



AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP C 10 G / 306 337 8	(22)	25.08.87	(44)	22.03.89
(71)	VEB „Otto Grotewohl“ Böhlen, Böhlen, 7202, DD				
(72)	Kunze, Peter, Dr. rer. nat. Dipl.-Chem.; Sommer, Holm, Dr. rer. nat. Dipl.-Chem.; Krumsdorf, Thomas, Dipl.-Ing.; Wolfram, Gunter, Dipl.-Chem.; Mothes, Jochen, Dipl.-Chem.; Becker, Karl, Doz. Dr. sc. nat. Dipl.-Chem.; John, Heino, Dr. rer. nat. Dipl.-Chem.; Kulbe, Bernd, Dr.-Ing. Dipl.-Ing.; Friedel, Klaus, Dipl.-Ing.; Müller, Heiner, Dipl.-Ing., DD				
(54)	Verfahren zur Druckhydrierung von Kohle				

(55) Druckhydrierung, Sumpffphase, Kohle, Katalysator, schwermetallhaltige Dickschlämme, Abprodukte, Verbindungen des Magnesiums und/oder Aluminiums

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Druckhydrierung von Kohle in der Sumpffphase, nach dem getrocknete, feingemahlene Kohle, Katalysator und Anniessöl zu einer Maische vermischt und in Gegenwart von Wasserstoff unter Druck bei erhöhten Temperaturen behandelt werden. Als Katalysator wird eine Kombination von entwässerten schwermetallhaltigen Dickschlämmen und the:misch unbelasteten Verbindungen des Magnesiums und/oder Aluminiums in Form eines pulverigen Materials verwendet, das aus Teilchen besteht, deren Bestandteile sich durch Schwerkraftwirkung nicht entmischen und frei von kohlenstoffhaltigen Materialien sind. Die schwermetallhaltigen Dickschlämme sind Abprodukte der Galvanikindustrie, der Lederverarbeitenden Industrie, der Pigmentfarbenindustrie usw.; als Leichtmetallverbindungen werden Magnesium und/oder Aluminiumoxide, -hydroxide, -phosphate und/oder -sulfate eingesetzt. Der Katalysator wird in einer Menge von 0,1 bis 3 Ma.-% verwendet.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Druckhydrierung von Kohle in der Sumpffphase unter Zugabe eines Katalysators, **gekennzeichnet dadurch**, daß als Katalysator eine Kombination von entwässerten schwermetallhaltigen Dickschlämmen und thermisch unbelasteten Verbindungen des Magnesiums und/oder Aluminiums in Form eines pulvrigen Materials, das aus Teilchen besteht, deren Bestandteile sich durch Schwerkraftwirkung nicht entmischen und frei von kohlenstoffhaltigen Materialien sind, verwendet wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Katalysator Zink und/oder Nickel und/oder Chrom und/oder Kupfer und/oder Zink und/oder Eisen enthaltende Abprodukte der Galvanikindustrie, der Lederverarbeitenden Industrie, der Pigmentfarbenindustrie, der metallverarbeitenden Industrie, der Lithiophosphatherstellung, der Aluminiumoxidproduktion und/oder aus Phosphatierungsprozessen enthält.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß der verwendete Katalysator Magnesium- und/oder Aluminiumverbindungen in Form ihrer Oxide, Hydroxide, Phosphate und/oder Sulfate enthält.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Katalysator in einer Menge von 0,1 bis 3 Ma.-%, bezogen auf die wasser- und aschefreie Kohle, eingesetzt wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Druckhydrierung von Kohle in der Sumpffphase, nach dem getrocknete, feingemahlene Kohle, Katalysator und Anmischöl zu einer Maische vermischt werden und diese in Gegenwart von Wasserstoff unter Druck bei erhöhten Temperaturen behandelt wird.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Bei der Kohlehydrierung nach der Sumpffasentechnologie werden üblicherweise feinverteilte Katalysatoren eingesetzt, die in die Kohle-Öl-Maische suspendiert werden.

Diese Kohle-Öl-Katalysator-Maische durchläuft anschließend in bekannter Weise bei 673 bis 773 K und 10 bis 70 MPa in Gegenwart von Wasserstoff die Sumpffasenreaktoren.

Der verwendete Katalysator wird im allgemeinen mit weiteren Feststoffen wie nichtumgesetzter Kohle und Mineralbestandteilen von den gewonnenen Flüssigprodukten abgetrennt und verbleibt im Hydrierrückstand. Eine Rückgewinnung des Katalysators aus diesem Rückstand gestaltet sich technisch sehr schwierig und aufwendig und ist folglich aus ökonomischer Sicht nicht sinnvoll.

