



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 659 654 A5

⑤① Int. Cl.⁴: C 09 B 69/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer:	3691/82	㉗ Inhaber:	CIBA-GEIGY AG, Basel
㉒ Anmeldungsdatum:	15.06.1982		
㉔ Patent erteilt:	13.02.1987		
㉕ Patentschrift veröffentlicht:	13.02.1987	㉘ Erfinder:	Pfenninger, Heinz, Dr., Lupsingen Bruttel, Beat, Dr., Böckten

⑤④ **Verfahren zur Umwandlung schwerlöslicher anorganischer Salze kationischer Farbstoffe und Aufheller in leichter lösliche Salze organischer Säuren.**

⑤⑦ Beschrieben wird ein Verfahren zur Umwandlung schwerlöslicher anorganischer Salze kationischer Farbstoffe und Aufheller in leichter lösliche Salze organischer Säuren, ohne Zwischenisolierung der freien Base, wobei man mittels Donnan-Dialyse das Gegenion des Farbstoff- bzw. Aufhellerkations gegen das Anion einer cyclischen oder acyclischen organischen Säure austauscht.

Auf diese Art und Weise erhaltene Farbstoff- oder Aufhellerlösungen sind lagerstabil und können direkt zum Färben oder Bedrucken von Textilmaterialien verwendet werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Umwandlung schwerlöslicher anorganischer Salze kationischer Farbstoffe und Aufheller in leichter lösliche Salze organischer Säuren, ohne Zwischenisolierung der freien Base, dadurch gekennzeichnet, dass man den anorganischen Säurerest des Farbstoffes oder Aufhellers mittels Donnan-Dialyse gegen das Anion einer cyclischen oder acyclischen organischen Säure austauscht.

2. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man als schwerlösliche anorganische Salze kationischer Farbstoffe und Aufheller, deren Chloride, Sulfate oder Methosulfate einsetzt.

3. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man die Donnan-Dialyse in einer Austauschszelle durchführt, in der die Farbstoff- bzw. Aufhellerlösung oder -suspension und die Dialyselösung durch eine semipermeable Membran voneinander getrennt sind, und beide Lösungen bzw. Suspension und Lösung an der Membranoberfläche vorbeigeführt werden.

4. Verfahren gemäss Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass als semipermeable Membran eine Anionenaustauschermembran verwendet wird, deren Polymergerüst durch ionische Gruppen enthaltende polyfunktionelle Verbindungen modifiziert ist und deren Poren einen Durchmesser von 0,1 bis 50 µm aufweisen.

5. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man als Dialyselösung eine wässrige Lösung eines anorganischen Salzes einer cyclischen oder acyclischen Mono- oder Polycarbonsäure, die durch Hydroxy, Halogen, C₁-C₄-Alkoxy, Nitro, Amino, C₁-C₄-Alkyl (im Falle aromatischer Säuren), Cyan oder Oxogruppen substituiert sein kann, verwendet.

6. Verfahren gemäss Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass man als Dialyselösung eine wässrige Lösung eines Alkali- oder Erdalkalisalzes einer niederaliphatischen Carbonsäure verwendet.

7. Verfahren gemäss Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass man als Dialyselösung die wässrige Lösung eines Alkaliacetats- oder -formiats verwendet.

8. Verfahren gemäss Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration der Farbstoff- bzw. Aufhellerlösung oder -suspension 10 bis 500 g/l beträgt und die Dialyselösung 0,5 bis 3 molar ist.

9. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass gleichzeitig mit dem Ionenaustausch eine Aufkonzentrierung der Farbstoff- bzw. Aufhellerlösung oder -suspension stattfindet.

10. Die nach dem Verfahren des Anspruchs 1 erhaltenen konzentrierten Farbstoff- bzw. Aufhellerlösungen.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Umwandlung schwerlöslicher anorganischer Salze kationischer Farbstoffe und Aufheller in leichter lösliche Salze organischer Säuren, sowie die mittels dieses Verfahrens erhaltenen konzentrierten Farbstoff- bzw. Aufhellerlösungen.

