

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Dezember 2006 (21.12.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/134067 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
D21H 25/04 (2006.01)

HARTMANN, Werner [DE/DE]; Karlsweg 10, 91085
Weisendorf (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/063021

(74) **Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Juni 2006 (08.06.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) **Angaben zur Priorität:**
10 2005 028 045.5 16. Juni 2005 (16.06.2005) DE
10 2005 050 845.6
24. Oktober 2005 (24.10.2005) DE

(71) **Anmelder** (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US*): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

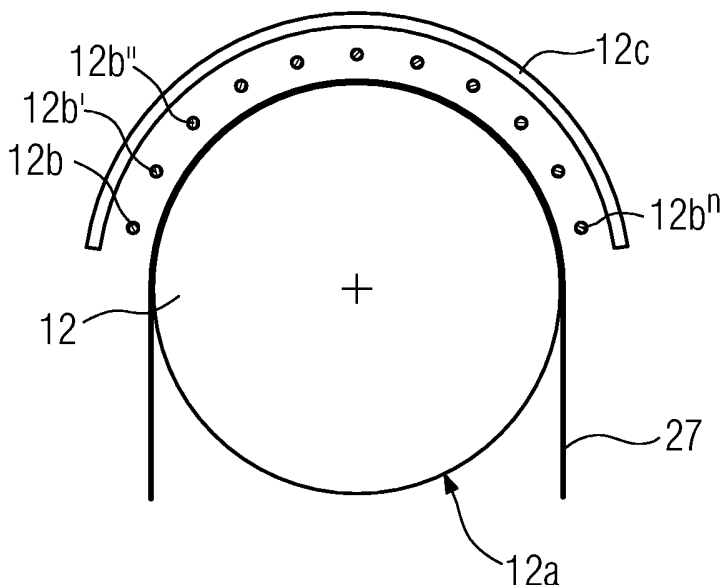
(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (*nur für US*): **FIGALIST, Hel-
mut** [DE/DE]; Köhlerhof 6, 91080 Spardorf (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR THE IMPROVEMENT OF PAPER QUALITY

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR VERBESSERUNG DER PAPIERQUALITÄT



(57) **Abstract:** Disclosed is a device for guiding and/or deflecting and/or pressing and/or reeling and/or refining a processing material during the production of paper (27), paperboard, or cardboard or during a treatment modifying the properties thereof. Said device comprises a roll (12) that enters in contact with the processing material. The inventive device is equipped with a roll (12) that is embodied as a first electrode (12a) while a second electrode (12b) is arranged such that the electrodes (12,12b) are placed on opposite sides of the processing material, whereby a plasma can be generated in the processing material or in the immediate vicinity thereof. The treatment of the processing material or the paper (27) with plasma makes it possible to improve the tensile strength and the quality features of the paper (27).

(57) **Zusammenfassung:** Vorrichtung zum Führen und/oder Umlenken und/oder

Pressen und/oder Aufrollen und/oder Veredeln eines Prozessgutes bei der Herstellung von Papier (27), Pappe oder Karton oder bei einer deren Eigenschaften verändernden Behandlung, umfassend eine mit dem Prozessgut in Kontakt kommende Walze (12). Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine Walze (12) auf, welche als eine erste Elektrode (12a) hergerichtet ist, wobei eine zweite Elektrode (12b) derart angeordnet ist, dass die Elektroden (12,12b) auf einander gegenüberliegenden Seiten des Prozessgutes angeordnet sind. Somit ist in dem Prozessgut oder in seiner unmittelbaren Umgebung ein Plasma erzeugbar. Durch die Behandlung des Prozessgutes oder des Papiers (27) mit Plasma werden die Reißfestigkeit und die Qualitätseigenschaften des Papiers (27) verbessert.



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Verbesserung der Papierqualität

5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Führen und/oder Umlenken und/oder Pressen und/oder Aufrollen und/oder Veredeln eines Prozessgutes bei der Herstellung von Papier, Pappe oder Karton oder bei einer deren Eigenschaften verändernden Behandlung.

10

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Führen und/oder Umlenken und/oder Pressen und/oder Aufrollen und/oder Veredeln eines Prozessgutes bei der Herstellung von Papier, Pappe oder Karton oder bei einer deren Eigenschaften verändernde Behandlung, umfassend eine mit dem Prozessgut in Kontakt kommende Walze.

15

Des weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung oder Behandlung eines Prozessgutes bei der Herstellung oder Behandlung von Papier, Karton oder Pappe, vorzugsweise zum Betrieb einer Vorrichtung nach der Erfindung, wobei das Prozessgut mit vorzugsweise nicht thermischen, großflächigem Plasma unter Atmosphärendruck in Kontakt gebracht, das Plasma in unmittelbarer Nähe zum Prozessgut erzeugt oder in dem Prozessgut oder in seiner unmittelbaren Umgebung eine Gasentladung, insbesondere eine Koronaentladung, unter Atmosphärendruck erzeugt wird.

20

25

In einer Papierherstellungsanlage oder in Teilen einer Papierherstellungsanlage verlässt ein in der Regel noch feuchtes Papier, Pappe oder Karton einen Siebbereich der Papierherstellungsanlage und gelangt von dort in einen Pressenbereich der Papierherstellungsanlage. Im Pressenbereich wird das Papier, Pappe oder Karton entwässert.

30

35

An den Pressenbereich schließt sich ein Bereich der Veredelung für das Papier an. Die Veredelung erfolgt entweder integriert in die Papierherstellungsanlage oder auf einer separaten Vorrichtung.

raten Anlage. Die Veredelung von Papier erfolgt häufig in mehreren aufeinander folgenden Verfahrensschritten. Folgende Qualitätseigenschaften sollen durch die Veredelung positiv beeinflusst werden:

- 5 - Optische Eigenschaften, wie Glätte, Glanz, Weiße, Gleichmäßigkeit und Kontrast eines Druckergebnisses,
- Verbesserung der Bedruckbarkeit für moderne Druckverfahren,
- Erhöhung der Papierfestigkeit und einer Rupffestigkeit,
- Erhöhung einer Dimensionsstabilität des Papiers,
- 10 - Erhöhung einer Unempfindlichkeit gegen beispielsweise Feuchte,
- Erhöhung einer Recyclingfähigkeit des Papiers.

Vorzugsweise erfolgt nach der Behandlung des Papiers eine
15 oberflächenschonende Trocknung des Papiers, z.B. Infrarot-trocknung und/oder Lufttrocknung. Bei Textilien und/oder Kunststoffen ist eine Behandlung zur Verbesserung der Oberflächenqualität mit nichtthermischen, "kalten Plasmen" bereits bekannt. Die bisherigen Verfahren verwenden hierzu Niederdruck-Plasmareaktoren, welche wegen der notwendigen Vaku-
20 umerzeugung technisch sehr aufwendig sind. Atmosphärendruckverfahren, wie sie in der Papierindustrie zur Beherrschung der heute üblichen Prozessgeschwindigkeiten nötig sind, sind bisher nicht bekannt.

25

Aus WO 2004/101891 A1 ist ein Verfahren zur Behandlung von Papier nach abgeschlossener Blattbildung mit Plasma bekannt.

Aus DE 19 836 669 A1 ist ein Verfahren zur Oberflächenvorbe-
30 handlung am festen Papier nach abgeschlossener Blattbildung bekannt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, um die Papierqua-
35 lität bei der Papierherstellung weiter zu steigern.

Die vorrichtungsbezogene Aufgabe wird gelöst durch mindestens zwei Elektroden zur Erzeugung eines Plasmas in dem Prozessgut

oder in seiner unmittelbaren Umgebung, wobei die beiden Elektroden aufeinander gegenüberliegenden Seiten des Prozessgutes angeordnet sind.

5 Des Weiteren wird die Aufgabe durch die eingangs genannte zweite Vorrichtung dadurch gelöst, dass die Walze als eine erste Elektrode hergerichtet ist, wobei in dem Prozessgut oder in seiner unmittelbaren Umgebung ein Plasma erzeugbar ist.

