Styrol oder Äthylbenzol
- Gemische aus aliphatischen und/oder aromatischen und/oder naphthenischen Kohlenwasserstoffen wie z. B. Lösungsmittel auf Basis Benzin oder Terpentin
- aliphatische Alkohole mit einer oder mehreren Hydroxylgruppen wie z. B. Methanol, Äthanol, n-Propanol, i-Propanol, n-Butanol, Diacetonalkohol, Äthylenglycol, Propylenglycol,
- Hydroxy-substituierte Aromaten, wie z. B. Phenole, Kresole
- Äther wie z. B. Alkylglycole (Methyl-, Äthyl-, Propyl-, Butylglycol), cyclische Äther (Äthylen-, Propylenoxid)
- Aldehyde wie z. B. Formaldehyd, Acetaldehyd
- Ketone wie Aceton, Methyläthylketon, Cyclohexanon
- Ester wie z. B. Glyceride, Ester der Essigsäure (vorzugsweise Methyl- oder Äthyl- oder n-Butylester)
- organische Säuren oder deren Anhydride wie z. B. Ameisensäure, Essigsäure, Phthalsäure-, Maleinsäureanhydrid.

Aus solchen Primärschadstoffen entstehen durch partielle Oxidation Sekundärschadstoffe wie z. B. Formaldehyd oder Acetaldehyd, insbesondere Kohlenmonoxyd (CO). Das

erfindungsgemäße Verfahren gestattet insbesondere den Gehalt an Sekundärschadstoffen wirkungsvoll zu begrenzen.

Eine besondere Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens besteht darin, bereits bestehende, einstufige Abgasbehandlungsanlagen, in denen Abgas in einer Stufe unter Einsatz von Fremdenergie gereinigt und aufgeheizt wird, in technischer und ökonomischer Hinsicht zu verbessern, indem man das Abgas in der bestehenden Stufe mit verminderter Energiezufuhr behandelt und den resultierenden Gasstrom anschliessend zusätzlich katalytisch behandelt. Die bereits bestehende Stufe ist dabei vorzugsweise eine thermische Nachverbrennungsanlage.

Mit dem erfindungsgemässen Verfahren lassen sich wesentliche Vorteile erzielen wie z. B.

a) Verringerung des Fremdennergieeinsatzes der ersten Stufe. Dieses führt einerseits zu einer erheblichen Kostenreduzierung, die — in Verbindung mit einer prozessgesteuerten Temperaturregelung — bis zu 50% der bisher in der ersten Stufe aufzubringenden Energiekosten betragen kann. Andererseits kann die Temperaturabsenkung die Verwendung preiswerterer Konstruktionsmaterialien gestatten.

b) Erhöhung des Durchsatzes. Durch die nachgeschaltete katalytische Behandlung machen sich Verweilzeiteinflüsse, wie sie bei thermischen Nachverbrennungsanlagen bekannt sind, nicht mehr nachteilig bemerkbar. Im Vergleich zu solchen bekannten Anlagen lassen sich bei niedrigerer Betriebstemperatur höhere Abgas- und/oder Schadstoffdurchsätze mit gleichgutem Ausbrand erzielen.

Durch Nachrüstung bestehender Anlagen im erfindungsgemäss angegebenen Sinne ist z. B. eine Produktionsausweitung möglich, ohne dass eine komplette neue Abgasbehandlungsanlage installiert werden muss.

c) Sanierung bestehender Anlagen. Bestehende Anlagen, die gesetzliche Auflagen nicht mehr oder nur unter hohem Kostenaufwand erfüllen, können unter Vermeidung grösserer Investitionen den gesetzlichen Anforderungen angepasst werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand der folgenden Beispiele näher beschrieben.