Deshalb werden für Kohlehydrierprozesse möglichst billige, in großen Mengen verfügbare und trotzdem hydrieraktive Katalysatoren, die oft als Einweg- oder Wegwerfkatalysatoren bezeichnet werden, eingesetzt.

Als sehr billige und gut beschaffbare Katalysatoren sind insbesondere Eisenverbindungen wie z. B. Bayermasse, Lautamasse, Raseneisenerze oder Lux-Masse großtechnisch verwendet worden (vgl. W. Krönig, die katalytische Druckhydrierung von Kohlen, Teeren und Mineralölen, Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1950, S. 48). Diese eisenhaltigen Katalysatormaterialien besitzen jedoch nur eine geringe Aktivität, so daß etwa 5 bis 10 Ma.-% Katalysator, bezogen auf Trockenkohle, zugesetzt werden mußten.

Da die im Reaktionssystem zu behandelnde Kohle-Öl-Katalysator-Maische zur Gewährleistung der Pumpenfähigkeit einen maximalen Feststoffgehalt von etwa 49 bis 50 Ma.-% nicht übersteigen darf, reduziert sich bei erforderlichen hohen Katalysatorzugaben der mögliche Kohleanteil, was zu einer unbefriedigenden Ausnutzung des Reaktionsraumes führt. Weiterhin kommt es zu einer hohen Belastung der Verfahrensstufen, in denen die Flüssigkeit-Feststoff-Trennung erfolgt und dazu, daß mit dem erhöhten Anfall an Rückständen auch größere Mengen an wertvollen Destillatölen mit ausgetragen werden und damit erhöhte Ölv.-Lüste entstehen.

Des weiteren wurden in neueren Verfahrenskonzepten Gichtstaub (DE-OS 3142825), Konverterstaub (DE-OS 3210500) und Eisenerze (DE-OS 3009694) als Katalysatoren vorgeschlagen. Diese weisen neben den schon genannten Nachteilen noch eine relativ hohe Schüttdichte von größer als 1 kg/l, meist mehr als 1,3 kg/l, auf, so daß die Gefahr zur Bildung von Inhomogenitäten bezüglich der Verteilung des Katalysators in der Kohlemaische besteht, was zur Verminderung der katalytischen Aktivität, zu Ablagerungen in den Anlagenteilen und letztendlich zu Betriebsstörungen führt. Außerdem ist bei Eisenerzen ein hoher Mahlaufwand erforderlich.

Weiterhin ist bekannt, daß Verbindungen des Mo und W als Katalysator hervorragend geeignet sind (vgl. C. Krauch, M. Pier, Angew. Chem. 44, 1931, 953).

Diese wurden nach kurzer Zeit wegen den ökonomisch unverträglich hohen Katalysatorkosten durch die wesentlich billigeren Eisenkatalysatoren ersetzt.

Des weiteren wurde berichtet, daß Verbindungen des Zn, Ni, Cu, Co, insbesondere Oxide und Chloride, als Katalysatormaterial geeignet sind (vgl. B. Halavica, Brennstoff-Chemie 9, 1928, 229).

Auch andere Autoren setzten Verbindungen des Zn, Cr, Al als Katalysatoren ein (vgl. H. S. Taylor, Proc. II, Int. Conf. Bit. Coal I [1928], S. 190; A. Kling, Proc. II, Int. Conf. Bit. Coal II [1928], S. 523).

Weiterhin wurde gefunden, daß Zusätze von Magnesiumoxid keinen positiven Einfluß auf den Kohleabbau und damit auf die Ölbildung ausüben (vgl. Lissner — Tau, Die Chemie der Braunkohle, Band I, S. 146, VEB Wilhelm-Knapp-Verlag Halle, 1956). Obwohl die relativ gute Wirksamkeit der genannten Schwermetallverbindungen bekannt war, wurden diese bisher nicht großtechnisch für die Kohlehydrierung genutzt. Die Gründe liegen vorwiegend in der nicht ausreichenden Verfügbarkeit und im zu hohen Preis der Schwermetallverbindungen.