Die Löslichkeit der Salze kationischer Farbstoffe und optischer Aufheller in Wasser oder organischen Lösungsmitteln hängt nicht nur vom Farbstoff- bzw. Aufhellerkation, sondern vor allem auch vom Anion ab. So sind die allgemein bei der Synthese anfallenden Farbstoff- bzw. Aufhellersalze vielfach nicht gut wasserlöslich; es handelt sich hier um die Salze anorganischer Säuren, z.B. um die Chloride, Sulfate oder Methosulfate. Hingegen zeigen die gleichen Farbstoffe oder Aufheller, jedoch als Salze organischer Säuren (z.B. als Acetat) eine wesentliche Wasserlöslichkeit.

Zur Herstellung konzentrierter Farbstoff- bzw. Aufhellerlösungen, die heute mehr und mehr als Flüssigmarken im Handel sind, benötigt man Farbstoff- bzw. Aufhellersalze mit einer guten Wasserlöslichkeit, denn nur so lässt sich der Lösungsmittelanteil in den Präparaten möglichst gering halten. Daneben ist aber auch bei der Herstellung fester Präparate eine hohe Löslichkeit des Farbstoffes oder Aufhellers von Vorteil, denn diese ermöglicht eine schonende und energiesparende Trocknung, da hochkonzentrierte Ausgangslösungen eingesetzt werden können.

In der Vergangenheit hat es nicht an Versuchen gefehlt, die Anionen schwerlöslicher kationischer Farbstoff- oder Aufhellersalze gegen den Säurerest von Carbonsäuren auszutauschen, um so deren Wasserlöslichkeit zu erhöhen. So wird beispielsweise in der DE-A-2 549 436 ein Verfahren angegeben, nach dem der anorganische Säurerest kationischer Farbsalze mittels Epoxiden chemisch gebunden wird. Diese chemische Umsetzung führt man in Gegenwart niederaliphatischer Carbonsäuren durch, deren Säurerest als Gegenion an die Stelle des gebundenen Anions tritt. Nach diesem Verfahren wird z.B. ein Farbstoffchlorid in Gegenwart von Essigsäure mittels Epichlorhydrin in das entsprechende Farbstoffacetat überführt. Aus dem Epichlorhydrin entsteht dabei Propylenchlorhydrin.

Nachteil des Verfahrens ist, dass das ausgetauschte Anion in Form einer nicht weiter verwertbaren organischen Verbindung gebunden wird, was einen Verlust an wertvollem organischen Material bedeutet. Ferner stellt der Austausch des Anions auf chemischem Weg einen zusätzlichen Reaktionsschritt dar und gibt damit nicht zuletzt Anlass zur Bildung von unerwünschten Nebenprodukten.

Aufgabe war es somit, ein Verfahren zu finden, das diese Nachteile nicht aufweist, d.h. ein Verfahren zu entwickeln, das problemlos in der Durchführung ist und bei dem weder die Farbstoffqualität leidet, noch organische Abfallprodukte gebildet werden.

Diese Aufgabe wird überraschenderweise mit Hilfe eines Membrantrennverfahrens gelöst und zwar mittels der sog. Donnan-Dialyse (zur Theorie der Donnan-Dialyse siehe S.T. Hwang, K. Kammermeyer; Membranes in Separations; Wiley & Sons, N.Y. 1975).

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit ein Verfahren zur Umwandlung der anorganischen Salze, wie der Chloride, Sulfate oder Methosulfate kationischer Farbstoffe und Aufheller in leichter lösliche Salze organischer Säuren, ohne Zwischenisolierung der freien Base, dadurch gekennzeichnet, dass man den anorganischen Säurerest des Farbstoffes oder Aufhellers mittels Donnan-Dialyse gegen das Anion einer cyclischen oder acyclischen organischen Säure austauscht.