10

Durch die Behandlung des vorzugsweise unbehandelten Papiers wird die molekulare Struktur der Papieroberfläche verändert. Dadurch können folgende vorteilhafte Effekte erzielt werden:

- 15 - Beseitigung von "farbigen Molekülgruppen" an der Oberfläche des Papiers und damit eine Aufhellung des Papiers,
- Erhöhung einer Absorptionsfähigkeit für Druckfarben des Papiers,
- Erhöhung der Festigkeit des Papiers.

20

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der vorrichtungsbezogenen zweiten Lösungsvariante ist eine zweite Elektrode derart relativ zur Walze angeordnet, dass das Prozessgut zwischen der Walze, insbesondere der ersten Elektrode, und der zweiten
25 Elektrode transportier- bzw. führbar ist. Mit dieser Art der Anordnung kann auf vorteilhafte Weise das Papier oder Prozessgut zwischen der Walze, welche als erste Elektrode hergerichtet ist, und der zweiten Elektrode mit Plasma behandelt werden.

30

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Walze derart angeordnet, dass sie mit dem Prozessgut, vorzugsweise einem gebildeten Blatt, vorzugsweise einem gepressten Blatt, insbesondere einer Papierbahn, in Kontakt kommt.

35 Dadurch dass die Walze in der erfindungsgemäßen Vorrichtung als eine Elektrode ausgestaltet ist, kann das über ihr laufende Prozessgut mit Plasma behandelt werden. Auch bereits bestehende ältere Veredelungsanlagen können so mit Vorteil

durch Austausch der erfindungsgemäßen Vorrichtung gegen die herkömmlichen Transportwalzen, hochgerüstet werden, und somit das Papier mit einer erhöhten Qualität bereitstellen.

5 Zweckmäßig ist dabei eine zweite Walze, wobei die zweite Walze derart relativ zur Walze angeordnet ist, dass ein flächiges Prozessgut, insbesondere die Papierbahn, beidseitig mit den Walzen in Kontakt kommt. Wird das Papier mittels diverser Transportwalzen quasi slalomartig durch eine Veredelungsma-
10 schine geführt, ist es im Sinne einer effektiven Behandlung von Vorteil, die als Elektroden ausgestalteten Walzen derart hintereinander anzuordnen, dass das Papier zeitlich nacheinander von beiden Seiten effektiv mit Plasma behandelt werden kann.

15

In den Unteransprüchen 6 bis 8 sind für eine Veredelungsanlage, eine Trocknungsanlage und eine Pressenanlage für Papier, Pappe oder Karton besondere Ausführungsvarianten oder optionale Einsatzgebiete genannt.

20

Zweckmäßig ist ferner, dass die Walze mit einer gasdurchlässigen Oberfläche hergerichtet ist.

Ein weiteres bevorzugtes Ausgestaltungsmerkmal ist, dass die
25 Walze zum radialen Zuführen eines Gasstromes hergerichtet ist. Durch diese vorteilhafte Anordnung werden, vorzugsweise fein verteilte Luftblasen oder Sauerstoff oder Sauerstoff mit einem Trägergas wie z.B. Argon, in die Walze eingeströmt, die dann wiederum durch die gasdurchlässige Oberfläche in das Pa-
30 pier eindringen können. Mit Hilfe der eingeströmten Gase und der gleichzeitigen Behandlung mit Plasma werden die späteren Qualitätseigenschaften wesentlich erhöht.

Weiterhin kann die Vorrichtung mit einem Mittel zum Anströmen
35 des Prozessgutes mit einem Gasstrom ausgestaltet sein. Der Gasstrom wird unter Ausnutzung der bereits genannten Vorteile direkt in den Behandlungsraum, also zwischen die beiden Elektroden geleitet.

Die genannten Elektroden bzw. Walzen erzeugen das Plasma auf besonders vorteilhafte Weise durch einen Hochspannungsimpuls-generator, der mit der bzw. den Elektroden verbunden ist. Das Plasma oder eine gepulste Koronaentladung direkt oberhalb
5 und/oder unterhalb des Papiers kann unter Benutzung extrem kurzer Hochspannungsimpulse von wenigstens als 10 μ s, insbesondere 1 μ s, und besonders vorteilhaft deutlich geringer als 1 μ s mit Spannungen von einigen kV bis über 100 kV, abhängig vom Abstand der Elektroden und der Eigenschaften des Papiers
10 auf vorteilhafte Weise erzeugt werden.

Nach der verfahrensseitigen Maßgabe der Erfindung ist vorgesehen, dass das Prozessgut beidseitig mit dem Plasma in Kontakt gebracht bzw. beidseitig mittels der Gasentladung behandelt
15 wird. Hierbei ist es von besonderem Vorteil, dass bei einer gleichzeitigen oder annähernd gleichzeitigen beidseitigen Behandlung des Prozessgutes mit Plasma bzw. einer Gasentladung, welche unter anderem eine oberflächenverändernde Wirkung hat oder in die Molekularstruktur des Prozessgutes eingreift, dass das Prozessgut homogen verändert wird. Das be-
20 deutet, dass eventuell auftretende Inhomogenitäten bzw. Spannungszustände im Prozessgut vermieden werden. Des Weiteren ist es besonders vorteilhaft, dass bei dieser Art der Behandlung das Prozessgut gleichzeitig teilweise als dielektrische
25 Barriere fungiert, wodurch sich ein Übergang von einem Streamer zu einem Durchschlag besser unterdrücken lässt.

Vorzugsweise wird als Prozessgut ein noch ungepresstes und/oder feuchtes Blatt oder trockenes Blatt in einem Papier-
30 oder Kartonherstellungsprozess verwendet.

Weitere bevorzugte Verfahrensmerkmale sind durch die Patentansprüche 15 bis 41 beschrieben. Diesen liegen unter anderem folgende Überlegungen zugrunde:

35

Zur Erzeugung des Plasmas bzw. der Gasentladung zwischen Elektroden werden vorzugsweise Hochspannungsimpulse mit einer Dauer von weniger als 10 μ s erzeugt. Insbesondere hat sich

die Verwendung von derartig kurzen Hochspannungsimpulsen als besonders vorteilhaft gezeigt, wogegen die Verwendung von Radiofrequenz-(RF-) oder Mikrowellenimpulsen oder von Hochspannungseinzelimpulsen mit mehr als 10 μ s Dauer, wie in

5 WO 2004/101891 A1 beschrieben, weit weniger effizient ist.

Bei der Behandlung der Papieroberfläche mit kaltem Plasma werden bestimmte Radikale erzeugt ($\text{OH}^\cdot$, $\text{HOO}^\cdot$, O_3), welche mit der Papieroberfläche chemisch reagieren. Radikale können unter anderem auch bleichende chemische Reaktionen auslösen, insbesondere freier Sauerstoff O , insbesondere auch ein Hydroxyl-Radikal $\text{OH}^\cdot$, insbesondere Ozon O_3 , als auch freie funktionelle Gruppen wie z.B. OH -Gruppen, COOH -Gruppen. Diese funktionalen Gruppen sind maßgeblich daran beteiligt, insbesondere die Bindungsfestigkeit der Fasern untereinander zu erhöhen, wodurch sich eine Reißfestigkeit des Papiers und damit eine mögliche Verarbeitungsgeschwindigkeit erhöht. Des Weiteren haben die funktionalen Gruppen die Eigenschaft, die Bindung zu Farbstoffen und die Benetzbarkeit von Papier zu

10 unter anderem auch bleichende chemische Reaktionen auslösen, insbesondere freier Sauerstoff O , insbesondere auch ein Hydroxyl-Radikal $\text{OH}^\cdot$, insbesondere Ozon O_3 , als auch freie funktionelle Gruppen wie z.B. OH -Gruppen, COOH -Gruppen. Diese funktionalen Gruppen sind maßgeblich daran beteiligt, insbesondere die Bindungsfestigkeit der Fasern untereinander zu erhöhen, wodurch sich eine Reißfestigkeit des Papiers und damit eine mögliche Verarbeitungsgeschwindigkeit erhöht. Des Weiteren haben die funktionalen Gruppen die Eigenschaft, die Bindung zu Farbstoffen und die Benetzbarkeit von Papier zu

15 erhöhen, wodurch sich die spätere Bedruckbarkeit des Papiers gezielt steuern und verbessern lässt.