Es hat sich gezeigt, daß mit Gemischen aus Eisenoxid und anderen Metallkomponenten im allgemeinen besserer Umsatz erreicht werden als mit Einzelverbindungen. Jedoch ist in der Praxis von Nachteil, daß diese Gemische sich in der Kohle-Öl-Maische wegen ihrer unterschiedlichen Dichten und damit Sinkgeschwindigkeiten der einzelnen Bestandteile schnell entmischen. In diesem Zusammenhang ist der Einsatz von Mineralien und Erzen zu sehen (z. B. Nickellaterit, Manganknollen u. a.), die neben Fe und Mn noch Co, Ni und Cu enthalten. Nachteilig wirkt sich beim Einsatz von Mineralien und Erzen aus, daß sie nach der Kohlehydrierung für metallurgische Zwecke nicht mehr zur Verfügung stehen, eine hohe Pulverschüttdichte aufweisen und aus relativ viel katalytisch inertem Material bestehen. Das führt zu erhöhten Rückstandsmengen und Ölverlusten und zu einer ungenügenden Ausnutzung des Hochdruckreaktionsraumes.

Um diese Nachteile zu überwinden, wurde vorgeschlagen, Trägerkatalysatoren, die in der Erdölverarbeitung eingesetzt werden, für die Kohlehydrierung zu verwenden. Diese werden gewöhnlich durch Trägers wie Al_2O_3 mit Übergangsmetallsalzlösungen, wie z. B. des Mo, Co, Ni und/oder W und anschließendes Calcinieren hergestellt (DE-OS 2613122, J 5717440).

Neben der aufwendigen Herstellungstechnologie und dem hohen Preis besteht das größte Problem beim Einsatz von Trägerkatalysatoren für die Kohlehydrierung in ihrer relativ schnellen Desaktivierung, die durch Koksablagerungen, Verstopfung von reaktiven Poren durch Metallablagerungen (mineralische Kohlebestandteile) und durch Sinterungserscheinungen des Trägers hervorgerufen wird (vgl. Denpak, S. Thakur et al., Catalyst Deactivation during Direct Coal Liquefaction, Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev. 23, 1984, 349).

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist ein verbessertes Verfahren zur Druckhydrierung von Kohle in der Sumpffphase, das mit einem leicht suspendierbaren, kostengünstigen und hoch aktiven Katalysator arbeitet und mit dem eine hohe Ausbeute an Flüssigprodukten realisiert wird.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die technische Aufgabe, die durch die Erfindung gelöst wird, besteht darin, ein Verfahren für die Druckhydrierung von Kohle zu entwickeln, wonach in großen Mengen verfügbare Hydriermetallkomponenten in einer katalytisch besonders wirksamen Form als suspendierte Katalysatoren eingesetzt werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Druckhydrierung von Kohle in der Sumpffphase gelöst, nach dem als Katalysator eine Kombination von erd-wässerten schwermetallhaltigen Dickschlämmen und thermisch unbelasteten Verbindungen des Magnesiums und/oder Aluminiums in Form eines pulverförmigen Materials, das aus Teilchen besteht, deren Bestandteile sich durch Schwerkraftwirkung nicht entmischen und frei von kohlenstoffhaltigen Materialien sind, verwendet wird.

Als schwermetallhaltige Dickschlämme kommen insbesondere bisher nicht stoffwirtschaftlich genutzte Abprodukte der Galvanikindustrie, der Lederverarbeitenden Industrie, der Pigmentfarbenindustrie, der metallverarbeitenden Industrie, der Lithoponenherstellung, der Aluminiumoxidproduktion und aus Phosphatierungsprozessen in Betracht. Diese genannten Abprodukte enthalten hauptsächlich Schwermetallverbindungen, wie z. B. des Zn, Ni, Cr, Fe, Cu, aber auch zum Teil Verbindungen des Al und Mg und werden vorwiegend auf Deponien kostenpflichtig abgelagert, so daß sie praktisch keiner Wiederverwertung zugeführt werden können und folglich der Volkswirtschaft verloren gehen. Diese Verfahrensweise belastet außerdem die Umwelt in hohem Maße.

Für die Verwendung solcher Abprodukte als Sumpffphasenkatalysator für die Kohlehydrierung ist es günstig, wenn diese Katalysatoren ein Schüttgewicht von maximal 0,8 kg/l aufweisen und aus relativ kleinen Teilchen bestehen, die eine Kombination von mehreren Schwermetallverbindungen enthalten, wobei die einzelnen Metallverbindungen als Bestandteile in der Maische sich auf Grund ihrer unterschiedlichen Dichte nicht entmischen. Katalysatoren mit diesen neuen Eigenschaften werden erhalten, wenn schwermetallhaltige Dickschlämme und thermisch unbelastete Verbindungen des Magnesiums und/oder Aluminiums z. B. nach dem Prinzip der Zerstäubungstrocknung, der Sprudelschichttrocknung oder der Rotationsdünnstichtrocknung verarbeitet werden.

