



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

ISSN 0433-6461

(11)

211 106

Int.Cl.³

3(51)

C 02 F 1/62

C 02 F 1/64

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 02 F/ 2444 317

(22) 01.11.82

(44) 04.07.84

(71) VEB CHEMIEKOMBINAT BITTERFELD;DD;

(72) HEPP, WULFDIETER, DR. RER. NAT. DIPL.-CHEM.; FESSEL, GERHARD, OBERING;
KLEINE, FRITZ, DR. RER. NAT. DIPL.-CHEM.; LEHE, JUERGEN VON, DIPL.-ING.; DD;
PIESCHEL, FRIEDEMANN, DR. RER. NAT. DIPL.-CHEM.; GENSCH, FRIEDRICH; DD;

(54) VERFAHREN ZUR ABWASSERAUFBEREITUNG VON SCHWEISSDRAHTVERKUPFERUNGSANLAGEN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur getrennten Abscheidung des in Ablaugen von Schweißdrahtverkupferungsanlagen enthaltenen Eisens und Kupfers zu deren ökonomischen Wiederverwendung bei Klärung der Abwasser bis zu den für öffentliche Abwasser als unbedenklich zugelassenen Grenzwerten des Resteisens- bzw. Restkupfergehaltes. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das schwefelsaure Abwasser mit Luftsauerstoff und Sodalösung in einem Reaktionsbehälter behandelt, der so gestaltet ist, daß ausgeflockte Fe-III-oxidhydrat zunächst, bis auf die kräftigsten Kristallkeime, wieder aufgelöst wird, auf die weitere, aus der Turbulenzzone nachgelieferten Eisen-III-oxidhydratflocken aufwachsen können, so daß ein sehr kompakter Niederschlag erhalten wird, der abfiltriert nur 70 bis 80% Wasser enthält und das Filtrat, welches noch die Gesamtkupfermenge enthält, in einer zweiten gleich funktionierenden Reaktionskammer bei etwas höheren pH-Werten behandelt wird, wobei ein ähnlicher Mechanismus abläuft und ein ebenfalls sehr kompakter Niederschlag an basischem Kupfercarbonat erhalten wird, der abfiltriert nur 70% Wasser enthält. Die abgetrennten Niederschläge sind auf Grund ihrer Reinheit und der außergewöhnlich geringen Wassergehalte, die weit unter den sonst mit Neutraanlage erreichten Werte liegen, hervorragend zur effektiven Aufarbeitung geeignet.

Verfahren zur Abwasseraufbereitung von Schweißdrahtverkupferungsanlagen

Anwendungsgebiete der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Aufbereiten Eisen und Kupfer enthaltender Abwasser von Schweißdrahtverkupferungsanlagen durch getrennte Ausfällung des Eisen- bzw. Kupferanteils bis zu einem für öffentliche Abwasser als unbedenklich zugelassenen Grenzwert des Resteisengehaltes von weniger als 1 mg/l bzw. des Restkupfergehaltes von weniger als 1 mg/l im Abwasser.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die zum Zweck des Umweltschutzes erlassenen abwassertechnischen Bestimmungen erfordern in der Industrie und beim Gewerbe erhöhte Anstrengungen, ihre wässrigen Abfälle vor dem Einleiten in das öffentliche Abwasser so aufzubereiten, daß sie biologisch abbaufähig sind. Dies gilt insbesondere auch für galvano-technische Betriebe. Dort werden z. B. zum stromlosen Verkupfern chemische Kupferbäder, die im allgemeinen aus einer schwefelsauren Kupfersulfatlösung bestehen, eingesetzt.

Die Abwasser dieser galvano-technischen Betriebe, wie z. B. von Schweißdrahtverkupferungsanlagen, enthalten dann das eingelöste Fe und nichtverbrauchtes Cu in Form ihrer Sulfate gelöst. Die wäßrigen Lösungen können darüber hinaus weitere Sulfate und Chloride enthalten.

Das Aufbereiten von verbrauchten Lösungen vor dem Einleiten in das öffentliche Abwasser wird insbesondere deshalb wesentlich kompliziert, weil bereits Kupferkonzentrationen von einigen Milligramm pro Liter im Abwasser als schädlich anzusehen sind.