Radikale werden in Gasentladungen dadurch erzeugt, dass energiereiche Elektronen mit Molekülen zusammenstoßen und diese dadurch dissoziieren oder anregen und so zur radikalen Bildung führen. Bei der Dissoziation werden unmittelbar Radikale freigesetzt, während bei der Anregung durch anschließende strahlende Übergänge UV-Licht erzeugt wird, welches wiederum mit vorzugsweise Luft- und Wassermolekülen reagiert und diese

25 dissoziiert. Um ausreichend energiereiche Elektronen im Bereich von ca. 5 eV (Elektronenvolt) bis größer 15 eV zu erhalten, werden extrem hohe elektrische Felder benötigt. Diese hohen Feldstärken treten insbesondere am Kopf von sogenannten Streamern auf. Streamer sind Entladungskanäle, die sich im Aufbau befinden und sich aufgrund der angelegten hohen externen Feldstärken ausbilden. Ein Aufbau solcher Streamer findet innerhalb weniger 10 ns statt und geht dann schnell in einen thermischen Durchschlagskanal über. Da in einem thermischen

30

35

Durchschlagskanal keine energiereichen Elektronen gebildet werden, ist es unter anderem das Ziel, diese thermischen Durchschläge zu vermeiden oder auf ein Minimum zu reduzieren. Um eine gute Energieeffizienz der Erzeugung von vorzugsweise Radikalen in Gasen zu erhalten, ist es daher erforderlich, mit den bereits erwähnten kurzen Hochspannungseinzelpulsen zu arbeiten. Vorzugsweise ist die Pulsdauer deutlich kürzer als es eine Aufbauzeit eines vollständigen Durchschlages im jeweiligen Medium entspricht.

10

Befindet sich die Papierbahn oder das Prozessgut zwischen den zur Streamerentladung benutzten Elektroden, so ist dies besonders vorteilhaft, da das Papier oder das Prozessgut dadurch teilweise als eine dielektrische Barriere wirkt. Durch die dielektrische Barriere lässt sich der Übergang vom Streamer zum Durchschlag besser kontrollieren.

15

Bevorzugte, jedoch keinesfalls einschränkende Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nunmehr anhand der Zeichnung näher erläutert. Zur Verdeutlichung ist die Zeichnung nicht maßstäblich ausgeführt, und gewisse Merkmale sind nur schematisiert dargestellt. Einander entsprechende Teile sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen. Im Einzelnen zeigt die

25

FIG 1 eine schematische Darstellung einer Papierherstellungsanlage mit einer Siebvorrichtung, einer Pressenvorrichtung nach der Erfindung und einer Veredelungs- und/oder Trockenanlage,

30

FIG 2 eine Darstellung (Schnitt) einer Anordnung zur Erzeugung von Radikalen in Koronaplasmen in Pulpe oder Luft: Parallelplatten- oder Rohranordnung mit Draht, dem eine gepulste Hochspannung überlagert wird,

35

FIG 3 eine Prinzipdarstellung von Impulsen zur Erzeugung von Radikalen in Koronaentladungen in Luft oder wässrigen Medien bei Einsatz kurzes (typisch kleiner 1 μ s) Hochspannungsimpulse mit hoher Impulswiederholrate,

FIG 4 bis 9 Elektrodenanordnungen und Elektrodensysteme zur Erzeugung von Koronaentladungen: Platte-Platte, Platte-Draht-Platte, koaxiale Draht-Rohr-, Spitze-Platte-, Mehrfachspitzen-Platte-, Gitter-Platte (Rohr-, Gitter-Gitter-Anordnungen,

FIG 10 eine Veredelungsanlage mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung, und

FIG 11 eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit einer Walze als Transportrolle.

FIG 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Papierherstellungsanlage 1, wie sie in heutigen Papierfabriken eingesetzt wird. Ihre Konstruktion und die Kombination unterschiedlicher Aggregate werden von der Art der zu erzeugenden Papier-, Karton- und Pappesorten sowie der eingesetzten Rohstoffe bestimmt. Die Papierherstellungsanlage 1 hat eine räumliche Ausdehnung von ungefähr 10 m in der Breite und ungefähr 120 m in der Länge. Es dauert nur wenige Sekunden vom ersten Auftreffen einer Faser-Suspension oder einer Pulpe 39 auf eine Siebvorrichtung 9 bis zum fertigen Papier 27, welches letztendlich in einer Aufrollung 15 aufgerollt wird. Der gesamte Papierherstellungsprozess unterteilt sich dabei im Wesentlichen in die Bereiche Stoffaufbereitung, Papiermaschine, Veredelung und Ausrüstung.

Ein Stoffauflauf 7 der Papierherstellungsanlage 1 verteilt die Faserstoff-Suspension gleichmäßig über die gesamte Siebbreite. Am Ende der Siebvorrichtung 9 enthält die Papierbahn 27 noch immer ca. 80 % Wasser.

Ein weiterer Entwässerungsprozess erfolgt durch mechanischen Druck in der Pressenvorrichtung 11. Dabei wird die Papierbahn 27 zwischen Walzen aus Stahl hindurchgeführt und dadurch entwässert. An die Pressenvorrichtung 11 schließt sich eine Trocknungsanlage 13 an. Das verbleibende Restwasser wird in der Trocknungsanlage 13 verdampft. Slalomartig durchläuft die Papierbahn 27 mehrere dampfbeheizte Trockenzylinder. Am Ende hat das Papier 27 eine Restfeuchte von wenigen Prozent. Der

in der Trocknungsanlage 13 entstandene Wasserdampf wird abgesaugt und in eine nicht dargestellte Wärmerückgewinnungsanlage geführt.

5 Für eine Behandlung der Papierbahn 27 nach der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind in der Pressenvorrichtung 11 eine erste Elektrode 47 und eine zweite Elektrode 48 derart angeordnet, dass die Papierbahn mittels einer Transportrolle 12 zwischen den beiden Elektroden 47, 48 geführt wird und zeitgleich mit Plasma behandelt wird. Damit zur Behandlung der
10 Papierbahn 27 ein großflächiges Plasma unter Atmosphärendruck in der unmittelbaren Nähe der Papierbahn 27 erzeugt werden kann, sind die Elektroden 47 und 48 mit einem Hochspannungsimpulsgenerator 46 verbunden. Mit Hilfe dieses Hochspannungsimpulsgenerators 46 wird zwischen den Elektroden 47 und 48
15 ein großvolumiges Plasma mit einem großen Querschnitt und mit einer hohen Leistungsdichte erzeugt. Hierbei ist eine Plasmadichte homogen über den Behandlungsbereich, welcher durch die Elektroden 47 und 48 abgedeckt wird, verteilt. Das großvolumige Plasma mit hoher Leistungsdichte wird mittels der erfindungsgemäßen Anordnung dadurch erzeugt, dass einer DC-Korona-Entladung intensive, kurz andauernde Hochspannungsimpulse mit einer hohen Impulswiederholrate von 1 kHz überlagert werden. Bei dieser Betriebsweise wird ein äußerst homogenes, großvo-
20 lumiges Plasma mit einer hohen Leistungsdichte erzeugt, ohne dass es zu den bei DC-Korona-Entladungen bekannten Plasmaeinschnürungen kommt.