Für die Kohlehydrierung ist es von Vorteil, wenn die schwermetallreichen Katalysatoren eine relativ niedrige Schüttdichte aufweisen, damit sie ohne größeren technischen Aufwand in die Kohle-Öl-Maische suspendiert werden können und keine Ablagerungen in den Anlagenteilen verursachen. Wenn die in den Abprodukten enthaltenen Magnesium- und/oder Aluminiumverbindungen nicht in ausreichenden Mengen vorhanden sind, werden vor der Zerstäubungstrocknung entsprechende Magnesium- und/oder Aluminiumkomponenten, hauptsächlich in Form ihrer Oxide, Hydroxide, Phosphate und/oder Sulfate zugesetzt, um eine Schüttdichte des Katalysators von $\leq 0,8$ kg/l zu realisieren.

Es hat sich als günstig erwiesen, wenn der eingesetzte Katalysator 15 bis 60 Ma.-% einer oder mehrerer Schwermetallverbindungen, z. B. des Nickels, Zinks, Kupfers und Chroms, 10 bis 60 Ma.-% Aluminium- und/oder Magnesiumverbindungen sowie maximal 30 Ma.-% Eisenverbindungen enthält. Wegen der überraschend hohen katalytischen Wirksamkeit des genannten Katalysators bezüglich der Depolymerisation von Kohlemolekülen und der Bildung von Destillaten beträgt die Katalysatorkonzentration etwa 0,1 bis 3 Ma.-%, bezogen auf die wasser- und aschefreie Kohle.

Für das erfindungsgemäße Verfahren wird eine Kohle-Öl-Katalysator-Maische hergestellt, die auf Druck gebracht, aufgeheizt und bei Temperaturen von 673 bis 773 K sowie bei einem Druck von 10 bis 30 MPa in Gegenwart eines wasserstoffhaltigen Gases

hydrierend durch eine Sumpffasekammer geleitet wird. Das den letzten Reaktor verlassende Reaktionsprodukt wird anschließend zur Stofftrennung über ein Abscheidersystem geleitet und in bekannter Weise in feste, flüssige und gasförmige Komponenten getrennt.

Die hochsiedenden flüssigen Komponenten werden bei Bedarf als Anmischöl zurückgeführt, während die Leicht- und Mittelöle zu den Zielprodukten, wie Kraftstoffkomponenten und chemischen Zwischenprodukten, aufgearbeitet werden. Mit dem erfindungsgemäßen Einsatz des genannten hochaktiven Katalysators gestaltet sich das Kohlehydrierverfahren wesentlich effektiver, ökonomisch attraktiver und bezüglich der Verkokungserscheinungen weniger störanfällig. Es wurde festgestellt, daß unter Verwendung des neuen Katalysators in den Anlagenteilen der Versuchsanlage keine Verkokungserscheinungen auftreten, die bei gleichen Bedingungen unter Einsatz von Fe-Katalysatoren, wie z. B. Lautamasse oder Kiesabbrand, regelmäßig auftreten.

Der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bis zu 90 % geringere Katalysatoreinsatz im Vergleich zu bisher bekannten technisch verwendeten Katalysatoren führt zur Verringerung der Hydrierrückstandsmengen und Destillatölverluste.

Für den praktischen Betrieb einer Kohlehydrierung ergeben sich damit folgende Vorteile:

- die Ausbeute an Flüssigprodukten (Destillatölen) steigt
- die Rückstandsaufarbeitung vereinfacht sich
- die Hochdruckraumaussnutzung erhöht sich bezüglich des Einsatzes von Kohle bei konstanter Maischemenge
- das Niveau bezüglich des umweltschutzgerechteren Betriebes der Hydrieranlage erhöht sich
- der Aufwand für die Herstellung, den Transport und die Lagerung des Katalysators wird erheblich verringert
- es treten weniger Verkokungserscheinungen in den Prozeßstufen auf.

Die hohe Aktivität des Katalysators ist ausreichend, um auch Kohlen mit höheren Inkohlungsgraden, die allgemein schwerer als die Weichbraunkohle zu hydrieren sind, mit Erfolg zu verarbeiten.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung soll anhand nachfolgender Beispiele näher erläutert werden.