Für die abwassertechnische Aufbereitung von verbrauchten chemischen Kupferbädern sind bisher verschiedene Verfahren bekannt:

Ein Verfahren basiert auf der Fällung des Kupfers in elementarer Form in einer stark natronalkalischen Lösung. Bei diesem Verfahren wird der sogenannte metastabile Gleichgewichtszustand im Kupferbad mit Silberionen durch Zusetzen von Silbernitratlösung im stark alkalischen Bereich aufgehoben.

Dabei wird das Kupfer in elementarer Form ausgefällt. Das Verfahren befriedigt jedoch in der praktischen Anwendung nicht, da die vorgeschriebenen Grenzwerte für den Restkupfergehalt vielfach weit überschritten werden. Das ist wohl auch darauf zurückzuführen, daß das gefällte Kupfer teilweise kolloidal in Lösung verbleibt. Das abgeschiedene Kupfer ist stark mit Eisen-III-oxid verunreinigt und ist in dieser Form nicht unmittelbar für kommerzielle Zwecke verwendbar, sondern kann nur an Verhüttungsbetriebe abgegeben werden, wobei nur ein geringer Erlös erzielbar ist. Das mit abgeschiedene $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ geht dann verloren. Die anfallenden Abwässer sind stark alkalisch und müssen in einer Neutraanlage neutralisiert werden, ehe sie an den Vorfluter abgegeben werden können, wenn nicht im Betrieb gleichzeitig saure Abwasser anderer Art anfallen sollten, die zur Neutralisation benutzt werden können, welches aber in speziellen Betrieben der oben angeführten Art gewöhnlich nicht der Fall ist.

Von den Herstellern von chemischen Kupferbädern wird für die abwassertechnische Aufbereitung ein zweites Verfahren empfoh-

len, bei dem das Kupfer in elementarer Form aus der Aufbereitungslösung durch Zementation, d. h. durch Ladungsaustausch mit Zinkpulver ausgefällt wird. Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß eine dem Kupfer äquivalente Menge Zink statt dessen in Lösung geht und in einem anschließenden Neutralisationsprozeß in einer Neutraanlage mit Natronlauge ausgefällt werden müßte.

Das in der DE-AS 2240549 beschriebene Verfahren erzeugt Ausfällungen, die gut filtriert oder abgetrennt werden können und ergibt eine Masse mit geringem Wassergehalt, die unmittelbar verascht bzw. gebrannt werden kann. Das sind die Vorteile dieses Verfahrens. Es könnte auch auf die Aufbereitung von Abwasser von Schweißdrahtverkupferungsanlagen angewendet werden. Den obigen Vorteilen stehen dennoch einige schwerwiegende Nachteile entgegen.

Infolge der außerordentlichen und nicht bestrittenen Wirksamkeit der als Fällungsmittel eingesetzten Mono-, Di- und Trimercapto-s-triazine und deren Alkalimetall-, Ammonium- und Erdalkalimetallsalze werden alle Metallionen mit einem Normalpotential von zumindest $-0,440\text{ V}$ (bei 25°C) bei jedem pH-Wert innerhalb des pH-Bereiches von 2-12 sofort und quantitativ gefällt. Für eine getrennte Aufarbeitung der z. B. im Abwasser von Schweißdrahtverkupferungsanlagen enthaltenen Eisen- und Kupfergehalte ist dieses Verfahren infolge der hohen Wirksamkeit der Fällungsmittel nicht geeignet. Das bei der Fällung erhaltene kupfer- und eisenhaltige Produkt kann auch wiederum nur an Kupferverhüttungsbetriebe abgegeben werden, wodurch nur ein geringer Erlös erzielbar ist. Der in der Fällung vorhandene Eisengehalt geht verloren. Die außerordentliche quantitative Fällung aller vorhandenen Metallionen mit einem Normalpotential über $-0,440\text{ V}$, wobei Metallionenkonzentrationen im Filtrat erzielt werden, die weit unter den von den Umweltschutzbehörden als Maximalgrenze eingeschätzten Werten liegen, wird erkauft durch den

Einsatz von relativ teuren und teilweise schwer zugänglichen Produkten.