Die Donnan-Dialyse wird vorteilhaft in einer Austauschszelle durchgeföhrt, die mittels einer semipermeablen Membran in zwei Kammern geteilt ist, die jeweils eine zur Membranoberfläche tangentielle Einlass- und eine zentrale Auslassöffnung besitzen. Sowohl die Farbstoff- bzw. Aufhellerlösung oder -suspension, als auch die Dialyselösung werden während des Austauschvorganges mittels einer Pumpe aus einem Vorratsbehälter durch die Austauschszelle und wieder in diesen zurückgepumpt, wodurch sich der Kreislauf schliesst. Dabei sollte die Zwangszirkulation durch die Austauschszelle vorzugsweise so geföhrt werden, dass die Lösungen bzw. die Suspension in möglichst turbulenter Strömung an der Membran vorbeifliesst.

Die von den Pumpen in das geschlossene System eingebrachte, als Temperaturerhöhung messbare Energie, kann gegebenenfalls mittels Wärmeaustauschern abgeföhrt werden.

Figur 1 zeigt schematisch die Apparatur, mit der das erfindungsgemässe Verfahren durchgeföhrt wird: (A) Austausch-

schierzelle, (M) Membran, (F) Vorratsbehälter mit Farbstoff- oder Aufhellerlösung bzw. -suspension, (D) Vorratsbehälter mit Dialyselösung, (W) Wärmetauscher und (P) Pumpen.

Bei der Donnan-Dialyse handelt es sich um einen Membranprozess, der ohne Anwendung von Druck durchgeführt wird. Die verwendeten Membranen haben die Eigenschaft, sowohl für das Gegenion des Farbstoff- bzw. Aufhellerkations, als auch für das Anion der Dialyselösung durchlässig zu sein, jedoch das Kation der Dialyselösung kaum und das Farbstoff- bzw. Aufhellerkation nicht durchtreten zu lassen.

Bei den Membranen handelt es sich um Anionenaustauschermembranen, deren Polymergerüst durch kationische Gruppen enthaltende polyfunktionelle Verbindungen modifiziert ist und deren Poren einen Durchmesser von 0,1 bis 50 µm aufweisen.

Das Polymergerüst der Membran besteht aus natürlichen, halbsynthetischen oder synthetischen Materialien, die als reaktionsfähige Gruppen beispielsweise Hydroxyl-, Amino- und/oder Amidoxingruppen enthalten. Derartige Materialien können mit geeigneten Reagenzien umgesetzt werden, die einerseits kationische Gruppen und andererseits mindestens eine unter Bildung einer chemischen (kovalenten) Bindung reaktionsfähige Gruppierung enthalten.

Beispielsweise können folgende polymere Verbindungen in der angegebenen Weise modifiziert werden:

- Celluloseacetate, z.B. solche mit niedrigem Acetylgruppengehalt, aber auch höher acylierte Cellulose, z.B. sog. Zweieinhalbacetat, oder
- Polyvinylalkohole, oder
- Polyacrylnitril und Copolymere aus Acrylnitril und anderen äthylenisch ungesättigten Monomeren.

Als reaktive Reagenzien, die eine kationische Gruppe enthalten, kommen neben farblosen auch farbige Verbindungen in Betracht. Als kationische Gruppen sind z.B. die Ammonium-, Phosphonium oder Sulfoniumgruppe genannt.

Daneben kommen auch sowohl durch kationische als auch anionische Gruppen modifizierte Membranen in Frage, wobei jedoch die Zahl der kationischen Gruppen die der anionischen überwiegt. Bei den anionischen Gruppen handelt es sich z.B. um die Sulfato-, Sulfonsäure- oder Carbonsäuregruppe.

Mit derartigen Membranen werden zu Beginn des Verfahrens Ionenaustauschgeschwindigkeiten von bis zu 50 Mol, bezogen auf 1 m² Membranfläche und einem Tag Betriebsdauer erreicht.

Insbesondere bei Behandlung von Farbstoff- bzw. Aufhellerchloriden wird ein nahezu vollständiger Ionenaustausch erreicht. So liegt die mittlere Chloridionenkonzentration nach einer Betriebsdauer von 2 bis 3 Tagen, je nach Membranfläche, im Bereich von ca. 0,01 Mol pro Liter.