Die für die Versuche verwendete Anlage ist schematisch in Figur 1 dargestellt. Das zu reinigende Abgas wurde durch eine Leitung (1) über einen Wärmetauscher (2) einer Vor-kammer (3) zugeleitet, von der es in die erste Abgasbehandlungsstufe (4), einer Brennkammer mit einem Volumen von 275 Liter gelangte. Über Leitung (5) wurde Brennstoff (Propan/Luft-Gemisch) durch eine Brennerdüse (6) ebenfalls der ersten Behandlungsstufe (4) zugeführt und dort in einer offenen Flamme (7) verbrannt. Das resultierende, Primär- und Sekundärschadstoffe enthaltende Gasgemisch gelangte über Leitung (8/A) zum Wärmetauscher (2) und von dort zur zweiten Abgasbehandlungsstufe (9), in der ein Katalysator (10) angebracht war. Alternativ konnte das über Leitung (8) die Brennkammer verlassende Gas über (8/B) unter Umgehung des Wärmetauschers der zweiten Stufe (9) zugeführt werden. Das katalytisch nachbehandelte Gas (Reingas) wurde über Leitung (11/C) dem (nicht dargestellten) Abgaskamin zugeführt. Das die zweite Stufe (9) verlassende Reingas konnte alternativ bei genügend hohem Wärmeinhalt über Leitung (11/D) dem Wärmetauscher (2) zugeführt und zur Vorwärmung des zu reinigenden Abgases eingesetzt werden.

Als Abgas wurde Luft eingesetzt, der als Schadstoff 1000 ppm n-Hexan zugemischt war. Der Durchsatz variierte zwischen 70 und 100 Nm<sup>3</sup>/h, bei einer Raumgeschwindigkeit von 20 000 Liter pro Stunde pro Liter Katalysator.

Als Katalysatoren wurden für den Fall n-Hexan als Schadstoff Schüttgut-Katalysatoren eingesetzt, wobei der Katalysator KCO-1922 K/M ein Oxidationskatalysator des

Typs Palladium/Mangan auf Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Träger war. Katalysator KCO-3366 K/M ein Oxidationskatalysator, der als aktive Komponente Platin enthielt. Beide Katalysatoren waren am Anmeldetag kommerziell verfügbar. \*) In den anderen Beispielen wurde als Katalysator der Wabenkörper-Katalysator KCO-WK-220 ST eingesetzt \*), ein Platin Oxidationskatalysator.

\*) Hersteller: Fa. Kali-Chemie

Zur Analyse der Gasgemische wurden jeweils Proben vor und nach der zweiten Stufe (9) gezogen.

In Figur 2 sind die Messergebnisse von 2 Versuchsreihen für n-Hexan als Schadstoff dargestellt, in denen die Schadstoffkonzentration in Abhängigkeit von der Brennkammeraustrittstemperatur dargestellt ist. Bei Verwendung allein der TNV, also dem bekannten Verfahren (leere Kreise bzw. Dreiecke in Figur 2), war bei etwa 610 °C der Grenzwert nach der Schadstoffklasse III für den Schadstoff erreicht. Um den gesetzlichen Auflagen der TALuft zu genügen, musste die TNV wegen der hohen CO-Konzentrationen aber bei ca. 860 °C betrieben werden. Das erfindungsgemäße Verfahren (gefüllte Kreise bzw. Dreiecke in Figur 2) gestattete es dagegen, bei 600 °C zu arbeiten; bei Registrierung der CO-Restkonzentration konnte die Brennkammertemperatur sogar auf etwa 540 °C abgesenkt werden, da bereits bei dieser Temperatur sowohl für die Summe der Primär- und Sekundärschadstoffe der zulässige Emissionsgrenzwert von 300 mg/m<sup>3</sup> nicht überschritten wurde, als auch für Kohlenmonoxid der zulässige Emissionsgrenzwert von 100 mg m<sup>3</sup> deutlich unterschritten wurde. Mit dem erfindungsgemässen Verfahren ist also eine Temperatursenkung um bis zu 320 °C erreichbar.

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse weiterer Versuchsreihen zusammengestellt, wobei die kummulative Reingaszusammensetzung, (100 entspricht dem im eingesetzten Schadstoff enthaltenen Gesamtkohlenstoff) in Abhängigkeit von der Brennkammeraustrittstemperatur (T<sub>BK,a</sub>) jeweils für thermische Nachverbrennung allein (TNV) und für das erfindungsgemäße Verfahren (TNV KNV) dargestellt ist. Die jeweiligen Versuchsparameter sind im Anschluss an die Tabellen wiedergegeben. In den Tabellen verwendete Abkürzungen bedeuten:

S = Schadstoff, ZP = kohlenstoffhaltige, organische Zwischenprodukte, z. B. Formaldehyd.