Verfahren der Enteisenung von Abwassern müssen auch dem Stand der Technik zugerechnet und diskutiert werden, da bestimmte Verfahren auch auf die Abscheidung vom Eisen in Gegenwart von Kupfer anwendbar wären.

Zur Enteisenung von Wassern mit höheren Eisengehalten sind mehrstufige Verfahren bekannt, wobei die zur Fällung des Eisens notwendigen Reaktionspartner nacheinander in das zu behandelnde Wasser gegeben werden. In der ersten Stufe werden bekannte Fällmittel, wie Hydroxide und Karbonate von Alkalien und Erdalkalien, vorzugsweise Kalk, in der zur vollständigen Reaktion erforderlichen Menge dem eisenhaltigen Wasser zugegeben. Es bildet sich dabei die zweiwertige Form des Eisenhydroxides bei Neutralisation der freiwerdenden Säure. In der von der ersten Stufe räumlich getrennten zweiten Stufe wird als weiterer Reaktionspartner ein geeignetes Oxidationsmittel, vorzugsweise Luftsauerstoff, in das Wasser eingetragen. Dabei wird die zweiwertige Form des Eisenhydroxids in die dreiwertige Form $\text{Fe}(\text{OH})_3$ überführt. Die Eisen-III-oxidhydratflocken bilden sich in einer der Belüftungszone nachgeschalteten Beruhigungszone mit teilweisen mäßiger Bewegung aus und werden in der folgenden Absetzzone vom Wasser getrennt.

Bei Verwendung dieses Verfahrens zur Aufbereitung von Abwassern der Galvaniken müßten noch die Verfahrensstufen zur Ausflockung der Cu^{2+} - Ionen als Kupfer-II-hydroxide oder basischer Kupfercarbonate mit nachgeschalteter Beruhigungszone und Absetzzone zur Abtrennung von Wasser angefügt werden, legt man auf getrennte Abscheidung sowohl des Eisen- als auch des Kupfergehaltes der Abwasser wert, welches für eine effektive Verwertung dieser Inhaltsstoffe unabdingbar die Voraussetzung ist. Dieses vielstufige Verfahren, auf die Aufbereitung von Abwassern von Schweißdrahtverkupferungsanlagen angewandt, hätte eine Reihe von Nachteilen. Durch die räumliche Trennung der einzelnen Reaktionsschritte wären diese Anlagen

sehr flächenintensiv und würden hohe Baukosten bedingen. In den Verbindungsstrecken der einzelnen Stufen könnte bereits eine Flockung einsetzen und bei den entsprechenden Geschwindigkeiten könnten sich dann Absetzungen bilden. Diese können Betriebsstörungen, beispielsweise Verstopfungen hervorrufen. Aus der DE-PS 58068 ist ein vereinfachtes Verfahren der Enteisung von Wasser bekannt geworden, indem zumindest die Verfahrensschritte der Neutralisation und Oxidation gleichzeitig vorgenommen werden. Dies Verfahren läßt sich jedoch nicht für die getrennte Aufarbeitung der Inhaltstoffe von Ablaugen der Art, wie sie aus Schweißdrahtverkupferungsanlagen anfallen, anwenden, da über die dort vorgeschlagene Zugabe des Fällungsmittels im pulverförmigen Zustand in der beschriebenen Anlage keine saubere Trennung, der Inhaltstoffe erreichen läßt, welches für eine effektive Nutzung bzw. Wiederverwendung der ausgefällten Stoffe ebenfalls unabdingbar die Voraussetzung ist, da im beschriebenen Reaktionsraum örtlich höchst unterschiedliche pH-Werte gegeben sind und sowohl das Eisen und das Kupfer in Form ihrer Hydroxide gemeinsam gefällt werden würden.

Über das in der US-PS 2151261 erläuterte Verfahren ist die separate Abscheidung von Cu nur bei Anwesenheit geringer Eisenmengen möglich. Es versagt bei Abwasser der Art, wie sie aus Schweißdrahtverkupferungsanlagen anfallen, außerdem wäre das abgeschiedene $\text{Cu}(\text{OH})_2$ mit Gips verunreinigt, welches bei einer beabsichtigten Aufarbeitung neben dem Auflöseprozeß mit z. B. Schwefelsäure eine zusätzliche Klärfiltration zur Abscheidung des CaSO_4 erforderlich machen würde.