Mittels Donnan-Dialyse lassen sich beispielsweise die Anionen der folgenden wasserlöslichen kationischen Farbstoffe austauschen: Chloride, Sulfate oder Methosulfate der Methin- und Azamethinfarbstoffe, die die verschiedensten heterocyclischen Ringe enthalten können, sowie Farbstoffe der Diphenylmethan-, Triphenylmethan-, Oxazin-, Thiazin- und 1,2-Pyron-Reihe sowie Farbsalze der Arylazo- und Anthrachinon-Reihe mit externer Oniumgruppe, z.B. der Ammonium- oder Hydraziniumgruppe. Die kationischen optischen Aufheller gehören z.B. folgenden Klassen an: Stilben-, Cumarin-, Pyrazin-, Pyrazolin-, Oxazin-, Oxazolyl-, Imidazolyl- und Naphthalsäureimide-derivate.

Als Dialyselösung verwendet man vorteilhaft eine wässrige Lösung eines anorganischen Salzes einer cyclischen oder acyclischen organischen Mono- oder Polycarbonsäure, die durch Hydroxy, Halogen, C₁-C₄-Alkoxy, Nitro, Amino, C₁-C₄-Alkyl (im Falle aromatischer Säuren), Cyan oder Oxogruppen substituiert sein kann. In Frage kommen z.B.

die wässrigen Lösungen der Salze folgender Säuren: gesättigte unsubstituierte Monocarbonsäuren, wie Ameisensäure, Essigsäure, Propion-, n-Valerian- und Capronsäure, substituierte niedrigere Monocarbonsäuren, wie Glykolsäure und Milchsäure, halogensubstituierte niederaliphatische Monocarbonsäuren, wie Chloressigsäure, Bromessigsäure, Dichlor- und Trichloressigsäure, α-Chlorpropion- und β-Chlorpropionsäure sowie Methoxyessigsäure, Cyanessigsäure und Glyoxalsäure. Als Salze aromatischer Carbonsäuren kommen z.B. Benzoe in Frage.

Unter Polycarbonsäuren sollen vor allem Di- und Tricarbonsäuren verstanden werden.

Beispiele gegebenfalls substituierter Dicarbonsäuren sind Malonsäure, Bernsteinsäure, Glutarsäure, Adipinsäure, Weinsäure und Apfelsäure. Als Beispiel einer Tricarbonsäure sei die Zitronensäure genannt.

Die organischen Säuren werden vorzugsweise als Alkali- oder Erdalkalisalze eingesetzt, insbesondere als Natrium- oder Kaliumsalze. Bevorzugt verwendet man Lösungen von Alkali- oder Erdalkalisalzen niederaliphatischer Carbonsäuren. Besonders geeignet sind Alkaliacetate und -formiate. Bei Verwendung von Lösungen dieser Salze als Dialyselösung erhält man nach Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens die entsprechenden Farbstoff- bzw. Aufhelleracetate oder -formiate, die sich durch eine hervorragende Wasserlöslichkeit auszeichnen.

Die Konzentration der dem Ionenaustausch unterworfenen Farbstoff- bzw. Aufhellerlösung oder -suspension beträgt 10 bis 500 g/l, vorzugsweise 50 bis 300 g/l. Die Dialyselösung verwendet man allgemein in einer Konzentration von 0,5 bis 3 molar, vorzugsweise ca. 1 molar. Es wird stets mit einem Überschuss an Dialyselösung gearbeitet. Um in kurzen Zeiträumen einen möglichst weitgehenden Ionenaustausch zu erreichen, werden, bezogen auf 1 Mol Farbstoff bzw. Aufheller, ca. 2–20 Mol an Carbonsäuresalz eingesetzt.

Besonders bei Verwendung höherkonzentrierter Dialyselösungen findet gleichzeitig mit dem Ionenaustausch auch eine Aufkonzentrierung der Farbstoff- bzw. Aufhellerlösung oder -suspension statt. Bei Verwendung einer 1 molaren Natriumacetatlösung werden einer 0,3 bis 0,5 molaren Farbstofflösung oder -suspension während 24 Stunden bis zu 10% Wasser entzogen.