Zur Einhaltung der Auflagen der TALuft konnte durch die nachgeschaltete Katalysatorbehandlung die Brennkammertemperatur von jeweils über etwa 800 °C auf 600 °C (Tabelle 1) bzw. auf 570 °C (Tabelle 2) bzw. auf 480 °C (Tabelle 3) abgesenkt werden. Entsprechende Ergebnisse werden auch aus den weiteren Tabellen ersichtlich.

Tabelle 1: Oxidation von n-Hexan

TBK. a [ °C ]	TNV				TNV KNV			
	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO
500	41	30	12	17	19	0	79	2
550	30	18	19	33	12	0	86	2
600	22	12	26	40	7	0	91	2
650	16	10	36	38	5	0	93	2
700	10	7	50	33	3	0	95	2
750	5	2	65	28	2	0	97	1
800	2	0	76	22	2	0	98	0

65 Schadstoff: n-Hexan  
 Schadstoffkonzentration: 1000 ppm  
 Durchsatz: 95 Nm<sup>3</sup>/h  
 Katalysator: KCO-1922 K M

Ein Vergleich von Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigt, dass eine Erhöhung des Durchsatzes im herkömmlichen Verfahren eine beträchtliche Erhöhung der Brennkammertemperatur erzwingt, im erfindungsgemässen Verfahren dagegen bei gleicher Temperatur gearbeitet werden kann.

Tabelle 2: Oxidation von n-Hexan

TBK, a [°C]	TNV				TNV,KNV			
	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO
400	40	35	10	15	29	22	38	2
450	43	26	12	19	17	18	63	2
500	20	24	21	25	10	10	78	2
550	16	9	36	39	7	3	88	2
600	8	2	62	28	5	2	91	2
650	4	0	78	18	3	0	95	2
700	3	0	86	11	3	0	96	1
750	2	0	90	8	2	0	97	0

Schadstoff: n-Hexan  
Schadstoffkonzentration: 1000 ppm  
Durchsatz: 73 m<sup>3</sup>/h  
Katalysator: KCO-1922 K/M

Tabelle 3: Oxidation von n-Hexan

TBK, a [°C]	TNV				TNV,KNV			
	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO
400	59	11	17	13	22	0	76	2
450	52	11	21	16	14	0	84	2
500	31	9	26	34	7	0	91	2
550	14	5	39	42	4	0	94	2
600	7	7	53	33	2	0	97	1
650	4	4	72	20	1	0	98	1
700	2	0	86	12	1	0	99	0
750	1	0	89	10	0	0	100	0

Schadstoff: n-Hexan  
Schadstoffkonzentration: 1000 ppm  
Durchsatz: 73 Nm<sup>3</sup>/h  
Katalysator: KCO-3366 K/M

Tabelle 4: Oxidation von Benzol

TBK, a [°C]	TNV				TNV,KNV			
	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO
100	100	0	0	0	100	0	0	0
150					88	0	12	0
200					22	0	78	0
250					10	0	90	0
300					6	0	94	0
350					3	0	97	0
400					1	0	99	0
450					0	0	100	0
500								
550								
600								

Tabelle 4: (Fortsetzung)

TBK, a [°C]	TNV				TNV/KNV			
	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO
5								
650	100	0	0	0				
700	91	2	4	4				
750	1	0	33	66				
10								
800	0	0	95	5				
850	0	0	100	0	0	0	100	0

Schadstoff: Benzol  
Schadstoffkonzentration: 1000 ppm  
Raumgeschwindigkeit: 20 Nm<sup>3</sup>/h/l-Katalysator  
Katalysator: KCO-WK-220 ST  
Die erste Behandlungsstufe (4) wurde indirekt beheizt.