Demnach besteht ein Bedarf an einem Totalgewinnungssystem, daß wirtschaftlich und wirksam ist und eine ökonomische Wiederverwendung der zurückgewonnenen Eisen- und Kupfergehalte der Ablaugen von Schweißdrahtverkupferungsanlagen gestattet, wobei zugleich kostengünstig, d. h. mit möglichst geringem apparativen und materiellen Aufwand die abwassertechnischen Auflagen erfüllt werden können.

Ziel der Erfindung

Ziel der vorliegenden Erfindung ist ein wirksames und wirtschaftliches Verfahren der getrennten Zurückgewinnung der im Abwasser von Schweißdrahtverkupferungsanlagen enthaltenen Eisen- und Kupfergehalte zu finden, um so die Voraussetzungen für eine gewinnbringende Verwertung dieser Inhaltstoffe zu schaffen und das Abwasser der Schweißdrahtverkupferungsanlagen, kostengünstig, d. h. mit möglichst geringem apparativen und materiellen Aufwand soweit zu klären, daß die abwassertechnischen Auflagen erfüllt sind.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß dem verdünnt schwefelsauren zu enteisenden und zu entkupfern- den Abwasser von Schweißdrahtverkupferungsanlagen zunächst verdünnte Sodalösung als Fällungsmittel in einer Reaktionszone mit starker Turbulenz innerhalb des pH-Bereiches von 4,1 bis 4,5 zugesetzt wird, wodurch infolge der starken Turbulenz eine gute Durchmischung des Wassers mit dem benutzten Reaktionspartner bei gleichzeitiger Aufnahme des Oxidationsmittels Sauerstoff aus der Luft erfolgt, wobei vorhandene Fe^{2+} -Ionen als Eisen-III-oxidhydrat ausgeflockt werden. Nach kurzer Verweilzeit verlassen die Eisen-III-oxidhydratflocken die Zone der starken Turbulenz und gelangen in ein Gebiet geringer mäßiger Bewegung mit einem pH-Wert, der, solange nicht sämtliche Fe^{2+} -Ionen zu Eisen-III-oxidhydrat umgewandelt sind, unter dem oben angegebenen Bereich liegen, so daß in diesem Gebiet zunächst eine Teilauflösung der ausgefällten Eisen-III-oxidhydratflocken vonstatten geht und nur kräftige Kristallkeime nicht gelöst werden. Später, wenn der pH-Wert im Bereich der mäßigen Bewegung fast den Wert von 4 erreicht hat, kommt es nicht mehr zur Teilauflösung der gefällten Fe-(III)-oxidhydratflocken, sondern weiterer Niederschlag wächst auf anfangs gefällte Kristallkeime auf.