Die nach Durchführung der Donnan-Dialyse erhaltene konzentrierte Farbstoff- oder Aufhellerlösung kann, gegebenfalls nach Zugabe von Zusätzen, wie Bindemitteln, Entstäubungsmitteln, Dispergiermitteln und/oder Coupagemitteln, durch Trocknen in ein festes Farbstoffpräparat überführt werden. Dank der erhöhten Farbstoffkonzentration benötigt man weniger Energie zum Trocknen. Man verwendet übliche Trocknungsverfahren, insbesondere die Sprühtrocknung.

Die aufkonzentrierte Farbstoff- oder Aufhellerlösung kann aber auch direkt zu einer lagerstabilen Flüssigformulierung verarbeitet werden. In diesem Fall ist, gegebenfalls nach Zugabe von den, für Flüssigformulierungen üblichen Beigaben, wie Textilhilfsmitteln, schaumdämpfenden Mitteln, Gefrierschutzmitteln, Feuchthaltemitteln, Dispergiermitteln und/oder Antimikrobika, die Farbstoff- oder Aufhellerlösung nur noch durch Verdünnen und/oder mit Hilfe von Coupagemitteln auf einen vorgegebenen Endfarbstoffgehalt einzustellen.

Verwendung finden die Farbstoff- oder Aufhellerpräparate zur Herstellung von Farbe-/Aufhellbädern, Klotzflotten oder Druckpasten, die sich vor allem zum Färben/Aufhellen oder Bedrucken von Textilmaterialien aus natürlichen oder synthetischen Fasern eignen.

Die folgenden Beispiele dienen zur Erläuterung der Erfindung. Der Wasserdurchfluss durch die Membran wird an-

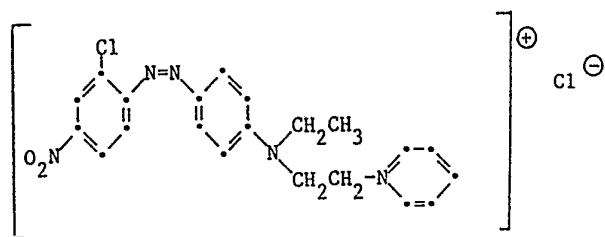
gegeben in Liter pro m² Membranfläche und Tag [l/m² · d] und die Chlorid- bzw. Sulfat/Methosulfataustauschgeschwindigkeit – letztere abgekürzt mit S-Austauschgeschw. – wird angegeben in Mol pro m² Membranfläche und Tag [Mol/m² · d].

Allgemeine Verfahrensweise

Es werden jeweils 0,5 Liter Farbstofflösung oder -suspension und 2 Liter 1 molare Natriumacetatlösung eingesetzt. Die beiden Flüssigkeitsströme werden an der semipermeablen Membran, die eine Fläche von 26,42 cm² hat, vorbeigepumpt und durch periodische Probenentnahme und Analyse der Verlauf des Ionenaustausches verfolgt. In den nachfolgenden Ausführungsbeispielen findet sich jeweils eine tabellarische Zusammenstellung der Analysendaten. In allen Beispielen wird der Farbstoff in Form von Rohfarbstoff verwendet, der neben dem reinen Farbstoff eine nicht näher bestimmte Menge an anorganischen Salzen enthält, deren Anionen während der Dialyse auch ausgetauscht werden.

Beispiel 1

Der Farbstoff der Formel

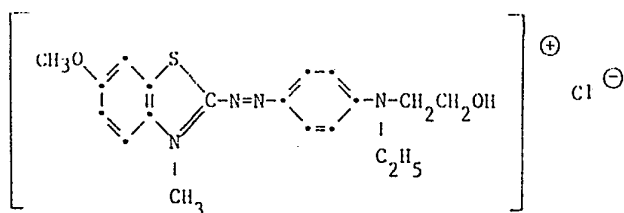


wird mit einer Anfangskonzentration von 210 g/l eingesetzt. Der Wasserflux durch die Membran beträgt 11 l/m² · d. Die Endkonzentration der Farbstofflösung liegt bei 270 g/l, der Acetatgehalt beträgt 0,75 Mol/l.