Um die Behandlungswirkung, welche das kalte großflächige
30 Plasma auf die Papierbahn 27 ausübt zu unterstützen wird mittels eines Gasverteilers 81 über eine Gasleitung 80 Sauerstoff mit Argon als Trägergas in dem Behandlungsraum zwischen die Elektroden 47 und 48 eingeleitet. Mit Hilfe des Sauerstoff-Argon-Gemisches werden besonders vorteilhaft Hydroxyl-
35 Radikale erzeugt. Hydroxyl-Radikale sind besonders aggressiv und oxidierend, dadurch wird an dem nur wenige Sekunden im Behandlungsbereich zwischen den Elektroden 47 und 48 verwei-

lenden Papierbahn 27 eine Steigerung der Qualitätseigenschaften erzielt.

Die erste Elektrode 47 in der Pressenvorrichtung 11 ist als
5 eine halbrunde Gitterelektrode ausgeführt. Durch die halbrunde Ausgestaltung der Elektrode 47 kann sie den Papierbahnverlauf über der Transportrolle 12 folgen. Die zweite Elektrode 48 in der Pressenvorrichtung 11 ist als eine Plattenelektrode ausgestaltet und derart angeordnet, dass die Transportrolle
10 12 zwischen den Elektroden 47 und 48 geführt wird.

Der Pressvorgang verdichtet das Papiergefüge, die Festigkeit wird nochmals erhöht und eine Oberflächengüte wird entscheidend beeinflusst. Des Weiteren wird durch die Behandlung des
15 gepressten Papiers 27 mit kaltem Plasma, insbesondere mit erzeugten Radikalen, die molekulare Struktur der Papieroberfläche weiter verändert. Neben einer Erhöhung der Festigkeit des Papiers 27 wird eine spätere Bedruckbarkeit verbessert.

20 Mit der vorbenannten Elektrodenanordnung 47 und 48 ist es nach der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich, die Papierbahn 27 zwischen vorzugsweise Korona-Plasmen bzw. Streamer-Entladungen zu führen.

25 Ein Streamer ist eine spezielle Form einer sich linear fortbewegenden Plasmawolke oder ein in der Entwicklung befindlicher Entladungskanal, der sich aufgrund der angeregten hohen externen Feldstärke ausbildet. Ein Aufbau solcher Streamer findet innerhalb weniger 10 ns statt und geht sehr schnell in
30 einen thermischen Durchschlagskanal über. Vorbenannte Anordnung des Elektrodensystems, wobei sich die Papierbahn 27 zwischen den zur Streamer-Entladung benutzten Elektroden befindet, ist besonders vorteilhaft, da das Papier 27 dadurch teilweise als eine dielektrische Barriere fungiert, wodurch
35 sich der Übergang vom Streamer zum Durchschlag unterdrücken lässt.

Durch eine direkte Behandlung der Papierbahn 27 mit dem kalten Plasma werden in der unmittelbaren Umgebung der Papierbahn 27 vorzugsweise die Radikale O_3 , H_2 , O_2 , OH , HO_2 und HO_2^- erzeugt. Neben einer Festigkeitssteigerung lösen diese Radikale eine bleichende chemische Reaktion aus. Der Hochspannungsimpulsgenerator 46 wird derart betrieben, dass er Spannungsimpulse mit einer Dauer von typisch 1 μs zwischen den Elektroden 47 und 48 erzeugt. Eine für die Erzeugung von Radikalen und Ozon in der Papierbahn und in der unmittelbaren Umgebung der Papierbahn notwendige DC-Spannung liegt bei ca. 10 kV bis einige 100 kV. Die Hochspannungsimpulse werden der DC-Spannung überlagert und bilden so eine Gesamtamplitude von einigen 100 kV. Durch die Behandlung der Papierbahn 27 mit einer kalten elektrischen Entladung, also dem Plasma, werden die Radikale in unmittelbarer Nähe zum Papier oder sogar im Papier 27 erzeugt.

FIG 2 zeigt als weiteres Ausführungsbeispiel eine Schnittdarstellung einer Anordnung zur Erzeugung von Radikalen. In der Mitte der Anordnung ist eine Hochspannungselektrode 50 angeordnet. Der Außenmantel der Anordnung ist als eine Gegenelektrode 51 hergerichtet. In der Anordnung befindet sich eine zu siebende Zellstofffaser-Suspension 39. Zwischen den Elektroden 50 und 51 ist ein Streamer 53 dargestellt. Radikale werden in Streamern dadurch erzeugt, dass energiereiche Elektronen mit Molekülen zusammenstoßen und diese dadurch dissoziieren oder anregen. Bei der Dissoziation werden unmittelbar Radikale 59 freigesetzt, während bei der Anregung durch einen anschließenden strahlenden Übergang UV-Licht erzeugt wird. Dieses erzeugte UV-Licht reagiert wiederum mit Wassermolekülen und dissoziiert diese.

In FIG 3 ist der applizierte Spannungsverlauf der Hochspannungsimpulse dargestellt. Ein erster Impuls 66 und ein zweiter Impuls 67, mit je einer Impulsbreite 62, weisen einen Abstand von einer Pulswiederholzeit 63 auf. Auf der Abzisse ist die Zeit in Millisekunden und auf der Ordinate die Spannung in kV angegeben. Die Einheiten sind willkürlich gewählt. Ein

Niveau von typisch ca. 100 kV der DC-Spannung fällt mit der dargestellten Abzisse zusammen. Die dargestellte Impulsspannung ist also der DC-Spannung überlagert. Die Impulse 66 und 67 weisen eine Pulsbreite 62 von kleiner 1 μ s auf, wobei die
5 einzelnen Impulse 66, 67 eine steil ansteigende Flanke mit einer Anstiegszeit 64 und einer weniger steil abfallenden Flanke aufweisen. Die Impulswiederholzeit liegt typischer Weise zwischen 10 μ s und 100 ms.

10 Dabei haben die einzelnen Impulse 66, 67 eine solche Gesamtamplitude, das über die vorgegebene Gleichspannung hinaus eine vorgegebene Energiedichte erreicht wird. Wie erwähnt, ist die Pulsanstiegszeit 64 dabei kurz im Vergleich zur Pulsabfallzeit. Durch eine solche Art der Impulse wird erreicht,
15 dass elektrische Durchschläge, die zu räumlichen und zeitlichen Störungen in der homogenen Plasmadichteverteilung führen würden, vermieden werden.

FIG 4 bis FIG 9 zeigen Beispiele für Elektrodensysteme zur
20 Erzeugung von Korona-Entladungen in vorzugsweise wässrigen Medien. In FIG 4 ist eine Platte-Platte-Anordnung von einer ersten Platte 70a als Elektrode und einer zweiten Platte 70b als Elektrode dargestellt. Die erste Platte 70a und die zweite Platte 70b sind parallel zu einander angeordnet. Die erste
25 Platte 70a bildet die Hochspannungselektrode und ist über ein Hochspannungskabel mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 verbunden. Die zweite Platte 70b bildet die Gegenelektrode und steht als geerdete Elektrode mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 in Verbindung.

30 Eine entsprechende Anordnung mit speziell ebenen Plattenelektroden ist in FIG 5 dargestellt. Es sind wiederum zwei massive Plattenelektroden 70a und 70c im festen Abstand vorhanden, wobei mittig eine Hochspannungselektrode 71 verläuft.
35 Bei dieser Platte-Draht-Platte-Anordnung ist die Hochspannungselektrode 71 als massiver Draht ausgeführt und mit dem Hochspannungsausgang des Hochspannungsimpulsgenerators 46

verbunden. Die geerdeten Platten 70a, 70c stehen ebenfalls mit dem Hochspannungsimpulsgenerator in Verbindung.

FIG 6 zeigt eine Draht-Rohr-Anordnung als Elektrodensystem.

5 In eine zylinderförmige Elektrode 72 ragt mittig eine Hochspannungselektrode 71 hinein. Wie in FIG 5 ist die Hochspannungselektrode 71 als massiver Draht ausgeführt und mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 verbunden. Die zylinderförmige Elektrode 72, welche vorzugsweise als ein Drahtgeflecht
10 ausgestaltet ist, ist geerdet und steht mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 in Verbindung.

FIG 7 zeigt eine Spitze-Platte-Anordnung als Elektrodensystem.