Tabelle 5: Oxidation von Essigsäuremethylester

TBK, a [°C]	TNV				TNV/KNV			
	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO
25								
100	100	0	0	0	100	0	0	0
150					96	0	4	0
200					86	4	10	0
250					67	3	30	0
300					40	2	58	0
350					20	1	79	0
400	100	0	0	0	9	0	91	0
450	99	1	0	0	2	0	98	0
500	98	1	1	0	0	0	100	0
550	96	2	2	0				
35								
600	94	3	3	0				
650	90	4	3	3				
700	54	4	6	36				
750	7	0	16	77				
40								
800	0	0	96	4				
850	0	0	100	0	0	0	100	0

Schadstoff: Essigsäuremethylester  
Schadstoffkonzentration: 2100 ppm  
Raumgeschwindigkeit: 20 Nm<sup>3</sup>/h/l-Katalysator  
Katalysator: KCO-WK-220 ST  
Die erste Behandlungsstufe (4) wurde indirekt beheizt.

Tabelle 6: Oxidation von Benzol

TBK, a [°C]	TNV				TNV/KNV			
	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO
55								
400	59	0	31	10	7	0	93	0
450	57	0	31	12	5	0	95	0
500	53	0	33	14	4	0	96	0
550	46	0	37	17	2	0	98	0
600	35	0	40	25	1	0	99	0
650	27	0	45	28	0	0	100	0
700	19	0	69	12				
750	12	0	82	6				
800	4	0	93	3	0	0	100	0

Schadstoff: Benzol  
Schadstoffkonzentration: 900 ppm  
Durchsatz: 75 Nm<sup>3</sup>/h  
Katalysator: KCO-WK-220 ST

Tabelle 7: Oxidation von Essigsäuremethylester

TBK, a [ °C]	TNV		TNV/KNV					
	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO
400	57	7	28	8	17	0	83	0
450	54	8	28	10	14	0	86	0
500	46	13	26	15	10	0	90	0
550	34	19	26	21	5	0	95	0
600	22	9	35	34	2	0	98	0
650	15	3	48	34	1	0	99	0
700	10	1	66	23	0	0	100	0
750	6	0	89	5	0	0	100	0
800	2	0	98	1	0	0	100	0

Schadstoff: Essigsäuremethylester  
 Schadstoffkonzentration: 2200 ppm  
 Durchsatz: 75 Nm<sup>3</sup>/h  
 Katalysator: KCO-WK-220 ST

Tabelle 8: Oxidation von n-Hexan

TBK, a [ °C]	TNV		TNV/KNV					
	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO	S	ZP	CO <sub>2</sub>	CO
400	52	10	19	19	7	0	93	0
450	47	10	23	20	7	0	93	0
500	42	13	19	26	5	0	95	0
550	28	3	27	42	3	0	97	0
600	12	1	47	40	0	0	100	0
650	6	0	69	25				
700	3	0	87	10				
750	2	0	92	6				
800	2	0	94	4	0	0	100	0

Schadstoff: n-Hexan  
 Schadstoffkonzentration: 1000 ppm  
 Durchsatz: 75 Nm<sup>3</sup>/h  
 Katalysator: KCO-WK-220 ST

Gute Ergebnisse wurden auch mit Schadstoffgemischen erzielt, die nach dem erfindungsgemässen Verfahren behandelt wurden. Überraschenderweise konnte dabei die Brennkammertemperatur sogar unter jene Temperaturen abgesenkt werden, die bei der Behandlung der Einzelkomponenten als untere Grenztemperaturen bestimmt waren.

Eine weitere Variante des Verfahrens besteht darin, einen Teil des Abgases nicht in der ersten Stufe zu behandeln, sondern

in einem by-pass an dieser vorbeizuführen. Dieser by-pass kann in einer Anlage gemäss Figur 1 z. B. als direkte Verbindungsleitung zwischen der Leitung (1) und der Leitung (8/A) und/oder (8/B) ausgeführt sein, wobei diese Leitung noch an sich bekannte Mittel zur Durchflussregelung enthalten kann. Es hat sich bewährt, bis zu 60 Vol.%, insbesondere bis zu 50 Vol.% des Gesamten Abgasstromes über diesen by-pass zu führen.