Zeit	gemessene mittlere Chloridkonzentration farbstoffseitig	Chloridaustauschgeschw. bez. auf Membranfläche
h	g/l	Mol/l
0	18,1	0,51
8	17,2	0,48
24	14,1	0,40
31	9,9	0,28
72	5,1	0,14
96	2,6	0,07

Beispiel 2

Der Farbstoff der Formel

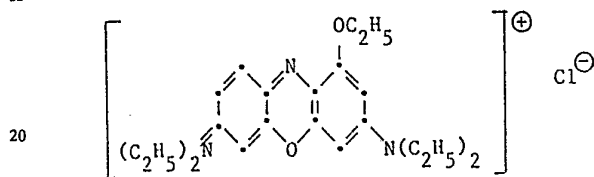


wird mit einer Anfangskonzentration von ca. 200 g/l eingesetzt. Der Wasserflux durch die Membran beträgt 14 l/m² · d. Die Endkonzentration der Farbstofflösung liegt bei 260 g/l, der Acetatgehalt beträgt 0,6 Mol/l.

Zeit	gemessene mittlere Chloridkonzentration farbstoffseitig	Chloridaustauschgeschw. bez. auf Membranfläche
h	g/l	Mol/l
0	4,9	0,14
24	3,87	0,11
48	1,20	0,03
72	0,30	0,01

Beispiel 3

Die der Dialyse unterworfenen Farbstofflösung enthält den Farbstoff der Formel

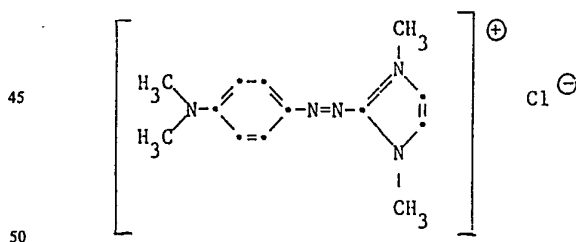


in einer Anfangskonzentration von ca. 200 g/l. Der Wasserflux durch die Membran beträgt 14 l/m² · d. Die Endkonzentration der Farbstofflösung liegt bei 235 g/l, der Acetatgehalt beträgt 0,6 Mol/l.

Zeit	gemessene mittlere Chloridkonzentration farbstoffseitig	Chloridaustauschgeschw. bez. auf Membranfläche
h	g/l	Mol/l
0	4,3	0,12
10	3,1	0,09
24	1,8	0,05
48	0,4	0,01

Beispiel 4

Der Farbstoff der Formel

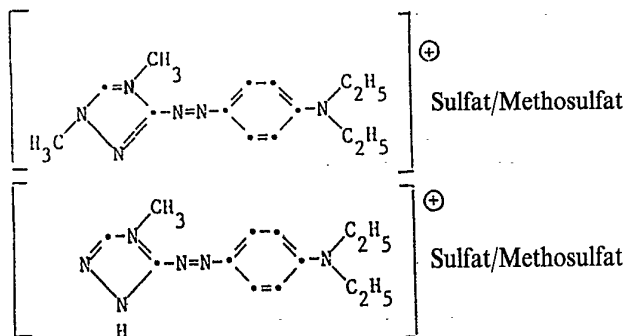


wird mit einer Anfangskonzentration von 50 g/l eingesetzt. Der Wasserflux durch die Membran beträgt 10 l/m² · d. Nach Durchführen des Ionenaustausches hat sich die Farbstoffkonzentration auf einen Wert von 64 g/l erhöht. Der Acetatgehalt der Lösung beträgt 0,7 Mol/l.

Zeit	gemessene mittlere Chloridkonzentration farbstoffseitig	Chloridaustauschgeschw. bez. auf Membranfläche
h	g/l	Mol/l
0	8,1	0,23
3	7,4	0,21
6	6,7	0,19
24	4,9	0,14
48	1,6	0,04

Beispiel 5

Die Farbstoffe der Formeln

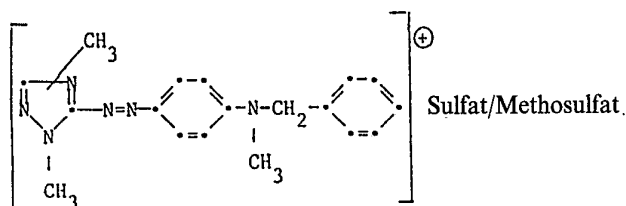


werden als Gemisch mit einer Konzentration von ca. 300 g/l eingesetzt. Der Endacetatgehalt der Lösung beträgt 0,6 Mol/l.