15 Drei Spitzen 73 sind über eine Hochspannungsleitung mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 verbunden. Die Spitzen 73 sind rechtwinklig zu einer geerdeten Plattenelektrode 74 angeordnet. Der Abstand der Spitzenelektroden 73 zu der Plattenelektrode 74 ist einstellbar und kann somit für unterschiedliche Prozessbedingungen angepasst werden.

20

FIG 8 zeigt eine Elektrodensystemanordnung, welche 3 Platten 70a, 70d und 70e umfasst. Die erste Platte 70a, welche als Hochspannungselektrode mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 verbunden ist, ist mittig zwischen zwei massiven Platten
25 70d und 70e angeordnet. Die Platten 70a und 70b sind über einen Plattenverbinder 70f verbunden. Da die Platte 70d als geerdete Gegenelektrode mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 in Verbindung steht, hat die Platte 70e über dem Plattenverbinder 70f ebenfalls die Funktion einer geerdeten Gegen-
30 elektrode.

FIG 9 zeigt ein Elektrodensystem als Gitter-Gitter-Anordnung.

Analog zur FIG 4 stehen sich hier ein erstes Gitter 75a und ein zweites Gitter 75b parallel gegenüber. Das erste Gitter
35 75a bildet hierbei die Hochspannungselektrode und ist mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 verbunden. Das zweite Gitter 75b bildet die geerdete Gegenelektrode und steht mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 in Verbindung.

Eine hybride Entladung, wobei sich eine Elektrode 75a vollständig außerhalb einer zu behandelnden Faser-Suspension 39 befindet und eine zweite Elektrode 75b ganz oder teilweise in der Faser-Suspension 39 eingetaucht ist, wird mit einer alternativen Anordnung, bei welcher das Sieb als Elektrode 75a ausgestaltet ist, erzeugt. Das Sieb ist als eine Gitterelektrode ausgeführt und bildet die Hochspannungselektrode, welche mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 in Verbindung steht. Auch die geerdete Gegenelektrode 76b ist als eine Gitterelektrode ausgeführt und steht mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 in Verbindung.

Um gepulste Entladungen im oberflächennahen Gasraum über der Faser-Suspension 39 oder über dem Papier zu erzeugen ist eine weitere Elektrodenanordnung möglich. Eine Hochspannungselektrode umfassend mehrere elektrisch miteinander verbundene Stabelektroden ist im oberflächennahen Gasraum der Faser-Suspension 39 oder dem Papier derart angeordnet, dass ihre Stäbe parallel zur Oberfläche verlaufen. Eine geerdete Gegenelektrode ist als massive Platte ausgeführt und in über die ganze Fläche verteilten äquidistanten Abständen zur Hochspannungselektrode angeordnet.

In FIG 10 ist die aus FIG 1 bekannte schematische Pressenvorrichtung 11 vergrößert und detaillierter dargestellt. Das Papier 27 wird über zahlreiche Transportrollen und Walzen durch die Pressenvorrichtung 11 geführt und dabei zunehmend entwässert und verdichtet. Auf die genaue Funktion und Arbeitsweise der Pressenvorrichtung wird nicht näher eingegangen, da dem Fachmann eine Pressenvorrichtung ohne die erfindungsgemäße Elektrodenanordnung bekannt ist. Unmittelbar nach einem Eingangsbereich für das Papier 27 in die Pressenvorrichtung sind die Elektroden 47 und 48, welche einen Plasmareaktor innerhalb der Pressenvorrichtung 11 bilden, angeordnet. Die Elektroden 47 und 48 sind mit dem Hochspannungsimpulsgenerator 46 verbunden. Mittels der Elektroden 47,48 und des Hochspannungsimpulsgenerators 46 wird wie zuvor bereits beschrieben zwischen den Elektroden 47,48 ein Plasma erzeugt. Die Papier-

bahn 27 verläuft zwischen den Elektroden 47,48 und wird so beidseitig mit Plasma behandelt. Zusätzlich bildet die Papierbahn 27 eine bereits beschriebene dielektrische Barriere und kann somit die Streamerbildung begünstigen.

5

Ausgangsseitig ist ein weiteres Elektrodenpaar 12a und 47' angeordnet. Die Elektrode 12a ist dabei als eine Rollenelektrode ausgestaltet, ähnlich der Rollenelektrode in FIG 11. Das Papier 27 wird durch die Rollenelektrode 12a geführt. Über
10 der Rollenelektrode 12a ist in einem Abstand von ca. 1 cm die Elektrode 47' angeordnet. Zwischen den Elektroden 47' und 12a wird mittels des mit ihnen verbundenen Hochspannungsgenerator 46 ein Plasma zur Behandlung des Papiers 27 erzeugt.

15 Bei der Anordnung gemäß FIG 11 stellt die Transportrolle 12 die geerdete Gegenelektrode 12a dar. Kraft- und formschlüssig wird das Papier 27 durch die Transportrolle 12 geführt. An die Drähte 12b, 12b' bis 12bⁿ (n=10) wird die Hochspannung angelegt. Eine ebenfalls geerdete Gegenelektrode 12c, welche
20 halbkreisförmig den Verlauf der Transportrolle 12 folgt, ist in einer nicht dargestellten Art und Weise mit der Transportrolle 12, insbesondere mit der Rollenelektrode 12a, elektrisch verbunden. Es wird somit eine Elektrodenanordnung mit konstantem Abstand gebildet, in welcher mittig die einzelnen
25 Drähte 12b bis 12bⁿ angeordnet sind. Über die Transportrolle 12 somit über die geerdete Elektrode 12a läuft das zu bearbeitende Papier 27 und wird somit jeweils von den zwischen den beiden Elektroden 12a und 12c angeordneten Drähten 12b bis 12bⁿ mit Plasma und/oder Gasentladungen beaufschlagt.

30

Die Anordnung wird auch als gekrümmte Draht-Platte-Anordnung, welche einen Plasmareaktor bildet, bezeichnet.

35

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Führen und/oder Umlenken und/oder Pressen und/oder Aufrollen und/ oder Veredeln eines Prozessgutes bei
5 der Herstellung von Papier (27), Pappe oder Karton oder bei einer deren Eigenschaften verändernden Behandlung, g e k e n n z e i c h n e t durch mindestens zwei Elektroden (47 ,48) zur Erzeugung eines Plasmas in dem Prozessgut oder in seiner unmittelbaren Umgebung, wobei die beiden E-
10 lektroden (47 ,48) auf einander gegenüberliegenden Seiten des Prozessgutes angeordnet sind.
2. Vorrichtung zum Führen und/oder Umlenken und/oder Pressen und/oder Aufrollen und/ oder Veredeln eines Prozessgutes bei
15 der Herstellung von Papier (27), Pappe oder Karton oder bei einer deren Eigenschaften verändernden Behandlung, umfassend eine mit dem Prozessgut in Kontakt kommende Walze (12), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Walze (12) als eine erste Elektrode (12a) hergerichtet ist, wobei
20 in dem Prozessgut oder in seiner unmittelbaren Umgebung ein Plasma erzeugbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass eine zweite
25 Elektrode (12b; 47) derart relativ zur Walze (12) angeordnet ist, dass das Prozessgut zwischen der Walze (12), insbesondere der ersten Elektrode (12a), und der zweiten Elektrode (12b) transportierbar bzw. führbar ist.
- 30 4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Walze (12) derart angeordnet ist, dass sie mit dem Prozessgut, vorzugsweise einem gebildeten Blatt, vorzugsweise einem gepressten Blatt, insbesondere einer Papierbahn (27), in Kontakt
35 kommt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4,

g e k e n n z e i c h n e t durch

mindestens eine zweite Walze, wobei die zweite Walze derart
relativ zur Walze (12) angeordnet ist, dass ein flächiges

5 Prozessgut, insbesondere die Papierbahn (27), beidseitig mit
den Walzen in Kontakt kommt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Walze
10 (12) Teil einer Veredelungsanlage für Papier (27), Pappe oder
Karton ist, vorzugsweise einer Streicheinrichtung, oder einer
Einrichtung zum Kalandrieren und/ oder Satinieren ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Walze
(12) Teil einer Trocknungsanlage (13) für Papier (27), Pappe
oder Karton ist, welche insbesondere zum Verdampfen einer
Restfeuchtigkeit hergerichtet ist.