Beispiel 1

Die Prüfung der Katalysatoren erfolgte in einem 2-l-Schüttelautoklav unter folgenden Standardbedingungen:

— H ₂ -Anfangsdruck	9 MPa
— Reaktionsdruck	21,5 bis 26,8 MPa
— Aufheizrate	5 grd/min
— Versuchstemperatur	703 K
— Haltezeit bei 703 K	15 min
— Einsatzproduktmenge (Kohle-Öl-Katalysator-Maische)	etwa 700 g

Für alle Versuche wurde eine Kohle-Öl-Maische aus Braunkohle (EGR-Staub) und einem kohlestämmigen Anmischöl mit einem Anmischverhältnis von 1:2 eingesetzt. Die Zusammensetzung und Eigenschaften der Einsatzprodukte sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Die Kohle-Öl-Maische wurde in einer Kugelmühle hergestellt.

Die Katalysatoren wurden mit Hilfe von elektrisch betriebenen Rührern in die stabile Maische einsuspendiert. Die Katalysatorkonzentration betrug bei allen Versuchen außer beim Einsatz von Lautamasse (5 Ma.-%) 1 Ma.-%, bezogen auf wasserfreie Kohle. Die Zusammensetzung der eingesetzten Katalysatoren ist in Tabelle 2 angegeben.

700 g der so hergestellten Kohle-Öl-Katalysator-Maische wurden in den Autoklav gefüllt und bei den o. g. Standardbedingungen erfolgten die Hydrierversuche. Nach dem Abkühlen des Autoklavs wurden die Reaktionsprodukte Gas, Wasser und Verflüssigungsprodukt mengenmäßig erfaßt. Das Verflüssigungsprodukt diente zur Bestimmung der Gesamtflüssigkeitsproduktmenge, die sich aus abzentrifugiertem Flüssigprodukt und extrahiertem Flüssigprodukt des ölhaltigen Rückstandes zusammensetzt.

Als Bewertungskriterium für die Hydrieraktivität der Katalysatoren wurde die Gesamtflüssigproduktmenge, der sogenannte Ölgewinn, herangezogen. Des weiteren sind bilanzmäßig die gesamten Feststoffe, Reaktionswasser, Gas und Verluste in der Tabelle 3 angegeben.

Aus der Tabelle 3 geht hervor, daß die auf Basis von schwermetallhaltigen Abschlüssen hergestellten Katalysatoren wesentlich aktiver sind als die Lautamasse.

Des weiteren zeigt sich, daß die erfindungsgemäßen Katalysatoren, bei deren Herstellung vor der Trocknung Aluminium- und/oder Magnesiumoxid zugemischt wurde, eindeutig höhere Aktivitäten bezüglich der Ölbildung aufweisen als der bekannte Katalysator A. Die höchste Wirksamkeit zur Ölbildung zeigten die Katalysatoren, die Aluminium- und Magnesiumoxid enthalten, wobei sich überraschenderweise insbesondere ein größerer Magnesiumoxidgehalt als günstig erwiesen hat (s. Katalysator G).

Beispiel 2

Es wurden die Katalysatoren A, E, G und Lautamasse in verschiedenen Konzentrationen eingesetzt.

Die Versuchsbedingungen entsprachen denen aus Beispiel 1.

In Tabelle 4 sind die Versuchsergebnisse dargestellt. Daraus geht hervor, daß die erfindungsgemäßen Katalysatoren schon in relativ geringen Konzentrationen gegenüber bekannten Katalysatoren hohe Aktivitäten bezüglich der Bildung von Flüssigprodukten aus Kohle aufweisen.

Tabelle 1

Analytische Kenndaten der Einsatzprodukte

EGR-Staub		
Aschegehalt	(%)	12,53
Wassergehalt	(%)	8,70
Elementaranalyse		
C	(%)	58,80
H	(%)	6,52
N	(%)	0,30
S	(%)	1,74
Anmaischöl		
Dichte b. 393 K	(g/ml)	1,0088
Stockpunkt	(K)	305,5
Flammpunkt	(K)	411
Wassergehalt	(%)	Spuren
Conradson	(%)	8,1
Asphaltgehalt	(%)	4,5
Toluenunlös.	(%)	0,24
Viskosität	(mPas)	
bei 50 °C		83,1
bei 60 °C		45,9
Elementaranalyse		
C	(%)	84,85
H	(%)	10,22
N	(%)	0,21
S	(%)	1,13
VSK		
SB	(K)	562
5 Vol.-%	(K)	583
10 Vol.-%	(K)	595
20 Vol.-%	(K)	615
30 Vol.-%	(K)	635
40 Vol.-%	(K)	660
50 Vol.-%	(K)	684
60 Vol.-%	(K)	709
70 Vol.-%	(K)	740
80 Vol.-%	(K)	781
SE	(K/Vol.-%)	788/81