Zeit	gemessene mittlere Sulfat-/Methosulfatkonzentration farbstoffseitig	S-Austauschgeschw. bez. auf Membranfläche
h	g Schwefel/l Mol/l	Mol/m ² · d
0	43,5 1,4	—
48	41,1 1,3	22
96	34,1 1,1	19

Beispiel 6

Die der Dialyse unterworfenen Farbstofflösung enthält den Farbstoff der Formel



in einer Konzentration von 140 g/l. Der Wasserflux durch die Membran beträgt 10 l/m² · d. Während der Dialyse steigt die Farbstoffkonzentration auf einen Endwert von 180 g/l. Der Acetatgehalt der Lösung beträgt am Ende der Dialyse 0,7 Mol/l.

Zeit	gemessene mittlere Sulfat-/Methosulfatkonzentration farbstoffseitig	S-Austauschgeschw. bez. auf Membranfläche
h	g Schwefel/l Mol/l	Mol/m ² · d
0	14,0 0,44	—
96	11,2 0,35	15

Beispiel 7

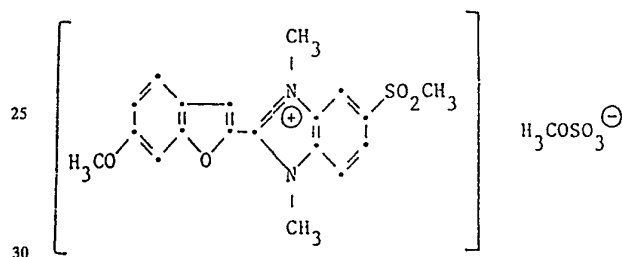
Die gemäss Beispiel 2 erhaltene Farbstofflösung, die den Farbstoff in der Acetatform enthält, kann direkt als Flüssigformulierung verwendet werden. Die Formulierung ist lagerstabil – nach 45tägiger Lagerung bei Raumtemperatur und bei 40 °C unverändert – und ergibt auf Polyacrylnitrilgarn eine um 40% höhere Farbstärke, als die unbehandelte Farbstoffsuspension, in der der Farbstoff als Chlorid vorliegt.

Beispiel 8

Ein Teil der gemäss Beispiel 2 erhaltenen Farbstofflösung wird mit 10 Gew.-% bezogen auf Farbstoff, an Dextrin versetzt und mittels eines Labor-Sprühtrockners getrocknet. Man erhält auf diese Weise ein festes Farbstoffpräparat, das eine ausgezeichnete Kaltwasserlöslichkeit besitzt und sich beim Einstreuen in kaltes Wasser sofort auflöst.

Beispiel 9

500 ml einer 10%igen wässrigen Suspension des optischen Aufhellers der Formel



werden der Donnan-Dialyse unterworfen, wobei eine Austauscherzelle mit einer Membranfläche von 38 cm² verwendet wird. Als Dialyselösung verwendet man 2 Liter einer 1 molaren Natriumacetatlösung. Zu Beginn der Dialyse beträgt der Gehalt an Methosulfat in der Aufhellersuspension 2,37 g/l. Nach einer Betriebsdauer von 5 Tagen ist nur noch ein Methosulfatgehalt von 0,45 g/l feststellbar, während der Acetatgehalt 21,4 g/l beträgt. Das entspricht einer Austauschrate von 86%.

Verwendet man anstelle der Natriumacetatlösung 2 Liter 1 molare Essigsäure, so stellt man nach 5 Tagen einen Methosulfatgehalt von 1,14 g/l und einen Acetatgehalt von 44,3 g/l fest, was einer Austauschrate von 56% entspricht.