20 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Walze
(12) Teil einer Pressenanlage (11) für Papier (27), Pappe o-
der Karton ist, die insbesondere zum Pressen und/oder Entwäs-
sern und/oder Verdichten hergerichtet ist.

25

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Walze
(12) mit einer gasdurchlässigen Oberfläche hergerichtet ist.

30 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Walze
(12) zum radialen Zuführen eines Gasstromes hergerichtet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

35 g e k e n n z e i c h n e t d u r c h ein Mittel (81) zum
Anströmen des Prozessgutes mit einem Gasstrom.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h einen Hochspannungs-
impulsgenerator (46), der mit der bzw. den Elektroden
(12a,12b) verbunden ist.

5

13. Verfahren zur Herstellung oder Behandlung eines Prozess-
gutes bei der Herstellung oder Behandlung von Papier (27),
Karton oder Pappe, vorzugsweise zum Betrieb einer Vorrichtung
nach der Erfindung, wobei das Prozessgut mit, vorzugsweise
10 nichtthermischem, großflächigem Plasma unter Atmosphärendruck
in Kontakt gebracht, das Plasma in unmittelbarer Nähe zum
Prozessgut erzeugt oder in dem Prozessgut oder in seiner un-
mittelbaren Umgebung eine Gasentladung, insbesondere eine Ko-
ronaentladung, unter Atmosphärendruck erzeugt wird,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Prozess-
gut beidseitig mit dem Plasma in Kontakt gebracht bzw. beid-
seitig mittels der Gasentladung behandelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass als Prozess-
gut ein noch ungepresstes und/oder feuchtes Blatt oder tro-
ckenes Blatt in einem Papier- oder Kartonherstellungsprozess,
verwendet wird.

25 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 14,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zur Erzeu-
gung des Plasmas bzw. der Gasentladung zwischen Elektroden
(43,44; 47,48) Hochspannungsimpulse (66,67) mit einer Dauer
(62) von weniger als 10 μ s erzeugt werden.

30

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
das Plasma bzw. die Gasentladung zum Bleichen des Prozessgu-
tes verwendet wird.

35

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass im Plasma
oder mittels der Gasentladung Radikale (59) erzeugt werden,
die auf das Prozessgut einwirken.

5

18. Verfahren nach Anspruch 17,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass für ver-
schiedene Arten von Prozessgütern in einem Papier-, Karton-
oder Pappe-Herstellungsprozess, insbesondere an unterschied-
10 lichen Prozessstufen, Radikale (59) unterschiedlicher Art
oder Zusammensetzung verwendet werden.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Prozess-
15 gut innerhalb einer Prozessstufe in einem Papier- oder Kar-
ton-Herstellungsprozess, Radikalen (59) unterschiedlicher Art
oder Zusammensetzung ausgesetzt wird, vorzugsweise zeitlich
nacheinander folgend.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Prozess-
stufen aus folgenden Stufen ausgewählt sind:

- Pressen,
- Trocknen,
- 25 - Glätten,
- Aufrollen,
- Abrollen,
- Haftungsvermittlung, insbesondere vor einer Beschich-
tung,
- 30 - Veredelung, Beschichten, insbesondere Streichen, Sati-
nieren oder Kalandrieren, insbesondere Bügeln,
- Bedruckvorbereitung, insbesondere nach dem Kalandrieren.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20,
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
als Radikale (59) Ozon (O_3), Wasserstoffperoxid (H_2O_2), OH ,
 HO_2 und/oder HO_2^- erzeugt werden.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass eine Erzeu-
gungsrate der Radikale (59) und/oder die Zusammensetzung der
erzeugten Radikale (59) durch Beeinflussung von Amplitude
5 (U), Impulsdauer (62) und/ oder Impulswiederholrate (63) der
Hochspannungsimpulse (66,67) gesteuert und/oder geregelt
wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zur Steue-
rung und Regelung der Erzeugungsrate und/oder der Art der er-
zeugten Radikale (59) eine Konzentration der erzeugten Radi-
kale (59) gemessen wird.

15 24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zur Steue-
rung und Regelung der Erzeugungsrate oder der Zusammensetzung
der erzeugten Radikale (59) eine Eigenschaft des Prozessgu-
tes, vorzugsweise eine Qualitätseigenschaft, insbesondere
20 dessen Opazität, Glanz, Weisse, Fluoreszenz oder Farbpunkt,
gemessen wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 23 oder 24,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Konzent-
25 ration bzw. die Eigenschaft "online" gemessen wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 25,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zur Regelung
die Amplitude (U) der Hochspannungsimpulse (66,67) bei kon-
30 stanter Wiederholrate (63) verändert wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 26,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zur Regelung
die Wiederholrate (63) der Hochspannungsimpulse (66,67) bei
35 konstanter Amplitude (U) verändert wird.

28. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das Prozess-
gut im plasmabeaufschlagten Bereich mit Sauerstoff angerei-
chert wird.

5

29. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass am noch un-
gepresstem Blatt oder feuchten Blatt eine Hochspannungs-
Impulsdauer (62) von 100ns bis 1µs verwendet wird.

10

30. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass eine
Hochspannungs-Amplitude (U) entsprechend mindestens dem zwei-
fachen Wert, vorzugsweise mindestens dem dreifachen Wert, ei-
ner Korona-Einsatzspannung appliziert wird.

15

31. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass im plasma-
beaufschlagten Bereich Sauerstoff und/ Wasserddampf mit gegen-
über Atmosphärenbedingungen erhöhtem Partialdruck zugeleitet
wird.

20

32. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zur Erzeu-
gung des Plasmas bzw. der Korona-Entladung eine Gleichspan-
nungs-Korona-Entladung erzeugt wird und der Gleichspannungs-
Korona-Entladung die Hochspannungsimpulse (66,67) überlagert
werden.

25

33. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass eine Impuls-
wiederholrate (63) zwischen 10 Hz und 5 kHz, insbesondere
oder 10kHz, verwendet wird.

30

34. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Leis-
tungseinkopplung elektrischer Energie in das Plasma vorwie-
gend über die Regelung von Amplitude (U), Impulsdauer (62),

35

und Impulswiederholrate (63) der überlagerten Hochspannungsimpulse gesteuert wird.

35. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass Hochspannungsimpulse (66,67) mit einer Dauer (62) von weniger als 3 μ s, vorzugsweise von weniger als 1 μ s, vorzugsweise von weniger als 500 ns, angewendet werden.

10 36. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass ein homogenes, großvolumiges Plasma mit hoher Leistungsdichte erzeugt wird, ohne dass es zu Plasmaeinschnürungen oder Durchschlägen kommt.

15 37. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass eine DC-Spannung von solcher Höhe eingesetzt wird, dass im Plasma nur in Verbindung mit überlagerten Hochspannungsimpulsen eine
20 stabile DC-Koronaentladung gebildet wird.

38. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die eingesetzte DC-Spannung unter der für einen stabilen Betrieb ohne
25 Hochspannungs-Impulsüberlagerung liegt.

39. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die eingesetzte Gesamtamplitude (DC-Spannung + Impulsamplitude) über
30 der statischen Durchbruchspannung der Elektrodenanordnung liegt.

40. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die eingesetzte Gesamtamplitude dem zwei- bis fünffachen der statischen Durchbruchspannung der Elektrodenanordnung entspricht.
35

41. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude (U) der Hochspannungsimpulse zwischen 10% und 1000% der eingesetzten DC-Spannung beträgt.