Tabelle 2

Zusammensetzung der eingesetzten Katalysatoren (in Ma.-%)

	Katalysatoren								Lautmasse
	A	B	C	D	E	F	G	H	
ZnO	36,0	23,0	22,0	32,4	17,6	1,8	18,0	18,0	—
NiO	10,8	6,9	6,6	9,7	5,3	0,54	5,4	5,4	—
CuO	7,6	4,9	4,6	6,8	3,7	0,38	3,8	3,8	—
Cr ₂ O ₃	9,5	6,1	5,8	8,8	4,7	0,48	4,7	4,7	—
Fe ₂ O ₃	7,1	4,5	4,3	6,4	3,5	0,35	3,6	3,6	28,8
Na ₂ O	4,5	2,9	2,7	4,0	2,2	0,23	2,2	2,2	8,9
CaO	3,5	2,2	2,1	3,1	1,7	0,17	1,8	1,8	2,5
SiO ₂	0,8	0,5	0,5	0,7	0,4	0,04	0,4	0,4	14,8
SO ₄ ²⁻	10,0	6,4	6,1	9,0	4,9	0,50	5,0	5,0	—
PO ₄ ³⁻	9,0	5,9	5,6	8,3	4,5	0,46	4,6	4,6	0,3
Cl ⁻	0,5	0,3	0,3	0,5	0,2	0,03	0,2	0,2	—
Al ₂ O ₃	—	36,0	—	5,0	27,0	44,0	17	35	35,3
MgO	—	—	39,0	5,0	24,0	41,0	33	15	0,8

Der Katalysator A wurde durch Sprühtrocknung einer feststoffhaltigen Slurry hergestellt. Diese feststoffhaltige Slurry enthielt folgende Abprodukte in Form von Dickschlamm:

- Abprodukt aus der Lithoponeherstellung
- Rückstand aus der Zink-Phosphatierung
- Cu-, Ni-, Cr- und Zn-haltiger Galvanikschlamm.

Die Katalysatoren B bis H enthalten gegenüber dem Katalysator A noch zusätzlich Al₂O₃ und/oder MgO, das bzw. die vor der Sprühtrocknung in die Slurry einsuspendiert wurden.

Bei der Lautmasse handelt es sich um ein Abprodukt, das bei der Herstellung von Tonerde in großen Mengen anfällt.

Alle Katalysatoren wiesen eine Korngröße von ≤ 150 µm auf.

Tabelle 3
Hydrierergebnisse

Katalysator	Katalysator- konzentration (Ma.-%)	gesamte Flüssigprodukt- ausbeute (%)	gesamte Feststoffe	Wasser	Gas + Verluste
A	1	65,4	17,9	3,5	13,2
B	1	66,8	17,2	3,4	12,6
C	1	67,0	17,0	3,6	12,4
D	1	68,5	16,1	3,2	12,2
E	1	71,0	13,2	3,7	12,1
F	1	67,2	16,9	3,2	12,7
G	1	71,1	13,0	3,6	12,3
H	1	70,8	13,2	3,5	12,5
Lautmasse	5	63,0	20,8	3,6	12,6

Tabelle 4
Hydrierergebnisse in Abhängigkeit von der Katalysatorkonzentration

Katalysator	Katalysator- konzentration (Ma.-%)	gesamte Flüssigprodukt- ausbeute (%)	gesamte Feststoffe	Wasser	Gas + Verluste
A	0,5	62,1	20,1	3,4	14,4
	1	65,4	17,9	3,5	13,2
	2,5	68,5	16,1	3,8	13,2
B	0,5	69,3	15,1	3,4	12,2
	1	71,0	13,2	3,7	12,1
	2,5	73,6	12,0	3,9	10,5
G	0,5	70,0	14,1	3,5	12,4
	1	71,1	13,0	3,6	12,3
	2,5	73,9	11,9	3,8	10,4
Lautmasse	5	63,0	20,8	3,6	12,6