35

40

45

50

55

60

65

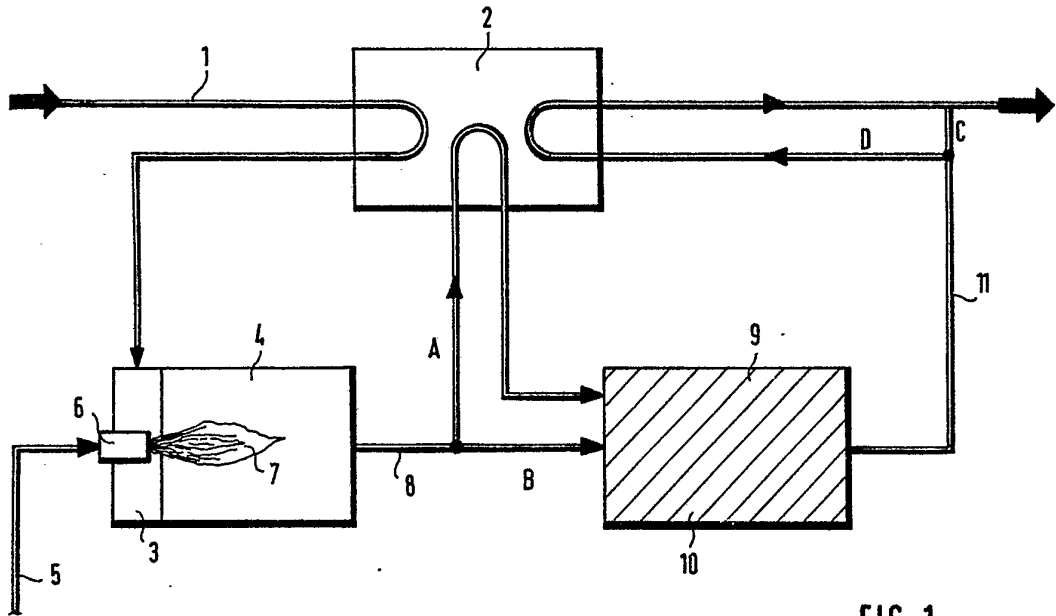
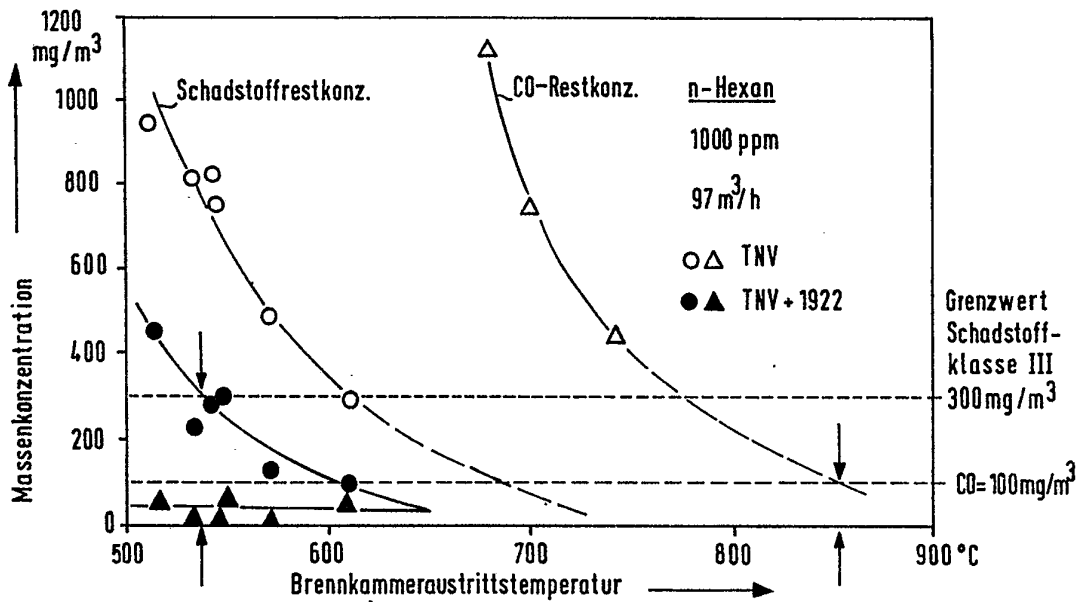


FIG. 1



Temperaturabhängigkeit der Primärschadstoffrestkonzentration und der CO-Zwischenproduktrestkonzentration bei der Hexan-TNV ohne und mit externer katalytischer CO-Nachoxidation.

FIG. 2