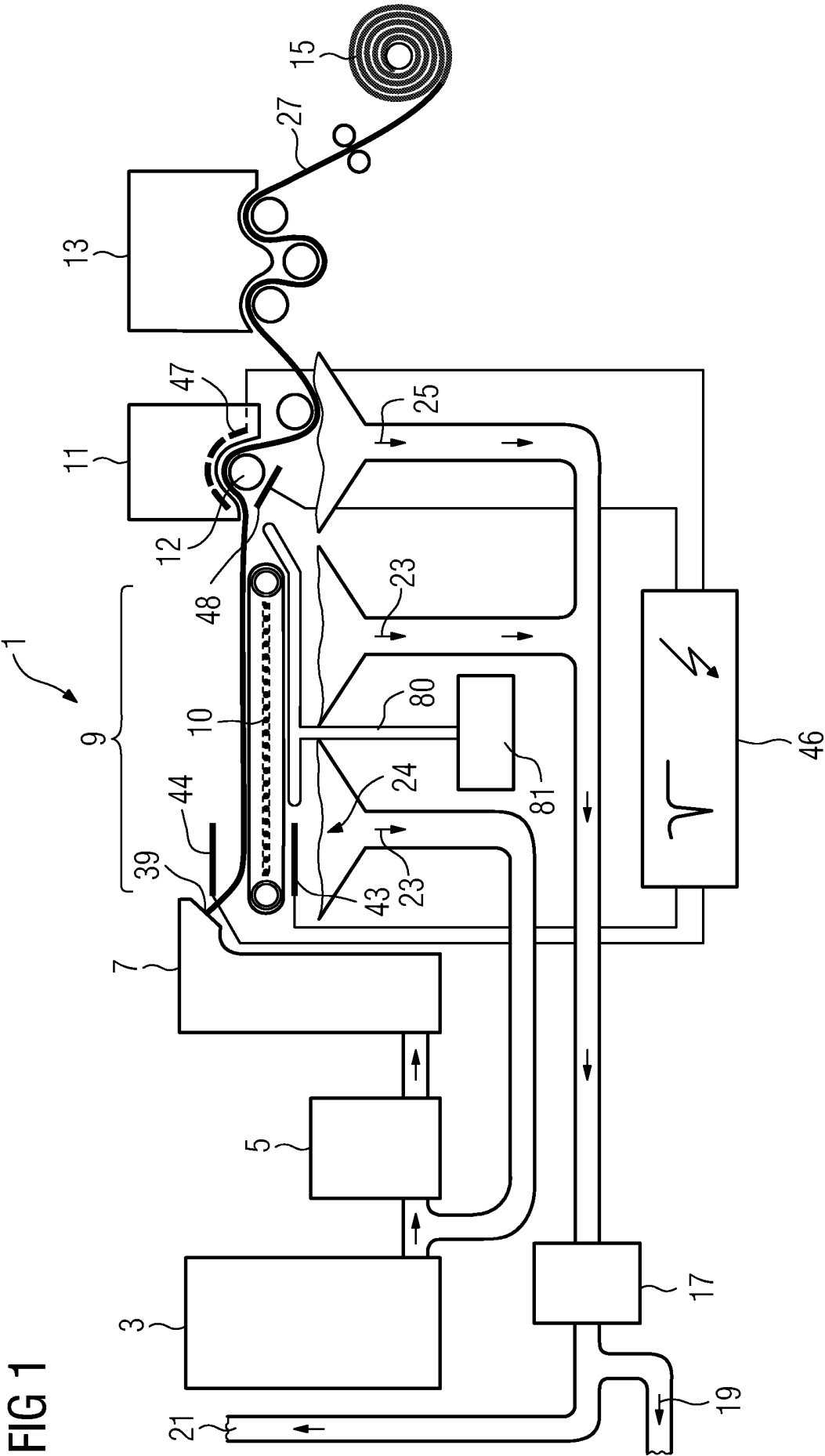


FIG 2

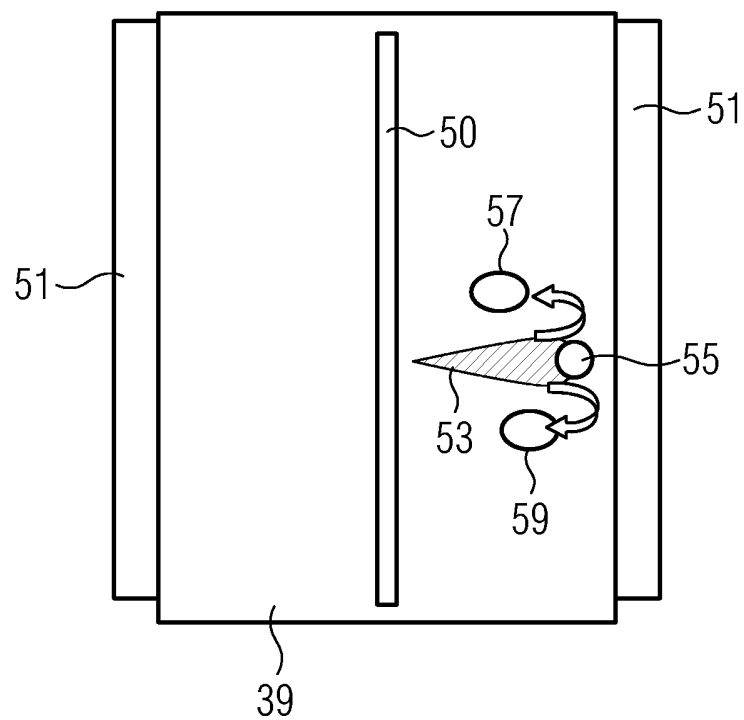


FIG 3

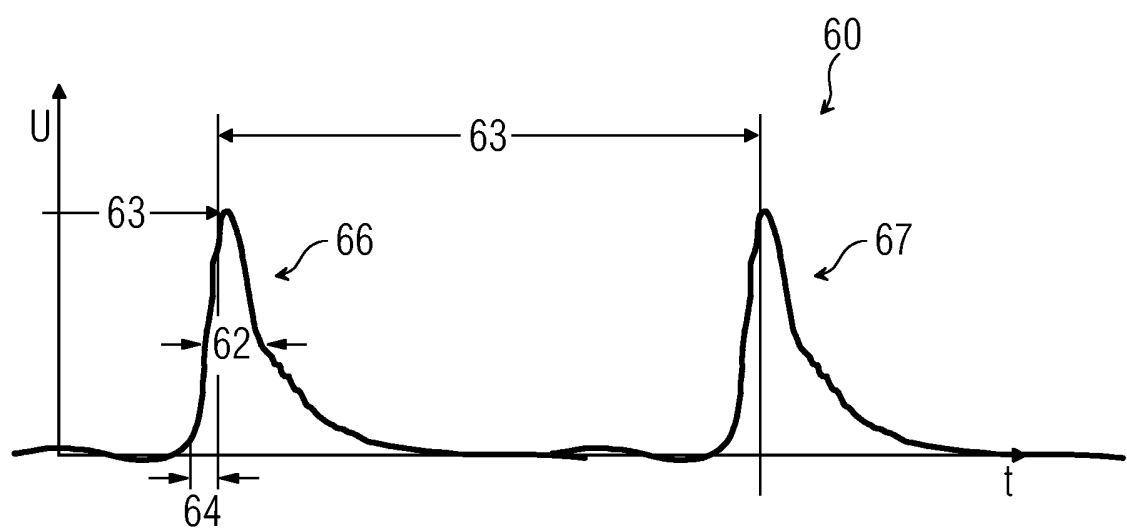


FIG 4

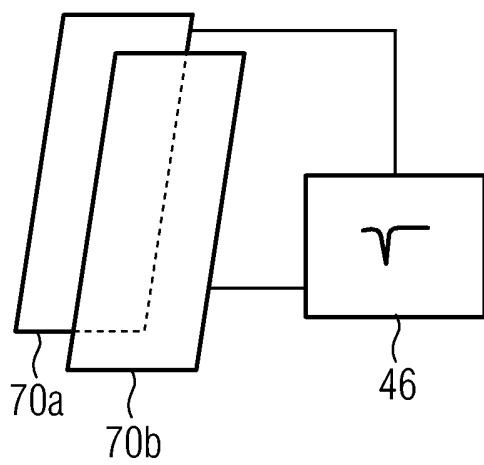


FIG 5

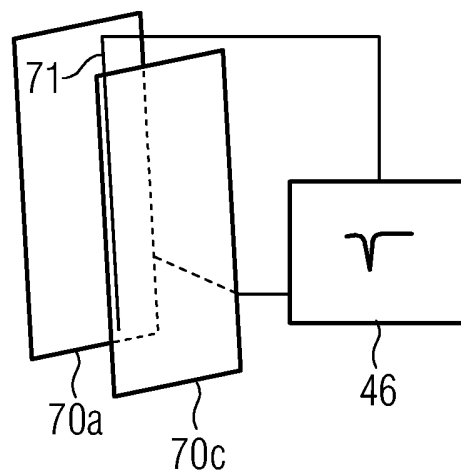


FIG 6