Im Austausch gelangen Fe^{2+} -Ionen aus dem Gebiet der geringen mäßigen Bewegung in die Zone der starken Turbulenz, wobei obige chemische Reaktionen weiter ablaufen können bis sämtliche im Reaktionsraum vorhandenen Fe^{2+} -Ionen in Eisen-III-oxidhydrat umgewandelt sind. Dies ist der Fall, wenn im gesamten Reaktionsraum ein pH-Wert von ca. 4,5 vorliegt. Der erfindungsgemäß erhaltene Eisen-III-oxidhydratniederschlag wird durch geeignete Filtermaterialien abfiltriert. Der so abgetrennte Niederschlag enthält überraschenderweise nur 70-80 Gew.% Wasser, was verglichen mit dem nach den herkömmlichen Neutralisationsverfahren erhaltenen Niederschlag weit weniger ist, gegenüber dem sonst üblichen Wassergehalt von mind. 95 %. Der erfindungsgemäß erhaltene Niederschlag kann somit mit wenig Energieaufwand getrocknet und vornehmlich zu Eisenoxidgelbpigmenten aufgearbeitet werden. Das Filtrat der Eisen-III-oxidhydratfällung, welches noch den gesamten Kupfergehalt des Abwassers und weniger als 1 mg Fe/l enthält, gelangt in eine zweite Reaktionskammer, in der ebenfalls eine Zone starker Turbulenz und ein Gebiet mäßiger Bewegung realisiert ist. In die Zone der starken Turbulenz wird wiederum verdünnte Sodalösung als Fällungsmittel innerhalb des pH-Bereiches von 5,1 bis 5,8 eingebracht, wobei vorhandene Cu^{2+} -Ionen als basisches Kupfer-II-hydroxid ausgeflockt werden. Die ausgefällten Kupfer-II-hydroxidflocken verlassen nach kurzer Verweilzeit die Zone der starken Turbulenz und gelangen in das Gebiet geringer mäßiger Bewegung mit einem pH-Wert, der, solange nicht sämtliche Cu^{2+} -Ionen in Kupfer-II-hydroxid umgewandelt sind, unter dem Bereich von 5,1 bis 5,8 liegen, so daß in diesem Gebiet eine Teilauflösung der ausgefällten Kupfer-II-hydroxidflocken vonstatten geht und nur kräftige Kristallkeime nicht gelöst werden. Später, wenn der pH-Wert im Bereich der mäßigen Bewegung fast den Wert von 5 erreicht hat, kommt es nicht mehr zur Teilauflösung der gefällten Kupfer-II-hydroxidflocken, sondern weiterer Niederschlag wächst auf anfangs gefällte Kristallkeime auf. Im Austausch gelangen Cu^{2+} -Ionen aus dem Ge-

biet der geringen mäßigen Bewegung in die Zone der starken Turbulenz, wobei die chemische Reaktion der Ausfällung der Cu^{2+} -Ionen zu Kupfer-II-hydroxid weiter ablaufen kann bis sämtliche im Reaktionsraum vorhandenen Cu^{2+} -Ionen in Kupfer-II-hydroxid umgewandelt sind. Dies ist der Fall, wenn im gesamten Reaktionsraum ein pH-Wert von 5,8 vorliegt.

Nach Beendigung der chemischen Reaktion wird durch weiteren Zulauf von Sodalösung ein pH-Wert von ca. 7 eingestellt, um die Löslichkeit der bei diesem pH-Wert vorliegenden gemischten Kupfer-II-hydroxidcarbonate auf unter 1 mg Cu/l zu bringen. Der erfindungsgemäß erhaltene gemischte Kupfer-II-hydroxidcarbonatniederschlag wird durch geeignete Filtermaterialien abfiltriert. Der so abgetrennte Niederschlag enthält überraschenderweise nur 70 % Wasser.

Der erfindungsgemäß erhaltene Niederschlag kann somit mit wenig Energieaufwand zum Zwecke des Verkaufs getrocknet werden, oder man neutralisiert den feuchten Niederschlag mit verdünnter Schwefelsäure und erhält so eine konzentrierte Kupfer-II-sulfatlösung, die unmittelbar wieder den Verkupferungsbädern der Schweißdrahtverkupferungsanlagen zugesetzt werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird zweckmäßig z. B. in länglichen mit säurefestem Material ausgekleideten Becken von beispielsweise 10 bis 30 m³ Fassungsvermögen ausgeführt.

Nicht bzw. weniger gut geeignet zur Ausführung des Verfahrens sind zylindrische Behältnisse, in denen Gebiete der geringen mäßigen Bewegung, wie sie für die Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens unbedingt erforderlich sind, nicht bzw. nur schwer zu erzielen sind. An einer der Stirnseite des länglichen Beckens befindet sich die Zone der hohen Turbulenz, die durch starke Umgebungsluft einziehende hochtourige Rührer realisiert wird. Der Einlauf der Sodalösung erfolgt unmittelbar in dem Bereich der höchsten Turbulenz, die Zudosierung wird automatisch über den in der Randzone der Turbulenz gemessenen pH-Wert realisiert. Anstelle des hochtourigen Rührers kann auch ein über eine Kreiselpumpe angetriebenes

Strahlrohr entsprechender Dimensionierung zur Erzeugung der Zone der starken Turbulenz und zum Einbringen der Luft benutzt werden. Der Einlauf der Sodalösung wird in diesem Falle noch im Strahlrohr bewerkstelligt. Die Zudosierung wird wiederum automatisch über den in der Randzone der Turbulenz gemessenen pH-Wert bewerkstelligt. Als Elektroden-system zur Ermittlung des pH-Wertes eignen sich besonders robuste Kalomel/Glas-Einstabmeßelektroden, die in bestimmten Zeitabständen regeneriert werden. Das Verfahren ist bei jedem Verhältnis der Eisen- und Kupfergehalte zueinander in den Ablaugen anwendbar.

Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt darin begründet, daß im Grunde mit einer einfachen aber sinnvoll angeordneten Vorrichtung, die mit geringem Aufwand erstellt werden kann, in Kombination mit dem Einsatz eines billigen Fällungsmittels eine überaus überraschende Wirkung erzielt wird. Neben der getrennten sauberen Abscheidung der Schwermetallionen der Ablaugen können ohne Schwierigkeiten die zum Zwecke des Umweltschutz erlassenen abwassertechnischen Bestimmungen erfüllt werden, was offenbar damit zusammenhängt, daß nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, die sonst bei Neutralisationsverfahren teilweise gegebene Bildung von feinen Hydroxidflocken unter $100\frac{1}{4}\mu$, die von den üblichen Filtermaterialien nicht zurückgehalten werden und so die Konzentration der Schwermetalle in der geklärten Ablauge über das gesetzlich vorgeschriebene Maß erhöhen, vermieden wird, da sie beim erfindungsgemäßen Verfahren im Gebiet der mäßigen Bewegung wieder aufgelöst werden bzw. auf kräftige Kristallkeime aufwachsen. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt im Erhalt von kompakten Niederschlägen begründet, wodurch Filterrückstände mit für diese Stoffgruppen außergewöhnlich geringen Wassergehalten resultieren, die demzufolge mit geringen Energieaufwand getrocknet werden können.

Patentanspruch:

Verfahren zur getrennten Abscheidung des in Ablaugen von Schweißdrahtverkupferungsanlagen enthaltenen Eisens und Kupfers zu deren ökonomischen Wiederverwendung bei Klärung der Abwasser bis zu einem für öffentliche Abwasser als unbedenklich zugelassenen Grenzwert des Resteisengehaltes von 1 mg/l und des Restkupfergehaltes von weniger als 1 mg/l im Abwasser, dadurch gekennzeichnet, daß dem schwefelsauren Abwasser zunächst verdünnte Sodalösung und Luftsauerstoff in einer Reaktionszone mit starker Turbulenz innerhalb des pH-Bereiches von 4,0 bis 4,5 zugesetzt wird, ausgefällte Eisen-III-oxid-hydratflocken nach kurzer Verweilzeit die Zone der starken Turbulenz verlassen und in ein Gebiet geringer Bewegung mit einem pH-Wert gelangen, der solange nicht der größte Teil des Fe^{2+} -Ionen zu Eisen-III-oxidhydrat umgewandelt ist, unter dem oben angegebenen Bereich liegt, so daß in diesem Gebiet zunächst eine teilweise Auflösung des ausgefällten Eisen-III-oxidhydrates erfolgen kann und nur die kräftigsten Kristallkeime nicht gelöst werden, auf die weitere, aus der Turbulenzzone ausgeschleuderte Fe-III-oxidhydratflocken aufwachsen und dieser Vorgang so lange abläuft bis alle ursprünglich vorhandenen Fe^{2+} -Ionen in einen kompakten Fe-III-oxidhydratniederschlag umgewandelt sind, der auf übliche Weise abfiltriert, einen Preßkuchen mit nur 70 bis 80 Gew.-% Wasser ergibt und aus dem resultierenden und noch die Gesamtkupfermenge enthaltenden Filtrat die Cu^{2+} -Ionen in einem zweiten gleich konstruierten Reaktionsbehälter über den gleichen Mechanismus innerhalb des pH-Bereiches von 5,1 bis 5,8 in einen kompakten Niederschlag von basischem Kupfercarbonat umgewandelt werden, der nachdem der pH-Wert des Milieus mit weiterer Sodalösung auf ca. 7 eingestellt wurde, auf übliche Weise abfiltriert, einen Preßkuchen mit nur 70 Gew.-%-Wasser ergibt und so hervorragend zur Wiederverwendung geeignet ist.