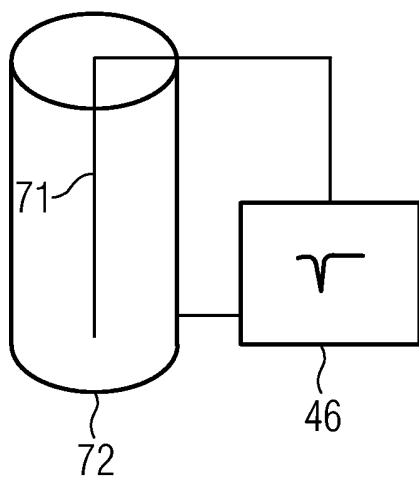


FIG 7

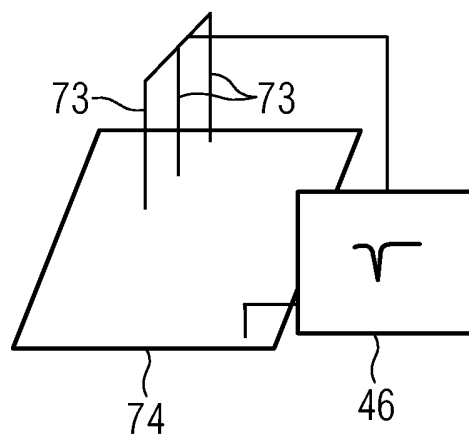


FIG 8

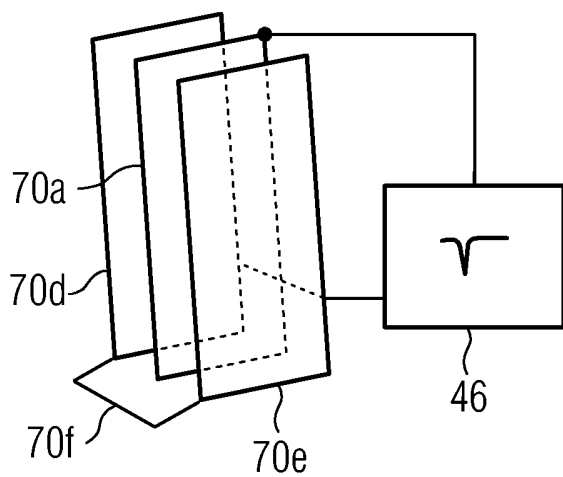


FIG 9

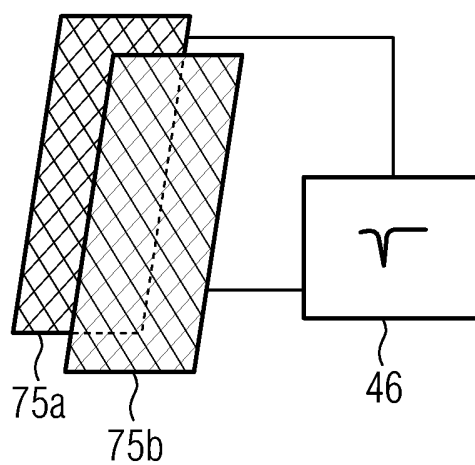


FIG 10

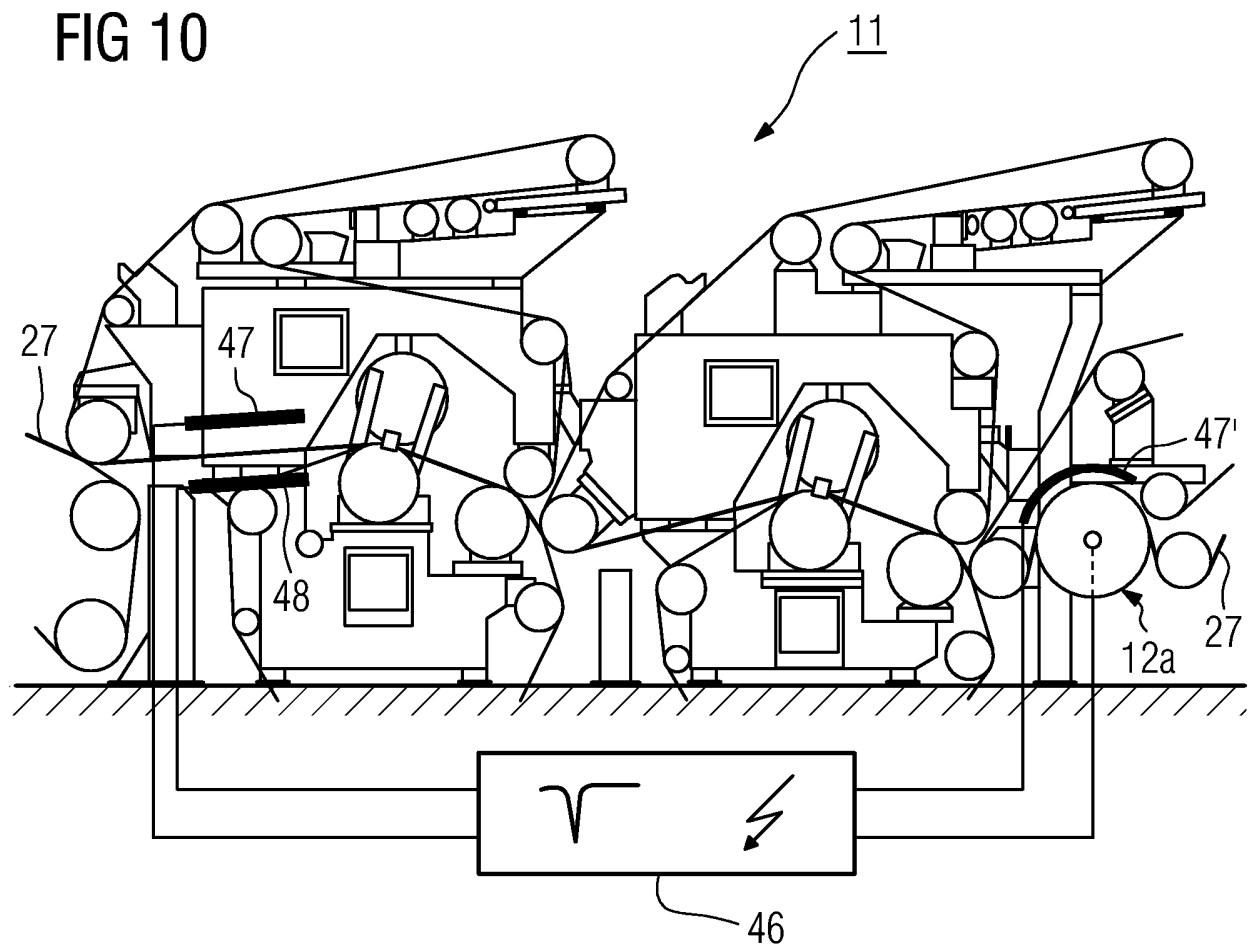


FIG 11

